Heinrich Mensen

Handbuch der Luftfahrt

2. Auflage

VDI

Springer Vieweg

Handbuch der Luftfahrt

Heinrich Mensen

Handbuch der Luftfahrt

2., neu bearbeitete Auflage

Springer Vieweg

Heinrich Mensen
FB Ingenieurwissenschaften
Hochschule RheinMain
Rüsselsheim, Deutschland

ISBN 978-3-642-34401-5 ISBN 978-3-642-34402-2 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-642-34402-2

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Springer Vieweg
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2003, 2013
Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-vieweg.de

Abkürzungen Englisch–Deutsch

	Englisch	*Deutsch*
A		
AC	Advisory Circular	Luftfahrtinformationsrundschreiben
ACC	Area Control Centre	Bezirkskontrollstelle
ACI	Airports Council International	Internationaler Verband von Flughäfen
ADC	Air Data Computer	Luftwerterechner
ADF	Automatic Direction Finder	Automatische Funkpeilanlage
ADI	Attitude Director Indicator	Künstlicher Horizont
ADS	Automatic Dependent Surveillance	satellitengestützte automatische Überwachung
ADS-B	Automatic Dependent Surveillance- Broadcast	satellitengestützte automatische Überwachung, Rundstrahlung – ungerichtete Abstrahlung
ADS-C	Automatic Dependent Surveillance- Contract	satellitengestützte automatische Überwachung, mit Vereinbarungen gerichtete Abstrahlung
ADV	Association of German Airports	Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen
AEA	Association of European Airlines	Vereinigung europäischer Luftverkehrsgesellschaften
AFPA	Automatic Flight Plan and Radar Data Association	Automatische Flugplan- und Radardaten Zuordnung
AFM	Airplane Flight Manual	Flugzeughandbuch
AFSBw	Bundeswehr Air Navigation Services Office	Amt für Flugsicherung der Bundeswehr
AFTN	Aeronautical Fixed Telecommunication Network	Festes Flugfernmeldenetz
AGL	Above Ground Level	Über Grund
AGNIS	Azimuth Guidance for Nose-In Stands	Azimutale Führung zum Flugzeugstandplatz (in Rollrichtung)
AIC	Aeronautical Information Circular	Luftfahrtinformationsrundschreiben

	Englisch	*Deutsch*
AIP	Aeronautical Information Publication	Luftfahrthandbuch
AIS	Aeronautical Information Service	Flugberatungsdienst
ALIGN	Alignment	Ausrichtung
ALT	Altitude	Flughöhe über MSL
ALTN	Alternate Airport	Ausweichflugplatz
AM		Amplitudenmodulation
AMAN	Arrival Manager	DV-System zur Herstellung der Anflugreihenfolge (Flugsicherung)
AMC	Airspace Management Cell	Luftraumverwaltung (Management)
ANC	Air Navigation Commission	ICAO Kommission für Navigation
AOM	Airplane Operations Manual	Betriebshandbuch für Flugzeuge
AP	Autopilot	Autopilot
APAPI	Abbreviated Precision Approach Path Indicator	Vereinfachte Präzisions- Gleitweg-befeuerung
ARA	Airborne Radar Approach	militärisches radargestütztes Anflugverfahren
AREA NAV	Area Navigation	Flächennavigation
ARP	Aerodrome Reference Point	Flughafenbezugspunkt
AS	Alerting Service	Flugalarmdienst
ASCAP	Automatic SSR Code Assignment	Automatische SSR-Code-Zuteilung und -Verwaltung
ASDE	Airport Surface Detection Equipment	Rollfeld-Überwachungsradar
ASM	Airspace Management	Luftraumorganisation
A-SMGCS	Advanced Surface Movement Guidance and Control System	Innovatives Rollführungssystem
ASR	Airport Surveillance Radar	Flughafen-Rundsichtradar
ATC	Air Traffic Control	Flugverkehrskontrolle
ATCAS	Air Traffic Control Automation System	Kernstück des P1 Flugsicherungssystems, das die Verarbeitung der Flugplan- und Radardaten umfasst
ATCISS	Air Traffic Control Information and Support System	ATC-Informations- und Unterstützungssystem
ATFM	Air Traffic Flow Management	Verkehrsflußregelung
ATIS	Automatic Terminal Information Service	Abstrahlung von Start-/ Landeinformationen am Flugplatz
ATN	Aeronautical Telecommunication Network	Flugfernmeldenetz
ATS	Air Traffic Services	Luftverkehrsdienste

	Englisch	*Deutsch*
AUTO	Automatic	Automatik
AVASIS	Abbreviated-VASIS (VASIS = Visual Approach Slope Indicator System)	optische Gleitpfadführung beim Landeanflug
AVV		Allgemeine Verwaltungsvorschriften
AWF		Automatische Wählvermittlung
AZ(M)	Azimuth	Azimut
B		
BADV		Bodenabfertigungsdienst-Verordnung
BA-FVK	Manual of Operation for Air Traffic Services	Betriebsanweisung für den Flug-verkehrskontrolldienst
BeauftrV		Verordnung zur Beauftragung von Luftsportverbänden
BGBI		Bundesgesetzblatt
BilReC		Bilanzrechtsreformgesetz
BMVg	Federal Ministry of Defence	Bundesminister für Verteidigung
BMVBS	Federal Ministry of Transport, Building and Urban Development	Bundesminister für Verkehr, Bau-und Stadtentwicklung
B-RNAV	Basic Random Navigation	Flächennavigation
BOLDS	Burroughs Optical Lense Docking System	optisches Andocksystem für Flugzeuge
BPOL		Bundespolizei
BRG	Bearing	Richtung/Peilung
BRS	Baggage Reconciliation System	Passagiergepäckkontrollgerät
BVD		Bodenverkehrsdienste
C		
CAS	Calibrated Airspeed	Korrigierte Geschwindigkeit
CASB	Aerodrome Safety Branch	
CAT	Category	Allwetter-Betriebsstufe
CDU	Control and Display Unit	Bedien- und Anzeigegerät
CFG	Condor Flugdienst GmbH	Eigenname
CG	Center of Gravity	Schwerpunkt
CIB	Condor Berlin GmbH	Eigenname
CIDIN	Common ICAO Data Interchange Network	bodengebundenes Flugsicherungsnetz
CLH	Lufthansa CityLine	Eigenname
CNS	Communication, Navigation, Surveillance	Kommunikation, Navigation, Überwachung
COB	Confirmed Off-Block-Time	Bestätigte Off-Block-Zeit

	Englisch	*Deutsch*
CPM	Container Palett Message	Container Paletten Meldung
CRM	Collision Risk Model	Kollisions-Risiko Modell
CTA	Control Area	Kontrollbezirk
CTOL	Conventional Take-Off and Landing	Lfz mit konventioellen Start-und Landeeigenschaften
CTR	Control Zone	Kontrollzone
CVFR	Controlled VFR Flight	kontrollierter Sichtflug
CW	Continuous Wave	Kontinuierliche Welle
CWY	Clearway	Hindernisfreifläche (für Startbahn)
D		
D	Helicopter largest over-all dimension	Größte Hubschrauber-Gesamt-abmessung bei drehendem Rotor
DA	Decision Altitude	Entscheidungshöhe (MSL)
DA	Drift Angle	Driftwinkel
DDM	Difference in Depth of Modulation	Modulationsgraddifferenz
DFS	German Air Navigation Services	DFS Deutsche Flugsicherung
DGPS	Differantial GPS	Differential GPS
DH	Decision Height	Entscheidungshöhe (GND)
DIN		Deutsches Institut für Normung
DIS, DIST	Distance	Entfernung
DLR		Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
DMAN	Departure Manager	DV-System zur Herstellung der Abflugreihenfolge
DME	Distance Measuring Equipment	Funkentfernungs-Messanlage
DME/P	Precision DME	Präzisions-DME
DOC	Document	Dokument
DOI	Dry Operating Index	Index für Betriebsleermasse
DOM	Dry Operating Mass	Betriebsleermasse
DSRTK	Desired Track	Sollkurs über Grund
DV		Datenverarbeitung
DVO		Durchführungsverordnung
DVOR	Doppler VOR	Funknavigationsanlage
DVORTAC	Doppler VOR und TACAN	ziv./mil. Funknavigationsanlage
DWD		Deutscher Wetterdienst
DWDG		Gesetz über den Deutschen Wetterdienst

	Englisch	*Deutsch*
DZE		Digitaler Ziel-Extraktor
E		
EAS	Equivalent Airspeed	Equivalente Geschwindigkeit
EASA	European Aviation Safety Agency	Europäische Agentur für Flugsicherheit
ECAC	European Civil Aviation Conference	Europäische Zivil-Luftfahrtkonferenz
EDD	Electronic Data Display	elektronischer Bildschirm
ED-D	Danger Area	Gefahrengebiet
ED-P	Prohibited Area	Luftsperrgebiet
ED-R	Restricted Area	Flugbeschränkungsgebiet
EG		Europäische Gemeinschaft
EGT	Exhaust Gas Temperature	Abgastemperatur
EL	Elevation	Elevation
EFIS	Electronic Flight Instrument System	Elektronisches Flugführungs-Instrumente System
EPR	Engine Pressure Ratio	Triebwerks Druckverhältnis
ETA	Estimated Time of Arrival	Geschätzte Ankunftszeit
ETD	Estimated Time of Departure	Geschätzte Abflugzeit
ETE	Estimated Time Enroute	Geschätzte Flugzeit
ETO	Estimated Time Over	Geschätzte Überflugzeit
EU	European Union	Europäische Union
EWG		Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
EXTRA	Extra Fuel	Zusatzkraftstoff
F		
FADS	Frankfurt Airport Display System	Frankfurt Flughafenanzeigesystem
FAF	Final Approach Fix	Endanflugspunkt
FAM	Final Approach Mode	Betriebsart
FATO	Final Approach and Take off Area	Endanflug- und Startfläche
FANOMOS	Flight Track and Aircraft Noise Monitoring System	Flugspur- und Fluglärm-Überwachungssystem
FBO		Flughafenbenutzungsordnung
FFZ		Flugfernmeldeleitzentrale
FHKAuftrV		Verordnung zur Beauftragung des Flughafenkoordinators
FIR	Flight Information Region	Fluginformationsgebiet
IFRS	International Financial Reporting Standards	Internationale Standards zum Finanzberichtswesen
IFRIC	Financial Reporting Interpretations Committee	Komitee zur Interpretation von Finanzberichten

	Englisch	*Deutsch*
FIS	Flight Information Service	Fluginformationsdienst
FL	Flight Level	Flugfläche
FL	Flare	ausschweben
FLK		Flugleistungsklasse
FlugfunkV		Verordnung über Flugfunkzeugnisse
FluglärmG		Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm
FlUUG		Gesetz über die Untersuchung von Unfällen und Störungen bei dem Betrieb ziviler Luftfahrzeuge
FlSichPersAusV		Verordnung über das Erlaubnis-pflichtige Personal der Flug-sicherung und seine Ausbildung
FM	Frequency Modulation	Frequenzmodulation
FMS	Flight Management System	Flugführungssystem
FP-NLF	Freight-Payload + Mail	Nutzladefaktor Fracht + Post
FP-TKO	Freight-Payload-offered	angebotene Tonnenkilometer Fracht + Post
FP-TKT	Freight-Payload- (Revenue)+ Mail	verkaufte Tonnenkilometer Fracht + Post
Fracht-TKT		bezahlte Fracht-Tonnenkilometer
F-TKT		bezahlte Fracht-Tonnenkilometer
Fraport	Frankfurt Airport AG	Eigenname (Frankfurter Flughafen AG)
FREQ	Frequency	Frequenz
FRO	From	von
FS	Air Traffic Services	Flugverkehrsdienste
FSAuftrV		Verordnung zur Beauftragung eines Flugsicherungsunternehmens
FSBetrV		Verordnung über die Betriebsdienste der Flugsicherung
FSEinsStOffz		Flugsicherung-Einsatz-Stabsoffizier
FSG		Flugsicherungsgesetz
FSMusterzulV		Flugsicherungs-Anlagen u.Geräte-Musterzulassungs-Verordnung
FSAAKV		Verordnung über die Erhebung von Kosten für die Inanspruch-nahme von Diensten und Ein-richtungen der Flugsicherung beim An- und Abflug
FSP	Flight Strip Printer	Kontrollstreifendrucker

	Englisch	*Deutsch*
FSStrKV		Verordnung über die Erhebung von Kosten für die Inanspruch-nahme von Streckennavigations-diensten und Streckennavigations-einrichtungen der Flugsicherung
ft	feet	Fuß
FV	Air Traffic	Flugverkehr
FVK	Air Traffic Control	Flugverkehrskontrolle (-kontrolldienst)
FZV	Flight tracking	Flugzielverfolgung
G		
GA	Ground Antenna	Bodenantenne
GA	General Aviation	Allgemeine Luftfahrt
GAF	German Air Force	Bundeswehr (Luftwaffe)
GAT	General Air Traffic	Allgemeiner Luftverkehr
GBAS	Ground Based Augmentation System	Bodengestütztes System zur Ver-besserung der Satellitenpositionsdaten
GCA	Ground Controlled Approach	radargestütztes FS-Anflugverfahren
GeoInfoDBw		Geoinformationsdienst der Bundeswehr
GG		Grundgesetz
GLONASS	Global Orbiting Navigation Satellite System	Russisches Satelliten Navigations-System
GLS	GNSS Landing System	Satellitengestütztes Landesystem
GNSS	Global Navigation Satellite System	Globales satellitengestütztes Navigationssystem
GND	Ground	Erdoberfläche (Grund)
GP	Glide Path	Gleitweg (-sender)
GS	Ground Speed	Geschwindigkeit über Grund
GS	Glide Slope	Gleitweg (beim ILS ca. 3 Grad)
GPS	Global Positioning System	Globales satellitenbasiertes Ortungssystem
H		
HAPI	Helicopter Approach Path Indicator	Hubschrauber-Gleitwinkelanzeigesystem
HDG	Heading	Steuerkurs
HF	Holding Fix	Haltepunkt
HF	High Frequency	Hochfrequenz
HOLD	Holding (Fuel)	Warteflug (-kraftstoff)

	Englisch	*Deutsch*
HSI	Horizontal Situation Indicator	Fluglageanzeige
I		
IAF	Initial Approach Fix	Anfangsanflugpunkt
IAM	Initial Approach Mode	Betriebsart
IAS	Indicated Air Speed	Angezeigte Fluggeschwindigkeit
IAS	International Accounting Standards	Internationale Jahresabschluss-Standards
IASB	International Accounting Standards Board	Internationaler Rat für Jahresabschluss-Standards
IATA	International Air Transport Association	Internationale Organisation der Luftverkehrsgesellschaften
IBIS		Vogelschlaginformationssystem-Datenbank
ICAO	International Civil Aviation Organisation	Internationale Zivilluftfahrt-Organisation
IF	Intermediate Fix	Zwischenanflugpunkt
ICL	Inbound Connection List	
IFR	Instrument Flight Rules	Instrumentenflugregeln
ILS	Instrument Landing System	Instrumentenlandesystem
INFOplus	Airport Information System	Flughafeninformationssystem
INS	Inertial Navigation System	Trägheitsnavigationssystem
INU	Inertial Navigation Unit	Trägheitsnavigationseinheit
INMARSAT	International Maritime Satellite Organisation	Internationale Organisation für satellitengestützte See- und Luftfahrtanwendungen
IMC	Instrument Meteorological Conditions	Instrumentenflugbedingungen
IRFI	International Runway Friction Index	Landebahn Reibwert-Index
ITU	International Telecommunication Union	Internationale Fernmeldeunion
J		
JAA	Joint Aviation Authorities	Zusammenschluss ziviler Luftfahrtbehörden Europas
JAR	Joint Aviation Requirements	JAA Vorschriftenwesen
K		
kt		Knoten
L		
LAAS	Local Area Augmentation System	Lokales System zur Verbesserung der Satellitendaten
LAN	Local Area Network	Lokales Netz
LBA	Federal Office of Civil Aeronautics	Luftfahrt-Bundesamt

	Englisch	*Deutsch*
LBAG		Gesetz über das Luftfahrt-Bundesamt
LCAG		Lufthansa Cargo AG
LDAH	Landing Distance Available at Heliports	Verfügbare Landestrecke an Hubschrauberflugplätzen
LDM	Load Data Message	Lademeldung
LCFZ	Laser critical Zone	Laserstrahlkritische Flugzone
LuftBO		Betriebsordnung für Luftfahrtgerät
LFFZ	Laser free Zone	Laserstrahlfreie Flugzone
Lfz	Aeroplane	Luftfahrzeug
LuftfzgG		Gesetz über Rechte an Luftfahrzeugen
LFzPfSchG		Gesetz über die Unzulässigkeit der Sicherungsbeschlagnahme von Luftfahrzeugen
LLärmV		Landeplatz-Lärmschutz-Verordnung
LLZ	Localizer	Landekurssender
LMC	Last Minute Change	kurzfristige Änderung
LMC	Last-Minute-Passenger	späte Passagiere
LMT	Local Mean Time	Ortszeit
LOC	Localizer	Landekurssender
LORAN	Long Range Navigation	Langstrecken-Navigation
LSFZ	Laser sensitive Zone	Laserstrahlsensitive Flugzone
LTKdo		Lufttransportkommando
LuftBO		Betriebsordnung für Luftfahrtgerät
LuftGerPO		Prüfordnung für Luftfahrtgerät
LuftGerPV		Verordnung zur Prüfung von Luftfahrtgerät
LuftKostV		Kostenverordnung der Luftfahrtverwaltung
LuftNaSiG		Luftverkehrsnachweissicherungsgesetz
LuftPersV		Verordnung über Luftfahrtpersonal
LuftRegV		Verordnung über die Einrichtung und die Führung des Registers für Pfandrechte an Luftfahrzeugen
LuftSiG		Luftsicherheitsgesetz
LuftSiV		Luftsicherheitsverordnung
LuftSpZustV		Verordnung über die Zuständigkeit des Luftfahrt-Bundesamtes für die Verfolgung und Ahndung von Ordnungswidrigkeiten im Luftsportwesen

	Englisch	*Deutsch*
LuftVG		Luftverkehrsgesetz
LuftVO		Luftverkehrsordnung
LuftVZO		Luftverkehrszulassungsordnung
LuftVZÜV		Luftverkehr-Zuverlässigkeitsüber-prüfungsverordnung
LVG		Luftverkehrsgesellschaft
M		
MAC	Mean Aerodynamic Chord	Bezugsflügeltiefe
MAN	manual	manuell
MAPt	Missed Approach Point	Fehlanflugpunkt
MATOM	Maximum Allowed Mass for Takeoff	Starthöchstmasse
MDA	Minimum Descent Altitude	Sinkmindesthöhe ü. Meeresspiegel
MDH	Minimum Descent Height	Sinkmindesthöhe ü. Flugplatz
METAR	Meteorological Report	Wetterbericht
MH	Magnetic Heading	mißweisender Steuerkurs
MilFS	Military Air Navigation Services	Militärische Flugsicherung
MIN T/O	Minimum Takeoff-Fuel	Kraftstoff für den Startvorgang
MLM	Maximum Landing Mass,	Höchstzulässige Landemasse
MLS	Microwave Landing System	Mikrowellenlandesystem
MM	Middle Marker	Haupteinflugzeichen
MNPS	Minimum Navigation Performance Specifications	Spezifikation für Mindestnavigationsleistungen
MontÜG		Montrealer-Übereinkommen Durchführungsgesetz
MRDV	Multi Radar Data Processing	Multiradardaten-Verarbeitung
MRO	Maintenance, Repair und Overhaul	Wartung, Reparatur, Überholung
MSA	Minimum Sector Altitude	Lokale Mindesflughöhe
MSL	Mean Sea Level	Meeresspiegel
MTM	Maximum Taxi Mass	Höchstzulässige Rollmasse
MTOM	Maximum Take Off Mass	Maximale Startmasse
MTI	Moving Target Indication	Festzielunterdrückung
MV	Magnetic Variation	magnetische Mißweisung
MVT	Movement Message	
MZFM	Maximum Zero Fuel Mass	Höchstzulässige Leertankmasse
N		
NATO	North Atlantic Treaty Organization	Nordatlantisches Verteidigungsbündnis

	Englisch	*Deutsch*
NAM	Nautical Air Mile	Nautische Meile (1,806 km)
NASA	North American Space Agency	Amerikanische Raumfahrtagentur
NAV	Navigation	Navigation
NAVSTAR	Navigation System with Time and Ranging	Satellitennavigation
ND	Navigation Display	Navigations-Bildschirm
NDB	Non Directional Radio Beacon	Ungerichtetes Funkfeuer
NfL		Nachrichten für Luftfahrer
NIROS	Noise Impact Reduction and Optimisation System	
NM	Nautical Mile	Nautische Meile (1,806 km)
NN		Normal Null
NOTAM	Notice to Airmen	Luftfahrer-Informationsdienst
NPA	Non Precision Approach	Nichtpräzisionsanflug
NPA	Notice of Proposed Amendments	
O		
OAT	Operational Air Traffic	Operationeller Luftverkehr
OBCCOS	Off-Block Calculation and Co-ordination System	Off-Block Kalkulations- und Koordinationssystem
OCA	Obstacle Clearance Altitude	Hindernisfreihöhe über Meeresspiegelniveau
OCH	Obstacle Clearance Height	Hindernisfreihöhe über Flugplatz oder Schwelle
ODS	Operatonal Display System	Teil des Lotsenarbeitsplatzes
OEM	Operating Empty Mass	Betriebsleermasse
OFP	Operational Flight Plan	Flugdurchführungsplan
OFZ	Obstacle Free Zone	Hindernisfreizone
OID	Operational Instrument Departure	militärisches Instrumenten-Abflugverfahren
OM	Outer Marker	Voreinflugzeichen
OPMET	Operational Meteorological Data	meteorologische Daten
OPS	Operations	Betrieb
ÖPNV	Public Traffic	Öffentlicher Personen-Nahverkehr
P		
PA	Precision Approach	Präzisionsanflug
p.a	per anno	pro Jahr
PAM		Pulsamplitudenmodulation
PANS	Procedures of Air Navigation Services	Flugsicherungsverfahren

	Englisch	*Deutsch*
PAPA	Parallax Aircraft Parking Aid	Flugzeugeinparkhilfe
PAPI	Precision Approach Path Indicator	optische Hilfe zur Einhaltung des Gleitfades beim Landeanflug
PAR	Precision Approach Radar	Präzisions-Anflugradar
PAX	Passenger	Passagier
PCN	Pavement Classification Number	Start-/Landebahn-Tragfähigkeitskennzahl
PCM		Pulscodemodulation
PFD	Primary Flight Display	Flugführungsanzeige
PKT	Passenger Kilometres Transported	bezahlte Passagierkilometer
PLM		Pulslängenmodulation
PLT TO	Planed Time Over	geplante Überflugzeit
POS	Position	Position
Post-TKT	Post Ton Kilometres	bezahlte Post-Tonnenkilometer
PPM		Pulsphasenmodulation
PR	Primary Radar	Primärradar
PRN	Pseudo-Random-Noise-Code	Pseudozufalls-Code
P-RNAV	Precision Random Navigation	Präzisions Flächennavigation
PRT	Printer	Drucker
PROC	Procedure	(Flugsicherungs-)Verfahren
PROMIS	PROcess Monitoring Information System	Prozessorientiertes Überwachungssystem
PTM	Passenger Transfer Message	Passagierbericht
Q		
QC	Quick Change	Schneller Wechsel
R		
RAIM	Receiver Autonomous Integrity Monitoring	Empfängerautonome Integritäts-überwachung
RB	Relative Bearing	Relative Peilung
RBI	Relative Bearing Indicator	Anzeigegerät, relative Peilung
RBP	Radar Bypass Processor	Radardatenverarbeitungseinheit
RDPS	Radar Data Processing System	Radardatenverarbeitungssystem
RDQC	Radar Data Quality Control	System zur Kontrolle der Radardaten
RMCDE	Radar Message Conversion and Distribution Equipment	Netzwerkknoten des Radardatennetzwerkes
RD		Durchmesser des größten Rotors
RDR	Radar Data Recording	Radardatenaufzeichnung
RFS	Radar Fallback System	Redundanzsystem

	Englisch	*Deutsch*
RFS	Road Feeder Service	Luftfrachtersatzverkehr
RLB	Rollerball	Rollkugel
RMI	Radio Magnetic Indicator	Radiokompass
RNAV	Random (Area) Navigation	Flächennavigation
RNP	Required Navigation Performance	gefordertes Navigationsleistungs-vermögen (Parameter)
RPL	Repetitive Flightplan	Dauerflugplan
RTCA	Radio Technical Commission for Aeronautics	Eigenname
RTODAH	Rejected Take-off Distance Available at Heliports	Verfügbare Startabbruchstrecke auf einem Hubschrauberflugplatz
RVR	Runway Visual Range	Start-/Landebahn-Sichtweite
RWY	Runway	Start-/Landebahn
S		
SAR	Search and Rescue	Such- und Rettungsdienst
SARPS	Standards and Recommended Practices	Standards und Empfehlungen der ICAO
SBAS	Space Based Augmentation System	Satellitengestütztes System zur Verbesserung der Signalqualität
SCD	Side Cargo Door (Combi)	Seitliche Frachttür
SDD	Synthetic Dynamic Display	Anzeigegerät
SDÜ		Schengener Durchführungsübereinkommen
SID	Standard Instrument Departure	Standardabflugstrecke
SES	Single European Sky	Ganzheitlicher Europäischer Luftraum
SIGMET	Significant Meteorological Weather Phenomena	bedeutsame Wettererscheinungen
SKO	Seat Kilometers offered	angebotene Sitzkilometer
SLF	Load Factor	Sitzladefaktor
SLS	Side Lobe Suppression	Nebenkeulenunterdrückung
SNOWTAM	Snowmessage to Airman	Bericht über winterlichen Zustand der Flugbetriebsflächen
SPI	Special Pulse Identification	Identifizierung von Pulsen
SR	Sunrise	Sonnenaufgang
SRE	Surveillance-Radar-Equipment	Mittelbereichs-Rundsichtradar
SS	Sunset	Sonnenuntergang
SSR	Secondary Surveillance Radar	Sekundärradar
Mode S	Mode Selective	selektives Ansprechen der Lfz

	Englisch	*Deutsch*
STAR	Standard Arrival Route	Standardanflugstrecke
STBY	Standby	Betriebsbereitschaft
STAR	Standard Arrival Route	Standardanflugstrecke
STCA	Short Term Conflict Alert	kurzfristige Konfliktwarnung
STOL	Short Take-Off and Landing	Lfz mit Kurzstart- und Landeeigenschaften
SVS		Sprachvermittlungssystem
SWY	Stopway	Stoppbahn
T		
TACAN	Tactical Air Navigation	militärische Navigation (-sanlage)
TAF	Terminal Aerodrome Forecast	Flughafenwettervorhersage
TAS	True Air Speed	wahre Fluggeschwindigkeit
TAT	Total Air Temperature	Absolute Temperatur
TAXI	Taxi Fuel	Kraftstoff für Rollvorgang
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System	Kollisionswarnsystem
TDP	Take-off Decision Point	Startentscheidungspunkt
TDZ	Touchdown Zone	Aufsetzzone
TEMP	Temperature	(Luft-) Temperatur
TFV		Technische Flugdienstvorschrift
TH	True Heading	wahrer Steuerkurs (bzgl. geographisch Nord)
THR	Threshold	Landebahnschwelle
TID	Touch Input Device	Eingabemedium
TK, TRK	Track	Kurs über Grund
TK CHG	Track Change	Kurswechsel
TKE	Track Angle Error	Kursabweichung über Grund
TLOF	Touchdown and Lift-off Area	Aufsetz- und Abhebfläche
TMA	Terminal Maneuvering Area	Nahverkehrsbereich
TMZ	Transponder Mandatory Zone	Luftraum mit vorgeschriebener Transponderschaltung
T/O	Take-off	Startvorgang
TOAT	Target Off-Block Approval Time	Ziel-Off-Block Zeit
TOC	Top of Climb	Ende des Steigfluges
TOD	Top of Descent	Beginn des Sinkfluges
TODA	Take-off Distance available	Verfügbare Startstrecke
TODAH	Take-off Distance Available at Heliports	Verfügbare Startstrecke auf einem Hubschrauberflugplatz

	Englisch	*Deutsch*
TORA	Take-off Run available	Verfügbare Startlaufstrecke
TRA	Temporary Reserved Airspace	Zeitweilig reservierter Luftraum
TRIP	Trip Fuel	Reisekraftstoff
TRSB	Time Reference Scanning Beam	Abtaststrahl mit Zeitbezug
TT	True Track	wahrer Kurs über Grund (bzgl. geographisch Nord)
TTOT	Target Take-Off Time	Ziel-Startzeit
TSAT	Target Start-Up Approval Time	
TSE	Total System Error	Maximaler Systemfehler
TVOR	Terminal VOR	Flugplatz VOR (Nav.-anlage)
TWR	Tower	FS-Kontrollturm
TXY	Taxiway	Rollbahn
U		
UHF	Ultra High Frequency	Dezimeterwelle
UIT	L'Union Internationale des Télécommunications	Internationale Fernmeldeunion
ULD	Unit Load Device	Lademittel
UN	United Nations	Vereinte Nationen
UNL	Unlimited	unbegrenzt
UTC	Universal Time Coordinated	koordinierte Weltzeit
UVPG		Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung
V		
V	Speed	Geschwindigkeit
VASIS	Visual Approach Slope Indicator System	Gleitwinkelbefeuerungssystem
VDL	VHF Data Link	VHF Datenfunk
VFR	Visual Flight Rules	Sichtflugregeln
VHF	Very High Frequency	Ultrakurzwelle
VMC	Visual Meteorological Conditions	Sichtflugwetterbedingungen
VO		Verordnung
VOR	Very High Frequency Omnidirectional Radio Range	UKW-Drehfunkfeuer
VORTAC	VOR plus TACAN - Station	mil./ziv. Navigationsanlage
W		
W	Wind Direction	Windrichtung
WA	Wind Angle	Windwinkel
WAAS	Wide Area Augmentation System	System zur Verbesserung der Satellitensignale im Weitbereich

	Englisch	*Deutsch*
WCA	Wind Correction Angle	Luvwinkel
WGS	Wold Geodetic System	Geodätisches System
WHO	World Health Organisation	Weltgesundheitsorganisation
WMO	World Meteorological Organization	Meteorologische Weltorganisation
WPP	Working Position Processor	Datenverarbeitungseinheit
WPT	Waypoint	Wegpunkt (-Koordinaten)
WS	Wind Speed	Windgeschwindigkeit
X		
XTK	Cross Track Distance	Querablage zum Sollkurs
Z		
ZF		Zwischenfrequenz

Geleitwort

Das Handbuch der Luftfahrt trägt zu einem vertieften Verständnis der Funktionsweise des Luftverkehrs bei. Umfassend werden die technischen, rechtlichen und wirtschaftlichen Rahmenbedingungen dargestellt. Angesichts der dynamischen Entwicklung der Luftfahrt ist es gut, ein Nachschlagewerk für alle zu haben, die sich mit dem Luftverkehr und der Luftverkehrspolitik beschäftigen wollen.

Mit der fortschreitenden Internationalisierung der Güter- und Arbeitsmärkte und der damit einhergehenden Zunahme der internationalen Arbeitsteilung in der Produktion von Waren und Dienstleistungen ist der Luftverkehr für Deutschland zu einem bedeutenden Standortfaktor geworden.

Damit ist die Frage, in welchem Maße die für den Wirtschaftsstandort bedeutenden Luftverkehrsunternehmen wettbewerbsfähig bleiben und wie von Deutschland aus auch weiterhin internationale Ziele ohne Umwege erreicht werden können, zu einer wichtigen Frage der Zukunftssicherung des Wirtschaftsstandorts Deutschland geworden.

Mit der Liberalisierung gelten dabei zwei wesentliche Rahmenbedingungen: Erstens stehen die Unternehmen des Luftverkehrs in einem harten wirtschaftlichen Wettbewerb zueinander, dessen preisliche und qualitative Ausprägung insbesondere durch das Internet im höchsten Maße transparent und damit wettbewerbsverstärkend ist. Und zum zweiten ist dieser Wettbewerbsmarkt ein umfassend internationaler Markt, mit der Folge, dass sich für die Unternehmen der Luftverkehrswirtschaft die Stärken oder Schwächen ihrer Wettbewerbsfähigkeit immer im internationalen Maßstab erweisen.

Aufgrund dieser Rahmenbedingungen ist es von existenzieller Bedeutung, dass staatliche Eingriffe in den Luftverkehrsmarkt, seien es fiskalische Eingriffe wie Steuern und Gebühren oder regulative Eingriffe, wie beispielsweise Betriebsbeschränkungen, vorab auf mögliche wettbewerbsverzerrende Folgen evaluiert werden. Nationale Alleingänge, also staatliche Eingriffe, die nicht im internationalen Maßstab wettbewerbsneutral ausgestaltet werden, müssen unterbleiben. Sie verschlechtern die wirtschaftlichen Ergebnisse der Luftverkehrsunternehmen, die ihren Hauptabflugbetrieb am nationalen Standort haben, massiv. Und dabei werden nicht einmal die Ziele des staatlichen Eingriffs erreicht, denn die wirtschaftliche Schädigung der einen Unternehmen führt lediglich dazu, dass aufgrund des liberalisierten internationalen Marktes im Luftverkehr, die Flüge

von anderen internationalen Luftverkehrsgesellschaften betrieben oder von anderen Flughäfen außerhalb Deutschlands abgewickelt werden.

Die Herausforderung besteht darin, angesichts der veränderten Rahmenbedingungen die luftverkehrliche Anbindung des Wirtschaftsstandorts Deutschland und die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Luftverkehrsgesellschaften und Flughäfen dauerhaft zu stärken. Das wird nur möglich sein, wenn Politik dafür sorgt, dass im wettbewerbsintensiven Luftverkehrsmarkt ein Level-Playing-Field besteht – eine Aufgabe, die vertiefte Kenntnisse über die Funktionsweise des Luftverkehrs erfordert. Auch dies ein guter Grund für die Herausgabe dieses aktualisierten Handbuchs der Luftfahrt!

Berlin, Mai 2013

Matthias von Randow
Hauptgeschäftsführer des Bundesverbandes
der deutschen Luftverkehrswirtschaft

Vorwort zur 2. Auflage

Auch die 2. Auflage des vorliegenden Buches hat den Anspruch, das System Luftverkehr ganzheitlich und inhaltlich umfassend darzustellen. Dazu wurde das Buch komplett überarbeitet und um wesentliche Beiträge erweitert.

Ausgehend von der Darstellung der administrativen und operativen Träger des Luftverkehrs wird das Luftverkehrssystem unverändert anhand der operativen Säulen des Luftverkehrs dargestellt. Dies sind zunächst die Luftverkehrsgesellschaften und die Betreiber von Flugzeugen, die die Transportleistung erbringen und somit den Transportprozess planen, organisieren und durchführen. Dazu werden auch die Transportmittel selbst, d. h. die unterschiedlichen Flugzeugmuster, vorgestellt. Die Struktur der Flugplätze, die Landseite, der Terminalbereich und die Luftseite finden sowohl von der Konfiguration, als auch von der betrieblich-technischen Ausstattung her Berücksichtigung. Besondere Aufmerksamkeit wird dabei der verkehrlichen und betrieblichen Abfertigung der Flugzeuge auf den Flugplätzen, d. h. den Abfertigungsprozessen für Passagiere, Fracht und Post gewidmet. Auch die Versorgung des Flugzeuges selbst und die Vorbereitung auf die nächste anstehende Flugaufgabe wird erläutert. Für die sichere, konfliktfreie und wirtschaftliche Durchführung der Flüge ist letztendlich die Flugsicherungsorganisation des jeweiligen Landes zuständig und verantwortlich, die die Flugwege der Flugzeuge durch die kontrollierten Lufträume anhand der Flugpläne überwacht und ggf. regulierend eingreift. Diese Prozesse werden als Wegsicherungsprozesse bezeichnet.

Das Buch zeigt auf, wie diese operationellen Prozesse, d. h. der Transportprozess, der Abfertigungsprozess und der Wegsicherungsprozess formal und inhaltlich ablaufen, wie die Prozesse strukturiert und organisiert sind, und mit welchen technischen bzw. infrastrukturellen Instrumentarien sie unterstützt werden.

Da diese Prozesse alle in einem in seiner Kapazität nicht erweiterbaren Luftraum (Verkehrsraum) stattfinden, bedarf es einer differenzierten Struktur dieses Luftraumes sowie umfangreicher Regeln und Verfahren zur Nutzung, um den unterschiedlichen Anforderungen der zivilen und der militärischen Nutzer gerecht zu werden.

Darüber hinaus ist Luftverkehr grenzüberschreitend und findet weltweit statt. Die Struktur des Luftraumes, die Regeln und Verfahren, sowie die Infrastruktur und die Ausrüstung am Boden und an Bord der Flugzeuge müssen deshalb auf der

funktionalen Ebene weltweit nach denselben Kriterien ausgelegt sein. Dies gewährleisten die internationalen Organisationen des Luftverkehrs, die die entsprechenden technischen Standards und betriebliche Verfahren abstimmen und festlegen, sowie die nationalen Organisationen und Institutionen, die die internationalen Standards und Betriebsverfahren in die jeweilige nationale Gesetzgebung einbringen und deren Anwendung überwachen.

Da es sich nicht nur um bodengebundene Infrastrukturelemente handelt, sondern auch eine Vielzahl von kooperativen Systemen (Boden-/Bord-/Raum-(Satelliten)-Systeme) existieren, die die Betriebsausrüstung der Flugzeuge betreffen, sind auch die Hersteller, Ausrüster und Zulieferer von Luftfahrtgerät von der Notwendigkeit der internationalen Standardisierung und Normung betroffen, und in die entsprechenden Prozesse mit einbezogen.

Darüber hinaus finden Themen wie die Instandhaltung von Flugzeugen und die immer wichtiger werdende Luftverkehrsökologie sowie der luftfahrtspezifische Umweltschutz Berücksichtigung.

Das Buch wendet sich generell an alle Interessenten der Luftfahrt, insbesondere an Studierende der luftfahrtspezifischen Fachrichtungen, aber auch an die in der Luftfahrtbranche Tätigen, die ein umfassendes Nachschlagewerk benötigen.

Ich danke den Firmen und Institutionen der Luftfahrtindustrie und der Luftverkehrswirtschaft für die fachlichen Diskussionen und für die freundliche Genehmigung zum Abdruck diverser Bildquellen, die wesentlich zur Erläuterung und Illustration der funktionalen und technischen Sachverhalte beitragen.

Saulheim, Mai 2013 Heinrich Mensen

Vorwort zur 1. Auflage

In dem vorliegenden Buch wird der Versuch unternommen, das System Luftverkehr einer ganzheitlichen Betrachtung zu unterziehen, die Vielschichtigkeit der beteiligten Systemelemente aufzuzeigen und inhaltlich darzustellen.

Zu den Säulen des Luftverkehrssystems zählen die Luftverkehrsgesellschaften und die Betreiber von Luftfahrzeugen, die die Transportleistung erstellen und somit den Transportprozess planen, organisieren und durchführen. Weiterhin die Flugplätze, um die Infrastruktur vorzuhalten, die für die Luftfahrzeuge zur verkehrlichen und betrieblichen Abfertigung erforderlich sind, und die Abfertigungsprozesse für Passagiere, Fracht und Post durchzuführen. Das Luftfahrzeug selbst wird dabei ebenfalls versorgt und auf die nächste anstehende Flugaufgabe vorbereitet. Für die sichere, konfliktfreie und wirtschaftliche Durchführung des jeweiligen Fluges ist dann letztendlich die Flugsicherungsorganisation des Landes zuständig und verantwortlich, die den Flugweg des Luftfahrzeuges durch den Luftraum aufgrund der Wünsche der Betreiber der Luftfahrzeuge plant, steuert und überwacht. Dieser Prozess wird als Wegsicherungsprozess bezeichnet.

Das Buch zeigt auf, wie diese operationellen Prozesse, d. h. der Transportprozess, der Abfertigungsprozess und der Wegsicherungsprozess formal und inhaltlich ablaufen, wie sie organisiert sind und mit welchen technischen bzw. infrastrukturellen Instrumentarien sie unterstützt werden.

Da diese Prozesse alle in einem in seiner Kapazität nicht erweiterbaren Luftraum (Verkehrsraum) stattfinden, bedarf es einer differenzierten Struktur dieses Luftraumes sowie umfangreicher Regeln und Verfahren zur Nutzung, um den unterschiedlichen Anforderungen der zivilen und militärischen Nutzer gerecht zu werden.

Luftverkehr ist grenzüberschreitend und findet weltweit statt. Die Struktur des Luftraumes, die Regeln und Verfahren, sowie die Infrastruktur und die Ausrüstung am Boden und an Bord der Luftfahrzeuge müssen deshalb auf der funktionalen Ebene weltweit nach denselben Kriterien ausgelegt sein. Dies gewährleisten die internationalen Organisationen des Luftverkehrs, die die entsprechenden technischen Standards und betriebliche Verfahren abstimmen und festlegen, sowie die nationalen Organisationen und Institutionen, die die internationalen Standards und Betriebsverfahren in die jeweilige nationale Gesetzgebung einbringen und deren Anwendung überwachen.

Da es sich nicht nur um bodengebundene Infrastrukturelemente handelt, sondern auch eine Vielzahl von kooperativen Systemen (Boden-/Bord-/Raum-(Satellitensysteme)) existieren, die die Betriebsausrüstung der Luftfahrzeuge betreffen, sind auch die Hersteller, Ausrüster und Zulieferer von Luftfahrtgerät von der Notwendigkeit der internationalen Standardisierung betroffen und in die entsprechenden Prozesse mit einbezogen.

Das Buch wendet sich an alle Interessenten der Luftfahrt, insbesondere an die Studierenden der luftfahrtspezifischen Fachrichtungen, sowie an die in der Luftfahrtbranche Tätigen, die ein Nachschlagewerk benötigen.

Ich danke den entsprechenden Firmen, insbesondere der Fraport AG, für die freundliche Genehmigung zum Abdruck diverser Bildquellen.

Langen, März 2003 Heinrich Mensen

Inhaltsverzeichnis

Teil I Grundlagen des Luftverkehrs

1 Definitionen und Grundbegriffe 3
1.1 Definition der Luftverkehrspolitik 3
1.2 Verkehrswissenschaftliche Grundbegriffe 5

2 Bedeutung des Luftverkehrs 9
2.1 Politische Bedeutung des Luftverkehrs 9
2.2 Wirtschaftliche Bedeutung des Luftverkehrs 9
2.3 Soziale Bedeutung des Luftverkehrs 11

3 Wesen und Formen des Luftverkehrs 13
3.1 Wesen des Luftverkehrs 13
3.2 Formen des Luftverkehrs 15
3.2.1 Nationaler und internationaler Luftverkehr 15
3.2.2 Luftverkehr in Abhängigkeit der Transportdistanz 15
3.2.3 Personenluftverkehr 15
3.2.4 Luftfrachtverkehr 17
3.2.5 Luftpost 23
3.2.6 Militärischer Luftverkehr 23
3.2.7 Allgemeine Luftfahrt 23

4 Entwicklung des Luftverkehrs 25
4.1 Meilensteine in der Entwicklung des Luftverkehrs 25
4.2 Technische Entwicklung 26
4.3 Wirtschaftliche Entwicklung 30
4.4 Politische und rechtliche Entwicklung 31
4.5 Verkehrsprognosen/Verkehrsentwicklung 33
4.5.1 Prognosemethodik und Vorgehensweise 33
4.5.2 Passagierluftverkehr 40
4.5.3 Luftfrachtverkehr und Luftpost 45
4.5.4 Landseitiges Verkehrsaufkommen an Flugplätzen 53
4.6 Empirische Methoden zur Bestimmung der Verkehrsentwicklung . . . 61

5 Luftfahrtnormen 69
5.1 Internationale Normenorganisationen 70
5.2 Europäische Normenorganisationen 70
5.3 Nationale Normenorganisationen 70
5.3.1 Deutsches Institut für Normung 70
5.3.2 Luftfahrtnormen 71
5.4 Sonstige Normen Institutionen 73

Teil II Das Flugzeug als Transportmittel

6 Klassifizierung von Luftfahrzeugen 77
6.1 Generelle Klassifizierung von Luftfahrzeugen nach deutschem Luftrecht 77
6.2 Einteilung von Luftfahrzeugen nach Verwendungszweck, Beanspruchung und Startmasse 78
6.3 Einteilung von Flugzeugen nach der Bauart 81
6.4 Einteilung von Flugzeugen nach dem Einsatzprofil 86
6.4.1 Passagierflugzeuge 87
6.4.2 Passagierflugzeuge mit Beiladefracht 87
6.4.3 Frachtflugzeuge 95
6.4.4 Ladeeinheiten und Lademittel 97

7 Zulassungsanforderungen an Flugzeuge 107
7.1 Anforderungen an den Bau von Flugzeugen 107
7.2 Einteilung von Flugzeugen nach EASA Certification Specification 109
7.3 Lufttüchtigkeitsvorschriften der ICAO 110
7.3.1 Mindestanforderungen an die Lufttüchtigkeit von Flugzeugen 111
7.3.2 Anforderungen an die Flugleistungen von Flugzeugen 111
7.4 Anforderungen an die Ausrüstung von Flugzeugen 111
7.4.1 Grundausrüstung 112
7.4.2 Flugsicherungsausrüstung 117
7.4.3 Ergänzungsausrüstung 120
7.5 Auslegungsrichtlinien Cockpit 122
7.6 Einteilung und Systematik der Systeme und Komponenten eines Flugzeuges 124
7.6.1 Systematik der Flugzeugsysteme und Komponenten nach ATA Kapiteln 124
7.6.2 Systematik der Flugzeugsysteme und Komponenten nach DIN 9020 127
7.6.3 Systematik der Flugzeugsysteme nach sachlogischen Kriterien 127

7.7 Entwicklung der Flugzeugsysteme ... 129
7.8 Betriebliche Anforderungen der Betreiber von Flugzeugen ... 130
7.9 Pflichten des Führers, Eigentümers und Halters eines Flugzeuges ... 134

8 Operationelle Anforderungen an den Betreiber von Flugzeugen ... 135
8.1 Betriebsvorschriften ... 135
8.2 Handbücher, Bordbücher und Aufzeichnungen ... 136

9 Flugbetriebliche Anforderungen des Flugzeugbetreibers ... 139
9.1 Musterspezifische operationelle Herstellerdokumentation ... 139
9.2 Aeroplane Flight Manual ... 142
9.3 Master Minimum Equipment List ... 144
9.4 Configuration Deviation List ... 144
9.5 Loading and Balance Manual ... 144
9.6 Operating Manual ... 147

10 Operationelle Aspekte des Flugbetriebs ... 151
10.1 Grundlagen der Flugleistung ... 151
10.2 Gesetzliche Bestimmungen für Flugleistungen ... 151
10.3 Sachliche Begriffsbestimmungen ... 153
10.4 Flugleistungsklassen ... 154
10.4.1 Flugleistungsklasse A ... 154
10.4.2 Flugleistungsklasse B ... 163
10.4.3 Flugleistungsklasse C ... 170
10.5 Entwicklung der Lufttüchtigkeitsvorschriften ... 175
10.6 Mindestflugleistungen ... 175
10.7 Geschwindigkeiten ... 176
10.8 Massebegriffe ... 177
10.9 Nutzlast und Reichweite ... 183
10.10 Flugsegmente ... 186
10.10.1 Startstrecke und Start ... 186
10.10.2 Steigflug ... 191
10.10.3 Landeanflug und Landung ... 195

11 Flugplanungsaspekte ... 197
11.1 Begriffsbestimmungen ... 197
11.2 Vorgaben des Gesetzgebers ... 198
11.3 Meteorologische Flugplanung ... 202
11.4 Operationelle Flugplanung ... 207
11.4.1 Flugverfahren ... 207
11.4.2 Flugstreckenführung ... 208
11.4.3 Streckenspezifische Limitierungen ... 210
11.5 Kraftstoffplanung ... 216
11.6 Beladung und Schwerpunkt ... 223

11.6.1 Aerodynamische Kräfte ... 228
11.6.2 Schubkraft ... 235
11.6.3 Einflussparameter auf die Ausprägungen des Schubs ... 239
11.6.4 Strukturelle Kräfte ... 243
11.7 Flugpläne ... 246
11.7.1 Flugdurchführungsplan ... 246
11.7.2 ATC Flugplan ... 248
11.8 DV-gestützte Flugplanung ... 255
11.8.1 Kurzstreckenflugplanung ... 256
11.8.2 Langstreckenflugplanung ... 282

12 Simulatoren ... 327
12.1 Flugsimulatoren ... 327
12.1.1 Generationen von Flugsimulatoren ... 327
12.1.2 Aufgaben und physiologische Ausrichtung ... 327
12.1.3 Klassifizierung von synthetischen Flugübungsgeräten ... 328
12.1.4 Anforderungen an Flugsimulatoren ... 328
12.1.5 Aufbau von Flugsimulatoren ... 330
12.1.6 Einsatz von Flugsimulatoren ... 335
12.1.7 Qualitätsmanagement ... 337
12.1.8 Entwicklungstendenzen in der Simulationstechnik ... 338
12.2 Flugsicherungssimulatoren ... 339
12.2.1 Air Traffic Management Simulatoren ... 339
12.2.2 Anwendungspotentiale von Air Traffic Management Simulatoren ... 340
12.2.3 Aufbau und Funktionen von Echtzeitsimulatoren ... 340
12.2.4 Aufbau und Funktionen von Schnellzeitsimulatoren ... 341

13 Innovative Luftverkehrsinfrastruktur und Flugzeugkonzepte ... 343
13.1 Europäischen Luftverkehrsinfrastruktur der Zukunft ... 343
13.2 Anforderungen an den Flugbetrieb der Zukunft ... 348
13.3 Flugzeugprogramme und -entwicklungen ... 350
13.4 Innovative Flugzeugkonzepte ... 353
13.5 Innovative Triebwerkskonzepte ... 358

Teil III Luftverkehrspolitik

14 Luftverkehrspolitische Ziele ... 367

15 Internationale Luftverkehrspolitik ... 369
15.1 Einteilung des Luftverkehrsrechts ... 369

15.2 Internationales öffentliches Luftrecht ... 370
15.2.1 Vertragssystem von Chicago ... 370
15.2.2 Bilaterale Luftverkehrsabkommen ... 376
15.3 Internationales Luftprivatrecht ... 379
15.3.1 Warschauer Abkommen ... 379
15.3.2 Haager Protokoll ... 382
15.3.3 Vereinbarung von Montreal ... 382
15.3.4 Zusatzabkommen von Guadalajara ... 383
15.3.5 Neufassung des Warschauer Abkommens ... 383

16 Träger internationaler Luftverkehrspolitik ... 385
16.1 Internationale Organisationen der Zivilluftfahrt ... 385
16.1.1 International Civil Aviation Organisation ... 385
16.1.2 International Air Transport Association ... 389
16.2 Internationale Gewerkschaften ... 392
16.2.1 International Federation of Airline Pilot's Associations ... 392
16.2.2 International Federation of Air Traffic Controllers' Associations ... 393
16.2.3 International Transport Worker's Federation ... 394
16.3 Airports Council International ... 394
16.4 Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques ... 395

17 Europäische Luftverkehrspolitik ... 397
17.1 Europäische Rechtsnormen zum Luftverkehr ... 397
17.1.1 Der regulierte europäische Luftverkehrsmarkt ... 397
17.1.2 Historische Ansätze zur Integration des europäischen Luftverkehrs ... 398
17.1.3 Verkehrsrechte zwischen Ländern der EU und Drittstaaten ... 406
17.1.4 Flugsicherheit und technische Standards ... 406
17.2 Ziele europäischer Luftverkehrspolitik ... 406
17.3 Europäische Verträge und Verordnungen ... 407

18 Träger europäischer Luftverkehrspolitik ... 409
18.1 Europäische Union ... 409
18.2 European Civil Aviation Conference ... 411
18.3 Association of European Airlines ... 412
18.4 European Regions Airlines Association ... 413
18.5 Joint Aviation Authorities ... 415
18.6 Europäische Agentur für Flugsicherheit ... 417
18.7 Europäische Organisation zur Sicherung der Luftfahrt ... 420
18.8 Europäische Transportarbeiter-Föderation ... 423

19 Luftverkehrspolitik der Bundesrepublik Deutschland 425
19.1 Nationale Rahmenbedingungen 425
19.1.1 Luftverkehrsrecht 425
19.1.2 Luftsicherheit 430
19.2 Ziele der nationalen Luftverkehrspolitik 434
19.3 Luftverkehrspolitische Instrumente 434
19.3.1 Finanzpolitische Instrumente 435
19.3.2 Administrative Instrumente 436
19.3.3 Ordnungspolitische Instrumente 436
19.3.4 Kooperationen und Beteiligungen 438
19.4 Nationale Interessensverbände, Vereine und Gewerkschaften 439
19.4.1 Bundesverband der deutschen Luftverkehrswirtschaft e.V. ... 439
19.4.2 Bundesverband der deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie e.V. 440
19.4.3 Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen e.V. 441
19.4.4 AOPA Germany, Verband der Allgemeinen Luftfahrt e.V. ... 442
19.4.5 Board of Airline Representatives in Germany e.V. 443
19.4.6 Nationale Gewerkschaften 444
19.4.7 Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V. 447
19.4.8 Deutsche Gesellschaft für Ortung und Navigation e.V. 448

Teil IV Das System des Luftverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland

20 Luftverkehrlicher Systembegriff und Abgrenzung 453
20.1 Zielbegriff 453
20.2 Zielrahmen 454
20.3 Umfeldbedingungen 455

21 Luftfahrtverwaltung in der Bundesrepublik Deutschland 459
21.1 Zum Begriff der Luftfahrtverwaltung 459
21.1.1 Aufgaben der Luftfahrtverwaltung 459
21.1.2 Organe der Luftfahrtverwaltung 460
21.2 Luftfahrtverwaltung der Bundesländer 461
21.2.1 Luftfahrt- und Luftsicherheitsbehörden der Bundesländer 461
21.2.2 Durchführung der Bundesauftragsverwaltung 462

22 Administrative und operative Träger des Luftverkehrs 463
22.1 Bundesministerium des Inneren 463
22.2 Bundesministerium der Verteidigung 464
22.3 Bundesminister für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung 465
22.3.1 Organisation 465

22.3.2 Aufgaben 466
22.4 Luftfahrt-Bundesamt 468
22.4.1 Organisation 468
22.4.2 Aufgaben 468
22.5 Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung 469
22.6 Flughafen-Koordinierung in der Bundesrepublik Deutschland 472
22.6.1 Geltungsbereich 475
22.6.2 Begriffsbestimmungen 475
22.6.3 Voraussetzungen für die Flughafen-Koordinierung 478
22.6.4 Flugplanvermittler und Koordinator 479
22.6.5 Koordinierungsausschuss 480
22.6.6 Koordinierungsparameter 481
22.6.7 Unterrichtung des Flughafenvermittlers und des Koordinators 482
22.6.8 Zuweisung von Zeitnischen 483
22.6.9 Zeitnischenmobilität 484
22.6.10 Ausschluss von Ersatzansprüchen 485
22.6.11 Gemeinwirtschaftliche Verpflichtungen 485
22.6.12 Zeitnischenpool 486
22.6.13 Beschwerden und Recht auf Einlegung von Rechtsmitteln . . . 488
22.6.14 Beziehungen zu Drittländern 488
22.6.15 Ausschussverfahren 489
22.6.16 Durchsetzung 489
22.6.17 Berichterstattung und Zusammenarbeit 490
22.7 Deutscher Wetterdienst 490
22.7.1 Aufgaben des Deutschen Wetterdienstes 492
22.7.2 Flugwetterdienst 492
22.7.3 Flugwetterbetriebsdienste 493
22.7.4 Organisation des Deutschen Wetterdienstes 494
22.8 Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung 496
22.9 DFS Deutsche Flugsicherung GmbH 497
22.9.1 Zweck und Aufgaben der Flugsicherung 497
22.9.2 Integration der zivil-militärischen Flugsicherung 499
22.9.3 Flugsicherungsbetriebsdienste 501
22.9.4 Dokumentation von Betriebsdaten 510
22.10 Struktur und Organisation des Luftraumes der Bundesrepublik Deutschland 510
22.10.1 Luftraumstruktur der Bundesrepublik Deutschland 511
22.10.2 Flugflächensystem 513
22.10.3 Fluginformationsgebiete 515
22.10.4 Kontrollbezirke 516
22.10.5 Air Traffic Services – Routensystem 516

22.10.6 RNAV-Routen und -gebiete 520
22.10.7 Nahverkehrsbereiche 527
22.10.8 Kontrollzonen 528
22.10.9 Luftraumkategorisierung mit der Kennzeichnung „HX“ . . . 527
22.10.10 Flugbeschränkungsgebiete und Luftsperrgebiete 530
22.10.11 Functional Blocks of Airspace 536
22.11 Luftraumklassifizierung nach ICAO 537
22.12 Internationale Luftraumstrukturen 538
22.12.1 Ozeanische Routensysteme 538
22.12.2 Future Air Navigation System (FANS) 541
22.13 Regeln im Luftverkehr 543
22.13.1 Sicherheitsmindesthöhen 544
22.13.2 Vermeidung von Kollisionen 545
22.13.3 Ausweichregeln 545
22.13.4 Sichtflugregeln in den Lufträumen mit der Klassifizierung B bis G 547
22.13.5 Instrumentenflugregeln 548
22.13.6 Signale und Zeichen 549
22.13.7 Signale für den Flugplatzverkehr 550
22.14 Flugsicherungsverfahren 556
22.14.1 Staffelungsverfahren 556
22.14.2 Startende und landende Flugzeuge 556
22.14.3 Anflüge mit Flugverkehrskontrolle ohne Radar 559
22.14.4 Abflüge mit Flugverkehrskontrolle ohne Radar 560
22.14.5 Abflüge von sich kreuzenden Startbahnen und einmündenden Startbahnen 560
22.14.6 Betrieb auf einer Startbahn mit versetzter Schwelle 561
22.14.7 An-/Abflüge in Gegenrichtung 561
22.14.8 Nichtanwendung der erhöhten Stafflungswerte 562
22.14.9 Konventionelle Staffelung im Streckenflug 562
22.14.10 Radarstaffelung 567
22.15 Klassifizierung der Flugverfahren 570
22.15.1 An- und Abflugverfahren 570
22.15.2 Warteverfahren 597
22.15.3 Not- und Sonderverfahren 602
22.15.4 Reiseflugverfahren 603
22.16 Flugplätze 605
22.16.1 Elemente der Flughafenplanung 605
22.16.2 Planungskriterien und Faktoren der Flugplatz-Standortauswahl 608
22.16.3 Flugplatz-Planungshierarchie 609

22.16.4 Verfahren zur Planung, Planfeststellung und Genehmigung der Anlage und des Betriebs von Flugplätzen ... 614
22.16.5 Betriebsaufnahme und Pflichten des Flughafenunternehmers ... 631
22.16.6 Aufsicht der Genehmigungsbehörde ... 632
22.16.7 Ordnungspolitische Regelwerke ... 633
22.16.8 Rechtsgrundlagen für Genehmigung und Betrieb von Landeplätzen ... 637
22.16.9 Betriebsaufnahme und Pflichten des Landeplatzhalters ... 638
22.16.10 Rechtsgrundlagen für Genehmigung und Betrieb Segelfluggeländen ... 639
22.16.11 Rechtsgrundlagen für Genehmigung und Betrieb von Hubschrauberflugplätzen ... 640
22.16.12 Struktur, Elemente und Anlage eines Flugplatzes ... 642
22.16.13 Elemente der Landseite eines Flugplatzes ... 643
22.16.14 Elemente des Passagier-Terminalbereichs eines Flugplatzes ... 670
22.16.15 Elemente des Fracht-Terminalbereichs eines Flugplatzes ... 702
22.16.16 Luftfrachtzentren ... 705
22.16.17 Umschlagprozesse ... 708
22.16.18 Luftfrachtabfertigung ... 708
22.16.19 Post-Abfertigungsprozesse ... 715
22.16.20 Elemente der Luftseite eines Flugplatzes ... 715
22.16.21 Betriebliche Aspekte von Start-/Landebahnsystemen ... 772
22.16.22 Terminalanordnung in Bezug zum Start-/Landebahnsystem ... 773
22.16.23 Luftseitiges Kapazitätsprofil eines Flugplatzes ... 774
22.16.24 Terminal der Allgemeinen Luftfahrt ... 783
22.16.25 Hubschrauberflugplätze ... 783
22.17 Hersteller und Ausrüstungsindustrie ... 815

Teil V Technische Hilfsmittel zur Lenkung, Leitung und Überwachung des Luftverkehrs

23 Einführung in die Lenkung, Leitung und Überwachung des Luftverkehrs ... 821

24 Kommunikations- und Informationssysteme ... 823
24.1 Internationale und nationale Vorschriften ... 824

24.2 Kommunikationssysteme auf Flugplätzen . . . 825
24.3 Grundprinzipien für den Netzaufbau von digitalem Mobilfunk . . . 825
24.4 Konzeptionen und Funktionen von Funknetzen . . . 827
24.5 Passagierinformationssysteme . . . 844
24.6 Telekommunikationssysteme der Flugsicherung . . . 845
24.6.1 Operationelle Sprachkommunikation . . . 846
24.6.2 Administrative Sprachkommunikation . . . 850
24.6.3 Datenkommunikation . . . 850
24.6.4 Lokale Netze . . . 854
24.6.5 Videokonferenzen . . . 854

25 Navigationssysteme der Luftfahrt . . . 855
25.1 Grundlagen . . . 856
25.1.1 Sendearten . . . 856
25.1.2 Frequenzbereiche . . . 859
25.2 Nah- und Mittelbereichsnavigation . . . 860
25.2.1 Ungerichtetes Funkfeuer/Automatische Funkpeilanlage . . . 860
25.2.2 UKW-Drehfunkfeuer . . . 865
25.2.3 Funk-Entfernungsmessanlage . . . 872
25.2.4 Kombinierte Systeme . . . 876
25.3 Weitbereichsnavigation . . . 877
25.3.1 LORAN-Systeme . . . 878
25.3.2 OMEGA-System . . . 881
25.3.3 Satellitennavigationssysteme . . . 885
25.3.4 Bordautonome Navigationsanlagen . . . 893
25.3.5 Landesysteme . . . 898
25.3.6 Radargestütztes Landesystem . . . 920

26 Überwachungssysteme . . . 923
26.1 Grundlagen . . . 923
26.1.1 Funkortung . . . 923
26.1.2 Ausbreitungsverhalten von Funkwellen . . . 924
26.1.3 Radargleichung . . . 925
26.1.4 Frequenzabhängigkeit . . . 926
26.1.5 Auflösungsvermögen . . . 927
26.2 Primärradar . . . 928
26.2.1 Funktionsprinzip . . . 928
26.2.2 Anlagentechnik . . . 928
26.2.3 Informationsdarstellung . . . 930
26.3 Sekundärradar . . . 929
26.3.1 Funktionsprinzip . . . 932
26.3.2 Anlagentechnik – Interrogator . . . 933
26.3.3 Informationserzeugung . . . 936

26.3.4 Anwendungsformen ... 940
26.3.5 Radarsignalverarbeitung ... 944
26.3.6 Anwendungsformen des Radars ... 948
26.4 Peiler ... 952
26.4.1 Funktionsprinzip ... 952
26.4.2 Anlagentechnik ... 952
26.4.3 Informationserzeugung ... 952
26.4.4 Anwendungen von Peilern ... 953
26.5 Automatic Dependance Surveillance ... 955
26.6 Multilaterationsverfahren ... 957
26.7 E-scan Antennen ... 958
26.8 Kollisionswarnsysteme ... 959
26.8.1 Bodenannäherungs-Warnanlage ... 959
26.8.2 Luftgestützte Kollisionswarnsysteme ... 960

27 Verkehrskoordinations- und Verkehrssteuerungssysteme auf Flugplätzen ... 975
27.1 Verkehrskoordinations- und -steuerungssysteme in Anflugbereich ... 978
27.2 Positions- und Gate-Management im Vorfeldbereich ... 979
27.3 Verkehrskoordinations- und -steuerungssysteme in Abflugbereich ... 981

28 Verkehrsleittechnik auf Flugplätzen ... 985
28.1 Optische Verkehrsleittechnik ... 985
28.1.1 Anzeige- und Signalgeräte ... 985
28.1.2 Markierungen von Flugbetriebsflächen ... 988
28.2 Befeuerung und Befeuerungssysteme ... 1007
28.2.1 Lichter, die die Sicherheit von Luftfahrzeugen gefährden können ... 1008
28.2.2 Notbefeuerung ... 1013
28.2.3 Luftfahrtleuchtfeuer ... 1013
28.2.4 Anflugbefeuerungssysteme ... 1015
28.2.5 Gleitwinkelbefeuerungssysteme ... 1023
28.2.6 Platzrundenführungsfeuer ... 1037
28.2.7 Befeuerungssystem für die Anflugführung zur Landebahn ... 1038
28.2.8 Schwellenkennfeuer ... 1039
28.2.9 Start-/Landebahn-Randfeuer ... 1039
28.2.10 Schwellen- und Außenkettenfeuer ... 1041
28.2.11 Start-/Landebahn-Endfeuer ... 1043
28.2.12 Start-/Landebahn-Mittellinienfeuer ... 1044
28.2.13 Aufsetzzonenfeuer ... 1045

28.2.14 Schnellabrollweg-Hinweisfeuer 1046
28.2.15 Stoppbahnfeuer 1047
28.2.16 Rollbahn-Mittellinienfeuer 1047
28.2.17 Rollbahn-Randfeuer 1051
28.2.18 Start-/Landebahn-Wendeflächenfeuer 1052
28.2.19 Haltebalken 1053
28.2.20 Rollhalt(eort)-Feuer 1055
28.2.21 Enteisungseinrichtungs-Ausgangsfeuer 1056
28.2.22 Start-/Landebahn-Schutzfeuer 1056
28.2.23 Vorfeld-Flutlichtbeleuchtung 1058
28.2.24 Optische Rollführungs- und Andockführungssysteme 1059
28.2.25 Rollführungsfeuer für Luftfahrzeug-Standplätze 1065
28.2.26 Fahrstraßen-Halt(eort)feuer 1066
28.3 Zeichen 1066
28.3.1 Aufgaben und Anforderungen 1066
28.3.2 Gebots- und Verbotszeichen 1067
28.3.3 Hinweiszeichen 1069
28.3.4 VOR-Kontrollpunktzeichen 1074
28.3.5 Flugplatzerkennungszeichen 1076
28.3.6 Luftfahrzeug-Standplatzkennzeichen 1076
28.3.7 Fahrstraßen-Halt(eorts)kennzeichen 1076
28.4 Marker 1077
28.4.1 Anforderungen an Marker 1077
28.4.2 Randmarker auf unbefestigten Start-/Landebahnen 1077
28.4.3 Stoppbahnrandmarker 1077
28.4.4 Randmarker für schneebedeckte Start- und Landebahnen . . . 1078
28.4.5 Rollbahn-Randmarker 1078
28.4.6 Rollbahn-Mittellinienmarker 1078
28.4.7 Randmarker auf unbefestigten Rollbahnen 1079
28.4.8 Umgrenzungsmarker 1079
28.5 Optische Hilfen zur Kennzeichnung von Hindernissen 1080
28.5.1 Objekte, die zu markieren u./o. zu befeuern sind 1080
28.5.2 Markierung von Objekten 1082
28.5.3 Befeuerung von Objekten 1087
28.6 Optische Hilfen zur Kennzeichnung gesperrter oder beschränkt nutzbarer Flächen 1096
28.6.1 Gesperrte Start-/Landebahnen, Rollbahnen oder Teilebereiche 1096
28.6.2 Nichttragfähige Flächen 1098
28.6.3 Fläche vor der Schwelle 1099
28.6.4 Gesperrte Flächen 1099

29 Abfertigung von Flugzeugen ... 1101
29.1 Verkehrliche Abfertigung ... 1101
29.2 Betriebliche Abfertigung ... 1101
29.3 Verordnung über Bodenabfertigungsdienste auf Flugplätzen ... 1103
29.4 Aufgabenspektrum verkehrlicher und betrieblicher Bodenabfertigungsdienste ... 1110
29.5 Anforderungen für die Erbringung von Bodenabfertigungsdiensten ... 1112
29.6 Abfertigungstypen ... 1116
29.6.1 Differenzierung nach Flugzeugmustern ... 1116
29.6.2 Differenzierung nach der Art des Fluges ... 1119
29.6.3 Differenzierung nach der Positionierung des Flugzeuges ... 1120
29.7 Abfertigungsprozesse ... 1121
29.7.1 Ent- und Beladung von Flugzeugen ... 1122
29.7.2 Abfertigungsprozesse Passagierflugzeug ... 1122
29.7.3 Abfertigungsprozesse Passagierflugzeug mit Beifracht ... 1124
29.7.4 Abfertigungsprozesse Frachtflugzeug ... 1125
29.7.5 Abfertigungsorganisationseinheiten ... 1127
29.8 Technologien zur Unterstützung der Abfertigungsprozesse ... 1131
29.8.1 Abfertigungsspezifische DV-/IT-Technologien ... 1131
29.9 Winterdienste ... 1132
29.9.1 Rechtliche Grundlagen ... 1132
29.9.2 Winterwetterlagen ... 1137
29.9.3 Winterdiensttechnik ... 1138
29.9.4 Operationeller Winterdienst ... 1147
29.10 Abfertigungsspezifische Fahrzeuge, Maschinen- und Gerätetechnik ... 1153
29.10.1 Personentransportmittel und Geräte ... 1153
29.10.2 Gepäck- und Frachttransportmittel, Geräte ... 1156
29.10.3 Sonstige Vorfeldfahrzeuge und Geräte ... 1159

30 Flugsicherungssysteme ... 1167
30.1 Aufgaben und Kontrollbereiche ... 1167
30.2 Multiradarüberdeckung ... 1168
30.3 Systemkomponenten und -aufbau ... 1168
30.4 Konfliktwarnfunktion ... 1171
30.5 Multiradar Tracking ... 1172
30.6 Datenmanagement ... 1173
30.7 Systemüberwachung und Kontrolle ... 1175

Teil VI Volks- und betriebswirtschaftliche Aspekte der Luftverkehrswirtschaft

31 Grundbegriffe der Wirtschaftstheorie ... 1179

32 Verkehrsleistungserstellung ... 1183
32.1 Begriff der Verkehrsleistung ... 1183
32.1.1 Verkehrsleistungen nach institutionellen Kriterien ... 1183
32.1.2 Verkehrsleistungen nach funktionalen Kriterien ... 1183
32.1.3 Struktur der Verkehrsleistungen nach Funktionsträgern ... 1184

33 Nachfragestrukturen nach Verkehrsleistungen ... 1187
33.1 Charakterisierung des Luftverkehrsmarktes ... 1187
33.2 Marktzugang ... 1187
33.3 Vollkommenheitsgrad des Marktes ... 1191
33.4 Arten von Luftverkehrsmärkten ... 1191
33.4.1 Isolierte Märkte (City-Pairs) ... 1191
33.4.2 Ökonomisch abhängige Märkte ... 1193
33.4.3 Verbundene Luftverkehrsmärkte ... 1194
33.5 Segmentierung der Luftverkehrsmärkte ... 1195
33.5.1 Zielsetzung einer Marktsegmentierung ... 1195
33.5.2 Der Passagiermarkt ... 1195
33.5.3 Der Luftfrachtmarkt ... 1198
33.5.4 Tarife in Luftverkehrsmärkten ... 1200
33.5.5 Der europäische Luftverkehrsmarkt ... 1201

34 Instrumentarien der Preispolitik in Luftverkehrsmärkten ... 1203
34.1 Unternehmensspezifische Kriterien zur Preisbildung ... 1203
34.2 Preisbildung auf Märkten ... 1204
34.2.1 Marktformen, Triffin'scher Koeffizient und Elastizitäten ... 1204
34.2.2 Der Gleichgewichtspreis als Modellanalyse ... 1209

35 Marktforschung im System Luftverkehr ... 1215
35.1 Begriffe und Grundlagen der Marktforschung ... 1215
35.2 Einteilung der Marktforschung ... 1215

36 Vertriebsformen von Verkehrsleistungen ... 1219
36.1 Einführung ... 1219
36.2 Distributionswege ... 1219
36.3 Computer-Reservierungssysteme ... 1222

37 Die Luftverkehrsgesellschaft als Dienstleistungsunternehmen ... 1227
37.1 Unternehmens- und Rechtsformen ... 1227
37.2 Organisation einer Luftverkehrsgesellschaft ... 1227
37.2.1 Einführung ... 1227
37.2.2 Grundsätze der Organisation ... 1228

37.2.3 Aufbauorganisation 1229
37.2.4 Ablauforganisation 1230
37.2.5 Prozessorganisation 1231
37.3 Kooperationen und Formen der Zusammenarbeit zwischen Luftverkehrsgesellschaften 1231
37.3.1 Einführung 1231
37.3.2 Grundformen von Kooperationen 1232
37.3.3 Spezielle Formen von Kooperationen 1234
37.4 Unternehmensplanung einer Luftverkehrsgesellschaft 1239
37.4.1 Der strategische Planungsprozess 1239
37.4.2 Die Phasen des Planungsprozesses 1240
37.4.3 Produktionsplanung einer Luftverkehrsgesellschaft 1241
37.5 Betriebliches Rechnungswesen einer Luftverkehrsgesellschaft 1248
37.5.1 Grundlagen des betrieblichen Rechnungswesens 1248
37.5.2 Internes Rechnungswesen 1251
37.5.3 Direkte und Indirekte Betriebskosten 1279
37.5.4 Yield Management 1290
37.5.5 Investitionsrechnung 1295
37.5.6 Externes Rechnungswesen 1301
37.5.7 Der Jahresabschluss 1305

38 Entgeltsysteme und Gebühren 1323
38.1 Flughafenentgelte 1323
38.1.1 Schuldnerregelung 1323
38.1.2 Ausnahmeregelung 1324
38.1.3 Zahlungszeitpunkt und Umsatzsteuer 1324
38.1.4 Zahlungspflicht 1324
38.1.5 Massebezogene Entgelte 1325
38.1.6 Entgelte für Landungen und Starts 1325
38.1.7 Lärmbezogene Entgelte 1326
38.1.8 Lärmzuschlag für „Marginals“ 1328
38.1.9 Emissionsbezogenes Entgelt 1329
38.2 Passagierentgelte 1331
38.3 Sicherheitsentgelte 1334
38.4 Abstellentgelte 1334
38.5 Meldeverfahren für Passagiere, Fracht und Post 1337
38.6 An- und Abfluggebühren für Flugsicherungsdienstleistungen 1338
38.7 Luftsicherheitsgebühren 1339

39 Wartungs-, Instandhaltungs- und Reparatursysteme 1343
39.1 Begriffsabgrenzungen und Definitionen 1343
39.2 Grundlagen der Instandhaltung 1343
39.2.1 Luftrechtliche Grundlagen 1344

39.2.2 Wirtschaftliche Grundlagen 1346
39.2.3 Operationelle Grundlagen 1346
39.3 Ziele der Flugzeuginstandhaltung 1347
39.4 Erstinstandhaltungssystem 1350
39.5 Methoden der Flugzeuginstandhaltung 1350
39.5.1 Präventive Instandhaltung 1351
39.5.2 Korrektive Instandhaltung 1352
39.6 Maßnahmen der Instandhaltung 1352
39.6.1 Wartung 1352
39.6.2 Inspektion 1352
39.6.3 Instandsetzung 1353
39.7 Die Flugzeuginstandhaltung 1353
39.7.1 Flugzeugwartung 1353
39.7.2 Flugzeugüberholung 1355
39.7.3 Große Reparatur eines Flugzeuges 1355
39.8 Instandhaltungsprogramme 1355
39.8.1 Triebwerksinstandhaltung 1357
39.8.2 Geräteinstandhaltung 1360
39.8.3 Geräteinstandhaltungsmaßnahmen 1361
39.9 Instandhaltungsdienstleistungen 1363
39.9.1 Instandhaltungspools der Luftverkehrsgesellschaften 1364
39.9.2 Original Equipment Manufacturer 1365
39.9.3 Independent Shops 1365
39.10 Geräteinstandhaltungsdienstleistungen 1366
39.10.1 Materialpooling 1366
39.10.2 Power by the Hour/Flat Rate 1366
39.10.3 Exchange/Loan 1366
39.10.4 Total Component Maintenance 1367

40 Materialwirtschaft und Lagerhaltung im Luftverkehr 1369
40.1 Grundlagen 1369
40.2 Aufgabenstellung der Materialwirtschaft 1370
40.3 Funktionen der Materialwirtschaft 1370
40.3.1 Materialreserve 1371
40.3.2 Umlauf- und Reparaturteile 1372
40.4 Bedarfs- und Beschaffungsplanung 1372
40.4.1 Bedarfsplanung 1372
40.4.2 Beschaffungsplanung 1374
40.4.3 Planung der Lagerhaltung 1377

41 Flottenpolitik und Flottenplanung 1385
41.1 Einführung in die Bedarfsplanung 1385
41.2 Strategische Bedarfsplanung 1386

41.3 Flottenplanungskonzepte . . . 1390
41.3.1 Flugzeugmusterstandardisierung . . . 1390
41.3.2 Flugzeugmusterspezialisierung . . . 1391
41.3.3 Flugzeugmuster-Familienkonzepte . . . 1391

42 Flugzeugfinanzierung . . . 1393
42.1 Grundsätzliches zur Finanzierung . . . 1393
42.2 Finanzstruktur von Luftverkehrsgesellschaften . . . 1394
42.3 Arten der Finanzierung . . . 1395
42.3.1 Innenfinanzierung . . . 1396
42.3.2 Außenfinanzierung . . . 1398
42.3.3 Der fremdfinanzierte Flugzeugkauf . . . 1399
42.3.4 Leasing . . . 1401

Teil VII Luftverkehrsökologie und Umweltschutz

43 Anforderungen aus dem Bereich Umwelt . . . 1411

44 Flächenverbrauch für die Luftverkehrsinfrastruktur . . . 1413

45 Emissionen . . . 1415
45.1 Schadstoffemissionen . . . 1415
45.1.1 Schadstoffe . . . 1415
45.1.2 Schadstoffemission der Flugtriebwerke . . . 1416
45.1.3 Start-/Landezyklus von Flugzeugen . . . 1417
45.1.4 Ermittlung der Emissionen für den LTO-Zyklus . . . 1418
45.1.5 Ausbreitungsverhalten von Emissionen . . . 1420
45.1.6 Emissionshandel . . . 1420
45.1.7 Schadstoffemissionen durch bodengebundene Verkehre . . . 1424
45.2 Schallemissionen . . . 1425
45.2.1 Physikalische Grundlagen der Akustik . . . 1425
45.2.2 Einflussgrößen auf die Schallausbreitung . . . 1428
45.2.3 Schallquellen am Flugzeug . . . 1430
45.3 Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm . . . 1435
45.3.1 Problemstellung . . . 1435
45.3.2 Zielsetzung und Inhalte des Gesetzes . . . 1437
45.3.3 Gesetzgebungskompetenzen der Bundesregierung . . . 1438
45.3.4 Zweck und Geltungsbereich des Gesetzes . . . 1439
45.3.5 Einrichtung von Lärmschutzbereichen . . . 1439
45.3.6 Festsetzung von Lärmschutzbereichen . . . 1441
45.3.7 Erstattung von Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen . . . 1443

45.3.8 Ermittlung des äquivalenten Dauerschallpegels ... 1446
45.3.9 Schalltechnische Orientierungswerte für die städtebauliche Planung ... 1447
45.4 Lärmzulassung von Verkehrsflugzeugen ... 1448
45.5 Entwicklung der Lärmemissionen von Hubschraubern ... 1451
45.6 Fluglärm-Schutzmaßnahmen ... 1452
45.6.1 Passive Schutzmaßnahmen ... 1455
45.6.2 Aktive Schutzmaßnahmen ... 1455
45.7 Stand der Lärmforschung ... 1464
45.8 Der grüne Flughafen ... 1466
45.8.1 Begriffsbestimmung und Definition ... 1466
45.8.2 Umweltauswirkungen durch Flugplatzverkehre ... 1468

46 Energieverbrauch von Verkehrsflugzeugen ... 1469
46.1 Entkopplung von Transportleistung und Umweltbelastung ... 1471
46.2 Technologien zur Reduzierung der Emissionen von Flugzeugen ... 1472

47 Luftverkehr und Klima ... 1475
47.1 Atmosphäre und Klima ... 1475
47.1.1 Atmosphäre ... 1475
47.1.2 Natürlicher Treibhauseffekt ... 1477
47.1.3 Anthropogener Treibhauseffekt ... 1477
47.1.4 Ozon ... 1478
47.1.5 Ozonloch ... 1479
47.2 Auswirkungen des Luftverkehrs auf Atmosphäre und Klima ... 1479
47.2.1 Kohlendioxid ... 1479
47.2.2 Kondensstreifen ... 1480
47.2.3 Stickoxide ... 1480
47.3 Sachstand und Entwicklung ... 1482
47.4 Luftqualität im Flugplatzbereich ... 1483
47.5 Flora und Fauna ... 1485

Anhang: Ausblick auf die Luftfahrt der Zukunft ... 1487

Challenge 1: Meeting societal and market needs ... 1489

Challenge 2: Maintaining and extending industrial leadership ... 1490

Challenge 3: Protecting the environment and the energy supply ... 1491

Challenge 4: Ensuring safety and security ... 1493

Challenge 5: Prioritising research, testing capabilities and education ... 1494

Literatur ... 1497

Sachverzeichnis ... 1505

Teil I
Grundlagen des Luftverkehrs

Definitionen und Grundbegriffe

1

1.1 Definition der Luftverkehrspolitik

Luftverkehrspolitik ist die bewusste Gestaltung und Beeinflussung des Luftverkehrs durch den Staat, durch andere öffentlich-rechtliche Körperschaften, halböffentliche Körperschaften, Interessensverbände und Vereine zur Erreichung gesamtwirtschaftlicher u./o. unternehmensspezifischer Ziele.

Im Rahmen der Liberalisierungsprozesse der letzten Jahre ist zu vermerken, dass sich der Staat durch bewusste Nichtgestaltung aus Teilbereichen des Luftverkehrs zurückgezogen hat. Betriebswirtschaftliche Entscheidungen und die Bestrebungen der Luftverkehrsgesellschaften und Flughafenbetreiber nach internationalen Kooperationen, sowie Konzentrationen der Flugzeughersteller und der Ausrüstungsindustrie beeinflussen und gestalten den Luftverkehr in zunehmendem Maße.

Das heißt, unter der heutigen Luftverkehrspolitik versteht man sowohl die bewusste Gestaltung und Beeinflussung von Zielen und Instrumentarien des Luftverkehrs wie auch das bewusste Nichteingreifen in Teilbereiche des Luftverkehrs durch nationale und supranationale Organisationen, Interessensverbände, Konsortien und Einzelunternehmen zur Realisierung bestimmter Strategien oder zur Erreichung gesamtwirtschaftlicher und unternehmensspezifischer Ziele.

Luftverkehrspolitik ist jedoch immer ein Teil der gesamten Verkehrspolitik, welche in den übergeordneten Rahmen der Außen-, Wirtschafts-, Finanz- und Umweltpolitik einzuordnen ist. Die Ausgestaltung des luftverkehrspolitischen Gestaltungsrahmens hängt im wesentlichen von den Möglichkeiten und verkehrswirtschaftlichen Zielsetzungen der einzelnen Länder oder multinationaler Staatenverbünde ab. In Europa unterliegen die Gestaltungsmöglichkeiten, bedingt durch die Realisierung des europäischen Binnenmarktes den Einschränkungen, die durch die Gesetzgebung der Europäischen Union (EU) vorgegeben sind. Weltweit gesehen sind alle Formen, von der totalen staatlichen Regulierung

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_1,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

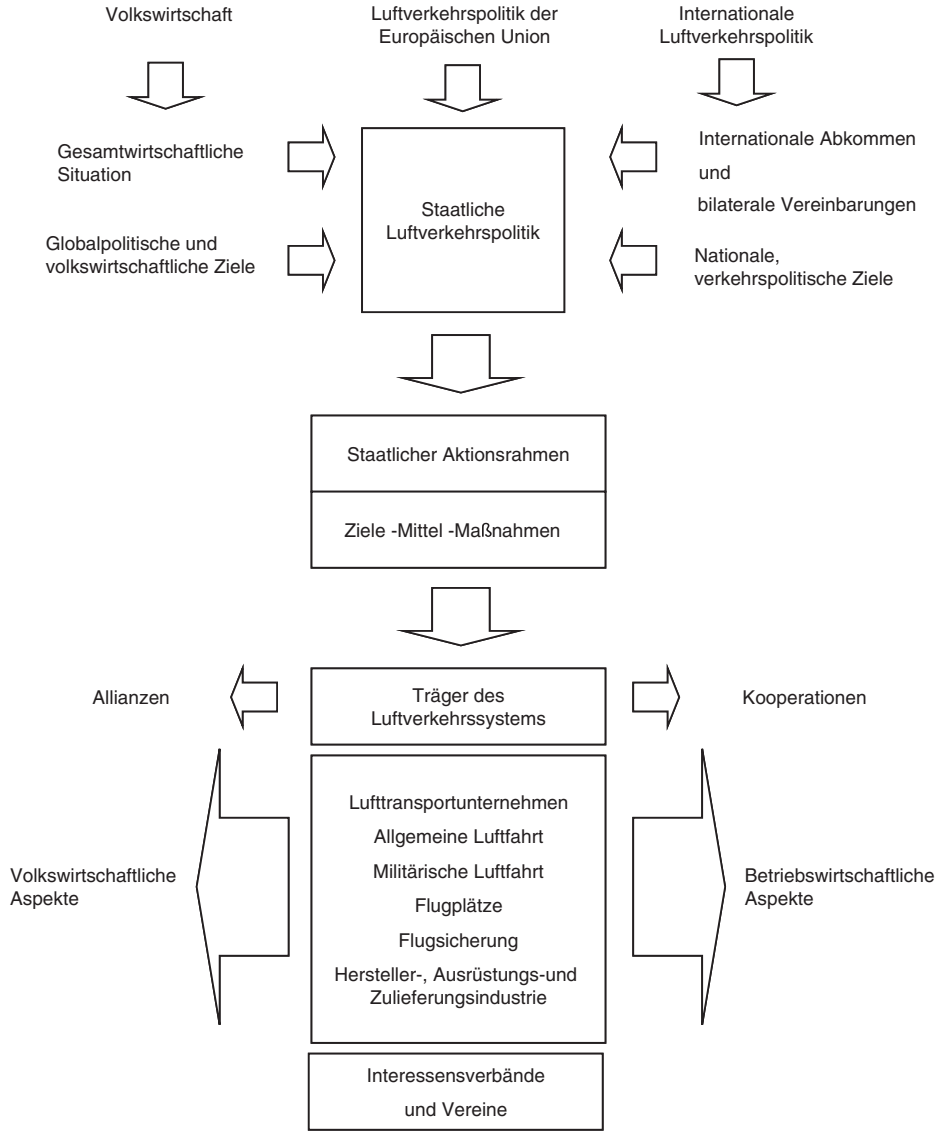


Abb. 1.1 Bezugsrahmen der Luftverkehrspolitik [167]

über Mischformen des geregelten Wettbewerbs, bin hin zu marktwirtschaftlichen Organisationsformen, zu finden.

In den meisten Wirtschaftssystemen kommt dem Luftverkehr der Charakter eines Gutes mit öffentlichem Interesse zu. Der Staat hat die Aufgabe, die wirtschaftliche, sichere und regelmäßige Bereitstellung dieses Gutes zu gewährleisten. Dies geschieht durch staatliche oder privatwirtschaftlich organisierte Unternehmen, die bisher einer staatlichen

Kontrolle unterlagen. Im Zuge der weltweiten Liberalisierung des Luftverkehrs tritt der Staat als Kontrollorgan allerdings zunehmend in den Hintergrund.

Zur Sicherstellung weltweit einheitlicher technischer Standards, Regeln und Verfahren sind internationale Organisationen, wie die International Civil Aviation Organisation (ICAO) geschaffen worden. Nichtstaatliche Organisationen und Interessensverbände, wie beispielsweise die International Air Transport Association (IATA), die Association of European Airlines (AEA) oder das Airports Council International (ACI), sind um die sichere und wirtschaftliche Abwicklung des Luftverkehrs bemüht. Diese Organisationen und Interessensverbände versuchen auch, politisch Einfluss zu nehmen. Den globalen verkehrspolitischen Bezugsrahmen zeigt Abb. 1.1.

1.2 Verkehrswissenschaftliche Grundbegriffe

Transport Unter Transport versteht man die Gesamtheit der Vorgänge, die im Bereich der Volkswirtschaft der Ortsveränderung von materiellen Gegenständen oder von Personen dienen.

Verkehr Der Begriff Verkehr ist als Erweiterung des Begriffes Transport zu verstehen. Verkehr umfasst zusätzlich die Ortsveränderung (Raumüberwindung) von immateriellen Gegenständen (Nachrichten), sowie alle Vorgänge, die der Ortsveränderung von Personen, Gütern und Nachrichten dienen.

Internationaler Verkehr Unter internationalem Verkehr versteht man den Verkehr auf einer Verkehrsrelation, deren Quelle und Senke in verschiedenen Staaten liegen.

Intermodaler Verkehr Unter intermodalem Verkehr versteht man eine Transportkette, an der verschiedene Verkehrsträger beteiligt sind.

Verkehrssektor Der Verkehrssektor umfasst die Gesamtheit der Unternehmen, die Verkehrsleistungen erbringen (produzieren).

Verkehrswesen Die Bezeichnung Verkehrswesen ist als Sammelbegriff zu verstehen. Er umfasst die „Gesamtheit aller Erscheinungen“, die im engeren oder weiteren Sinne mit dem Begriff Verkehr im Zusammenhang stehen, also auch die Verhaltensweisen im Verkehr wie Vorschriften, Regelwerke etc.

Verkehrsart Unter einer Verkehrsart versteht man die Gesamtheit der Verkehrstechniken, die sich desselben Verkehrsweges (Schiene, Straße, Luft-, Wasserweg) bedienen.

Verkehrsträger Als Verkehrsträger bezeichnet man die Gesamtheit der Unternehmen des öffentlichen Verkehrs einer Verkehrsart.

Verkehrsmittel Die Verkehrsmittel sind die materiellen Mittel (Schienen-, Straßenfahrzeuge, Luftfahrzeuge, Schiffe) die von einer Verkehrsart zur Ortsveränderung verwendet werden.

Verkehrswege Unter Verkehrswegen versteht man die Wege (Schienenwege, Straßen, Luftstraßen, Wasserwege) und ortsfesten Anlagen (z. B. Flugplätze), die zur Durchführung von Transporten verwendet werden.

Verkehrswertigkeit Die Verkehrswertigkeit ist ein technisch-ökonomischer Qualitätsbegriff zur Beschreibung der Leistungsfähigkeit eines Verkehrsträgers. Bestimmende Größen sind die Ausprägungen der Parameter: Beförderungs-(Transport-) Zeit, Massenleistungsfähigkeit, Netzbildungsfähigkeit, Pünktlichkeit, Zuverlässigkeit, Häufigkeit, Sicherheit, Bequemlichkeit etc.

Verkehrsaffinität Unter Verkehrsaffinität versteht man das Anforderungsprofil der zu transportierenden (zu befördernden) Personen, Güter und Nachrichten im Hinblick auf die technisch/ökonomische Qualität des Verkehrsleistungsangebots. Eine hohe Verkehrsaffinität ist gegeben, wenn das Anforderungsprofil des zu transportierenden Gutes bzw. der zu befördernden Person mit den bestimmenden Größen der Verkehrswertigkeit des Verkehrsträgers korrespondiert.

Verkehrsbetrieb Ein Verkehrsbetrieb ist eine technische und organisatorische Einheit zum Zwecke der Organisation und Erstellung von Verkehrsleistungen.

Verkehrswirtschaft

Die Verkehrswirtschaft ist ein Sektor der Volkswirtschaft, dessen Zweck die Bereitstellung von Verkehrsleistungen ist.

Luftfahrt Die Luftfahrt umfasst die Gesamtheit aller mit dem Luftverkehr in unmittelbarem und mittelbarem Zusammenhang stehender Vorgänge und Prozesse.

Luftverkehr Der Luftverkehr umfasst die Gesamtheit aller Vorgänge, die der Ortsveränderung von Personen, Gütern und Nachrichten (Personen, Fracht, Post), auf dem Luftwege dienen.

Der Luftraum (auch Verkehrsraum oder Aktionsraum) dient dazu, theoretisch beliebig viele Verkehrswege für das Verkehrsmittel Luftfahrzeug zum Zwecke der Verbindung einer Ortsmenge bereitzustellen.

Unter der Ortsmenge, den Quellen und Senken des Luftverkehrs, sind die Flugplätze zu verstehen.

Der Verkehrsfluss (Verkehrsablauf) beschreibt die Ortsveränderung der Luftfahrzeuge auf den Verkehrswegen.

Luftverkehrspolitik Luftverkehrspolitik ist die bewusste Gestaltung und Beeinflussung des Luftverkehrs durch den Staat, durch andere öffentlich/rechtliche Körperschaften, halböffentliche Körperschaften, Interessensverbände und Vereine, zur Erreichung gesamtwirtschaftlicher u./o. unternehmensspezifischer Ziele.

Luftverkehrswirtschaft Die Luftverkehrswirtschaft umfasst die Gesamtheit aller volks- und betriebswirtschaftlichen Vorgänge und Prozesse, die bei der Ortsveränderung von Personen, Gütern und Nachrichten auf dem Luftwege stattfinden.

Luftverkehrswesen Die Bezeichnung Luftverkehrswesen ist ein Sammelbegriff. Er umfasst die „Gesamtheit aller Erscheinungen", die im engeren oder weiteren Sinne mit dem Begriff Luftverkehr im Zusammenhang stehen, also auch die Verhaltensweisen im Luftverkehr wie das Vorschriftenwesen, Regelwerke etc.

Luftfracht Im weitesten Sinne gehören zu Luftfracht (Ladegut für den Lufttransport) alle Güter, die im Fluglinienverkehr oder auf Charterflügen als Fracht, Expressgut oder Post mit Luftfahrzeugen transportiert werden.

Im engeren Sinne wird unter Luftfracht nur die Fracht verstanden, die nach den IATA-Beförderungsbestimmungen als Frachtgut deklariert ist und transportiert wird. Davon abzugrenzen ist die Luftpost, die nach den Bestimmungen der internationalen Postregularien abgewickelt wird.

Flugplatz Ein Flugplatz ist ein definiertes Gebiet auf dem Lande oder auf dem Wasser, einschließlich der erforderlichen Gebäude, Anlagen und Ausrüstungen, dass ganz oder teilweise für Start-/Lande- und Rollbewegungen sowie für die Abfertigung von Luftfahrzeugen bestimmt ist.

Flughafen Ein Flughafen ist ein Flugplatz, der nach Art und Umfang des vorgesehenen Flugbetriebs einer Sicherung durch einen Bauschutzbereich nach §12 LuftVG (Luftverkehrsgesetz) [68] bedarf. Ein Flughafen wird genehmigt als:

1. Flughafen des allgemeinen Verkehrs (Bezeichnung: Verkehrsflughafen);
2. Flughafen für besondere Zwecke (Bezeichnung: Sonderflughafen).

Flughafensystem Unter einem Flughafensystem werden zwei oder mehrere Flughäfen verstanden, die als Einheit dieselbe Stadt oder dasselbe Ballungsgebiet bedienen.

Flughafenwesen Die Bezeichnung Flughafenwesen ist ein Sammelbegriff. Er umfasst die „Gesamtheit aller Erscheinungen", die im engeren oder weiteren Sinne mit dem Begriff Flughafen im Zusammenhang stehen, also auch die flughafenspezifischen Vorschriften, Verordnungen, Regelwerke etc.

Bedeutung des Luftverkehrs

2

2.1 Politische Bedeutung des Luftverkehrs

Eine Nation, die auf ausländische Verkehrsträger angewiesen ist, kann eigene Interessen nicht angemessen wahrnehmen. Im Luftverkehr schützt sie nur das eigene Luftverkehrsinstrumentarium davor, zum Objekt fremder Interessen zu werden.

Das Streben einzelner Staaten nach Unabhängigkeit auch im Verkehrsbereich – die so genannte Transportautarkie – führte in der Vergangenheit zum Aufbau bzw. auch zur Subventionierung nationaler Luftverkehrsgesellschaften, der so genannten „Flag Carrier", wodurch eine nationale eigenverantwortliche Gestaltung von Lufttransporten gewährleistet wurde. Diese Auffassung wurde, bedingt durch die Liberalisierung und heutige Globalisierung des Luftverkehrs, nahezu aufgegeben. Der heutige Trend liegt weltweit in der Privatisierung der Luftverkehrsgesellschaften und der Bildung von internationalen Allianzen, bzw. Kooperationen unterschiedlicher Rechtsformen im verkehrlichen und betrieblichen Bereich. Im Bereich der Flugplätze sind Kooperationen und Beteiligungen, sowohl unter den Flugplatzbetreibern selbst, als auch im privatrechtlichen Bereich zu beobachten. Bei der Neuanlage von Flugplätzen sind private Investoren gefragt.

2.2 Wirtschaftliche Bedeutung des Luftverkehrs

Der Verkehrssektor ist als einer der wichtigsten Sektoren der Volkswirtschaft zu sehen. Der Luftverkehr umfasst die Gesamtheit aller Vorgänge, die der Ortsveränderung von Personen, Fracht und Post auf dem Luftwege dienen. Er trägt maßgeblich zur volkswirtschaftlichen Produktivitätssteigerung bei. Dies geschieht durch die Befriedigung des Transport- und Mobilitätsbedarfs arbeitsteiliger Wirtschaftssektoren und durch seine direkten und indirekten Einkommens- und Beschäftigungswirkungen (Multiplikatoren/Multiplikatoreffekte).

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_2,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Der Luftverkehr besitzt im Vergleich zu anderen Verkehrsträgern eine relativ geringe Massenleistungsfähigkeit. Deshalb ist Luftverkehr im Gütertransport insbesondere dort von Bedeutung, wo hochwertige, kurzlebige oder verderbliche Güter (z. B. Ersatzteile, Arzneimittel, Zeitungen, Obst, Blumen etc.) über große Distanzen befördert werden müssen. Für diese Warengruppen müssen die Flugplätze entsprechende infrastrukturelle Einrichtungen (z. B. auch Kühlhäuser) bereithalten.

Im Bereich des Passagiertransports stehen die Kriterien Sicherheit, Wirtschaftlichkeit, Häufigkeit, Schnelligkeit, Pünktlichkeit und Zuverlässigkeit im Vordergrund.

Die Bedeutung des Luftverkehrs für die Volkswirtschaft lässt sich anhand quantitativer Größen wie der Bruttowertschöpfung, den Beschäftigungszahlen der Luftverkehrsbranche, oder den beförderten Personen/der beförderten Fracht pro Zeitintervall (z. B. pro Monat oder Jahr) belegen.

Zur Luftverkehrsbranche zählen generell:

- Luftverkehrsgesellschaften und Flugdienste aller Art, zum Zwecke des Personen-, Fracht- und Posttransports;
- Flugplätze als Quellen und Senken des Luftverkehrs mit entsprechender organisatorischer, technischer und betrieblicher Infrastruktur;
- Flugsicherungsorganisationen mit entsprechenden Diensten zur Gewährleistung eines sicheren und wirtschaftlichen Flugbetriebs auf den Flugbetriebsflächen der Flugplätze und bei der Nutzung des Luftraumes;
- Öffentliche Dienste, Sicherheitsdienste etc. zur Abwehr von Gefahren;
- Dienstleistungsunternehmen wie Reisebüros, Versicherungen, Hotels und Restaurants, Fahrzeugvermietungen, Speditionen und Frachtdienste, Kurierdienste etc., die den Transportprozess unterstützen, ergänzen oder erweitern;
- die Hersteller- und Zulieferungsindustrie;
- die Ausrüstungs- und Wartungsbetriebe sowie die technisch-/betriebliche Infrastruktur;
- Öffentlich rechtliche oder privatrechtliche Organisationen, Institutionen, spezifische Interessenverbände und Gewerkschaften.

Die genannten Bereiche und Institutionen induzierten über den Transportprozess hinaus Multiplikatoreffekte im Hinblick auf die Arbeitsplätze, das Lohnniveau etc. und die Bruttowertschöpfung in bestimmten Regionen. Die transportspezifischen Daten liefern bisher keine Aussagen objektiver oder subjektiver Art über die durch den Transportprozess ermöglichten oder ausgelösten Wirkungen, wie z. B. die Arbeitszeitersparnis bei Geschäftsreisenden oder die Urlaubsfreude bei Touristen. Auch die negativen externen Effekte, d. h. alle direkten und indirekten Verluste, die der Allgemeinheit oder Drittpersonen infolge des Luftverkehrs entstehen z. B. durch Fluglärm, Schadstoffimmissionen oder Verspätungen im Luftverkehr, sind nicht ohne weiteres quantifizierbar, da es sich im Regelfall um komplexe Vorgänge mit mehreren Prozessbeteiligten oder sich überlappenden Sachverhalten handelt.

2.3 Soziale Bedeutung des Luftverkehrs

Die Auswirkungen des Luftverkehrs bleiben nicht auf die Volkswirtschaft beschränkt.

Neben der Sicherstellung der uneingeschränkten Mobilität der Menschen im geschäftlichen und privaten Bereich und der damit verbundenen politischen und gesellschaftlichen Integrationsfunktion, ermöglicht Luftverkehr die persönliche Begegnung mit Menschen anderer Staaten und Kulturen und fördert somit das multikulturelle Verständnis.

Wesen und Formen des Luftverkehrs

3

3.1 Wesen des Luftverkehrs

Der Luftverkehr weist einige Besonderheiten auf, die für das Wesen des Luftverkehrs typisch sind:

Verkehrsleistungen können nicht gespeichert werden Da Verkehrsleistungen Dienstleistungen darstellen, können sie nicht auf Vorrat produziert werden. Bei der Durchführung des Transports wird die Leistung gleichzeitig erstellt und verbraucht. Ist ein Luftfahrzeug gelandet, und wurden dabei keine Personen, Fracht oder Post befördert, so ist die Produktion ggf. unwirtschaftlich verbraucht.

Schwankungen der Nachfrage Die Nachfrage nach Luftverkehrsleistungen ist teilweise durch ausgeprägte saisonale, aber auch tageszeitliche Schwankungen oder internationale Ereignisse gekennzeichnet.

Ausrichtung der Transportkapazitäten Um der Beförderungspflicht und den Nachfrageschwankungen gerecht zu werden, richteten Luftverkehrsgesellschaften in der Vergangenheit ihre Transportkapazitäten an den Verkehrsspitzen aus. Dies führte im Zusammenhang mit einer geringen Angebotsflexibilität zu einer wirtschaftlich kaum zu vertretenden Minderauslastung in verkehrsschwachen Zeiten. Durch Kooperationen verkehrlicher und betrieblicher Art zwischen Luftverkehrsgesellschaften (z. B. Code-Sharing Flüge) und durch Strategischen Allianzen kann man heute darauf angemessen reagieren.

Angebotsflexibilität Das Angebot an Verkehrsleistungen der Luftverkehrsgesellschaften ist relativ unflexibel, da eine unmittelbare Anpassung der Transportkapazitäten an ein verändertes Nachfragevolumen kurzfristig kaum möglich ist. Die Kapazität (Nutzlast) der

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_3,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Flugzeuge ist begrenzt und nicht veränderbar, die Umlaufpläne der Flugprogramme erfordern bestimmte Flugzeugmuster.

Preiselastizität der Nachfrage Unter der Preiselastizität der Nachfrage versteht man die relative Änderung der Nachfrage im Verhältnis zur relativen Änderung der Preise. Während im straßen- und schienengebundenen Verkehr die Nachfrage nach Verkehrsleistungen als eher unelastisch anzusehen ist, variiert im Luftverkehr die Nachfrageelastizität mit dem Zweck der nachgefragten Verkehrsleistung. Bei geschäftlich reisenden Passagieren ist die Preiselastizität wesentlich geringer als bei Urlaubs- und sonstigen Privatreisenden. Im Frachtgeschäft existieren die unterschiedlichsten Frachtraten, die Frachtgut- und entfernungsabhängig auszuhandeln sind. Diese Elastizitätsunterschiede besitzen eine erhebliche Bedeutung für die Preispolitik der Luftverkehrsgesellschaften und werden weitestgehend im Rahmen des heutigen Yield-Managements berücksichtigt.

Hoher Anteil an Fixkosten Der Luftverkehr zeichnet sich durch eine hohe Anlagenintensität aus, d. h. die Kostenstruktur der Luftverkehrswirtschaft weist einen hohen Anteil an Fixkosten, wie an beschäftigungsunabhängigen Kosten, innerhalb der Gesamtkostenstruktur auf.

Gerade Flugplätze müssen einen hohen infrastrukturellen Aufwand betreiben, um alle den Flugplatz bedienenden Flugzeugmuster verkehrlich und betrieblich abfertigen zu können.

Wettbewerb zwischen privatrechtlich geführten und öffentlichen/staatlichen Luftverkehrsgesellschaften und Flugplätzen Luftverkehrsgesellschaften befinden sich mittlerweile größtenteils in privatem, teilweise aber immer noch in öffentlichem bzw. staatlichem Besitz. Dieser Tatbestand kann die Wettbewerbsbeziehungen verfälschen, da öffentliche bzw. staatliche Unternehmen bei unzureichender Rentabilität häufig subventioniert werden. Der Trend zur Privatisierung von öffentlichen und staatlichen Luftverkehrsgesellschaften hält aber weiter an. Dies ist dem freien Wettbewerb zuträglich. In gleicher Weise schließen sich aber zunehmend auch Luftverkehrsgesellschaften zu Allianzen zusammen, was den Wettbewerb global und langfristig wieder einschränken kann. Flugplätze, die entfernungsmäßig von Ballungsgebieten aus auch mit bodengebundenen Verkehrsmitteln zu erreichen sind, konkurrieren miteinander um Passagiere und Fracht. Auch hier ist ein Trend zur Zusammenarbeit in Form von Kooperationen bzw. Beteiligungen unterschiedlichster Art zu verzeichnen.

Betriebspflicht und Beförderungspflicht Die Konzessionen, bestimmte Verkehrsrelationen zu bedienen (Streckenrechte) sind meist mit der Betriebs- und Beförderungspflicht für die Luftverkehrsgesellschaften verbunden. Insbesondere die Betriebspflicht ist einer der Gründe, die zwangsläufig aufgrund der relativ starren Angebotsflexibilität des Fluglinienverkehrs mit einer Reihe von wirtschaftlichen Problemen verbunden sein kann. Frachtverkehre unterliegen keiner Betriebs- und Beförderungspflicht.

3.2 Formen des Luftverkehrs

3.2.1 Nationaler und internationaler Luftverkehr

Unter nationalem Luftverkehr versteht man Transportdienstleister, die im nationalen Raum operieren. Es handelt sich dabei meist um kleinere Luftverkehrsgesellschaften, die mit keinen Flugzeugen (bis 100-Sitzer) im Auftrag großer Luftverkehrsgesellschaften (meist unter den Flugnummern der Auftraggeber) Zubringerdienste zu großen Verkehrsflughäfen durchführen. Ein weiteres nationales Geschäftsfeld ist die luftverkehrliche Versorgung der Seebäder (Seebäderdienst) und der deutschen Nordseeinseln, die größtenteils ebenfalls von Luftverkehrsgesellschaften mit kleinerem Fluggerät (z. B. Cessna Citation, Saab 2000 etc.) durchgeführt wird.

Als internationaler Luftverkehr wird jeglicher grenzüberschreitender Luftverkehr bezeichnet. Interkontinentaler Luftverkehr verbindet Kontinente.

3.2.2 Luftverkehr in Abhängigkeit der Transportdistanz

Generell kann auch unterschieden werden zwischen Regional-, Kontinental- und Interkontinentalluftverkehr. Dabei kann das Kriterium Transportdistanz als Unterscheidungsmerkmal dienen. Legt man dieses Kriterium zugrunde, so kann beispielsweise differenziert werden zwischen:

Kurzstreckenluftverkehr: Transportdistanz <1000 km, Transportzeit <2,0 Std.
Mittelstreckenluftverkehr: Transportdistanz <3000 km, Transportzeit <3,5 Std.
Langstreckenluftverkehr: Transportdistanz >3000 km, Transportzeit >3,5 Std.

Die Betrachtungsweise ist allerdings relativ und unterschiedlich von Kontinent zu Kontinent.

3.2.3 Personenluftverkehr

Entsprechend der Transportobjekte wird zwischen Personen- und Frachtverkehren sowie der Beförderung von Post unterschieden, wobei es sich bei der Durchführung der Transportaufgaben nicht unbedingt um separate Flüge handeln muss. Der Gesetzgeber unterscheidet weiterhin zwischen öffentlichem und privaten, sowie zwischen Fluglinien- und Gelegenheitsverkehren. Die jeweiligen Rahmenbedingungen für die Bundesrepublik Deutschland sind dem deutschen Luftverkehrsgesetz (LuftVG) [67] zu entnehmen.

3.2.3.1 Öffentlicher und privater Luftverkehr

Öffentlicher Luftverkehr steht jedermann im Rahmen der allgemein gültigen Beförderungsbedingungen zur Verfügung, während privater Luftverkehr lediglich den nichtgewerblichen Zwecken des Luftfahrzeugbetreibers (Eigentümer oder Besitzer) dient.

Öffentlicher Luftverkehr (Fluglinienverkehr) bedarf der Genehmigung nach § 20 und § 21 des Luftverkehrsgesetzes (LuftVG) [67]. Die Genehmigung nach § 21 LuftVG ist für jede Fluglinie erforderlich und umfasst Flugpläne, Beförderungsentgelte und Beförderungsbedingungen.

Wird privater Luftverkehr gewerblich betrieben, so ist eine Genehmigung nach § 20 LuftVG [67] erforderlich. Die Genehmigung kann mit Auflagen verbunden und zeitlich befristet sein. Dies gilt auch für Gelegenheitsverkehr, der gewerblich betrieben, und privater Natur ist. Gelegenheitsverkehr bedarf einer Genehmigung nach § 20 LuftVG und nach § 22 LuftVG [67].

Privater nichtgewerblicher Luftverkehr bedarf keiner luftrechtlichen Genehmigung. Werden allerdings Entgelte gefordert die mindestens die Selbstkosten des durchgeführten Fluges decken, so ist eine Genehmigung nach § 20 LuftVG [67] erforderlich.

Führt ein Unternehmer, der nicht gewerblicher Luftfahrtunternehmer ist, Lufttransporte für Zwecke des eigenen Unternehmens mit Luftfahrzeugen durch, über die der Unternehmer Verfügungsgewalt hat, so wird dies allgemein als **Werksluftverkehr** bezeichnet.

3.2.3.2 Fluglinien- und Gelegenheitsluftverkehr

Fluglinienverkehr zeichnet sich gemäß § 21 LuftVG [67] durch folgende Kriterien aus:

- er ist gewerblich,
- bedient bestimmte Linien,
- er ist öffentlich,
- er findet regelmäßig statt, und unterliegt gemäß § 21, Abs. (2) LuftVG [67] der
- Betriebs- und Beförderungspflicht,
- Tarife sind am Ort des Beförderungsangebots zur Einsichtnahme bereit zu halten.

Fluglinienverkehr (öffentlicher Luftverkehr) bedarf der Genehmigung nach § 20 und § 21 des Luftverkehrsgesetzes (LuftVG). Die Genehmigung nach § 21 ist für jede Fluglinie erforderlich und umfasst Flugpläne, Beförderungsentgelte und Beförderungsbedingungen [67].

Gelegenheitsluftverkehr grenzt sich vom Fluglinienverkehr dadurch ab, dass er:

- aufgrund seiner Angebotsmerkmale nicht für jede Transportaufgabe geeignet ist und damit auch seine Öffentlichkeit begrenzt ist,
- das Transportangebot entweder nicht öffentlich, oder nur unter Auflagen zugänglich ist,
- die Flüge nach Bedarf und somit nicht regelmäßig durchgeführt werden,
- er keiner Betriebs- und Beförderungspflicht unterliegt,
- er an keine verbindlichen Flugpläne gebunden ist,
- er keine festen Beförderungsentgelte aufweist.

Im gewerblichen Luftverkehr, der nicht Fluglinienverkehr ist (Gelegenheitsverkehr), kann die Genehmigungsbehörde Bedingungen und Auflagen festsetzen oder Beförderungen untersagen, soweit durch diesen Luftverkehr die öffentlichen Verkehrsinteressen nachhaltig beeinträchtigt werden (§ 22 LuftVG) [67]. Die Formen des Gelegenheitsflugverkehrs sind Abb. 3.1 zu entnehmen.

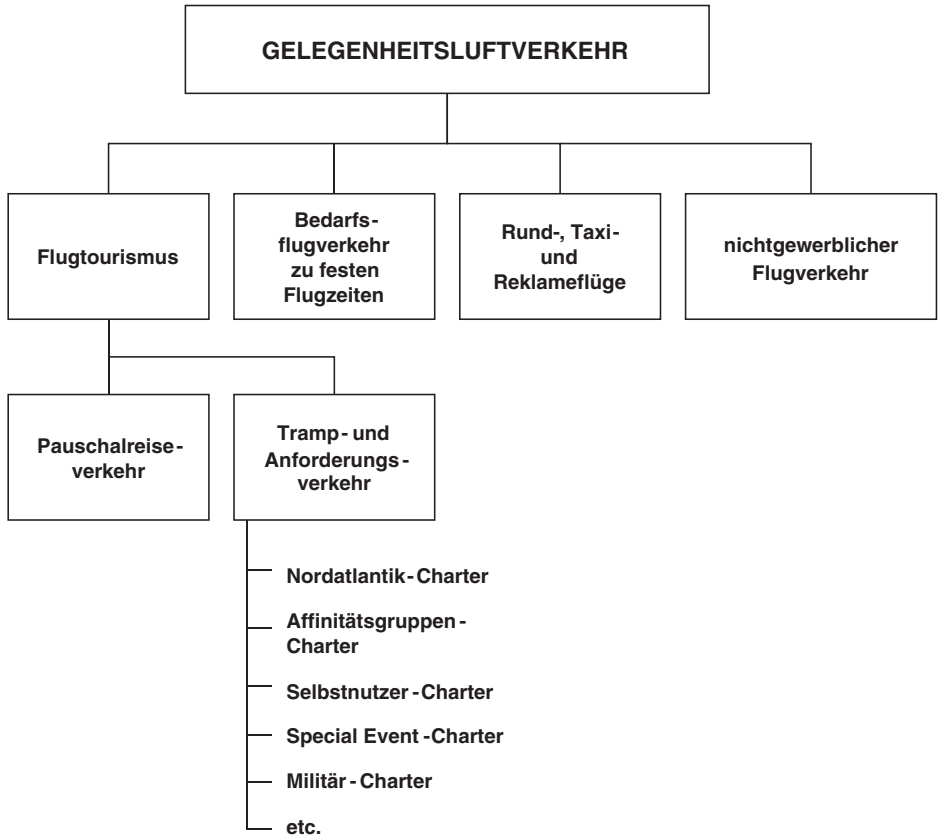


Abb. 3.1 Formen des Gelegenheitsluftverkehrs [174]

3.2.4 Luftfrachtverkehr

3.2.4.1 Definition Luftfracht

Im weitesten Sinne gehören zu Luftfracht (Ladegut für den Lufttransport) alle Güter, die im Fluglinienverkehr oder auf Charterflügen als Fracht, Expressgut oder Post transportiert werden.

Im engeren Sinne wird unter Luftfracht nur die Fracht verstanden, die nach den IATA-Beförderungsbestimmungen als Frachtgut deklariert und transportiert wird. Davon abzugrenzen ist Post, die nach den Bestimmungen der internationalen Postregularien abgewickelt wird.

Getrennt zu betrachten sind auch die Güter der Express- und Paketdienste, soweit sie unternehmensintern auf dem Luftwege befördert werden. Das vom Passagier aufgegebene Gepäck wird nicht zur Luftfracht gezählt. Die derzeitige Segmentierung basiert im Wesentlichen auf verkehrsrechtlichen und hoheitlichen Rahmenbedingungen. In der näheren Zukunft ist mit einer Umstrukturierung der Unternehmen, Märkte und rechtlichen Rahmenbedingungen zu

rechnen. Vor diesem Hintergrund wird ein Zusammenwachsen und eine Vermischung der Segmente erfolgen. Zunehmend werden integrierte Transportdienstleistungen erbracht, in denen die kompletten Leistungen und die gesamte Transportzeit auf dem Weg vom Versender bis zum Empfänger vereinbart sind. Innerhalb dieser Dienstleistung ist der Lufttransport eine Teilleistung, die sowohl vom integrierten Anbieter selbst als auch als Charter oder im Fluglinienverkehr durchgeführt werden kann. Es bietet sich deshalb an, den Begriff „Luftfracht" in der weiter gefassten Bedeutung zu verstehen und zu verwenden.

3.2.4.2 Güter der Luftfracht

Generell können alle Güter, soweit sie sich für den Lufttransport eignen und massemäßig oder volumenmäßig in den Frachträumen von Luftfahrzeugen unterzubringen sind, auf dem Luftwege transportiert werden. Aufgrund der relativ geringen Masseleistungsfähigkeit von Luftfahrzeugen gegenüber bodengebundenen Transportmitteln kommen hochwertigen Gütern des Maschinenbaus, der Elektro- und Chemieindustrie, der Automobilindustrie etc. eine besondere Bedeutung zu. Diese Güter (z. B. Maschinen, Maschinenteile, Computer, Medikamente, Ersatzteile und Textilien) werden auf fast jedem Flughafen abgefertigt. Aber auch landwirtschaftliche Produkte, d. h. verderbliche Güter wie Blumen, Obst, Gemüse etc. werden heute standardmäßig per Luftfracht versandt. Zuchttiere und Turnierpferde runden das Bild ab. Verderbliche Güter oder auch der Lufttransport von Tieren bedingen besondere Einrichtungen in den Frachtterminals der Flughäfen. Charakteristische Vor- und Nachteile der Luftfracht sind u. a.:

- geringe Verpackungskosten,
- kurze Transportzeiten,

aber auch:

- hohe Transportkosten,
- geringe Transportkapazität im Vergleich zu bodengebundenen Verkehrsträgern,
- geringe Netzdichte durch vorgegebene Flughafenstandorte.

Zeit-, mengen- und preisdefinierte Frachtprodukte Aus Zeit- und Mengenrestriktionen in Verbindung mit den jeweils geforderten Preisen lässt sich eine **Produktklassifizierung** ableiten. Die Darstellung erfolgt in qualitativ und preislich ansteigender Reihenfolge. Sie wird in jüngerer Zeit von verschiedenen Luftfracht-Transportdienstleistern unter verschiedenen Bezeichnungen ähnlich definiert und angeboten:

- Standard Luftfracht: mittlere Laufzeit: 2–4 Tage, max. 7 Tage;
- Express Luftfracht: mittlere Laufzeit: 1,5–3 Tage, max. 3 Tage;
- Premium bzw. Kurier Luftfracht:
  Massebegrenzung auf max. 100 kg, max. Laufzeit: 1–2 Tage,
  abhängig von frühestens nutzbaren Flugverbindungen.

Die logistischen Anforderungen steigen mit der Qualität des Luftfrachtproduktes. Eine differenzierte Preisbildung und Mengenrestriktionen begrenzen die Aufkommensanteile der höherwertigen Frachtprodukte. So ergeben sich aus der Produktdifferenzierung verschiedene Teilmengen von Fracht mit unterschiedlichen Abfertigungsanforderungen. Express-, Premium- und Kuriergüter erfordern eine besonders schnelle Abfertigung und die absolute Sicherstellung der zugesagten Beförderungsgarantie. Am Flughafen werden diese Güter oft mit erheblich kürzeren Anlieferungsfristenvor dem Abflug separat von der Standardfracht abgefertigt.

Sonderfracht Bestimmte Güter benötigen auf Grund ihrer Eigenschaften oder besonderer Anforderungen eine jeweils spezielle Einrichtung und Behandlung. Wichtige Arten von Sonderfracht sind gefährliche Güter, verderbliche Güter, Wertfracht und lebende Tiere.

Beim Transport von gefährlichen Gütern (Dangerous Goods) sind besondere Vorschriften zur Sicherung, Verladung und Kennzeichnung der Güter zu erfüllen. Zu diesen Gütern gehören radioaktive Stoffe, brennbare und entzündliche Flüssig- und Feststoffe, gefährliche Gase, giftige Substanzen usw. Diese Güter werden in besonderen Einrichtungen und unter Berücksichtigung besonderer Verfahrensweisen umgeschlagen. Verpackungen und Container müssen deutlich gekennzeichnet sein. Verderbliche und temperaturempfindliche Güter (Perishables) sind Blumen, Obst, Fleisch, Fisch oder auch Medikamente. Diese Güter müssen schnell umgeschlagen und in entsprechend temperierten Lagern untergebracht werden. Besonders Frischfleisch und Pflanzen unterliegen einer strengen Kontrolle durch die Behörden. Der Lufttransport von Tieren erfolgt mit speziellen Lademitteln. Am Boden sind die Tiere in der Tierstation des Flughafens zu versorgen und für den Flug vorzubereiten. Als Wertfracht werden besonders diebstahlgefährdete und sicherheitsrelevante Güter wie Geld, Wertpapiere, Kunstgegenstände, Schmuck und Edelmetalle behandelt, die in besonderen sicheren Einrichtungen und mit besonderen Sicherungsvorkehrungen abgefertigt und aufbewahrt werden müssen.

Gutsstruktur Sehr großen Einfluss auf den Abfertigungsaufwand haben die physischen Eigenschaften der Güter, besonders die Massen und Abmessungen der Frachtstücke und Umschlageinheiten. Mehr als 80 % der Frachtstücke wiegen weniger als 30 kg. Diese haben einen Anteil von ca. 15 % an der Masse des gesamten Frachtaufkommens. Statistiken zeigen, dass im Mittel pro Kubikmeter Ladevolumen 150 bis 200 kg Ladungsmasse anfallen. Die zulässigen Abmessungen für Luftfracht werden nur durch den Laderaum des Flugzeuges und dessen Zugänglichkeit begrenzt. Die große Inhomogenität der Luftfracht stellt hohe Anforderungen an die physische Abfertigung. Die Optimierung der Nutzlast (Volumen u./o. Masse), bezogen auf den verfügbaren Laderaum, ist entscheidend für den wirtschaftlichen Einsatz des Flugzeuges. Weiterhin ist zu gewährleisten, dass die Beladungsvorschriften erfüllt sind, damit das Flugzeug weder front- noch hecklastig ist. Bei einem falsch beladenen Flugzeug kann die Steuerbarkeit beeinträchtigt sein.

3.2.4.3 Luftfracht in der Transportkette

Der Frachttransport durch das Flugzeug stellt nur einen Teil der Strecke vom Versender bis zum Empfänger dar. Dem Lufttransport sind Zuführ-, Sammel- und Verteilprozesse vor- und nachgelagert. Die gesamte Transportkette (Prozesskette) vom Versender bis zum Empfänger, die Luftfrachttransportkette, zeigt Abb. 3.2 und 3.3 zeigt die international üblichen Begrifflichkeiten der Luftfrachttransportkette.

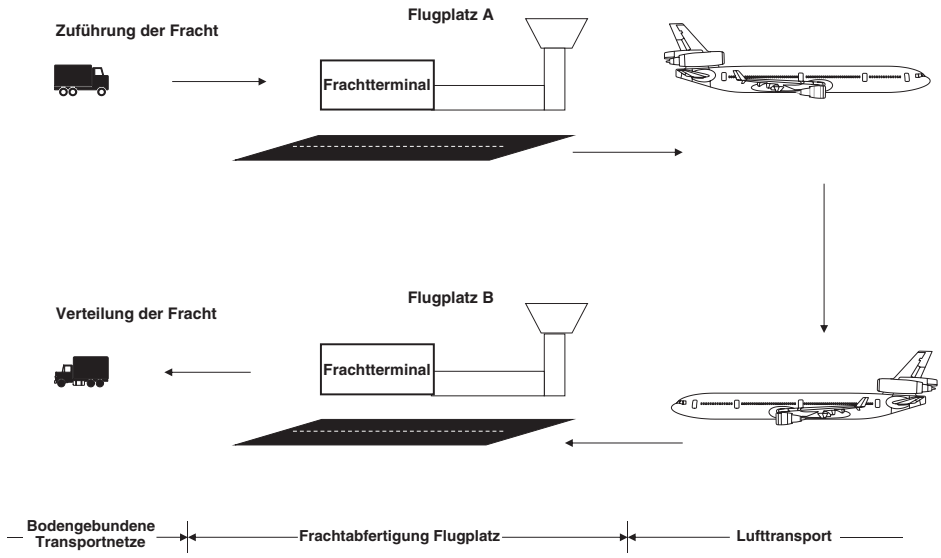


Abb. 3.2 Prozesse der Luftfrachttransportkette [167]

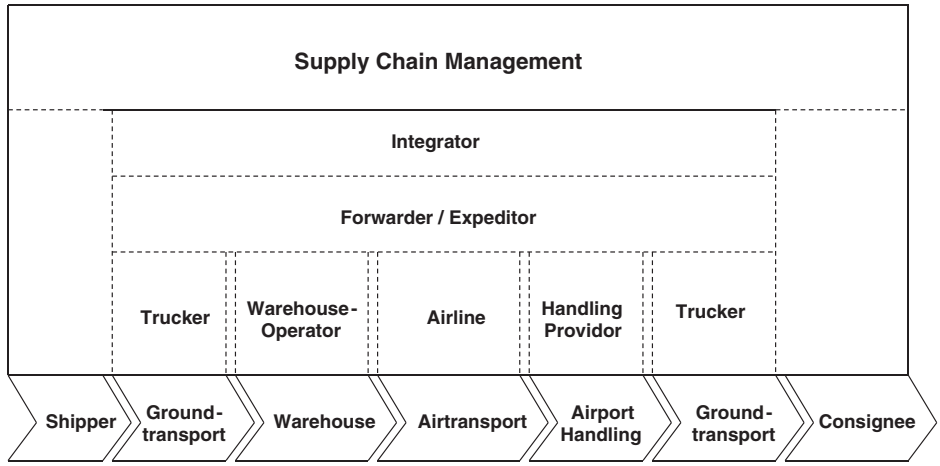


Abb. 3.3 Begrifflichkeiten der Luftfrachttransportkette [48]

Innerhalb der Luftfrachttransportkette unterscheidet man zwischen Vor-, Haupt- und Nachlauf. Der Hauptlauf, der auch mehrteilig sein kann, ist z. B. der Transport mit dem Flugzeug oder Schiff. Die mit diesen Transportmitteln überwundene Distanz ist, bezogen auf die gesamte Transportkette, in der Regel am größten, der entsprechende Zeitanteil dagegen eher klein (Flugzeug). Die Vor- und Nachläufe erfolgen meist als bodengebundene Transporte.

Die wichtigste Rolle für den Wechsel der Transportmittel im Lufttransport spielt der Flugplatz. Hier finden die spezifischen Prozesse Anliefern, Sortieren, Verteilen, Transportieren und Umschlagen zwischen Bodenverkehrsmitteln und Flugzeugen statt. Deshalb sind, abgesehen vom Lufttransport selbst, die wesentlichen Glieder und Schnittstellen der Luftfrachttransportkette an und auf Flugplätzen zu finden.

Insgesamt stellt sich die Luftfrachttransportkette (zwischen Ort A und Ort B) wie folgt da (Tab. 3.1):

Tab. 3.1 Luftfrachttransportkette

Ort	Prozesseinheit	Funktion/Aktion
Ausgangsort (Ort A) der Fracht	Absender	Versandauftrag an Spediteur
	Spediteur	Abholung der Fracht Feststellung der Sendeart (Volumen, Masse) Disposition AWB[a] Ausstellung incl. Tarifberechnung Ausgangszollabfertigung Inkasso (prepaid) Versandfertige Übergabe der Dokumente Und Sendung/Ladeeinheit an die Luftverkehrsgesellschaft
Ausgangsflughafen	Luftverkehrsgesellschaft	Ladeplanung und Ausgangskontrolle Verladung, Transport
Zielflughafen (Ort B)	Luftverkehrsgesellschaft	Entladung Dokumenteneingang/Eingangskontrolle Übergabe von Dokumenten und Sendung/Ladeeinheit an Spediteur
	Spediteur	Übernahme von Dokumenten und Sendung/Ladeeinheit Benachrichtigung Empfänger Eingangsverzollung Inkasso (charges collect) Zustellung
Zielort der Fracht	Empfänger	Entgegennahme der Sendung

[a]AWB = Air Way Bill

Lufttransport Der Lufttransport von Luftfracht erfolgt als Beiladefracht in Passagierflugzeugen oder in reinen Frachtflugzeugen:

- *Transport als Beiladefracht in Passagierflugzeugen*
  Über 50 % des weltweiten Luftfrachtaufkommens wird als Beiladefracht in Passagierflugzeugen transportiert. Die Laderaumkapazitäten von Flugzeugen im regulären Fluglinienverkehr werden neben dem Passagiergepäck auch für Fracht genutzt. Der Transport und die Abfertigung von Passagieren und Luftfracht sind damit bezüglich der Streckenangebote und der Zeitlagen nicht unabhängig voneinander.
- *Transport von Fracht in Frachtflugzeugen*
  Auf Strecken mit hohem Luftfrachtaufkommen u./o. mit unzureichender Beiladefrachtkapazität in Passagierflugzeugen werden reine Frachtflugzeuge eingesetzt. Auch wenn die Dimensionen der Frachtstücke es erfordern oder es sich um bestimmte gefährliche Güter handelt, ist nur das reine Frachtflugzeug einsetzbar. Frachtflugzeuge transportieren knapp 50 % des gesamten Luftfrachtaufkommens. Bezogen auf die Flugbewegungszahlen beträgt der Anteil der Frachtflugzeuge jedoch weniger als 5 % an den Gesamtflugbewegungen. Als Frachtflugzeuge dienen verschiedene Flugzeugmuster mit unterschiedlichen Ladekapazitäten. Im „Quick-Change"-Verfahren werden außerdem Flugzeuge, die normalerweise Passagiere und Beiladefracht transportieren, als Frachtflugzeuge eingesetzt, indem die Sitze dieser Flugzeuge, die auf besonderen Paletten befestigt sind, ausgebaut werden.

Bodentransport von Luftfracht Als Vor- und Nachlauftransporte gelten die Anlieferung der Luftfracht vom Versender zum Flugplatz und die Auslieferung der Luftfracht vom Zielflugplatz an den Empfänger. Diese Transporte werden im Auftrag eines Spediteurs durchgeführt. Ein Bodentransport zwischen Flugplätzen erfolgt oft auch im Auftrag der Luftverkehrsgesellschaften als **Luftfrachtersatzverkehr**. Dieser Verkehr wird auch **„Road-Feeder-Service"** (RFS) oder „Trucking" genannt. Unabhängig davon, in wessen Auftrag die Bodentransporte durchgeführt werden, ist „Trucking" im Nah- und Fernverkehr vertreten. Die Fracht hat dabei den Status einer Luftfrachtsendung. Meist werden komplette Flugzeug-Ladeeinheiten (Container) mit speziellen Lastkraftwagen befördert, zum geringeren Teil auch lose Ladung oder Stückgüter.

Typischer Weise erfolgen die Anlieferungen und Verteilungen von Luftfracht und Dokumenten an einem Flugplatz zu ca. 40 % mit dem Personkraftwagen bzw. Kombikraftwagen, zu ca. 20 % mit Kleintransportern bzw. Bussen, zu 20–25 % mit Nahverkehrslastkraftwagen, und zu 15–20 % mit Fernverkehrslastkraftwagen im „Road-Feeder-Service".

Die **Vor- und Nachlauftransporte**, also die Anlieferung und Auslieferung von Fracht zu und von den Flugplätzen, ergänzen den Lufttransport zu einer vollständigen Transportkette (Transportleistung) für den Verlader. Die Anlieferung und Auslieferung der Luftfrachtsendungen im Vor- und Nachlauf wird überwiegend durch Luftfrachtspediteure und -agenten im Auftrag der Versender und Empfänger organisiert. Diese Vor- und

Nachlauftransporte werden fast ausschließlich mit bodengebundenen Transportmitteln durchgeführt. Auch für die Speditionstransporte besteht das Bestreben, schon am Boden möglichst komplette Flugzeug-Ladeeinheiten zu transportieren. Der Anteil ist noch gering, die Marktkonzentration der Kunden und die Einrichtung von gemeinschaftlichen Sammelstellen begünstigen diese Entwicklung jedoch.

3.2.5 Luftpost

In der Bundesrepublik Deutschland werden Briefpostsendungen normalerweise innerhalb von 24 Stunden, d. h. am Tag nach der Aufgabe einer Sendung zugestellt (N + 1). Dieser Zeitrahmen ist nur unter Nutzung des Luftweges einzuhalten. Dazu wird die Post in den Abendstunden eines Tages mit bodengebundenen Transportmitteln zu bestimmten Verkehrsflughäfen gefahren (Nachtpoststerne), gesammelt, sortiert, und in den Nachtstunden mit Flugzeugen zu verschiedenen Verkehrsflughäfen geflogen, von wo aus sie wieder mit bodengebundenen Verkehrsmitteln über Postverteilstellen am nächsten Tag den Empfängern zugestellt wird. Internationale Luftpostsendungen werden normalerweise als Beiladefracht in Passagierflugzeugen oder in speziellen Frachtflugzeugen befördert, wie beispielsweise vom United Parcel Service (UPS), Federal Express (FEDEX), oder DHL International (DHL = A. Dalsey, L. Hillblom und R. Lynn). Diese Unternehmen operieren weltweit, verfügen über eigene Flugzeuge unterschiedlicher Frachtkapazität und auch über eigene Lastkraftwagen, um so einen „door to door" Service anzubieten und sicherzustellen.

3.2.6 Militärischer Luftverkehr

Zweck des militärischen Luftverkehrs in der Sicherung des Friedens, die Teilnahme an Friedensmissionen (mit UN-Mandat), die Landesverteidigung sowie die Durchführung von Not- und Rettungsdiensten. Es ist anzumerken, dass sowohl militärische als auch zivile Luftverkehre in der Praxis und aufgrund der Unteilbarkeit des gemeinsam genutzten Luftraums in Friedenszeiten der Abstimmung und Koordination bedürfen. Militärische Transportflugzeuge werden im Luftraum der Bundesrepublik Deutschland flugsicherungsmäßig in der Regel wie zivile Flugzeuge behandelt und geführt. Auch die deutschen Flugplätze werden teilweise zivil u./o. militärisch genutzt.

3.2.7 Allgemeine Luftfahrt

Die private Luftfahrt, der Werksluftverkehr sowie die gewerbliche Luftfahrt mit Luftfahrzeugen bis 5.700 kg maximaler Startmasse werden unter dem Begriff „Allgemeine Luftfahrt" geführt.

Entwicklung des Luftverkehrs

4

4.1 Meilensteine in der Entwicklung des Luftverkehrs

1783 Erste Flugversuche mit Heißluft- und Gasballons der Gebrüder Montgolfier in Frankreich.
1884 Erstes voll lenkbares Luftschiff mit Elektroantrieb in Frankreich.
1900 Erster Zeppelin LZ-1.
1903 Erste Flüge mit einem Motorflugzeug (der Kitty Hawk) durch die Brüder Wright in den USA.
1910 Flugplanmäßiger Passagierdienst mit Luftschiffen. Unter Luftschiffen versteht man dabei Luftfahrzeuge, die zwar leichter als Luft, aber bereits mit Hilfe eines eigenen Antriebs lenkbar sind.
1915 Erstes Ganzmetallflugzeug von Hugo Junkers.
1917 Die Deutsche Luftreederei (AEG, HAPAG, DEUTSCHE BANK, ZEPPELIN) nimmt den Luftverkehr auf.
1919 Erste Atlantiküberquerung der amerikanischen Marine mit drei Flugbooten, von denen nur eins Lissabon erreichte. Erste deutsche Luftlinie zwischen Berlin und Weimar. Gründung der (alten) IATA (International Air Traffic Association).
1920 Erste regelmäßige Flugverbindungen von Deutschland nach Kopenhagen und Amsterdam.
1924 Erste Atlantiküberquerung eines Luftschiffes, regelmäßiger Überseeverkehr mit Luftschiffen.
1926 Erste Instrumentenflüge. Gründung der Deutschen Lufthansa (aus der Deutsche AeroLloyd AG und der Junkers-Luftverkehr AG).
1927 Erste Atlantiküberquerung im Alleinflug durch Charles A. Lindbergh.
1928 Havanna-Abkommen (Pan American Convention on Commercial Aviation) zur Festlegung der staatlichen Lufthoheit (analog der CINA).

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_4,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

1929 Warschauer Abkommen. Internationale „Reichspost-Fluglinien“: London, Paris, Kopenhagen, Stockholm, Berlin. Kontinentaler Verkehr, der von den Luftverkehrsgesellschaften in Pool-Kooperationen abgewickelt wurde.
1932 Erster Einsatz des „Großflugzeuges“ Ju 52 (260 km/h,15–17 Passagiere).
1936 Erste Nachtflüge im Passagierdienst.
1937 Zeppelin-Katastrophe in Lakehurst (USA), Ende des kommerziellen Einsatzes von Luftschiffen.
1939 Erstes Flugzeug mit Strahltriebwerk, „Heinkel 178“.
1949 Erstflug eines Strahlflugzeuges für den zivilen Verkehr, der britischen DeHavilland Comet.
1953 Fluglinienverkehr über den Nordpol.
1958 Ersteinsatz des Langstrecken-Strahlverkehrsflugzeuges Boeing B707.
1968 Ersteinsatz des City Jets, der Boeing B737.
1970 Ersteinsatz des Großraumflugzeuges Boeing B747-100.
1976 Ersteinsatz des Überschall-Verkehrsflugzeuges BAC/Aerospatiale Concorde.
1976 Ersteinsatz der Airbus-Flugzeugmuster A300-B2 und A300-B4.
1983 Erstes ziviles Verkehrsflugzeug mit Zwei-Mann-Cockpit (Airbus A310).
1985 Erstes ziviles Verkehrsflugzeug (Airbus A320) mit Sidestick, Fly by Wire Steuerung und Display-Cockpit.
2006 Erstflug des Airbus-Flugzeugmusters A380-800 (Makrobody).
2010 Indienststellung des Airbus A380-800 bei der Deutschen Lufthansa.

4.2 Technische Entwicklung

Die technische Entwicklung des Luftverkehrs vollzog sich in mehreren Phasen,

- der Pionierzeit von etwa 1920 bis zum Beginn des II. Weltkrieges,
- der Nachkriegszeit bis Mitte der 50er-Jahre,
- dem Beginn des Einsatzes von strahlgetriebenen Verkehrsflugzeugen ab Mitte der 50er-Jahre,
- der Ära der Großraumflugzeuge und des Überschall-Luftverkehrs vom Ende der 60er-Jahre bis heute und
- der Einführung der digital-elektrischen Flugführung
- (ab Airbus A320, dann A330/340, A380-800, Boeing B747-400, B777, B747-8 I, B787 etc.)

Zu Beginn der flugtechnischen Entwicklung wurden die Fluggeräte vorwiegend aus Holz und Stoff gefertigt. Im Jahre 1919 folgte das erste Ganzmetallflugzeug, die Junkers F 13 mit sechs Sitzplätzen. Gleichzeitig wurden mit dem Ziel weiterer Massereduktion neue Werkstoffe (Leichtmetalllegierungen) für den Flugzeugbau entwickelt. Später wurden zur Fertigung von Leichtbaustrukturen die Faserverbundwerkstoffe eingeführt und beim Bau von Flugzeugstrukturen eingesetzt.

Mit der Entwicklung neuer Werkstoffe änderten sich auch die Konstruktionsphilosophien. Am Anfang stand die **Philosophie „Safe Life“** (Sicheres Erleben). Dabei wurde die Flugzeugzelle so dimensioniert, dass sie den statischen Lastfällen und dem Ermüdungsspektrum ohne Schaden zu nehmen bis zur Außerdienststellung des Flugzeuges standhielt. Die Folge von Rissbildungen und der Ausfall von Strukturkomponenten blieben bei dieser Philosophie unbeachtet. Es folgte die **„Fall Safe“ Philosophie** (Beherrschbares Versagen). Bei dieser Philosophie wurde eine Rissbildung nicht ausgeschlossen, ebenso das Versagen einzelner Strukturteile oder -komponenten, ohne dass die Funktion des Gesamtsystems in Frage stand. Heute gilt die **„Damage Tolerance“** (Ertragbarer Schaden), ein Derivat der “Fall Safe” Philosophie. Es wird davon ausgegangen, dass Risse in der Struktur vorhanden, und ihre Ausprägung erkannt, analysiert und zeitlich verfolgt werden. Die Konstruktion ist hier mit einem bestimmten, angepassten Inspektions- und Wartungskonzept in der Nutzungsphase des Flugzeuges verknüpft.

Bei den **Bauweisen** ging man von der Differentialbauweise aus, die eine punktuelle Verbindung des Blechmantels mit den Versteifungselementen durch Nieten, Schweißpunkte oder Klebeverbindungen beinhaltete. Es folgte die Integralbauweise. Bei dieser Philosophie wird das Bauteil aus einem Stück hergestellt.

Bei allen Flugzeugentwicklungen stand und steht immer die Sicherheit im Vordergrund der Betrachtung. Aber auch die Wirtschaftlichkeit ist ein äußerst wichtiger Faktor. Sie wird verbessert durch die Optimierung des Kraftstoffverbrauchs und die Erhöhung der Nutzlast und Reichweite.

Einen großen Fortschritt in der Luftverkehrstechnik brachte der Einsatz von Strahlverkehrsflugzeugen gegen Ende der 50er-Jahre. Diese Flugzeuge wiesen eine hohe Reisefluggeschwindigkeit auf und erlaubten höhere Nutzlasten und Reichweiten. Verglichen mit den Propellerflugzeugen hatten Strahlverkehrsflugzeuge bei doppelter Geschwindigkeit und Sitzplatzanzahl die vierfache Transportkapazität. Die ständig wachsende Leistungsfähigkeit der Antriebsaggregate bildete schließlich die Voraussetzung für den Bau von Großraumflugzeugen, die nochmals eine Verdopplung der angebotenen Kapazität auf den relevanten Streckenführungen mit sich brachte.

Die Entwicklung der **Luftfahrttriebwerke** war ebenso wie die Entwicklung neuer Werkstoffe und Strukturen bestimmend für den hohen technischen, wirtschaftlichen und sicherheitstechnischen Standard des Luftverkehrs. Das Strahltriebwerk löste in den 50er-Jahren im Verkehrsflugzeugbau weitgehend das Kolbentriebwerk ab. Propellerturbinentriebwerke kamen ebenfalls zum Einsatz. Beim Strahltriebwerk war der spezifische Kraftstoffverbrauch (und damit auch die Reichweite bzw. die Flugdauer) anfangs ein Problem. Die Verwendung mehrstufiger Axialverdichter und die Erhöhung des Stufendruckverhältnisses über eine Optimierung der Turbinenschaufelgestaltung oder hintereinander angeordneter Verdichter unterschiedlicher Drehzahl (z. B. bei Zweiwellen-, später auch Dreiwellentriebwerken) führten zu einem geringeren spezifischen Kraftstoffverbrauch. Eine weitere Entwicklungsstufe stellten das Zweikreis- bzw. Zweistromtriebwerk (ZTL), zunächst mit kleinen, und später mit immer größer werdendem Nebenstromverhältnis (Bypass-Verhältnis), dar. Diese Entwicklung wurde beschleunigt durch hohe Kraftstoffpreise, die

geforderte Reduzierung des Lärms (ICAO Annex 16 Kap. 2/3, heute Kap. 4) und der Schadstoffemissionen. Für die Propfan-Triebwerke (mit und ohne Ummantelung) wird mit weiterer Reduzierung der spezifischen Kraftstoff-Verbrauchswerte gerechnet.

Da etwa 30 % der Betriebskosten eines Verkehrsflugzeuges auf die Kraftstoffkosten entfallen, führt schon eine Reduzierung des spezifischen Kraftverbrauchs um ein oder zwei Prozent zu beachtlichen Kostensenkungen und erhöht damit die Wirtschaftlichkeit eines Flugzeugmusters bzw. des gesamten Flugbetriebes einer Luftverkehrsgesellschaft.

Auch die Auslegung der **Brennkammer** hat einen großen Einfluss auf den spezifischen Kraftstoffverbrauch. Gute Vermischung und eine möglichst vollständige Verbrennung sind Voraussetzungen für einen hohen Wirkungsgrad bei der Verbrennung und möglichst geringe Schadstoffemissionen. Besonders die Temperaturverteilung ist ausschlaggebend für die Lebensdauer der Turbinenschaufeln und damit für die Betriebsintervalle zwischen den Wartungen/Überholungen. Aufgrund von Fortschritten in der Werkstoffforschung (Herstellungsverfahren) und bei den Kühlverfahren wurde die Lebensdauer der „heißen Teile“ erheblich erhöht. Bei modernen Turbostrahltriebwerken von Verkehrsflugzeugen erfolgt die Wartung bzw. der Austausch von Triebwerksgruppen (Modulen) entsprechend ihrem jeweiligen Zustand (on condition). Mit Aufzeichnungsgeräten an Bord der Flugzeuge werden Messwerte permanent registriert und aufgezeichnet, sodass den Betriebszustand des jeweiligen Triebwerkes jederzeit bekannt ist.

Ab der 50er-Jahre gab es eine Reihe grundlegender Verbesserungen bei Verkehrsflugzeugen. Hierzu gehören die **Druckkabine** ebenso wie das Einziehfahrwerk, Auftriebshilfen, Kurssteuerung, **IFR-Ausrüstung** (IFR = Instrument Flight Rules), d. h. Vorschriften für die Flugdurchführung nach Instrumentenflugregeln, also ohne Sicht), permanente Sprechfunkverbindungen, Radar und neue Navigationshilfen. Die Betriebsausrüstung moderner Verkehrsflugzeuge umfasst somit Geräte/Systeme zur:

- Führung und Navigation des Flugzeuges,
- Überwachung von Fluglage und Flugzustand,
- bordinternen und externen Kommunikation und für die
- Betriebsdurchführung (wie: Elektrik, Hydraulik, Pneumatik) sowie Versorgungssysteme für Betriebsstoffe.

Das **Cockpit**, die Instrumentierung und Ausrüstung spiegeln eindrucksvoll die Entwicklung der Flugtechnik und der entsprechenden Bordausrüstung wieder. Zu Beginn wurde das Flugzeug ausschließlich manuell geflogen und sehr einfach terrestrisch mit Kompass und Stoppuhr navigiert.

Die **Flugsteuerung,** d. h. die Übertragung der Steuerbefehle von den Bedienorganen, in erster Linie handelte es sich hier um die Steuersäule (zur Betätigung des Höhenruders und der Querruder) und der Pedale (Betätigung des Seitenruders), zu den Ruderflächen, erfolgte zunächst mechanisch (Seilzüge, Gestänge), später mit Unterstützung hydraulischer Übertragungssysteme. Neuere Entwicklungen umfassten dann die “Fly by Wire Technologie” (ab Airbus A320). Hier wurden die Steuerbefehle (Eingabe mit Hilfe des so genannten “Side Sticks” bei Airbus Flugzeugen) in Form von elektrischen, digitalen Signalen zu den

Stellzylindern der Ruder übertragen. Hard- und Software zur Ansteuerung und Überwachung der Steuerflächen waren und sind zur Verringerung der Ausfallhäufigkeit dissimilar und redundant ausgelegt. Die Erprobungen mit der "Fly by Light" Technologie wurden wieder eingestellt, da die Fly by Wire Technologie ausreichend gute Ergebnisse lieferte.

Die Entwicklung und Einführung **funktechnischer Ortungs- und Navigationssysteme** ermöglichte, beginnend in den 30er-Jahren, eine zunehmend genauere und zuverlässigere Flugführung. Unter Navigation ist im weiteren Sinne die Information zur Führung eines Flugzeuges von einem Punkt A zu einem Punkt B zu verstehen, während die Ortung der Bestimmung des Standortes eines Flugzeuges dient. Geräte- und anlagentechnisch wird zwischen bordautonomen, bodengestützten und satellitengestützten Systemen unterschieden. Zu ersteren zählen z. B. die **Trägheitsnavigationssysteme** (Inertial Reference System (IRS) oder das Inertial Navigation System (INS). Mit Ausnahme des IRS/INS bedienen sich alle anderen im Einsatz befindlichen Systeme den Prinzipien der Funktechnik. Die Wirkungsweise des IRS/INS beruht hingegen auf einer hochgenauen Beschleunigungsmessung. Die Längsbeschleunigung wird zweimal integriert und so die geflogene Strecke ermittelt. Voraussetzung ist die genaue Eingabe der geographischen Daten des Startortes oder des letzten Wegpunktes.

Eine der heute bedeutendsten bodengestützten **Ortungssysteme** repräsentiert das Radar. Mit den zwei Komponenten **Primärradar** (passive Rückstrahlortung) und **Sekundärradar** (aktive Rückstrahlortung) kann bei Einsatz eines bordseitigen **Transponders** beispielsweise die Kennung, die aktuelle Flughöhe und die Position des Flugzeuges, bezogen auf die Bodenstation (Azimut und Entfernung), auf einem Sichtschirm dargestellt werden. Der Flugverkehrskontrolle (Flugsicherung) ist es damit möglich, das entsprechende Flugzeug zu identifizieren, bodengestützt zu führen und somit die Kollisionsfreiheit zu garantieren.

Bordseitig wird der Flugzeugführer durch die **Instrumentierung** bei seiner Flugaufgabe unterstützt. Ausgangsbasis bildete hier das „Instrumenten-T", bei dem die wichtigsten Flugüberwachungs- und Navigationsinstrumente (Künstlicher Horizont, Fahrtmesser, Höhenmesser und Kurskreisel) in Form eines „T" am Instrumentenbrett in der Blickebene des Flugzeugführers angeordnet waren. Diese Instrumente wurden ergänzt durch weitere Anzeichen zur Überwachung von Fluglage, Flugzustand, Flugwerk (d. h. Fahrwerks- und Steuerungsanlagen, Hydraulik, Elektrik, Pneumatik) und der Triebwerke (u. a. Drehzahl, Abgastemperatur, Kraftstoffdurchfluss, Kraftstoffvorrat).

Die klassische Instrumentierung (mechanische Anzeigen, Einzelinstrumente) wurden später durch integrierte elektromechanische Anzeigen abgelöst. Die entsprechenden Messsensoren waren außerhalb des Anzeigegerätes angeordnet, und es wurden mehrere Messgrößen in einem Instrument zur Anzeige gebracht, wie z. B. beim Attitude Director Indicator (ADI). Hier wurden die Funktionen des künstlichen Horizontes, des Wendezeigers, des Inclinometers und der Kommandoangaben für Fluglage und Geschwindigkeit in einem Instrument vereint angezeigt. Die Anzeigen im Horizontal Situation Indicator (HSI) dienten der Navigation. In der weiteren Entwicklung wurden die integrierenden Fluganzeigen durch Kathodenstrahlröhren (elektronische Displays) in Kombination mit der Airbus Anzeigenphilosophie des „Dark and Quiet Cockpit" abgelöst. Mit Hilfe von „Pushbuttons" mit integrierter Farbcodierung sprachen Warnlampen

und Warntöne nur bei abnormaler oder fehlerhafter Konfiguration des Flugzeuges an. Im Normalfall war alles „dunkel und still".

Die heutigen elektronischen Anzeigen, wie das „Electronic Flight Instrument System" (EFIS), und das „Electronic Centralized Aircraft Monitor System" (ECAM), nutzen Darstellungsmöglichkeiten unter Anwendung chemisch-physikalischer Leuchtvorgänge auf Displays. Damit bestehen theoretisch nahezu unbegrenzte Möglichkeiten der Informationsdarstellung.

Die Einführung moderner **Crew-Konzepte** in Strahlverkehrsflugzeugen war ein weiterer Schritt zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit. Ausgehend vom konventionellen 3-Mann-Cockpit, bei dem Sitz- und Blickrichtung des Flugingenieurs nur bei Start und Landung nach vorn (Flugrichtung) gerichtet war über das 2/3-Mann-Cockpit, bei dem der Flugingenieur (soweit vorgesehen) immer nach vorne blickte (alle Anzeige- und Bedienelemente waren bereits in den vorderen Instrumentenpanel und im Overheadpanel untergebracht, sodass das Flugzeug prinzipiell auch von zwei Piloten geführt werden konnte, ist heute das Zwei-Mann-Cockpit der Standard bei modernen Strahlverkehrsflugzeugen. Die künftige Entwicklung geht in Richtung des Einmann-Cockpits. Für viele Aufgaben im militärischen, aber auch im zivilen Bereich werden schon unbemannte Flugsysteme (Unmanned Area Vehicles) eingesetzt.

Die Einführung der **Bordrechnertechnik** eröffnete völlig neue Möglichkeiten bei der Berechnung kraftstoff- oder flugkostenoptimaler Flugprofile, z. B. beim Airbus A300 durch das Electronic Flight Control System (EFCS). Das EFCS diente dem Erfliegen und Einhalten vorgegebener Flugbahnen und der Entlastung des Flugzeugführers von Routineaufgaben. Des weiteren erhöhte der Flight Data Computer (FDC) und nachfolgend das Flight Management System (FMS) bei der Bestimmung und automatischen Regelung einer dreidimensionalen Flugbahn den Automatisierungsgrad der Flugführung. Das in modernen Verkehrsflugzeugen vorhandene Electronic Flight Bag (z. B. Boeing B787) ermöglicht die Darstellung von z. B. Abflugkarten und anderen relevanten Informationen (**Paperless Cockpit**).

4.3 Wirtschaftliche Entwicklung

Die wichtigsten Entwicklungsfaktoren für den Luftverkehr nach dem zweiten Weltkrieg waren der technische Fortschritt mit einem hohen Innovationspotential, die internationale Verkehrspolitik sowie die Entwicklung von internationalen, weltumspannenden Fluglinniennetzen.

Als Meilensteine der wirtschaftlichen Entwicklung können die folgenden Punkte aufgeführt werden:

- Die USA beziehen die Vormachtstellung im Luftverkehr.
- Wiedererlangung der deutschen Souveränität und daraus folgend der Lufthoheit im Jahre 1955.
- Wachsende internationale Verflechtung der westlichen Volkswirtschaften.

- Durchschnittliche Wachstumsraten des Weltluftverkehrs mit 12–15 % p. a., Steigerung der Nutzlastkapazität und der Produktivität.
- Kosten- und Tarifsenkungen mit der Folge von Nachfragesteigerungen. – Deregulierung des Luftverkehrs in den USA.
- Liberalisierung des Luftverkehrs in Europa. Zerfall des Ostblocks.

In den USA wurde nach dem „Deregulation Act" von 1978 zunächst eine Intensivierung des Wettbewerbs verzeichnet. Neue Mitbewerber versuchten in den Luftverkehrsmarkt einzutreten. Nach einer kurzen Übergangsphase entwickelten sich oligopolartige Marktstrukturen. Die wenigen verbliebenen Anbieter konnten mit Hilfe der Entwicklung von Hub and Spoke Systemen ihre strategischen Marktpositionen festigen und meist erfolgreich gegen neu eintretende Konkurrenten verteidigen. Der Verdrängungswettbewerb hat sich fortgesetzt. Dies führte dazu, dass einige der ältesten und bekanntesten Flugliniengesellschaften (z. B. PanAm und Eastern Airlines) Konkurs anmelden, und den Markt verlassen mussten. Es wurden neue Unternehmensstrategien entwickelt, wie beispielsweise das Hub-Bypassing (von Southwest Airlines praktiziert), der Aufbau von Low-Cost Tochtergesellschaften oder die Expansion in Richtung auf andere Luftverkehrsmärkte (z. B. Europa, Osteuropa).

Die wirtschaftliche Entwicklung des **europäischen Luftverkehrs** zum Ende der 90er-Jahre war zum einen geprägt von Liberalisierungsbestrebungen, der Einführung eines gemeinsamen europäischen Wirtschaftsraums und der fortschreitenden Privatisierung der so genannten „National Carrier". Zum anderen eröffnete die **politische und wirtschaftliche Öffnung Osteuropas** erhebliche Wachstumspotentiale für den Luftverkehr. Diese ergaben und ergeben sich langfristig durch die Einbindung der östlichen Volkswirtschaften in den internationalen Prozess der Arbeitsteilung.

Der Beginn der 90er-Jahre war international durch hohe Verluste gekennzeichnet, deren **Hauptursachen** im **Golfkrieg** und seinen Auswirkungen, in der **weltweiten Rezession** und den damit verbundenen Überkapazitäten, im **ruinösen Preiswettbewerb** und in **überkommenen Organisationsstrukturen** der Luftverkehrsgesellschaften begründet waren.

Die Entwicklung des Regionalluftverkehrs in Europa ist im Wesentlichen durch die fortschreitende Liberalisierung des europäischen Luftverkehrs, die Verfügbarkeit neuer Flugzeuge und die zunehmende Dezentralisierung der Industriebetriebe gekennzeichnet. Ausgelöst durch die fast vollständige Freigabe der Verkehrsrechte für den Regionalluftverkehr mit Flugzeugen bis zu 70 Sitzen zwischen regionalen Flughäfen und Flughäfen der EU-Kategorie l im Rahmen des 1. Liberalisierungspaketes der EG im Jahre 1987, hat sich die Anzahl der innereuropäischen Routen im Regionalluftverkehr stark erhöht.

4.4 Politische und rechtliche Entwicklung

Die internationale und europäisch relevante politische und rechtliche Entwicklung lässt sich durch folgende Ereignisse beschreiben:

1944 Gründung der PICAO (Provisional International Civil Aiviation Organization), später ICAO.

1945 Gründung der „neuen“ IATA (International Air Transport Association).
1955 Haager Protokoll, d. h. Änderung des Warschauer Abkommens (Verdoppelung der Haftungsgrenzen).
1956 Beitritt der Bundesrepublik Deutschland zu dem Abkommen vom 7. Dezember 1944 über die Internationale Zivilluftfahrt und die Annahme der Vereinbarung vom 7. Dezember 1944 über den Durchflug im internationalen Luftverkehr.
1963 Abkommen von Tokio über strafbare Handlungen an Bord von Flugzeugen.
1966 Übereinkommen von Montreal, d. h. höhere Haftungsgrenzen für Luftverkehrsgesellschaften, welche die USA im internationalen Verkehr bedienen.
1970 Abkommen von Den Haag zur Bekämpfung der widerrechtlichen Inbesitznahme von Luftfahrzeugen.
1971 Protokoll von Guatemala und Abkommen von Montreal zur Bekämpfung von sonstigen rechtswidrigen Angriffen auf die Zivilluftfahrt.
1975 Zuatzprotokoll von Montreal (zur Änderung des Haager Protokolls und zur weiteren Revision des Warschauer Abkommens).
1978 „Deregulation Act“ und Aufspaltung der IATA in eine Tarif- und eine Handelsorganisation.
1983 Richtlinie des Ministerrats der EG über die Zulassung des interregionalen Fluglinienverkehrs.
1987 Ministerrat der EG verabschiedet das 1. Liberalisierungspaket für den europäischen Luftverkehr, d. h. Lockerung der Kapazitätsaufteilung, des Marktzugangs und der Tarifbildung.
1989 EWG Verordnung über Computergesteuerte Buchungssysteme (CRS).
1990 EG-Kommission leitet die 2. Phase der Liberalisierung des europäischen Luftverkehrs ein, d. h. sinngemäße Fortführung des 1. Liberalisierungspaketes, weitere Lockerung der Kapazitätsaufteilung, freiere Tarifpolitik (Tarifzonen mit Double-Disapproval- oder Doubelapproval- Genehmigungsverfahren) und Streckenwahl (freierer Marktzugang im Hinblick auf Verkehre der 5. Freiheit der Luft). Zulassen, unter bestimmten Auflagen, der „Multiple Designation“ sowie einer teilweisen Vermischung von Fluglinien- und Gelegenheitsverkehren.
1993 EWG Verordnung zur Zuweisung von Zeitnischen (Flughafenkoordination).
1993 Einleitung der 3. Phase des EU-Liberalisierungspakets. Verabschiedung der Verordnungen:

a) über die Erteilung von Betriebsgenehmigungen an Luftfahrtunternehmen (Niederlassungsfreiheit),
b) über Preise und Luftfrachtraten (freie Preisbildung) und
c) über den Zugang von Luftfahrtunternehmen zu Strecken des innergemeinschaftlichen Luftverkehrs (freier Marktzugang, bei der die Kabotage bis zum 01.04.1997 eingeschränkt wurde).

1993 Privatisierung der bundesdeutschen Flugsicherung. Aus der Bundesanstalt für Flugsicherung (BFS) wird die DFS Deutsche Flugsicherung GmbH.

1994 Privatisierung der Deutsche Lufthansa.
1996 Liberalisierung der Bodenverkehrsdienste in der EU.
1997 EG Verordnung über die Haftung von Luftfahrtunternehmen.
1997 Vollendung des Dritten Liberalisierungspakets der EU (Freigabe der Kabotage).
1997 Erarbeitung von Vorschlägen zur Ersetzung des Warschauer Vertragssystems bzgl. der Haftung aus dem Beförderungsvertrag.
2004 EG Verordnung über Ausgleichs- und Unterstützungsleistungen bei Nichtbeförderung, Verspätung durch Luftverkehrsgesellschaften.
2004 EG Verordnung über Versicherungsanforderungen an Luftfahrtunternehmen und Luftfahrzeugbetreiber.
2004 EG Verordnung über die Aushandlung und Durchführung von Luftverkehrsabkommen.
2006 EG Verordnung über die Rechte von behinderten Flugreisenden und Flugreisende mit eingeschränkter Mobilität.
2009 Vertrag über die Arbeitsweise der Europäischen Union.
2010 EU Verordnung über die Untersuchung und Verhütung von Unfällen und Störungen in der Zivilluftfahrt.
2010 Vertrag über die Errichtung des Funktionalen Luftraumblocks „Europe Central" (FABEC) zwischen der Bundesrepublik Deutschland, dem Königreich Belgien, der Französischen Republik, dem Großherzogtum Luxemburg, dem Königreich der Niederlande und der Schweizerischen Eidgenossenschaft.
2011 Vereinbarung über die Zusammenarbeit der nationalen Aufsichtsbehörden im FABEC.

4.5 Verkehrsprognosen/Verkehrsentwicklung

4.5.1 Prognosemethodik und Vorgehensweise

Die Prognosemethodiken basieren auf Analysen zum Verkehrsverhalten und zur Verkehrsentwicklung über längere Zeiträume. Zweck dieser statistischen Analysen ist es, Zusammenhänge zwischen Verkehrsverhalten und Verkehrsnachfrage einerseits und deren wesentlichen Bestimmungsfaktoren (Einkommensentwicklung, Verkehrsangebot, Preise usw.) andererseits zu ermitteln, und die entsprechenden Gesetzmäßigkeiten mathematisch in einem Verkehrsmodell zu formulieren. Mit Einsetzen entsprechender Prognoseannahmen hinsichtlich der Entwicklung dieser Bestimmungsfaktoren und der Anwendung von Modellen werden dann die Prognosen erstellt. Dieses Grundprinzip, das Abb. 4.1 zu entnehmen ist, gilt für die Methodik bei Prognosen zum:

- Passagierluftverkehrsaufkommen,
- Luftfracht- und Luftpostverkehr,

und zum

- landseitigen Verkehrsaufkommen an Flugplätzen.

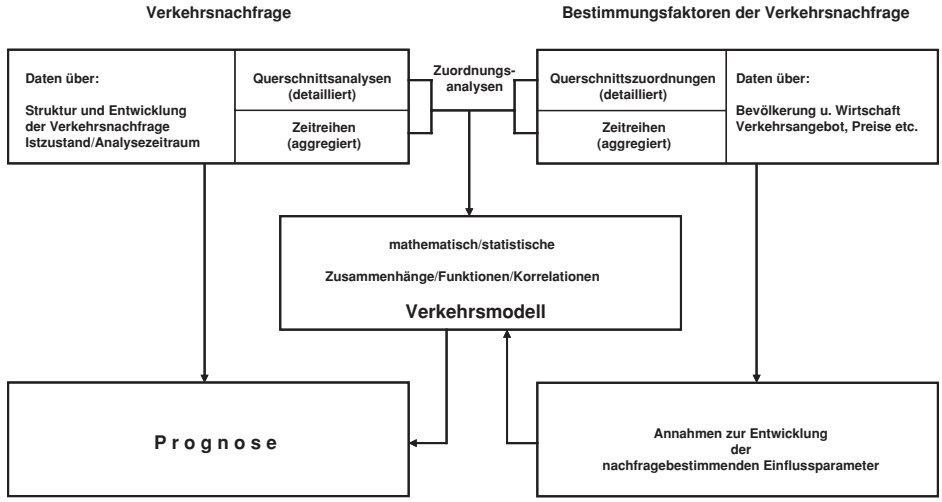


Abb. 4.1 Grundprinzip der Prognosemethodik [154]

Sowohl für das Passagierluftverkehraufkommen als auch für das Fracht- und Postluftverkehrsaufkommen werden in einem ersten Prognoseschritt die Entwicklung der Luftverkehrsnachfrage je Region nach Herkunfts- und Zielgebieten bzw. Versand- und Empfangsorten ohne Flughafenbezug prognostiziert, und zwar u. a. aufgrund:

- der regionalen Entwicklung der Bevölkerung und Bevölkerungsstruktur der Quell- und Zielgebiete,
- der regionalen Entwicklung der Beschäftigung und der Wirtschaftsleistung nach Wirtschaftssektoren,
- der Einkommensentwicklung,
- der Entwicklung der touristischen Infrastruktur und Kapazitäten,
- der Kosten für das Reisen und
- der verkehrlichen Erschließung der Regionen.

Hierbei werden auf empirischer Grundlage und unter Einbeziehung von Fluggastbefragungen auf verschiedenen Flughäfen die Verkehrsströme von, nach und zwischen den Regionen Mittel- und Westeuropas sowie alle für den Umsteigeverkehr relevanten sonstigen kontinentalen und interkontinentalen Verkehrsströme einbezogen. Das Ergebnis ist eine Quelle-Ziel-Matrix der prognostizierten Verkehrsnachfrage.

In einem zweiten Prognoseschritt wird die in Form der Quelle-Ziel-Matrix prognostizierte Luftverkehrsnachfrage auf die Flugplätze eines Landes in Abhängigkeit vom

Flugangebot und der landseitigen Erreichbarkeit verteilt. Dabei werden alle relevanten Flugplätze (in diesem Beispiel für Deutschland) berücksichtigt, nämlich:

- alle Flugplätze mit Fluglinien- und Charterverkehr in Deutschland und im angrenzenden Ausland;
- alle Umsteigeflugplätze, die heute und möglicherweise künftig in Konkurrenz zueinander stehen;
- alle relevanten Flugplätze, die von den genannten Flugplätzen aus angeflogen werden, sowie
- weitere, in Zukunft zusätzlich mögliche Ziele einschließlich geplanter neuer Flugplätze.

Bei Luftverkehrsprognosen werden auch die bodengebundenen Verkehrsmittel berücksichtigt. Auf diese Weise werden Auswirkungen auf das Luftverkehrsaufkommen ermittelt, die sich ableiten lassen aus:

- dem möglichen Ersatz von Kurzstrecken-Flugreisen durch das in zunehmendem Maße ausgebaute Hochgeschwindigkeitsverkehrsnetz der Deutschen Bahn;
- dem möglichen Ersatz von Zubringerflügen durch den Hochgeschwindigkeitsverkehr der Deutschen Bahn, insbesondere bei entsprechender Kooperation der Verkehrsträger (Intermodalität);
- beim Luftfrachtverkehr dem Luftfracht-Ersatzverkehr auf der Straße (Road Feeder Service) oder auf der Schiene.

Mit dem Verkehrsmodell werden für jede Quelle-Ziel-Relation und jedes Reisesegment, z. B. Geschäftsreiseverkehr, Pauschalreiseverkehr, wie in einem Buchungssystem alle in Frage kommenden Reiseverbindungen ermittelt. Dabei werden die Reiserouten bzw. Wegeketten in der Form Ausgangsort/Versandort – Verkehrsmittel im Zugang – Einstiegs-/Einladeflugplatz – ggf. Umsteigeflugplatz – Ausstiegs-/Ausladeflugplatz – Verkehrsmittel im Abgang – Reiseziel/Empfangsort und gegebenenfalls alle sinnvollen, konkurrierenden Wegeketten ohne Inanspruchnahme des Luftverkehrs ermittelt. Diese Wegeketten oder Reiserouten werden einander gegenübergestellt und anhand ihrer Angebotseigenschaften, wie Reisezeit, Kosten, Bedienungsangebot und Komfort, verglichen und bewertet. Anhand dieser Bewertung werden Verteilungsschlüssel der Nachfrage jeder Relation und jedes Marktsegments für die Routen bzw. Wegeketten berechnet. Durch Aufsummieren aller Quelle-Ziel-Relationen und der Marktssegmente, multipliziert mit dem Verteilungsschlüssel auf die sinnvollen Reiserouten, kann auf diese Weise unter anderem die Anzahl der Ein-, Aus- und Umsteiger je Flugplatz bzw. im Frachtverkehr die umgeschlagene Fracht je Flugplatz ermittelt werden. Gleichermaßen können durch diese Vorgehensweise die räumliche Verteilung und die Verkehrsmittelwahl im Zu- und Abgang zu den Flugplätzen ermittelt werden.

Dieses Aufteilungsverfahren wird aus den beobachteten Verhaltensstrukturen abgeleitet. Voraussetzung ist unter anderem eine hinreichend genaue Erfassung der

Verkehrsnetze im Land- und Luftverkehr für den derzeitigen und den angenommenen künftigen Zustand. Bei den Luftverkehrsnetzen wird nach Luftverkehrsgesellschaften und Allianzen der Luftverkehrsgesellschaften unterschieden, die jeweils eigenständige Netze unterhalten und Umsteigeverbindungen oder ihre eigenen Drehkreuze (Hubs) anbieten.

Diese Vorgehensweise erlaubt die Prognose der jährlichen Verkehrsnachfrage in einem hohen Differenzierungsgrad bis hin zu einzelnen Flugstrecken. Iterativ kann auf diese Weise ein Gleichgewicht zwischen unterstelltem Flugangebot (Prognoseflugplan) und prognostizierter Nachfrage im Passagier- und Frachtverkehr hergestellt werden. Dabei wird für jede Strecke die prognostizierte Nachfrage und das unterstellte Flugangebot verglichen, die Auslastung überprüft und gegebenenfalls der Prognoseflugplan angepasst.

Im Ergebnis wird eine integrierte Prognose der Nachfrage im Passagier- und Fracht-/Postluftverkehr, und der zur Befriedigung der Nachfrage erforderlichen Flugbewegungen, daraus abgeleitet die Kenntnis über den erforderlichen Flugzeugmustermix, möglich.

Bei der Erstellung und iterativen Bearbeitung eines Prognoseflugplanes werden die absehbaren bzw. geplanten Start-/Landebahnkapazitäten eines Flugplatzes als Obergrenzen berücksichtigt. Werden diese überschritten, wird der Prognoseflugplan durch Streichung von Flügen bzw. wo möglich, durch Verlagerung von Flügen auf andere Flugplätze entsprechend angepasst. Aus dem so ermittelten Prognoseflugplan und dem daraus abgeleiteten Planungsflugplan lassen sich die benötigten Kapazitätseckwerte der Start-/Landebahnsysteme der Verkehrsflughäfen ermitteln.

Den Prognosen liegen heutzutage maßgebliche Annahmen zugrunde. Diese haben auch nach den Ereignissen des 11. September 2001 und den seither eingetretenen Entwicklungen weiterhin Gültigkeit:

1. Wirtschafts- und Beschäftigungs- u. Einkommensentwicklung und -strukturen,
2. Soziodemographische Entwicklung,
3. Aspekte der Europäischen Integration,
4. Luftverkehrsrelevante Preisstrukturen (Kraftstoffpreise, Flughafengebühren und Entgelte, Oligopole aufgrund von Allianzen, Ertragslage der Luftverkehrsgesellschaften, ggf. zusätzliche Belastungen durch Steuern und Abgaben),
5. Hub-/Spoke-Funktionen der Flugplätze,
6. Angebotsspektrum und Kapazitätsprofile der Flugplätze,
7. Hochgeschwindigkeitsverkehrsnetz der Deutschen Bahn (HGV), d. h.:
   - der Ersatz eines Teils des Kurzstrecken-Luftverkehrs durch die Hochgeschwindigkeitsverkehre der Bahn im „Punkt zu Punkt“ – Verkehr (Abwanderungseffekte),
   - der Ersatz von Zubringer-Luftverkehr zu Fernflügen durch die HGV-Verkehre (Verringerung des Umsteigeverkehrs Flugzeug-Flugzeug),
   - der Veränderung der Einzugsbereiche der Flugplätze (Erweiterung der landseitigen Einzugsbereiche),
   - der so genannte Modal-Split (Schiene, Straße) im Zubringerverkehr.
8. Nachtflugbeschränkungen und Nachtflugverbote an Flughäfen.

Die zur Erstellung der Prognosen verwendeten Modelle werden durch empirische Untersuchungen und Datenerhebungen abgesichert. Beispielsweise werden die Quelle-Ziel-Matrizen für die Ist-Situationen weitgehend empirisch ermittelt und werden auf Übereinstimmung mit den beobachteten Verkehrsmengen geprüft. Dies gilt gleichermaßen für die Verkehrsträger Luft, Schiene und Straße. Damit können die Quelle-Ziel-Matrizen, die nach Verkehrsmitteln, Reisezwecken und Hin-/Rückreisen differenziert sind und zahlenmäßig erhebliche Datensätze umfassen, selbst als Grundlage für die Modellbildung verwendet werden. Dazu werden in mehreren Stufen multivariate Zusammenhangsanalysen durchgeführt, mit:

a) den abhängigen Variablen
   (Verkehrsaufkommen je Quelle-Ziel Relation):
   - insgesamt,
   - nach Reisezwecken,
   - nach Personengruppen,
   - nach Verkehrsmitteln.
b) den unabhängige Variablen:
   - sozioökonomische Bestimmungsfaktoren und andere autonome, d. h. nicht durch das Verkehrssystem bestimmte Einflussgrößen je Quell- u./o. Zielregion,
   - Verkehrsangebot der Verkehrszweige je Quelle-Ziel-Relation.

Jeder Quelle-Ziel-Relation werden sozioökonomische Bestimmungsfaktoren der Verkehrsnachfrage und Angebotseigenschaften der Verkehrsträger einschließlich Nutzerkosten zugeordnet. Die Regressionen werden in Stufen und unterschiedlichen Aggregationen durchgeführt, um die Konsistenz der Modellteile zu gewährleisten und das mathematische Gleichungssystem überschaubar zu halten. Dabei werden jeweils die Bereiche Mobilität, Verteilung und Modal-Split getrennt untersucht, zuerst in aggregierter Form (keine Differenzierung nach sozioökonomischen Gruppen), dann in disaggregierter Form. Die erreichte Übereinstimmung zwischen Modell (soll) und Wirklichkeit (ist) wird in den Ergebnissen der Regressionsanalysen deutlich.

Die modellierten Zusammenhänge und Modellrelationen sind teils sachlogischer, teils mathematisch/statistischer Art und lassen sich durch Formelwerke oder Funktionen, basierend auf quantitativen Annahmen, beschreiben. Die Abb. 4.2 zeigt modellhaft die Methodik bei Prognosen zum Passagieraufkommen.

Für Prognosen des Luftfracht- und Luftpostaufkommens werden die wesentlichen Prämissen für das Fracht- und Postaufkommen mit denen zur Prognose des Passagieraufkommens abgestimmt. Dabei entspricht das Verkehrsnachfragemodell Luftfracht in seiner grundsätzlichen Struktur der Methodik, die bei den Passagier-(Fluggast-) Prognosen Anwendung findet.

Wie bei der Prognose des Passagieraufkommens werden die Luftfrachtprognosen auf der Basis von Quelle-Ziel-Matrizen, Versand/Empfang (door to door – Matrix), und nicht auf Basis von Flugplatz-Flugplatz-Transportströmen errechnet, da die Marktpotentiale weitgehend unabhängig von den Flugplätzen entstehen. Analog zur Prognose des

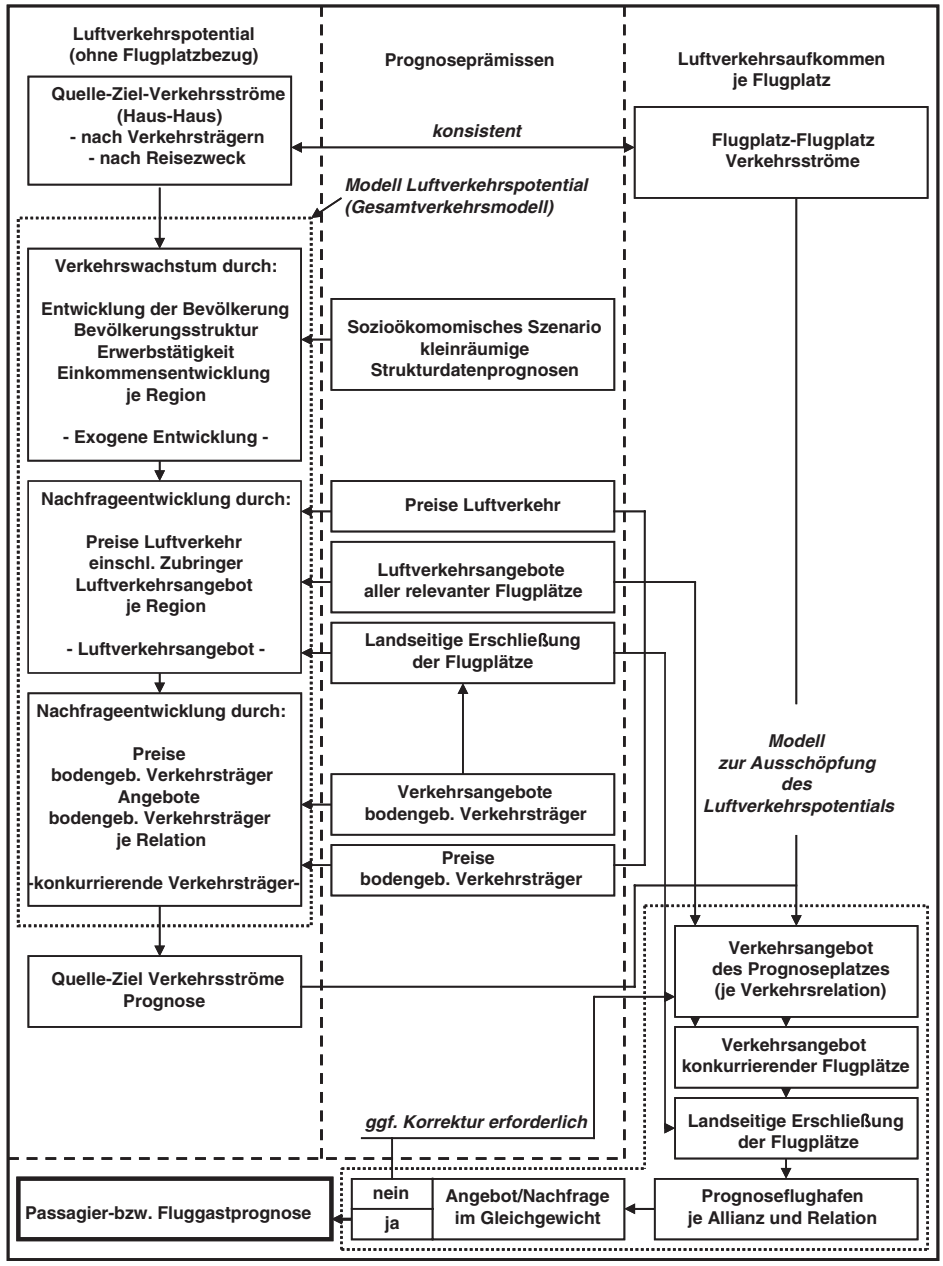


Abb. 4.2 Methodik der Passagier- (Fluggast-) Prognose [154]

Passagieraufkommens werden auch beim Fracht- und Postaufkommen das gesamte Verkehrsaufkommen aller relevanten Flugplätze berücksichtigt, um Verschiebungen zwischen den Einzugsbereichen der Flugplätze bzw. die Verkehrsaufteilung zwischen

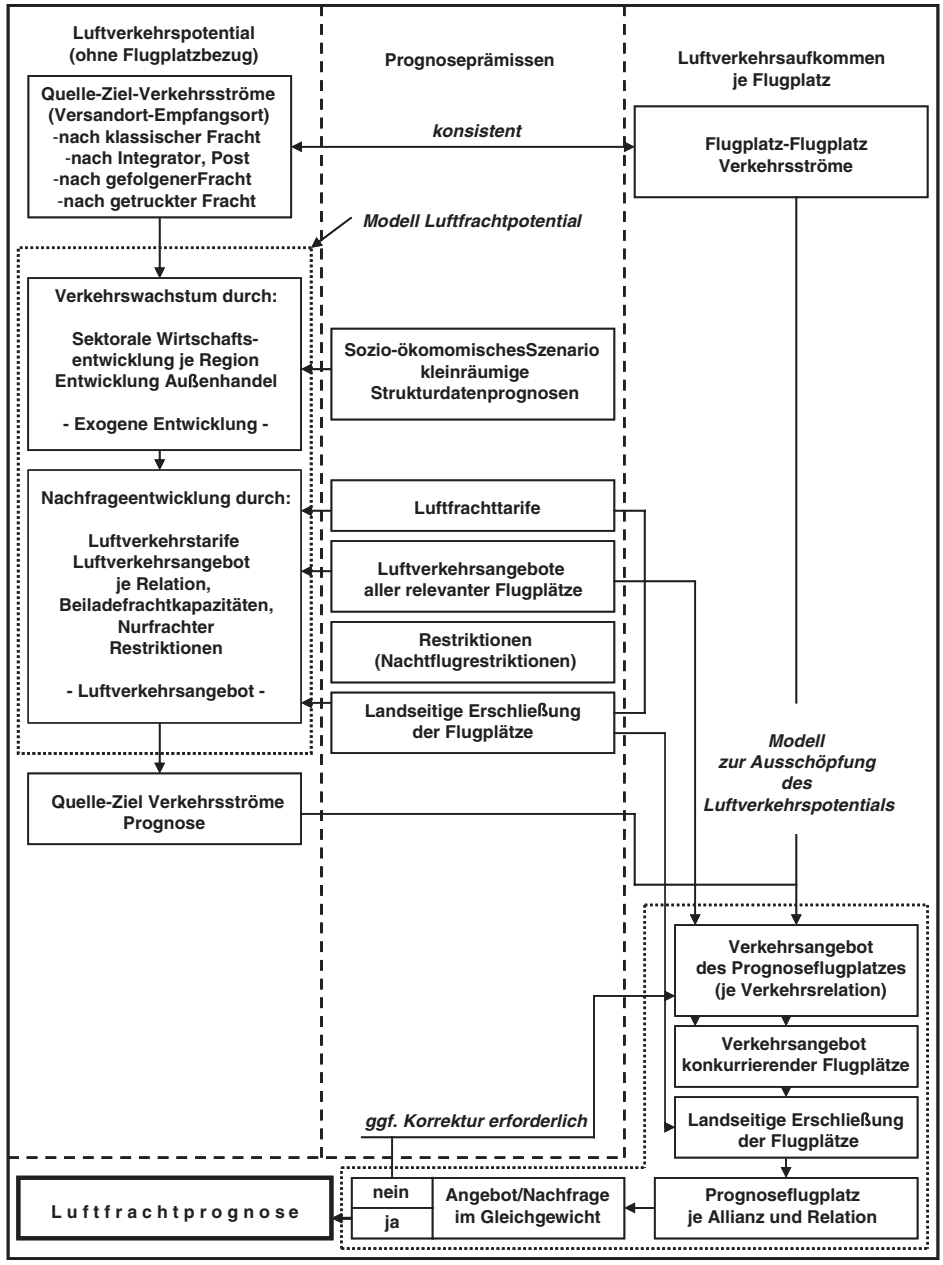


Abb. 4.3 Methodik der Luftfracht-Prognose [154]

den Hubs abbilden zu können (vgl. linke Seite der Abb. 4.3). Dabei ist zu beachten, dass bei der Luftfracht die Konzentration auf die großen Flugplätzen noch viel stärker ausgeprägt ist als beim Passagieraufkommen. Mit dem Verkehrsmodell wird zunächst die

Entwicklung des regionalen Luftfrachtpotentials ohne Flugplatzbezug ermittelt (vgl. linke Seite in Abb. 4.3), um dann in einem zweiten Schritt über die Lage der Flugplätze in Bezug zu den Aufkommensschwerpunkten und den flugplatzspezifischen Angeboten und ggf. den Restriktionen die Erschließung des Potentials durch die einzelnen Flugplätze zu berechnen (vgl. rechte Seite der Abb. 4.3).

Das Ergebnis wird dann zunächst daraufhin überprüft, ob das Angebot (Prognoseflugplan) und die auf die einzelnen Flüge „umgelegte" Nachfrage im Gleichgewicht stehen, bzw. dass Flugzeuggrößen (Kapazitäten) und Auslastungsgrade plausibel sind. Bei Ungleichgewichten wird das Angebot angepasst, d. h. die Anzahl der Verbindungen wird korrigiert und die einzelnen Schritte werden wiederholt. Da die Beifrachtkapazitäten in Passagierflugzeugen durch das für den Passagierverkehr ermittelte Angebot feststehen, werden nur die reinen Fracht- bzw. Postflüge angepasst. Im Gegensatz zum Passagieraufkommen werden bei der Fracht kein Modal-Split, Luftverkehr und bodengebundener Verkehr berücksichtigt, da hier kaum Konkurrenz besteht. Ausnahme ist allerdings der Zubringerverkehr zu großen Flugplätzen, bei dem zwischen Zubringerverkehr mit Flugzeugen einerseits, und dem Luftfracht-Ersatzverkehr auf der Straße und ggf. der Schiene andererseits, unterschieden werden muss. Diese Aufteilung wird in den Prognosen berücksichtigt. Segmentiert werden die Prognosen nach konventioneller Fracht, konventioneller Luftpost und dem überwiegend mit so genannten Integratoren (DHL, UPS, FEDEX etc.) beförderten Kurier-/Express- und Paketverkehr (KEP), ferner nach Beiladefracht (Beförderung in Passagierflugzeugen) und Nurfracht (Beförderung in reinen Frachtflugzeugen bzw. reine Postflüge).

Einige Prognosegrundlagen werden für den Passagier- wie für den Fracht- und Postverkehr gleichermaßen bzw. mit spezifischen Anpassungen verwendet. Dazu gehören:

- das geographisch/räumliche System (Kreisregionen im Inland, Auslandsregionen),
- die sozioökonomischen Strukturdaten für das Datenerfassungsjahr und die Prognosejahre,
- das Netzmodell im Passagierverkehr, zur Abbildung der Beiladefrachtangebote, ergänzt um die Information „Flugzeugmuster" (Kapazität). Das Netzmodell wird durch Frachtflüge ergänzt, die nach dem gleichen Prinzip wie die Passagierflüge behandelt werden,
- das Netzmodell „Straße" zur Abbildung des Vor- und Nachlaufes bzw. des „Trucking".

Die Abb. 4.3 zeigt modellhaft die Methodik bei Prognosen zum Luftfrachtaufkommen.

4.5.2 Passagierluftverkehr

Im Rahmen des Bundesverkehrswegeplans wurde 2003 erstmals eine gesamtdeutsche Luftverkehrsprognose erstellt. Diese Prognose wurde, basierend auf den aktuellen Entwicklungen, überarbeitet und für die einzelnen Flugplätze detailliert ausgeführt. Alle Verkehrsmittel, nicht nur Luftfahrzeuge, wurden bei den Prognosen berücksichtigt. Auf

diese Weise konnten Auswirkungen auf das Luftverkehrsaufkommen ermittelt werden, die sich ergeben:

- aus dem möglichen Ersatz von Kurzstrecken-Flugreisen durch den in zunehmendem Maße ausgebauten Hochgeschwindigkeitsverkehr (HGV) der Deutschen Bahn,
- aus dem möglichen Ersatz von Zubringerflügen durch den Hochgeschwindigkeitsverkehr der Deutschen Bahn, insbesondere bei entsprechender Kooperation mit bodengebundenen Verkehrsträgern (Intermodale Verkehre).

Das prognostizierte Wachstum des Luftverkehrs bis 2025 ist der Abb. 4.4 zu entnehmen.

Die Prognosen je Flugplatz zeigt Abb. 4.5. Dabei sind alle Flugplätze, die 2005 ein Aufkommen von über 1 Mio. Passagieren verzeichneten, berücksichtigt. Auch die übrigen, kleineren Flugplätze mit Fluglinien- und Charterverkehren, sind abgebildet. Diese Prognoseergebnisse sind allerdings unter Berücksichtigung der weiteren Entwicklung der vertretenen Luftverkehrsgesellschaften und der standortspezifischen Faktoren zu interpretieren. Auch treten an einigen Flugplätzen kapazitive Engpässe auf, sodass die entsprechend prognostizierten Zuwächse nicht ohne die erforderlichen Erweiterungs- bzw. Ausbaumaßnahmen zu erreichen sind. Die Preisentwicklung und Standortauswahl im „Low Cost" Reisesegment, realisierte Ausbaumaßnahmen und die weitere Verkehrsanbindung einiger Flugplätze durch bodengebundene Verkehrsträger können Auswirkungen auf die Prognosewerte haben.

Der mit Abstand größte Verkehrsflughafen Frankfurt/M hat das größte absolute Verkehrswachstum aufzuweisen. Das Passagieraufkommen betrug im Jahr 2011 56.3 Mio., was einer Zunahme von 6,8 % gegenüber dem Vorjahr entspricht. Es wird erwartet, dass die neue, zusätzliche Landebahn die bestehenden Nachfrageüberhänge abbaut. Das Wachstum wird hier vor allem getragen durch den vollzogenen Ausbau des Start-/Landebahnsystems und der Erweiterung des Passagierterminal 1. Der bisherige durch begrenzte Kapazitäten gebremste Hub-Verkehr ist nun durch weitere Verbesserungen

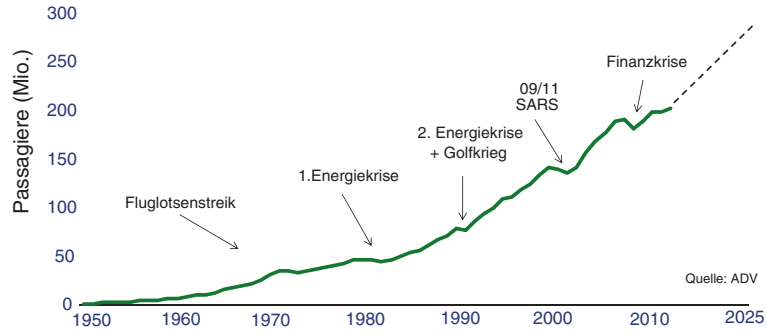


Abb. 4.4 Wachstum des Luftverkehrs bis 2025 [20]

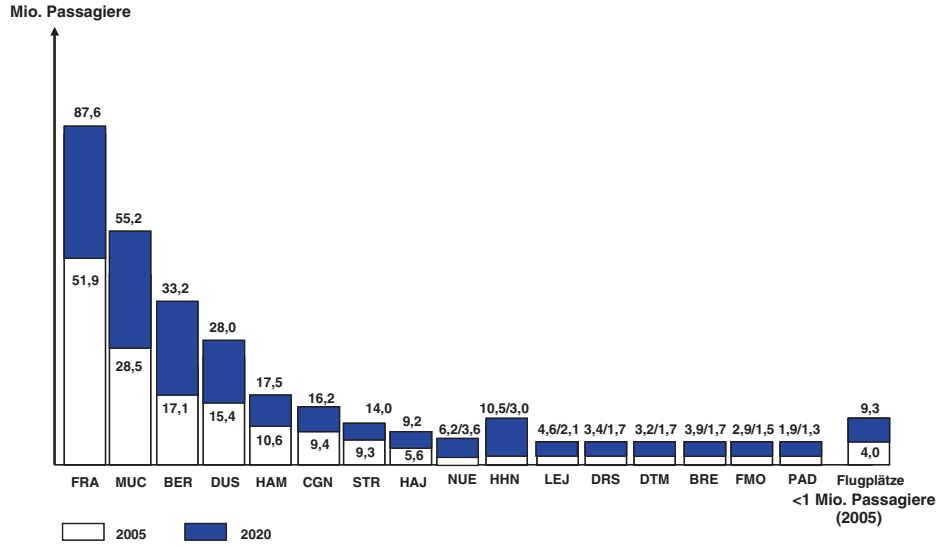


Abb. 4.5 Prognostiziertes Passagieraufkommen deutscher Flugplätze 2005 und 2020 [154]

der landseitigen Erreichbarkeit und aufgrund des Ausbaus des Schienennetzes (innerhalb von 90 Minuten Fahrzeit im Fernverkehr kann der Verkehrsflughafen Frankfurt/M von über 20 Mio. Einwohnern erreicht werden) erweiterbar. Das geplante 3. Passagierterminal erhöht die Abfertigungskapazität nochmals um weitere 25 Mio. Passagiere.

Das prozentuale Wachstum ist mit 6,8 % in Frankfurt/M überdurchschnittlich hoch. Dies gilt auch im Vergleich zum Verkehrsflughafen München, dessen Passagieraufkommen von 2005 mit 28,5 Mio. auf 37,6 Mio. Passagiere in 2011 anstieg. Das Wachstum beträgt gegenüber dem Passagieraufkommen von 2010 8,8 %. Voraussetzung für die weitere Verkehrsentwicklung ist auch hier die Errichtung einer zusätzlichen Start-/Landebahn, um eine engpassfreie Entwicklung zu ermöglichen und die Rolle als Hub-Verkehrsflughafen ausbauen zu können.

Für Berlin Brandenburg (BER) wird ein überdurchschnittliches Passagierwachstum erwartet. In Teilbereichen eignet sich Berlin auch als regionales Drehkreuz Richtung Osteuropa und Nordasien.

Das weitere Wachstum am Flughafen Düsseldorf, 20,3 Mio. Passagiere in 2011 (+7,2 % gegenüber 2010) ist nur möglich, wenn die hier unterstellte technische Kapazität des Zweibahnsystems voll genutzt werden kann. Dann können die bedeutenden und aufgrund des Marktwachstums zunehmenden Nachfrageüberhänge abgebaut werden. In diesem Zusammenhang ist auf die zentrale Lage des Verkehrsflughafens Düsseldorf im größten regionalen Luftverkehrsmarkt in Deutschland und dem drittgrößten in Europa nach London und Paris, dem Rhein-Ruhr-Raum, hinzuweisen. Zu seiner Erschließung trägt auch die neben Frankfurt/M beste Einbindung des Verkehrsflughafens Düsseldorf in das Netz der bodengebundenen Verkehrsträger bei. Aufgrund seiner Lage wird

Düsseldorf auch bei einer zulässigen Nutzung der technischen Kapazität des Start-/Landebahnsystems mittelfristig nicht engpassfrei operieren können.

Am Flughafen Hamburg war 2011 ein Wachstum von 4,8 % auf 13.5 Mio. Passagiere zu verzeichnen, was mit dem vorhandenen Start-/Lande-bahnsystem zu bewältigen war. Die Prognosen sind konsistent zu den Eigenprognosen des Verkehrsflughafens, die von ca. 15 Mio. Passagieren in 2020 ausgehen. Auch für Hamburg kann die Bedienung durch einzelne direkte Interkontinentalflüge zu attraktiven Destinationen erwartet werden.

Das Wachstum am Verkehrsflughafen Köln/Bonn war in 2011 mit –2,1 % leicht negativ. Es wurden 9,6 Mio. Passagiere abgefertigt. Hier sind unter anderem jedoch die Wechselwirkungen mit dem Verkehrsflughafen Düsseldorf zu beachten, für den aus heutiger Sicht positive Bedingungen (zulässige Nutzung der technischen Kapazität) unterstellt werden.

Für den Verkehrsflughafen Stuttgart wurde in 2011 ein Wachstum von 4,1 % (gegenüber 2010) verzeichnet. Insgesamt wurden 9,5 Mio. Passagiere abgefertigt. Eine restriktionsfreie Entwicklung könnte aufgrund des großen Marktes im Neckarraum und angrenzender Gebiete sowie durch einen künftigen Fernbahnanschluss mit deutlich verbesserter landseitiger Erreichbarkeit zu weiterem Wachstum führen.

Hannover konnte in 2011 5,3 Mio. Passagiere verzeichnen. Das entspricht einem Wachstum von 5,8 % gegenüber 2010. Es wird sich zeigen, wie der Ausbau des Flugplatzes Kassel-Calden zu einem vollwertigen Regionalflughafen das Aufkommen am Verkehrsflughafen Hannover beeinflusst.

Der Verkehrsflughafen Nürnberg verzeichnete 2011 einen Passagierrückgang um −2,3 % gegenüber 2010 auf 3,9 Mio. Passagiere. Bedingt durch eine große Luftverkehrsgesellschaft hatte Nürnberg in der Vergangenheit neben dem Originärmarkt ein relativ großes Umsteigeaufkommen.

Der Verkehrsflughafen Frankfurt-Hahn stellt einen Sonderfall da, da es sich hier um einen peripheren Flughafenstandort handelt, der überwiegend auf die Marktsegmente Fracht und Low-Cost-Verkehre abzielt. In 2011 brach der Passagiermarkt um −18,2 % auf 2,8 Mio. Passagiere ein. Die Zusage der dort operierenden, am Markt sehr erfolgreichen Low Cost Luftverkehrsgesellschaft, einen Teil ihrer Flotte in Hahn fest zu stationieren ist als relativ zu sehen und abhängig von der jeweiligen Geschäftspolitik. In Verbindung mit den niedrigen Flugpreisen und der Expansion der Flugangebote wird hier trotz der niedrigen Marktpotentiale im unmittelbaren Einzugsgebiet des Flughafens ein erhebliches Aufkommen erzielt. Im zunehmenden Maße spielen dabei auch Umsteigeverkehre eine Rolle, z. B. im Flugverkehr zwischen Skandinavien und dem Mittelmeerraum, obwohl dieses durch die Luftverkehrsgesellschaft derzeit nicht direkt durch Serviceleistungen unterstützt wird, wie dies bei den Netzgesellschaften der Fall ist. Niedrige Flugpreise und ein dichtes Flugangebot machen es aber für Individualreisende attraktiv, sich selbst Umsteigeverbindungen zu suchen.

Auch der Verkehrsflughafen Leipzig-Halle hatte in 2011 einen leichten Rückgang des Passagieraufkommens um −0,7 % (Passagiere) gegenüber 2010 zu verzeichnen. Das Frachtaufkommen stieg dagegen um 16,5 % auf 743.983 Tonnen gegenüber 2010 an.

Dies ist maßgeblich auf den Flugbetrieb der DHL zurückzuführen. Dabei ist auch die gute Erreichbarkeit des Verkehrsflughafens im Schienen- und Straßennetz sowie die Infrastruktur (Parallelbahnsystem, 24 Stunden Betrieb) von Bedeutung.

Am benachbarten Verkehrsflughafen Dresden war 2011 ein Wachstum von 5,5 % auf 1,9 Mio. Passagiere gegenüber 2010 festzustellen. Der regionale Markt im Raum Dresden/Ostsachsen steht hier im Vordergrund, der auch für Touristikverkehre attraktiv ist.

Der Flughafen Dortmund verzeichnete in 2011 ein Wachstum von 4,2 % auf 1,8 Mio. Passagiere gegenüber 2010. Dortmund baut seine Position im östlichen Ruhrgebiet aus und gewinnt in allen drei Marktsegmenten, im Fluglinienverkehr, im Touristikverkehr und im Low-Cost-Segment an Bedeutung.

Für den Verkehrsflughafen Bremen ist in 2011 ein Passagierrückgang von −4,2 % auf 2,6 Mio. Passagiere gegenüber 2010 zu verzeichnen.

Der Verkehrsflughafen Münster-Osnabrück, dessen Start-/Landebahn verlängert wurde, hatte 2011 ein nahezu konstantes Passagieraufkommen von 1,3 Mio. Passagieren (−0,1 % gegenüber 2010). Dieser Verkehrsflughafen ist bedeutend für das unmittelbare Einzugsgebiet Münsterland und den Raum Osnabrück, aber auch für das nördliche Ruhrgebiet sowie verstärkt für den Raum Enschede-Hengelo, der über keinen Verkehrsflughafen verfügt und vom niederländischen Verkehrsflughafen Amsterdam relativ weit entfernt liegt.

Für den Flughafen Paderborn-Lippstadt lag das Passagieraufkommen in 2011 bei 0,96 Mio. Passagieren (−4,4 % gegenüber 2010). Das Einzugsgebiet von Paderborn überlappt sich zum Teil mit denen anderer Flughäfen (Dortmund, Hannover) und künftig auch Kassel-Calden.

Insgesamt wird weiterhin von einer Dezentralisierung des Luftverkehrs ausgegangen, auch wenn die Wirtschaftlichkeit nicht aller betrachteten Standorte gegeben ist.

Trotz der Ausbaumaßnahmen der Hub-Verkehrsflughäfen Frankfurt/M und München wird nicht erwartet, dass es zu einer verstärkten generellen Zentralisierung des Luftverkehrs in Deutschland kommt. Der Anteil dieser beiden Verkehrsflughäfen am Passagieraufkommen aller Flughäfen beträgt 2011 46,9 % (Abb. 4.5), an den gesamten Flugbewegungen beträgt der Anteil rund 41 % [20].

Die Analyse des Bestandes und der Prognoseergebnisse zeigt, dass, bezogen auf die Entfernung zum nächsten Flugplatz, die Bundesrepublik Deutschland im Fluglinienverkehr bereits heute gut erschlossen ist. Die Entfernung zum nächsten Flugplatz sagt jedoch wenig über die Attraktivität des Angebots der Region im Luftverkehr aus. Denn diese bestimmt sich durch die am Verkehrsaufkommen gewichtete mittlere Reisezeit zu den jeweiligen Zielen der Reisenden. Kleine Flugplätze mit nur wenigen Verbindungen spielen damit eine untergeordnete Rolle, weil sie nur einen kleinen Teil der Luftverkehrsnachfrage der Regionen bedienen können. Am höchsten ist die Nachfrage im Einzugsbereich der Interkontinentalflughäfen sowie in den Regionen mit Verkehrsflughäfen, die ein differenziertes Luftverkehrsangebot aufweisen.

Die Entwicklung des weltweiten Fluglinienluftverkehrs der ICAO Mitgliedsstaaten ist der Tab. 4.1 zu entnehmen.

Tab. 4.1 Entwicklung des Weltluftverkehrs der ICAO-Mitgliedsstaaten [2, 5]

Parameter	Jahr	Fluglinienverkehr (in Mio. weltweit)	Veränderung (in %)
Angebotene Sitzkilometer	2001	4,61	
	2002	4,38	−4,99
	2003	4,42	+0,91
	2004	4,91	+11,09
	2005	5,21	+6,12
	2006	5,50	+5,57
	2007	5,83	+6,00
	2008	6,03	+3,43
	2009	5,92	−1,82
	2010	6,30	+6,42
Bezahlte Passagierkilometer	2001	3,21	
	2002	3,20	−0,31
	2003	3,24	+1,25
	2004	3,69	+13,89
	2005	4,00	+8,4
	2006	4,24	+6,00
	2007	4,49	+5,90
	2008	4,58	+2,00
	2009	4,49	−1,97
	2010	4,80	+6,90

Abbildung 4.6 zeigt die Prognose der Verkehrsentwicklung der Fa. Airbus Industries (AI) bis 2030 mit der entsprechend erwarteten Anzahl benötigter Flugzeuge.

Die Entwicklung der Verkehrsleistungen (Flugbewegungen und Passagieraufkommen) der maßgeblichen deutschen Verkehrsflughäfen zeigt (Tab. 4.2 und 4.3).

4.5.3 Luftfrachtverkehr und Luftpost

Gegenwärtig erfolgen ca. 2–3 % der weltweiten Warenbewegungen per Luftfracht. Nach Schätzungen der OECD machen diese jedoch über ein Drittel des Warenwertes des Welthandels aus. Der Luftfrachttransport spielt innerhalb der Transportketten des globalen Warenaustausches von Industrie und Handel eine immer größere Rolle. Im interkontinentalen Verkehr sind das Flugzeug oder das Seeschiff die adäquaten Transportmittel.

Bei kontinentalen Verkehren, beispielsweise innerhalb den USA oder Europas, konkurriert das Flugzeug mit dem Lastkraftwagen und der Bahn. Während der Luftverkehr früher nur für die Beförderung von besonders hochwertiger Fracht

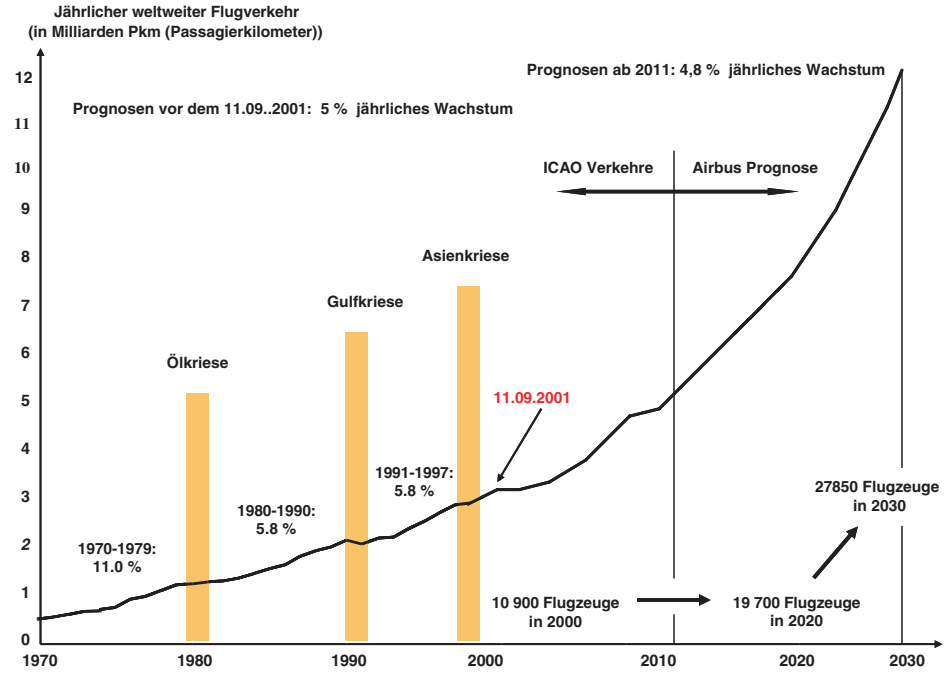


Abb. 4.6 Prognose der Verkehrsentwicklung lt. Airbus [5]

Tab. 4.2 Entwicklung der Verkehrsleistungen (Flugbewegungen und Passagieraufkommen) der deutschen Verkehrsflughäfen [20]

Verkehrsflughafen	Jahr	Flugbewegungen[a]	Passagiere[b]
Berlin (TXL)	2001	125.484	9.909.453
	2002	121.370	9.879.888
	2003	134.395	11.104.106
	2004	131.875	11.047.954
	2005	137.288	11.532.302
	2006	134.322	11.812.625
	2007	145.423	13.357.741
	2008	154.896	14.486.610
	2009	150.190	14.180.237
	2010	152.948	15.025.600
	2011	162.444	16.896.583

Tab. 4.2 (Fortsetzung)

Verkehrsflughafen	Jahr	Flugbewegungen[a]	Passagiere[b]
Berlin (SXF)	2001	27.635	1.915.110
	2002	25.010	1.579.935
	2003	25.549	1.750.921
	2004	39.420	3.382.106
	2005	52.852	5.075.172
	2006	58.647	6.059.343
	2007	58.198	6.331.191
	2008	60.185	6.638.162
	2009	65.303	6.797.158
	2010	67.801	7.297.911
	2011	62.772	7.099.648
Bremen	2001	36.605	1.819.831
	2002	34.151	1.683.996
	2003	33.174	1.639.834
	2004	34.149	1.674.987
	2005	34.022	1.739.797
	2006	31.837	1.697.883
	2007	36.336	2.232.018
	2008	38.154	2.486.337
	2009	35.901	2.448.851
	2010	38.893	2.676.297
	2011	38.598	2.552.157
Dortmund	2001	37.393	1.064.149
	2002	33.753	977.146
	2003	29.788	1.023.329
	2004	25.743	1.179.028
	2005	30.672	1.742.911
	2006	32.785	2.019.651
	2007	32.223	2.155.057
	2008	29.555	2.329.440
	2009	24.043	1.716.516
	2010	24.232	1.747.731
	2011	26.391	1.814.246

(Fortsetzung)

Tab. 4.2 (Fortsetzung)

Verkehrsflughafen	Jahr	Flugbewegungen[a]	Passagiere[b]
Dresden	2001	32.753	1.642.736
	2002	26.787	1.499.946
	2003	25.134	1.553.774
	2004	28.080	1.620.781
	2005	29.186	1.782.901
	2006	29.394	1.836.068
	2007	28.789	1.849.836
	2008	29.310	1.856.390
	2009	27.225	1.718.923
	2010	27.966	1.843.113
	2011	27.110	1.903.323
Düsseldorf	2001	180.438	15.392.970
	2002	176.839	14.702.231
	2003	174.113	14.273.082
	2004	189.005	15.256.506
	2005	189.508	15.510.990
	2006	206.893	16.590.055
	2007	220.162	17.831.248
	2008	222.740	18.151.252
	2009	209.205	17.793.493
	2010	209.736	18.988.149
	2011	214.266	20.314.738
Erfurt	2001	10.936	471.624
	2002	12.353	405.697
	2003	12.965	464.681
	2004	11.008	526.241
	2005	9.732	438.912
	2006	8.268	356.378
	2007	8.308	315.769
	2008	8.711	308.228
	2009	7.403	270.267
	2010	6.431	322.073
	2011	7.104	270.464

(Fortsetzung)

Tab. 4.2 (Fortsetzung)

Verkehrsflughafen	Jahr	Flugbewegungen[a]	Passagiere[b]
Frankfurt/Main	2001	448.499	48.559.980
	2002	448.560	48.371.864
	2003	450.797	48.351.664
	2004	469.187	51.098.271
	2005	482.125	52.219.412
	2006	482.399	52.810.683
	2007	485.915	54.161.856
	2008	479.623	53.467.450
	2009	457.868	50.932.840
	2010	458.279	53.009.221
	2011	481.065	56.293.108
Frankfurt/Hahn	2004	24.586	2.751.585
	2005	33.377	3.073.823
	2006	37.006	3.704.633
	2007	38.902	4.014.898
	2008	38.309	3.940.159
	2009	36.937	3.793.710
	2010	35.243	3.493.451
	2011	31.071	2.833.632
Hamburg	2001	132.942	9.490.432
	2002	125.810	8.908.201
	2003	126.878	9.529.924
	2004	129.779	9.893.700
	2005	133.989	10.676.016
	2006	145.572	11.954.117
	2007	151.377	12.780.631
	2008	150.264	12.838.350
	2009	137.449	12.229.319
	2010	137.979	12.962.429
	2011	141.326	13.535.037

(Fortsetzung)

Tab. 4.2 (Fortsetzung)

Verkehrsflughafen	Jahr	Flugbewegungen[a]	Passagiere[b]
Hannover	2001	75.368	5.157.558
	2002	75.886	4.693.766
	2003	74.960	5.044.870
	2004	74.251	5.249.169
	2005	76.585	5.637.385
	2006	76.255	5.699.299
	2007	76.236	5.644.582
	2008	75.256	5.637.517
	2009	66.671	4.969.799
	2010	62.562	5.058.800
	2011	66.263	5.305.435
Köln/Bonn	2001	134.950	5.705.819
	2002	121.230	5.351.817
	2003	139.872	7.758.655
	2004	136.927	8.332.961
	2005	140.775	9.452.185
	2006	139.096	9.904.236
	2007	138.837	10.471.657
	2008	128.713	10.342.931
	2009	120.675	9.739.581
	2010	121.011	9.849.779
	2011	117.715	9.601.946
Leipzig	2001	32.185	2.174.031
	2002	30.345	1.932.270
	2003	31.833	1.951.121
	2004	31.207	2.026.550
	2005	30.287	2.122.233
	2006	33.610	2.339.989
	2007	41.648	2.719.256
	2008	54.934	2.457.077
	2009	55.762	2.410.812
	2010	57.727	2.348.597
	2011	58.982	1.834.904

(Fortsetzung)

Tab. 4.2 (Fortsetzung)

Verkehrsflughafen	Jahr	Flugbewegungen[a]	Passagiere[b]
München	2001	321.756	23.646.900
	2002	329.112	23.094.100
	2003	343.027	24.193.304
	2004	370.534	26.814.505
	2005	386.841	28.619.427
	2006	399.460	30.757.978
	2007	419.977	33.959.422
	2008	420.866	34.530.539
	2009	386.558	32.681.067
	2010	378.919	34.721.605
	2011	399.581	37.634.214
Münster/ Osnabrück	2001	35.386	1.607.437
	2002	32.823	1.451.612
	2003	34.168	1.512.786
	2004	28.489	1.488.861
	2005	30.901	1.540.656
	2006	31.745	1.551.173
	2007	30.072	1.606.425
	2008	30.179	1.570.506
	2009	28.873	1.382.069
	2010	30.301	1.332.456
	2011	31.423	1.311.617
Nürnberg	2001	64.679	3.195.818
	2002	59.653	3.181.163
	2003	56.423	3.290.299
	2004	56.886	3.648.580
	2005	59.325	3.843.710
	2006	61.972	3.961.458
	2007	63.554	4.238.275
	2008	59.544	4.269.606
	2009	55.825	3.965.743
	2010	55980	4.088.799
	2011	53.772	3.939.839

(Fortsetzung)

Tab. 4.2 (Fortsetzung)

Verkehrsflughafen	Jahr	Flugbewegungen[a]	Passagiere[b]
Saarbrücken	2001	11.364	480.030
	2002	11.526	449.786
	2003	11.633	458.183
	2004	10.563	459.853
	2005	10.744	486.230
	2006	10.980	420.221
	2007	11.051	349.953
	2008	14.649	518.283
	2009	12.597	469.933
	2010	13.759	491.299
	2011	11.848	412.613
Stuttgart	2001	124.996	7.632.286
	2002	121.355	7.236.810
	2003	123.056	7.584.502
	2004	136.927	8.821.533
	2005	140.353	9.405.887
	2006	144.759	10.104.958
	2007	146.022	10.321.438
	2008	142.058	9.924.697
	2009	125.486	8.934.493
	2010	119.752	9.218.096
	2011	121.401	9.541.935
Gesamte Verkehrsleistungen	2001	1.868.337	140.640.493
	2002	1.823.544	136.058.377
	2003	1.879.547	144.360.694
	2004	1.954.934	155.714.551
	2005	2.034.222	165.448.549
	2006	2.096.070	174.215.286
	2007	2.157.022	184.691.434
	2008	2.248.166	191.018.401
	2009	2.099.520	182.175.295
	2010	2.103.289	190.687.112
	2011	2.148.420	198.155.411

mit:
[a]Starts und Landungen (gewerblicher Verkehr)
[b]Zusteiger, Aussteiger, Transit

und den schnellen Transport in Ausnahmefällen genutzt wurde, deckt sein Einsatz heute das regelmäßige Aufkommen eines breiten Spektrums von Gütern und Transportaufgaben ab. In der dezentralen Produktion und der Verteilung zwischen den Produktionsstätten vieler Unternehmen über die ganze Welt hat die Luftfracht einen festen Platz eingenommen. Konjunkturschwankungen in den verschiedenen Industrieregionen der Welt spiegeln sich entsprechend ausgeprägt in der Nachfrage nach Luftfrachtbeförderung wieder.

Ein immer wieder hervorgehobenes Segment der Luftfracht ist die Expressfracht. Entsprechende Prognosen errechnen hier ein rund dreifach höheres Wachstum als für die übrige Luftfracht. Das bedeutet, dass neben der Mengenentwicklung auch die zeitlichen Anforderungen an die Luftfracht gestiegen sind. Für Luftfrachtstatistiken sind folgende Zählweisen zu unterscheiden:

- Tonnenkilometer (TKO) pro Jahr als die Transportleistung, die von den Luftverkehrsgesellschaften erbracht wird. Diese Zählweise ist auf die Nutzung der Transportkapazität der Luftfahrzeuge ausgerichtet;
- Tonnen pro Jahr, bezogen auf die Sendung. Hier wird die Frachtmenge auf dem Weg vom Sender zum Empfänger nur einmal gezählt;
- Tonnen pro Jahr, bezogen auf Ankunft und Abflug auf den Flugplätzen. Hier wird die Frachtmenge pro Transportabschnitt zweimal gezählt, ein mehrstufiger Lufttransport, also entsprechend häufiger, d. h. der Transfer bzw. Transit wird doppelt gezählt.

Zu beachten ist jeweils, ob sich die Statistiken nur auf IATA-Fracht beziehen oder auch die anderen Frachtsegmente berücksichtigen. Flugplatzbezogene Statistiken fassen häufig alle Segmente wie Fracht, Express und Post als Ladungsmenge pro Flugbewegung zusammen.

Für die Logistik am Boden sind die flugplatzbezogenen, oder auch die terminalbezogenen Zählweisen relevant, da aus diesen das Umschlag bzw. Abfertigungsaufkommen am Boden ableitbar ist. Flugplätze sind die wichtigsten luftfrachtspezifischen Logistikstandorte.

Abbildung 4.7 zeigt die Entwicklung des Luftfrachtaufkommens aller deutschen Verkehrsflughäfen. Gegenüber dem Jahr 2011 mit 4,4 Mio. Tonnen wird im Jahr 2020 mit einem Aufkommen von ca. 7 Mio. Tonnen bzw. mit einem Zuwachs von ca. 63 % gerechnet.

Verkehrsträgerspezifisch konzentriert sich das weltweite Luftfrachtaufkommen auf eine begrenzte Anzahl von Standorten. Die 25 größten Verkehrsflughäfen leisten bereits 50 % des weltweiten Luftfrachtumschlags und die 80 größten Verkehrsflughäfen 80 %, bezogen auf die 635, durch das Airports Council International (ACI) veröffentlichten Flugplätze. Abbildung 4.8 zeigt die Entwicklung des Weltfrachtluftverkehrs bis 2030 [5].

Tabelle 4.3 zeigt die Entwicklung der Verkehrsleistungen (Fracht- und Postaufkommen) der deutschen Verkehrsflughäfen.

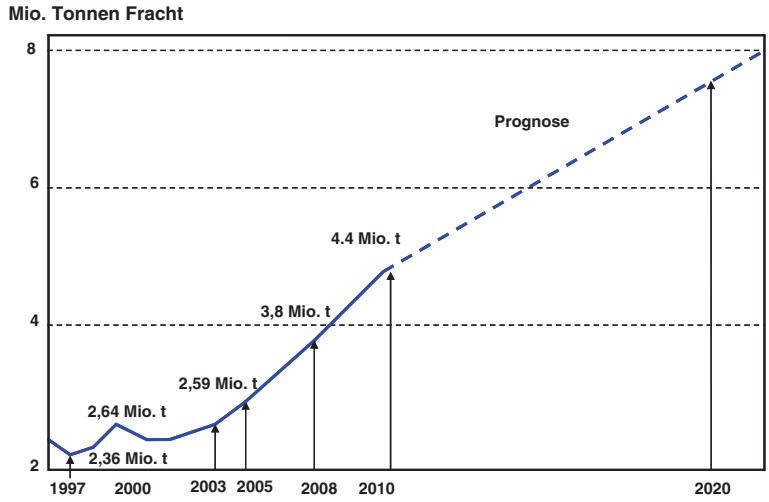


Abb. 4.7 Luftfrachtaufkommen und Luftpost an deutschen Verkehrsflughäfen [20]

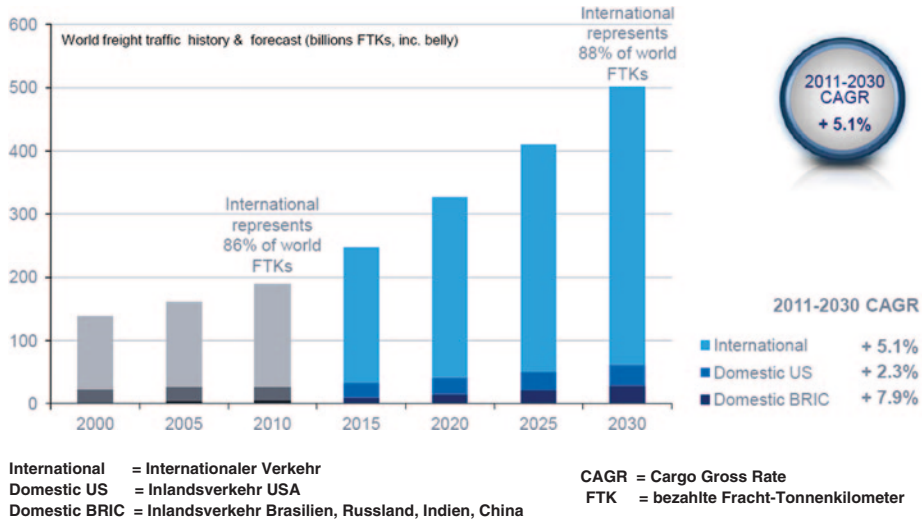


Abb. 4.8 Entwicklung des Weltfrachtluftverkehrs bis 2030 [5]

Tab. 4.3 Entwicklung der Verkehrsleistungen (Fracht- und Postaufkommen) der deutschen Verkehrsflughäfen [20]

Flughafen	Jahr	Fracht (in t)[a]	Post (in t)[a]
Berlin (TXL)	2001	18.034	15.981
	2002	15.664	15.584
	2003	13.884	4.685
	2004	13.308	8.060
	2005	12.288	3.126
	2006	14.861	5.523
	2007	16.050	4.829
	2008	22.109	
	2009	18.842	
	2010	22.117	
	2011	27.247	
Berlin (SXF)	2001	12.562	196
	2002	11.019	200
	2003	15.053	301
	2004	15.042	3.232
	2005	10.295	4.331
	2006	4.021	4.373
	2007	4.008	4.386
	2008	8.699	
	2009	7.143	
	2010	4.706	
	2011	8.730	
Bremen	2001	1.759	5.055
	2002	1.376	4.889
	2003	1.164	1.075
	2004	891	14
	2005	776	13
	2006	1.012	14
	2007	893	13
	2008	723	
	2009	731	
	2010	539	
	2011	612	

(Fortsetzung)

Tab. 4.3 (Fortsetzung)

Flughafen	Jahr	Fracht (in t)[a]	Post (in t)[a]
Dortmund	2001	257	–
	2002	289	–
	2003	96	–
	2004	75	–
	2005	58	–
	2006	37	–
	2007	40	–
	2008	35	
	2009	21	
	2010	33	
	2011	26	
Dresden	2001	877	4.301
	2002	747	47
	2003	649	–
	2004	425	–
	2005	441	–
	2006	579	–
	2007	430	5
	2008	344	
	2009	508	
	2010	379	
	2011	333	
Düsseldorf	2001	52.426	171
	2002	45.999	146
	2003	48.400	123
	2004	56.732	106
	2005	57.456	136
	2006	60.162	107
	2007	58.336	33
	2008	70.467	
	2009	65.594	
	2010	88.164	
	2011	81.794	

(Fortsetzung)

Tab. 4.3 (Fortsetzung)

Flughafen	Jahr	Fracht (in t)[a]	Post (in t)[a]
Erfurt	2001	1.593	–
	2002	3.089	–
	2003	3.934	–
	2004	4.039	–
	2005	4.855	–
	2006	4.817	–
	2007	4.438	–
	2008	3.468	
	2009	2.794	
	2010	2.828	
	2011	2.543	
Frankfurt/M	2001	1.494.125	141.423
	2002	1.510.879	141.111
	2003	1.548.014	141.373
	2004	1.750.995	126.724
	2005	1.892.098	117.824
	2006	2.075.174	96.889
	2007	2.095.292	95.170
	2008	2.111.116	
	2009	1.917.227	
	2010	2.307.792	
	2011	2.251.616	
Frankfurt/Hahn	2003	36.700	489
	2004	66.121	–
	2005	107.302	–
	2006	123.164	–
	2007	125.049	–
	2008	179.375	
	2009	174.665	
	2010	228.547	
	2011	286.415	

(Fortsetzung)

Tab. 4.3 (Fortsetzung)

Flughafen	Jahr	Fracht (in t)[a]	Post (in t)[a]
Hamburg	2001	26.706	16.370
	2002	25.664	15.540
	2003	23.245	12.773
	2004	24.432	12.654
	2005	24.990	7.688
	2006	32.163	6.049
	2007	37.449	6.876
	2008	37.266	
	2009	31.595	
	2010	27.330	
	2011	27.588	
Hannover	2001	6.712	8.600
	2002	6.247	8.174
	2003	6.338	9.878
	2004	6.091	10.432
	2005	6.551	10.323
	2006	5.954	10.603
	2007	6.912	10.662
	2008	18.601	
	2009	11.492	
	2010	16.240	
	2011	17.121	
Köln/Bonn	2001	448.426	15.292
	2002	501.236	14.202
	2003	527.365	12.632
	2004	613.299	10.396
	2005	650.949	6.723
	2006	698.273	5.568
	2007	719.076	5.602
	2008	591.983	
	2009	562.036	
	2010	656.120	
	2011	742.372	

(Fortsetzung)

Tab. 4.3 (Fortsetzung)

Flughafen	Jahr	Fracht (in t)[a]	Post (in t)[a]
Leipzig	2001	7.845	6.547
	2002	7.808	7.153
	2003	9.340	6.499
	2004	5.699	4.597
	2005	12.052	838
	2006	29.329	–
	2007	101.323	81
	2008	442.451	
	2009	524.084	
	2010	663.060	
	2011	760.355	
München	2001	135.000	22.668
	2002	166.558	21.963
	2003	156.132	22.000
	2004	177.005	21.368
	2005	208.662	15.215
	2006	231.736	13.673
	2007	277.873	14.536
	2008	274.464	
	2009	242.149	
	2010	301.647	
	2011	320.430	
Münster/ Osnabrück	2001	449	2.930
	2002	278	2.784
	2003	91	667
	2004	549	–
	2005	64	2
	2006	141	–
	2007	123	–
	2008	200	
	2009	269	
	2010	131	
	2011	155	

(Fortsetzung)

Tab. 4.3 (Fortsetzung)

Flughafen	Jahr	Fracht (in t)[a]	Post (in t)[a]
Nürnberg	2001	18.227	4.441
	2002	19.089	4.774
	2003	12.996	4.602
	2004	13.342	693
	2005	12.034	3
	2006	14.359	–
	2007	15.084	6
	2008	12.992	
	2009	10.611	
	2010	9.683	
	2011	10.445	
Saarbrücken	2001	148	–
	2002	152	–
	2003	373	–
	2004	43	–
	2005	54	–
	2006	7	–
	2007	16	–
	2008	97	
	2009	83	
	2010	143	
	2011	372	
Stuttgart	2001	16.716	16.324
	2002	16.860	17.047
	2003	18.012	10.580
	2004	18.227	8.661
	2005	17.305	9.352
	2006	20.290	9.786
	2007	20.101	9.981
	2008	31.948	
	2009	25.011	
	2010	31.105	
	2011	31.063	

(Fortsetzung)

Tab. 4.3 (Fortsetzung)

Flughafen	Jahr	Fracht (in t)[a]	Post (in t)[a]
Gesamte Verkehrsleistungen	2001[b]	2.242.437	259.987
	2002	2.333.437	253.881
	2003[c]	2.422.182	220.282
	2004	2.766.900	198.037
	2005	3.018.806	157.187
	2006	3.298.660	152.585
	2007	3.463.031	152.180
	2008	3.832.679	
	2009	3.595.723	
	2010	4.366.178	
	2011	4.570.117	

mit:
[a]Einladung, Ausladung, Transit (ohne Truck)
[b]ab 2001 einschließlich Dortmund
[c]ab 2003 einschließlich Frankfurt/Hahn

4.5.4 Landseitiges Verkehrsaufkommen an Flugplätzen

Durch die Luftverkehrsnachfrage werden nicht nur Anforderungen an die luftseitige Infrastruktur der Flugplätze gestellt, sondern auch an die Infrastruktur der Landseite der Flugplätze. Die Anforderungen entstehen unmittelbar durch die An- und Abreise der Passagiere bzw. den An- und Abtransport der Luftfracht und Luftpost, sowie mittelbar durch die mit den Umschlagfunktionen der Flugplätze verbundenen Dienstleistungen, wodurch wiederum Berufs- und Wirtschaftsverkehr entsteht. Auch Besucher und Begleiter von Passagieren erzeugen Verkehre, wie auch der nicht flughafenbezogene Personenverkehr zum Flugplatz-Fernbahnhof, der U- oder S-Bahn, falls vorhanden, zu berücksichtigen ist.

Das landseitige Verkehrsaufkommen wird aufbauend auf der Luftverkehrs- und Beschäftigungsprognose, für einen Flugplatz ermittelt. Kenntnisse über das Verkehrsaufkommen auf der Landseite eines Flugplatzes sind für die Dimensionierung der Landseite eines Flugplatzes (Vorfahrt- Halte-, und Parkflächen) unerlässlich.

Dazu werden die landseitigen Verkehre differenziert nach Nutzergruppen (Passagiere, Beschäftigte, Besucher, Begleiter etc.), Herkunfts-Ziel-Beziehungen, Verkehrsmitteln und Fahrzeugarten ermittelt und aufbereitet. Bei den Luftverkehrsprognosen werden, wie geschildert, die Luftverkehrsnachfrage im Passagier- und Luftfrachtverkehr, in einem integrierten Ansatz räumlich nach Kreisregionen differenziert ermittelt, und gleichzeitig die Verkehrsmittelwahl im landseitigen- Zu- und Abgang berechnet. Dabei werden die Verknüpfungen zwischen den Verkehrsträgern Schiene und Luft einschließlich der Integration von Serviceleistungen betrachtet. Der räumliche Detaillierungsgrad dieser

Berechnungen reicht für die Zwecke des Personenfernverkehrs und Güterfernverkehrs aus. Eine Bewertung der Auswirkungen des flugplatzinduzierten Verkehrs erfordert jedoch:

- eine räumlich differenziertere Betrachtung im Umfeld des Flugplatzes, sodass die auf Kreisregionen vorliegenden, luftverkehrsbezogenen Verkehrsströme,
- eine Ergänzung um die übrigen flugplatzbezogenen Verkehrsströme.

Es ist eine räumliche Disaggregierung der luftverkehrsbezogenen Verkehrsströme (Passagiere, Fracht und Post) und eine Ergänzung um die übrigen standortbezogenen Verkehrssegmente erforderlich. Die Berechnungen zur Verkehrsmittelwahl erfolgten im Einzelnen unter Berücksichtigung des Verkehrsangebotes im öffentlichen Personen-Nahverkehr (ÖPNV) und der Qualität im Straßenverkehr. Hierbei werden Planungen bei den übergeordneten Verkehrsnetzen ebenso berücksichtigt wie auch die Planungen des Straßen- und ÖPNV-Netzes im lokalen Untersuchungsgebiet. Die entsprechenden Annahmen sind aufzuführen und auf Plausibilität zu prüfen.

Die Berechnungen berücksichtigen den gesamten flugplatzbezogenen und nicht-flugplatzbezogenen, aber standortbezogenen Zubringerverkehr. Dabei werden folgende Verkehrssegmente unterschieden, für die jeweils eigene Berechnungen durchgeführt werden:

- Passagiere (differenziert nach den Reisezwecken geschäftlich, privat),
- Flugplatzbeschäftigte,
- Begleiter von Passagieren, einschließlich weiteren Begleitpersonen und Abholern,
- Besucher/Kunden (Besucher der Besucherzentren, Einkäufer in Geschäften am Flugplatz, Geschäftsbesucher, Hotelgäste, ggf. Tagungsteilnehmer etc., soweit es sich nicht gleichzeitig um Passagiere oder Begleitpersonen handelt),
- Fracht und Post (einschließlich Luftfracht-Ersatzverkehr per Lkw, dem so genannten „Trucking“)
- Wirtschaftsverkehre (Güterverkehre ohne Luftfracht und Luftpost, d. h. Belieferung der Geschäfte, Versorgung der Luftverkehrsgesellschaften, Entsorgung, Handwerker etc.);
- Zu-/Abgang nicht flughafenbezogener Verkehre von/zum Flugplatz-Fernbahnhof, der U- oder S-Bahn, falls vorhanden.

Weiterhin werden folgende Verkehrseinheiten betrachtet:

- Personenfahrten pro mittlerem Werktag, differenziert nach motorisiertem Individualverkehr, Taxiverkehr, Reisebusverkehr, Öffentlicher Nahverkehr,
- Güterverkehre in Tonnen pro mittlerem Werktag,
- Kfz-Fahrten, differenziert nach Pkw-Verkehren (einschl. Mietwagen) und Taxiverkehren,
- Reisebusse (nicht öffentlicher Verkehre, d. h. ohne öffentliche Linienbusse und ohne fahrplanmäßig verkehrende Linien-Busse der Luftverkehrsgesellschaften),
- Lkw’s (ab 3,5 Tonnen),
- Kombifahrzeuge/Transporter (Güter- und Wirtschaftsverkehre).

Als Ergebnis ermitteln sich Verteilungen auf einzelne Verkehrsmittel, aus denen sich die erwarteten Fahrzeugmengen pro Verkehrsmittel für einen z. B. mittleren Werktag

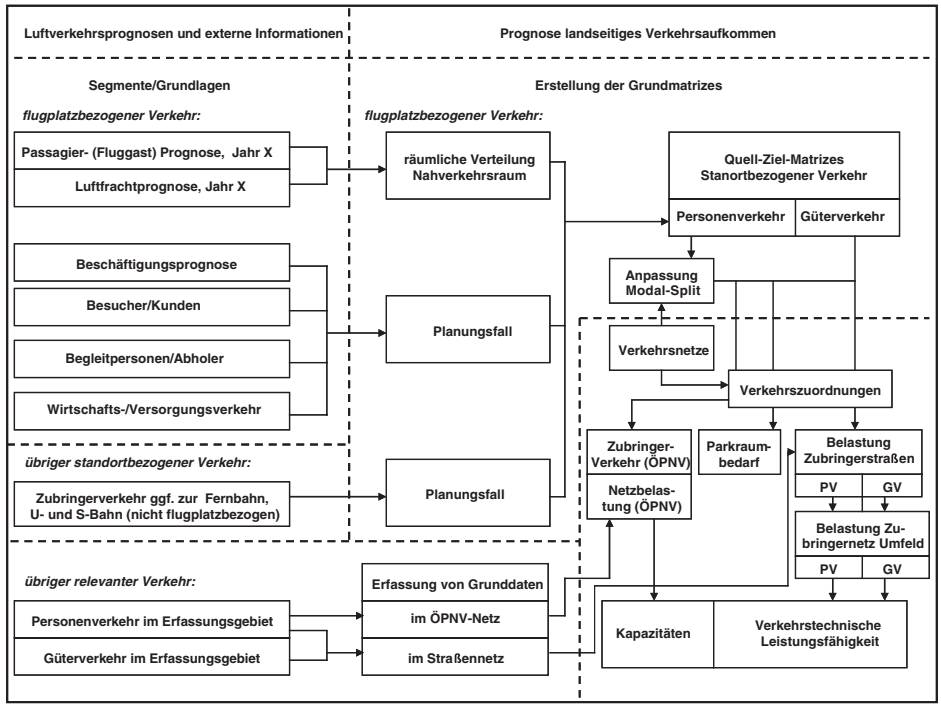


Abb. 4.9 Vorgehensweise bei der Ermittlung des landseitigen Verkehrsaufkommens an Flugplätzen [154]

entnehmen lassen. Bei kontinuierlicher Erfassung der Daten über die Zeit lassen sich auch Verlagerungen zwischen der Nutzung der unterschiedlichen Verkehrsmittel erkennen. Abbildung 4.9 zeigt die prinzipielle Vorgehensweise bei der Bestimmung des landseitigen Verkehrsaufkommen an Flugplätzen.

4.6 Empirische Methoden zur Bestimmung der Verkehrsentwicklung

Die Beschreibung von Verkehrsprofilen lässt sich auch anhand von Ganglinien vornehmen. Eine Ganglinie beschreibt die Charakteristik des Verkehrsaufkommens im zeitlichen Verlauf, bzw. in den zeitlichen Ausprägungen. Man unterscheidet folgende Ganglinien:

- Stundenganglinien: z. B. 12.00 – 12.59 Uhr
- Tagesganglinien: z. B. 00.00 – 24.00 Uhr
- Wochenganglinien: z. B. Montag – Sonntag
- Monatsganglinien: z. B. 01. Juli – 31. Juli
- Jahresganglinien: z. B. Januar – Dezember

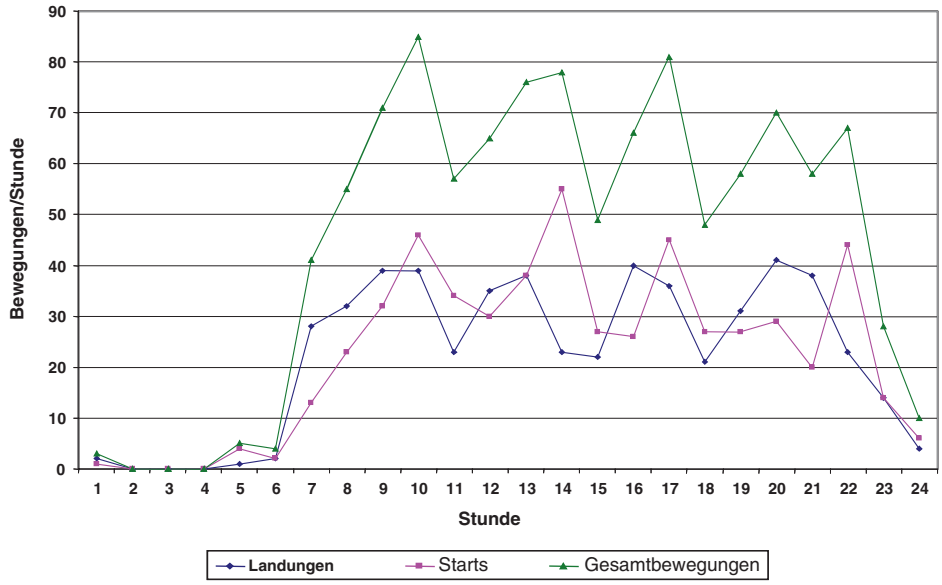


Abb. 4.10 Tagesganglinie – Flugbewegungen [108]

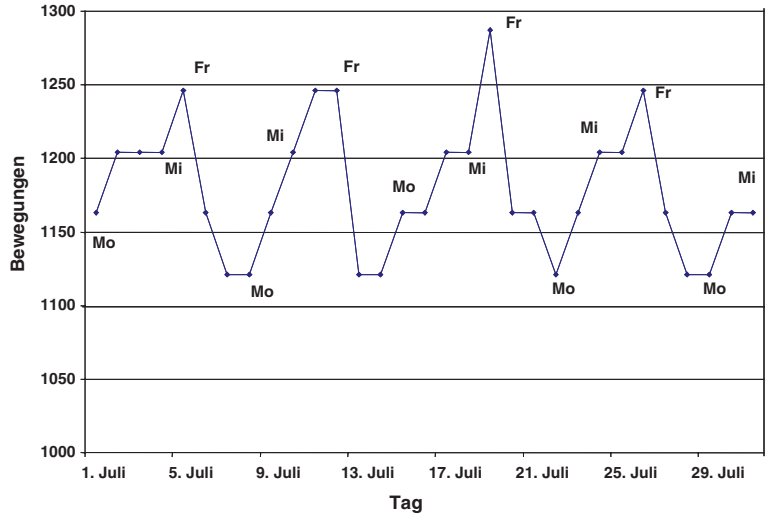


Abb. 4.11 Monatsganglinie – Flugbewegungen [108]

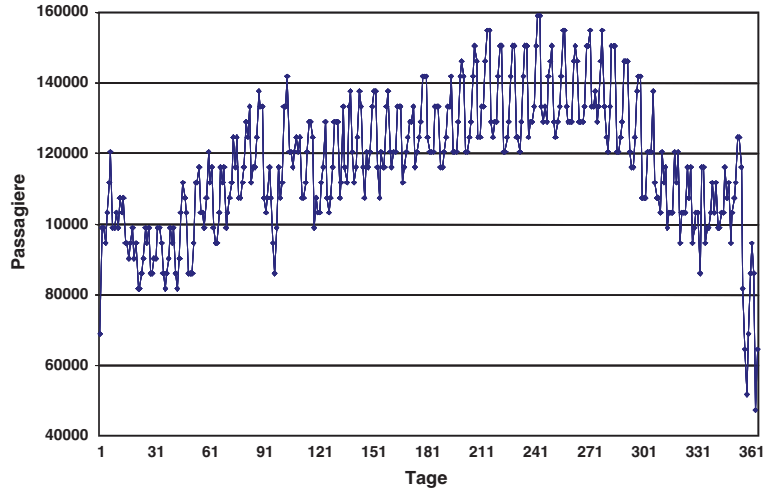


Abb. 4.12 Jahresganglinie – Passagieraufkommen [108]

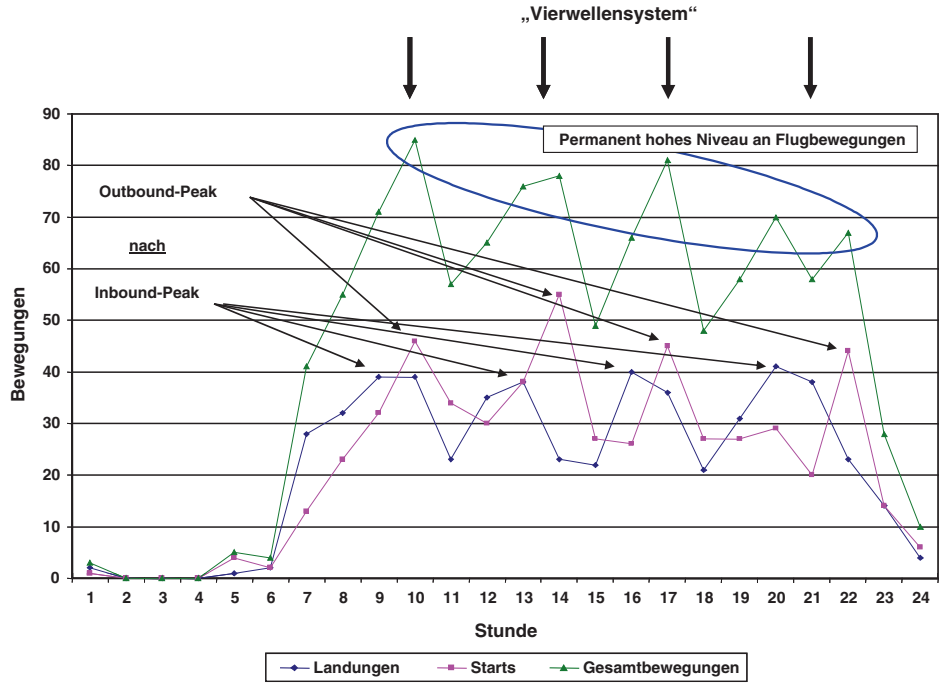


Abb. 4.13 Verkehrsprofil eines Hub-Flughafens [108]

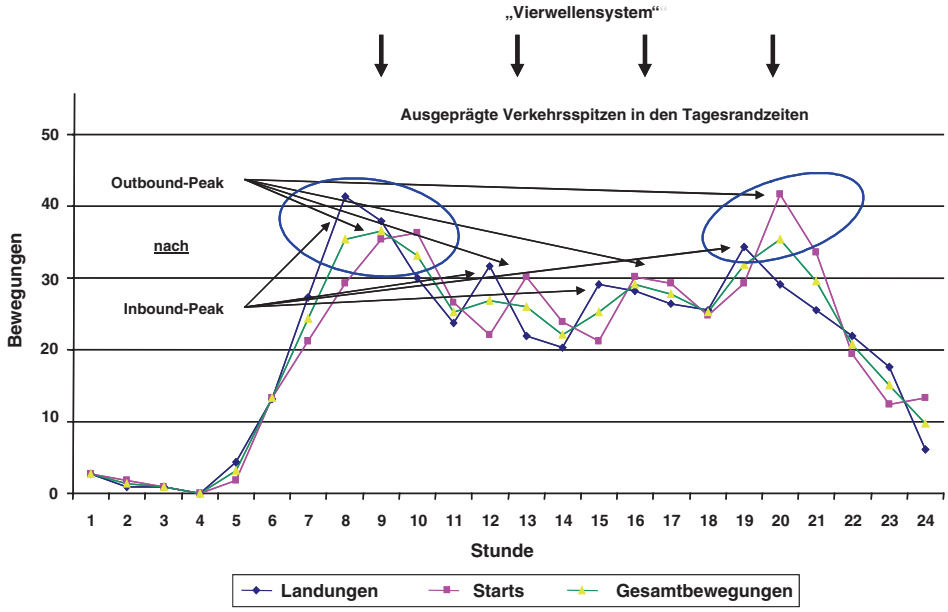


Abb. 4.14 Beispiel für einen sich entwickelnden Hub [108]

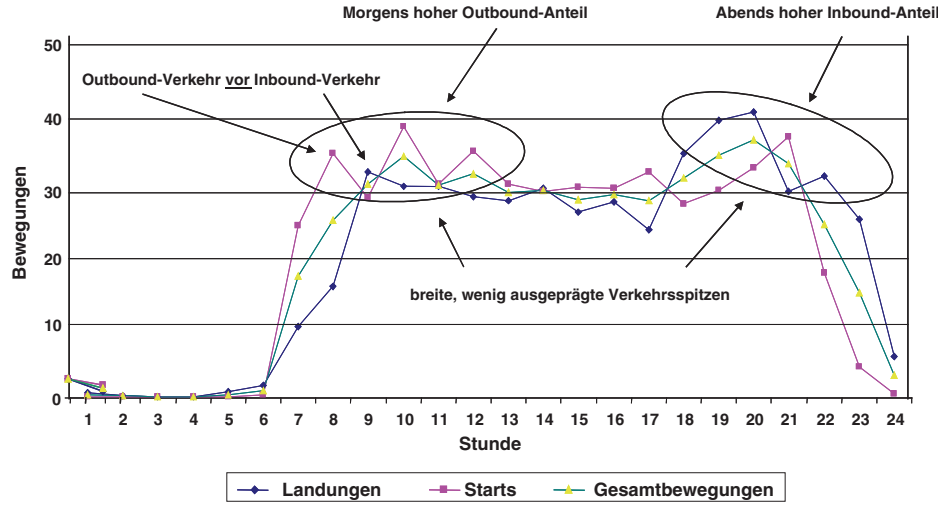


Abb. 4.15 Verkehrsprofil eines Spoke-Flughafens [108]

Die Abb. 4.10 zeigt eine Tagesganglinie mit Flugbewegungen (Starts, Landungen und die Gesamtbewegungen. Die Abb. 4.11 zeigt ein Beispiel für Flugbewegungen anhand einer Monatsganglinie, die Abb. 4.12 das Passagieraufkommen anhand einer Jahresganglinie.

Die Interpretation der Ganglinien (Verkehrsprofile) liefern Aussagen über den Flugplatztyp (z. B. Hub- oder Spoke-Flugplatz). Abbildung 4.13 zeigt das Verkehrsprofil eines Hubflughafens. Abbildung 4.14 zeigt das Verkehrsprofil eines sich entwickelnden Hub-Flughafens. Abbildung 4.15 zeigt das Verkehrsprofil eines typischen Spoke-Flughafens.

Luftfahrtnormen

5

Die Deutsche Industrie Norm, DIN 820, definiert Normung als „die planmäßige, durch die interessierten Kreise gemeinschaftlich durchgeführte Vereinheitlichung von materiellen und immateriellen Gegenständen zum Nutzen der Allgemeinheit“ [56].

Die Normung in der Luftfahrt soll eine rationelle Ordnung und ein rationelles Arbeiten ermöglichen, die Lagerhaltung vereinfachen, sowie das Schulen und Anlernen des technischen Personals vereinfachen. Sie dient außerdem der Sicherheit von Menschen und Sachen, der Information auf dem jeweiligen Normungsgebiet, der Material- und Energieeinsparung, sowie der Qualitätssicherung in Wirtschaft, Technik, Wissenschaft und Verwaltung. Im Hinblick auf die Austauschbarkeit von Geräten, Teilen und Hilfsstoffen ist sie ein unentbehrliches Hilfsmittel. Internationaler arbeitsteiliger dezentraler Flugzeugbau wäre ohne Normung heute nicht mehr möglich.

Nach ihrem Zweck unterscheidet man:

- **Dienstleistungsnormen**, in denen technische Grundlagen für Dienstleistungen festgelegt sind;
- **Gebrauchstauglichkeitsnormen**, in denen objektiv feststellbare Eigenschaften in Bezug auf die Gebrauchstauglichkeit eines Gegenstandes festgelegt sind;
- **Liefernormen**, in denen technische Grundlagen und Bedingungen für Lieferungen festgelegt sind;
- **Maßnormen**, in denen Maße und Toleranzen von materiellen Gegenständen festgelegt sind;
- **Planungsnormen**, in denen Planungsgrundsätze und Grundlagen für Entwurf, Berechnung, Aufbau, Ausführung und Funktion von Anlagen, Bauwerken und Erzeugnissen festgelegt sind;
- **Prüfnormen**, in denen Untersuchungs-, Prüf- und Messverfahren für technische und wissenschaftliche Zwecke zum Nachweis zugesichert und/oder erwarteter (geforderter) Eigenschaften von Stoffen und/oder von technischen Erzeugnissen festgelegt sind;

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_5,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

- **Qualitätsnormen**, in denen für die Verwendung materieller Gegenstände wesentliche Eigenschaften beschrieben und objektive Beurteilungskriterien festgelegt sind;
- **Sicherheitsnormen**, in denen Festlegungen zur Abwendung von Gefahren für Menschen, Tiere und Sachgüter festgelegt sind;
- **Verfahrensnormen**, in denen Verfahren zum Herstellen, Behandeln und Handhaben von Erzeugnissen festgelegt sind;
- **Stoffnormen**, in denen physikalische, chemische und technologische Eigenschaften von Stoffen festgelegt sind;
- **Verständigungsnormen**, in denen zur eindeutigen und rationellen Verständigung terminologischer Sachverhalte, Zeichen oder Systeme festgelegt sind.

5.1 Internationale Normenorganisationen

Nach der Gründung der nationalen Normenorganisationen um 1900 formierte sich bald die internationale Normung. So entstand 1906 auf dem Gebiet der Elektrotechnik die „International Electronical Commission (IEC)“ sowie 1946 die „International Standardisation Organisation (ISO)“, beide Organisationen mit Sitz in Genf.

5.2 Europäische Normenorganisationen

Mit wachsender wirtschaftlicher Verflechtung benachbarter Länder, Ländergruppen und der Globalisierung schlechthin wurde eine übereinstimmende Normung in vielen Bereichen immer wichtiger. Diese Aufgaben übernahmen regional beschränkte Organisationen, mit dem Ziel, bestehende nationale Normen zu harmonisieren und neue regionale bzw. internationale Normen zu entwickeln. Hierzu zählen das European Committee for Standardisation (CEN) mit Sitz in Brüssel und die für die Luftfahrt wichtige „European Organisation for Civil Aviation Electronics“ (EUROCAE).

5.3 Nationale Normenorganisationen

5.3.1 Deutsches Institut für Normung

In der Bundesrepublik Deutschland gelten vor allem die DIN-Vorschriften. Am 5. Juni 1975 hat die Bundesregierung das Deutsche Institut für Normung (DIN) als die zuständige Normenorganisation für die Bundesrepublik Deutschland anerkannt.

Das Hauptbetätigungsfeld des DIN ist die Erstellung technischer Regeln. Im Rahmen der neuen Organisationsstruktur des DIN ist eine klare Trennungslinie zwischen Normung einerseits und den anderen unternehmerischen Aktivitäten andererseits gezogen. Das Unternehmensziel des DIN ist es, Normen zum Nutzen der Wirtschaft und der gesamten

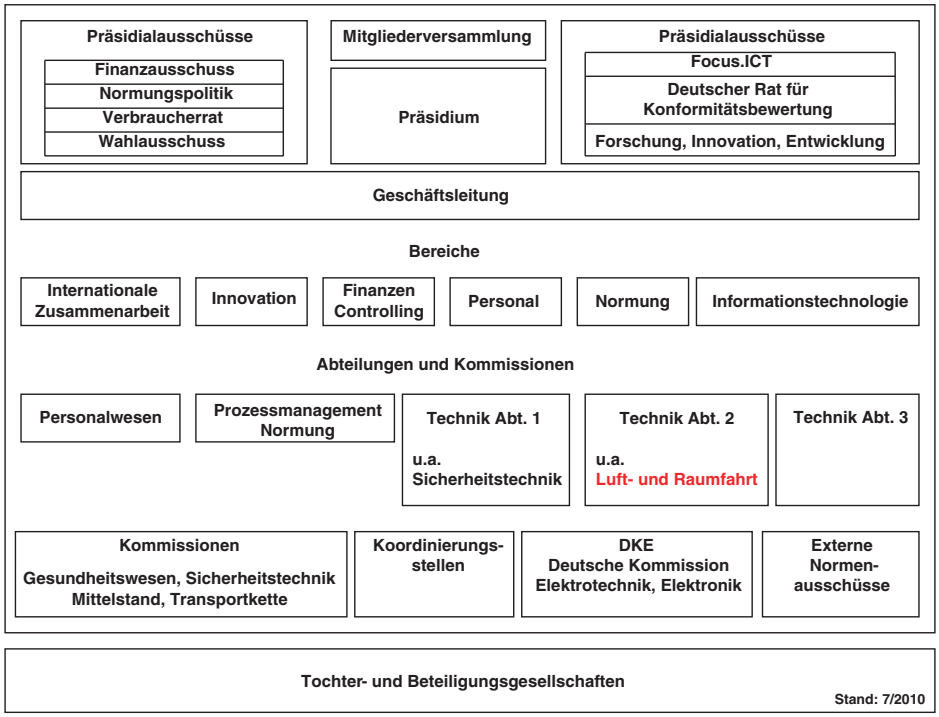


Abb. 5.1 Organisation der DIN Gruppe [56]

Gesellschaft zu entwickeln. Die unternehmerischen Bereiche der DIN-Gruppe arbeiten hingegen gewinnorientiert. Die in den Tochter- und Beteiligungsgesellschaften der DIN-Gruppe erwirtschafteten Erträge stellen den größten Anteil an der Finanzierung der gemeinnützigen Arbeit des Kernbereichs des DIN dar.

Die Gründung des DIN als Normenausschuss der deutschen Industrie (NADI) erfolgte bereits am 22. Dezember 1917. Das Deutsche Institut für Normung (DIN) ist seit 1952 der zuständige deutsche Vertreter in der ISO und auch Mitglied im CEN. Die Abb. 5.1 zeigt vereinfacht die Organisation der DIN Gruppe.

5.3.2 Luftfahrtnormen

Die Normenstelle für Luftfahrt (Herausgeber der Luftfahrtnormen in der Vergangenheit) ist seit 1977 vollständig in das DIN integriert. Davor erschienene Ausgaben der Luftfahrtnormen (LN) [161] bleiben bestehen, Folgeausgaben werden als DIN „Luft- und Raumfahrtnormen“ publiziert. Das Aufgabengebiet des Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) umfasst folgende Bereiche:

Die Normungsaktivitäten des Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) erstrecken sich von Verständigungsnormen über Werkstoffe, technologische Verfahren,

mechanische Teile, Flugmechanik und Ausrüstung, Luftfracht- und Bodengeräte, Elektrotechnik und Avionik bis hin zu neuen Managementnormen für die Luft- und Raumfahrt. In den von dem NL erarbeiteten Normen finden sowohl die zivilen als auch die militärischen Anforderungen an das Produkt Berücksichtigung. Bedingt durch die Rahmenbedingungen der Luft- und Raumfahrtindustrie liegt der derzeitige Schwerpunkt in der Erarbeitung europäischer Normen, wobei der Trend zur internationalen Norm unverkennbar ist.

Der Normenausschuss Luft- und Raumfahrt ist für die nationale Meinungsbildung aller europäischen und internationalen Normungsvorhaben auf dem Gebiet der Luft- und Raumfahrt zuständig. Die europäische Normungsarbeit erfolgt in der AECMA (Europäische Vereinigung der Hersteller von Luft- und Raumfahrtgerät) als assoziierte Organisation (ASB) des CEN, wobei der NL die Funktion des nationalen „Focal Point“ ausübt. Ferner führt der NL auf europäischer Ebene das Sekretariat CEN/TC 274 Luftfahrt-Bodengeräte. International beteiligt sich der NL an den Arbeiten von ISO/TC 20 „Luft- und Raumfahrzeuge“ und dessen Unterkomitees.

Die Abb. 5.2 zeigt die Organisation des Normenausschusses Luft- und Raumfahrt.

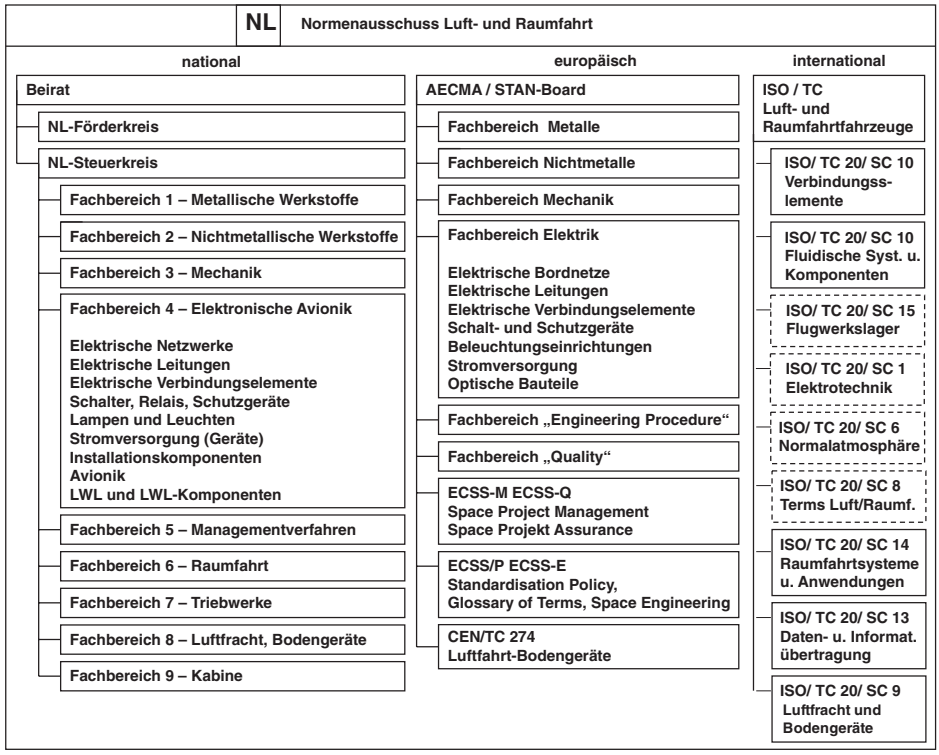


Abb. 5.2 Organisation des Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) [56]

5.4 Sonstige Normen Institutionen

In Großbritannien gelten die BSI-Normen. Die „British Standards Institution (BSI)“ ist die zentrale Institution zur Erarbeitung und Einführung überbetrieblicher technischer Normen in Großbritannien. Sie wurde 1901 gegründet und hat ihren Sitz in London.

Träger der überbetrieblichen technischen Normung in Frankreich ist heute die „Association Francaise de Normalisation (AFNOR)“, die seit 1941 besteht.

Im Gegensatz zu Europa zeichnen sich die USA und Kanada durch eine extreme Zersplitterung ihrer Normenorganisationen aus. Derzeit existieren ca. 500 private Organisationen, die Regeln und Normen aufstellen. Auf dem Luftfahrtsektor zählen hierzu beispielsweise:

- die „Aeronautical Radio INCorporation (ARINC)“ als Herausgeber der ARINC-Characteristics,
- die „Radio Technical Commission for Aeronautics (RTCA)“,
- das „American National Standard Institute (ANSI)“,
- die „American Society of Testing and Material (ASTM)“,
- die „Society of Automotive Engineers, Inc. (SAE)“ als Herausgeber der Aerospace Standards (AS),

sowie militärische Standards:

- AF (Army Air Forces Standard),
- AN (Air Force – Navy Aeronautical Standard),
- NAF (Naval Aircraft Factory),
- NAS (National Aircraft Standard) und
- MS (Military Standard).

Teil II
Das Flugzeug als Transportmittel

Klassifizierung von Luftfahrzeugen

6

6.1 Generelle Klassifizierung von Luftfahrzeugen nach deutschem Luftrecht

Der Gesetzgeber regelt im Luftverkehrsgesetz der Bundesrepublik Deutschland, LuftVG §1 [67] die Freiheit des Luftraums und den Begriff des Luftfahrzeuges wie folgt:

1. Die Benutzung des Luftraums durch Luftfahrzeuge ist frei, soweit sie nicht durch dieses Gesetz, durch die zu seiner Durchführung erlassenen Rechtsvorschriften, durch im Inland anwendbares internationales Recht, durch Verordnungen des Rates der Europäischen Union und die zu deren Durchführung erlassenen Rechtsvorschriften beschränkt wird.
2. Luftfahrzeuge sind:
   - Flugzeuge
   - Drehflügler
   - Luftschiffe
   - Segelflugzeuge
   - Motorsegler
   - Frei- und Fesselballone
   - Rettungsfallschirme
   - Flugmodelle
   - Luftsportgeräte
   - sonstige für die Benutzung des Luftraums bestimmte Geräte, sofern sie in Höhen von mehr als dreißig Metern über Grund oder Wasser betrieben werden können.

Raumfahrzeuge, Raketen und ähnliche Flugkörper gelten als Luftfahrzeuge, solange sie sich im Luftraum befinden. Ebenfalls als Luftfahrzeuge gelten unbemannte Fluggeräte einschließlich ihrer Kontrollstation, die nicht zu Zwecken des Sports oder der Freizeitgestaltung betrieben werden (unbemannte Luftfahrtsysteme, UAS).

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_6,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

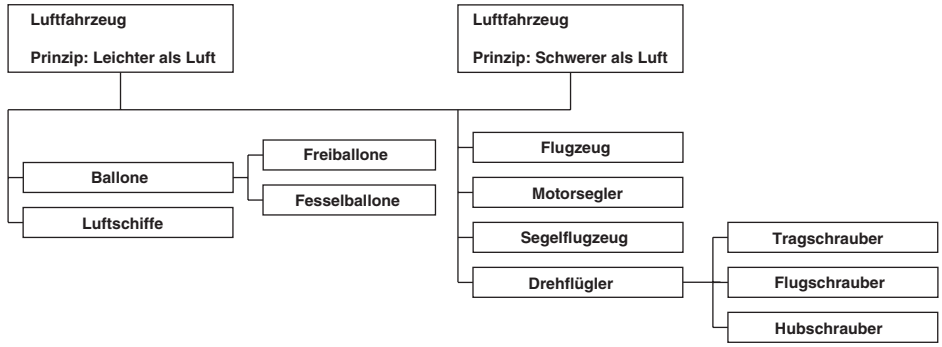


Abb. 6.1 Einteilung der Luftfahrzeuge nach den Prinzipien leichter/schwerer als Luft

Der Auftrieb von Luftfahrzeugen (als Gegenkraft zur Masse der Luftfahrzeuge) erfolgt entweder statisch durch Verdrängung der Luftmasse bei Ballonen und Luftschiffen (Prinzip leichter als Luft), oder dynamisch bei Flächenflüglern und Drehflüglern, durch angeströmte profilierte Flächen (Tragflächen oder Rotoren), da die Masse der Starrflügler und Drehflügler größer ist, als die verdrängte Luftmasse (Prinzip schwerer als Luft) (vgl. Abb. 6.1). Flugkörper mit Raketenantrieb verhalten sich nach dem „Prinzip schwerer als Luft“, sie erzeugen keinen Auftrieb und beschreiben ballistische Flugbahnen im Luftraum.

6.2 Einteilung von Luftfahrzeugen nach Verwendungszweck, Beanspruchung und Startmasse

Nach dem Verwendungszweck lassen sich Luftfahrzeuge einteilen in Luftfahrzeuge zur Personenbeförderung, zur Frachtbeförderung, zum Schleppen von Lasten, für die Land- und Forstwirtschaft, in nichtgewerblichen Luftverkehr zum Zwecke von Luftbildaufnahmen, Reklameflügen, sowie dem Absetzen und der Aufnahme von Personen und Lasten (Sachgütern).

Nach ihrer Beanspruchung lassen sich Luftfahrzeuge in die Beanspruchungsgruppen wie N (Normal), d. h. gewöhnliche Beanspruchung, U (Utility), d. h. Nutz- und höhere Beanspruchung und A (Aerobatic), d. h. Kunstflugbeanspruchung, einteilen.

Weiterhin sind Luftfahrzeuge nach ihrer höchstzulässigen Startmasse und dem Staatszugehörigkeits-/Eintragungszeichen zu unterscheiden. Die Luftverkehrszulassungsordnung, LuftVZO [71] führt im § 14, Abs.1 und § 19, Abs.1 dazu aus:

Deutsche Flugzeuge, Drehflügler, Luftschiffe und Motorsegler führen als Staatszugehörigkeitszeichen die Bundesflagge und den Buchstaben D, sowie als besondere Kennzeichnung (Eintragungszeichen) vier weitere Buchstaben. Folgende Buchstaben werden als erste Buchstaben des Eintragungszeichens verwendet (vgl. Tab. 6.1):

Flugzeuge, Drehflügler und Motorsegler führen den Buchstaben D und das Eintragungszeichen an beiden Seiten des Rumpfes, oder an beiden Seiten des Seitenleitwerks. Flugzeuge bis 5.700 km höchstzulässiger Startmasse und Motorsegler führen den Buchstaben

Tab. 6.1 Einteilung der Luftfahrzeuge nach Eintragungszeichen und höchstzulässiger Startmasse [71]

Eintragungszeichen	Zahl der Triebwerke	Höchstzulässige Startmasse (in Tonnen)
E	einmotorig	<2,0 t
G	mehrmotorig	<2,0 t
F	einmotorig	> 2,0 t < 5,7 t
I	mehrmotorig	> 2,0 t < 5,7 t
C		> 5,7 t < 14,0 t
B		> 14,0 t < 20,0 t
A		> 20,0 t
H		Drehflügler
K		Motorsegler
L		Luftschiffe
M		motorgetriebenes Luftsportgerät
N		nicht motorgetriebenes Luftsportgerät
O		bemannte Ballone

D und das Eintragungszeichen außerdem auf der unteren Seite der linken Tragfläche. Luftschiffe führen den Buchstaben D und das Eintragungszeichen beiderseits auf der Hülle derart, dass die Zeichen von der Seite und vom Boden aus sichtbar sind, oder an beiden Seiten des Seitenleitwerks und auf der linken Unterseite des Höhenleitwerks. Luftsportgeräte führen den Buchstaben D und die Kennzeichnung auf der unteren Seite der linken Tragfläche und, soweit vorhanden, an beiden Seiten des Seitenleitwerks. Der Buchstabe D und das Eintragungszeichen sind entweder in dunkler Blockschrift auf hellem Grund oder in heller Blockschrift auf dunklem Grund unverwischbar auszuführen und in deutlich sichtbarem Zustand zu erhalten. Bei der Anbringung des Buchstabens D und des Eintragungszeichens an den Seitenflächen des Rumpfes oder des Seitenleitwerks ist eine Schrägstellung der Schriftzeichen bis zu höchstens 15 Grad zulässig. Die Zeichen sollen ein Schriftfeld in Rechteckform einnehmen und möglichst in der Weise angebracht werden, dass sie durch Bauteile nicht verdeckt werden. Der Buchstabe D ist durch einen waagerechten Strich in der Länge einer Buchstabenbreite vom Eintragungszeichen zu trennen. Das Schriftbild soll nicht mit den Außenkanten eines Bauteils zusammenfallen. Die auf den Tragflächen angebrachten Zeichen sollen bei gleich bleibender Schrifthöhe von der Vorder- und Hinterkante möglichst gleich weit entfernt sein. Die Oberkante der Buchstaben muss nach der Vorderkante der Tragfläche gerichtet sein. Auf dem Leitwerk soll längs jeder senkrechten Kante mindestens ein Streifen von fünf Zentimetern frei bleiben. Die Höhe der Schriftzeichen am Rumpf von Flugzeugen, Motorseglern, Drehflüglern und Ultraleichtflugzeugen (soweit vorhanden) sowie am Leitwerk von Luftschiffen und Ultraleichtflugzeugen muss mindestens 30 cm betragen. An den Tragflächen von Flugzeugen, Motorseglern und Luftsportgeräten sowie an der Hülle von Luftschiffen und bemannten Ballonen sind 50 cm vorgeschrieben.

Die Breite der Schriftzeichen mit Ausnahme des Buchstabens I und der Zahl 1 soll zwei Drittel der Schrifthöhe, der Abstand der Schriftzeichen voneinander ein Viertel der Breite eines Schriftzeichens betragen. Die Stärke der einzelnen Schriftlinien soll einem Sechstel der Schrifthöhe entsprechen. Segelflugzeuge führen den Buchstaben D und eine Kennzahl. Bemannte Ballone führen den Buchstaben D und das Eintragungszeichen.

Weiterhin führen Flugzeuge, Luftschiffe, Motorsegler und Segelflugzeuge die Bundesflagge im Farbanstrich auf beiden Seiten des Leitwerks, möglichst in der oberen Hälfte. Drehflügler führen die Flagge auf beiden Seiten des Rumpfes in Flugrichtung hinter dem Buchstaben D und dem Eintragungszeichen. Die Bundesflagge ist in Rechteckform und auf beiden Seiten in gleicher Größe anzubringen. Das Verhältnis der Gesamthöhe zur Gesamtlänge der drei gleich breiten Farbstreifen soll etwa 3:5, die Gesamthöhe mindestens 15 cm betragen. Bemannte Ballone setzen die Bundesflagge in gegenüberliegender Anordnung außen auf der Hülle wobei die Gesamthöhe hierbei jedoch mindestens 30 cm betragen muss.

Militärische Flugzeuge führen das Eiserne Kreuz auf beiden Tragflächen oben und unten sowie auf beiden Seiten des Rumpfes. Die Nationalfarben schwarz-rot-gold in Form der Bundesflagge sind auf beiden Seiten der Seitenflosse angebracht. Das Flugzeugkennzeichen, bestehend aus je zwei Ziffern links und rechts des Eisernen Kreuzes, wird nur an beiden Seiten des Rumpfes geführt. Am Heck des Flugzeuges unterhalb der Bundesflagge sind Teilstreitkraft, Baumuster und Werksnummer angebracht (vgl. Abb. 6.2).

Abb. 6.2 Kennzeichen bei zivilen und militärischen Flugzeugen [167]

Unter Zugrundelegung der Definition des Gesetzgebers für Luftfahrzeuge, werden im Folgenden ausschließlich Starrflügler (Flächenflugzeuge, nachfolgend Flugzeuge genannt), behandelt.

6.3 Einteilung von Flugzeugen nach der Bauart

Flugzeuge lassen sich nach konstruktiven Kriterien einteilen wie:

- Anzahl der Tragflächen, (Abb. 6.3)
- Anordnung der Tragflächen, (Abb. 6.4)
- Bauform der Tragflächen, (Abb. 6.5)
- Bauart nach Start-/Landebahnoberfläche (befestigte Oberfläche), (Abb. 6.6)
- Bauart nach Start-/Landebahnoberfläche (schneebedeckte Oberfläche), (Abb. 6.7)
- Bauart nach Start-/Landebahnoberfläche (Wasserfläche), (Abb. 6.8)
- Anzahl der Triebwerke, (Abb. 6.9)
- Anordnung der Luftschraube(n), (Abb. 6.10)
- Antriebsart:

  Propeller (Kolbentriebwerk, Propellerturbine)
  Strahltriebwerk (Gasturbine, Raketentriebwerk)

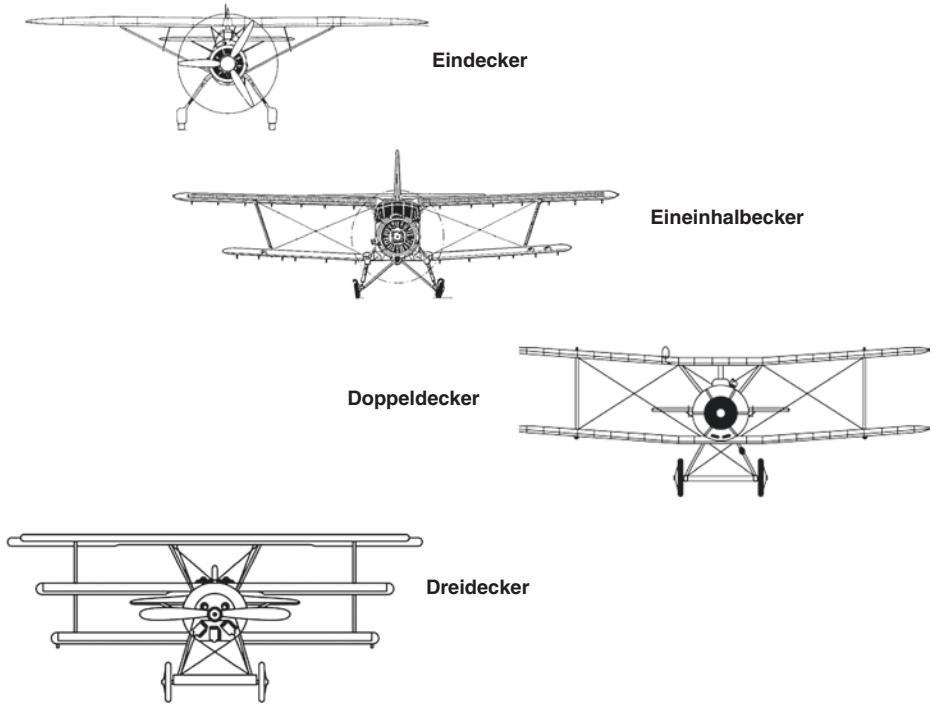


Abb. 6.3 Bauart nach Anzahl der Tragflächen [100]

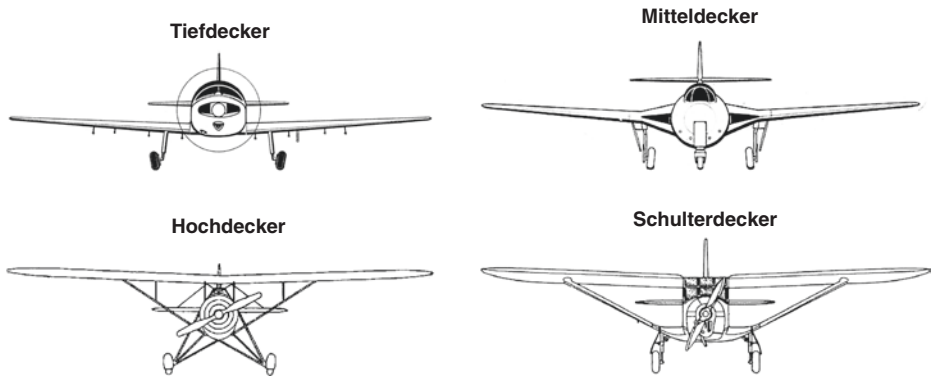


Abb. 6.4 Bauart nach Anordnung der Tragflächen [100]

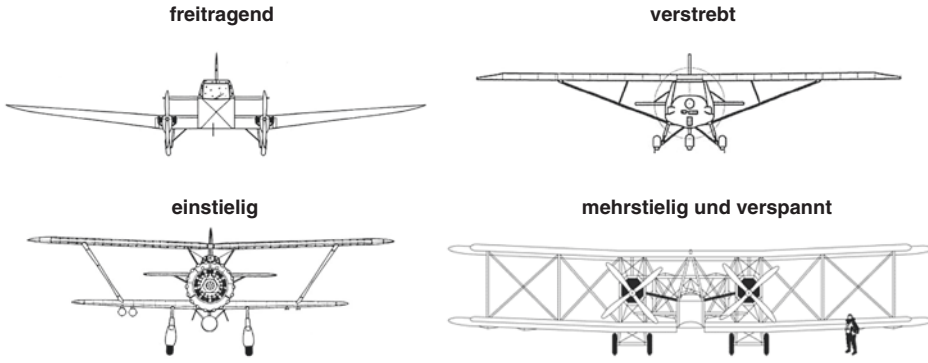


Abb. 6.5 Bauart nach Bauform der Tragflächen [100]

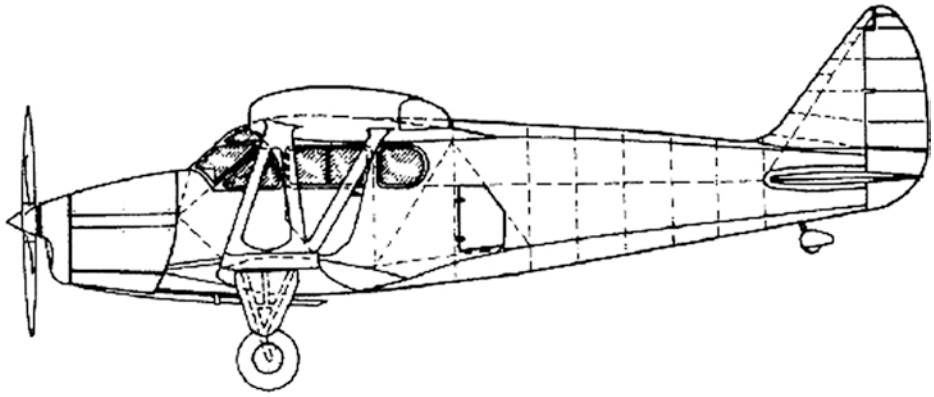


Abb. 6.6 Bauart nach Start-/Landebahnoberfläche (Fahrwerk für Landflugzeuge) [100]

Abb. 6.7 Bauart nach Start-/Landebahnoberfläche (Fahrwerk mit Kufen) [22]

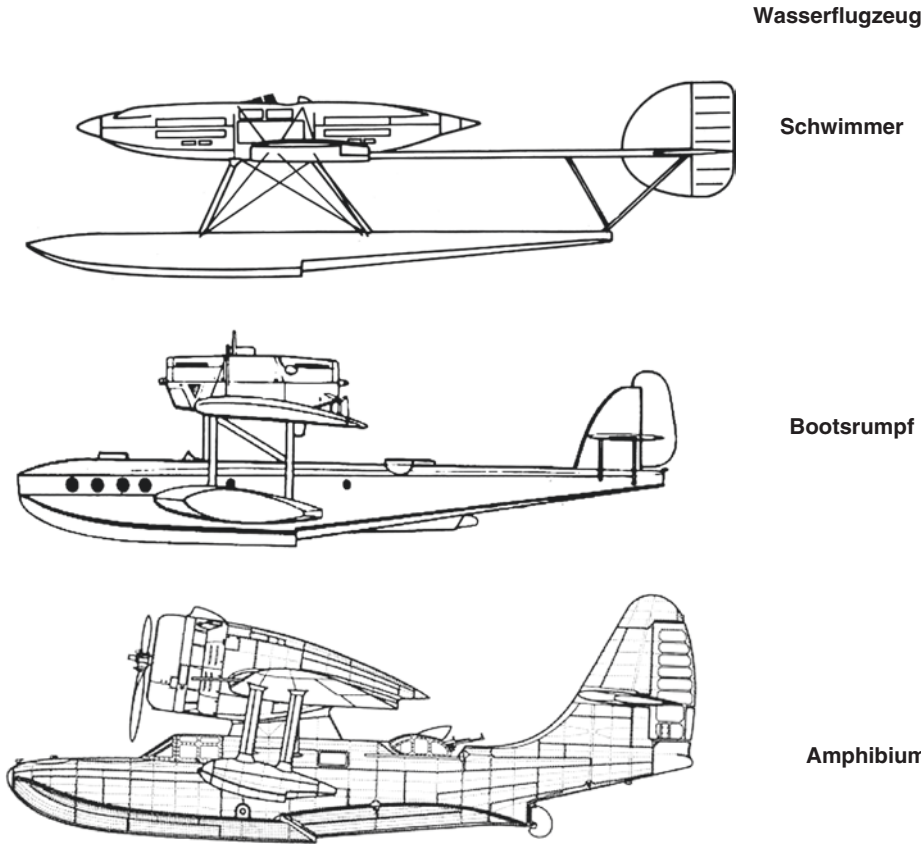


Abb. 6.8 Bauart nach Start-/Landebahnoberfläche (Wasserflugzeuge) [100]

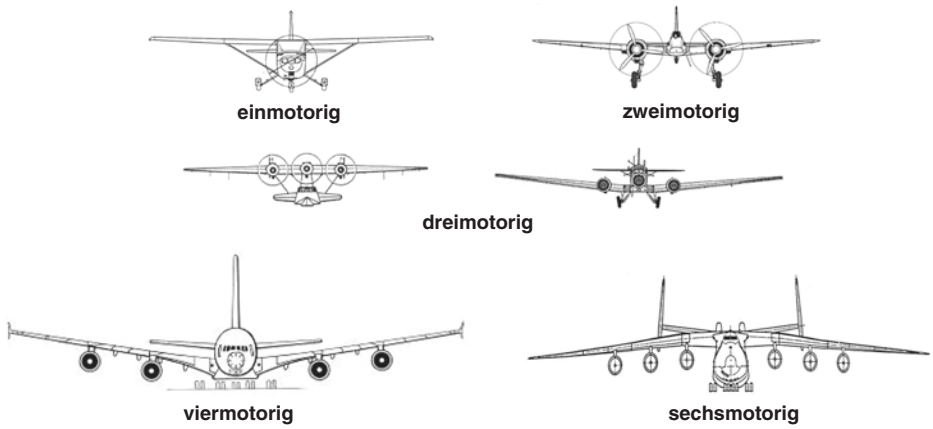


Abb. 6.9 Bauart nach Anzahl der Triebwerke [100]

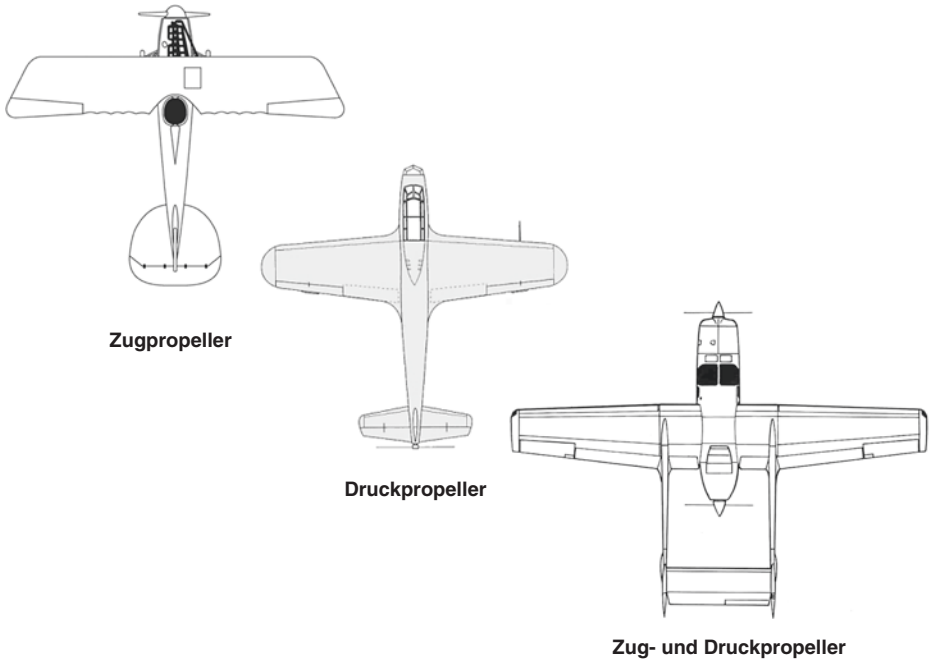


Abb. 6.10 Bauart nach Anordnung des Propellers [100]

Die Tragfläche wird in den äußeren Abmessungen sowie der Profilierung maßgeblich durch die Flugaufgabe bestimmt, die Einbauposition in Flugzeuglängsrichtung ergibt sich aus Kriterien wie der Längsstabilität und -steuerbarkeit, wenn man davon ausgeht, dass das Höhenleitwerk in einer Extremlage am Rumpf (Bug oder Heck) befestigt ist. Ein Freiheitsgrad für die Gestaltung besteht in der Hochlage der Tragfläche. Diese lässt sich

nicht unabhängig von der Triebwerks- und Fahrwerksanordnung betrachten. Außerdem beeinflusst die Hochlage die Gestaltung des Transport(Fracht)raumes.

Bei Hochdeckerkonfigurationen hat die Tragfläche keine geometrische Durchdringung mit dem Rumpf, sie wird oberhalb auf einem Pylon oder mit Hilfe von Tragstreben an diesem befestigt. Hochdeckervarianten entwickelten sich aus den früheren Doppeldeckeranordnungen, die dann durch Verzicht auf eine der beiden Tragflächen zu Tief- oder Hochdeckerkonfigurationen weiter entwickelt wurden. Aufgrund der verschlechterten Aerodynamik, bedingt durch die Verstrebungen und die Rumpf-Flügelinterferenz, finden Doppeldeckerkonfigurationen bei Flugzeugen der heutigen Generation keine Anwendung mehr.

Bei der Schulterdeckeranordnung verläuft die Flügelstruktur tangential zur Rumpfstruktur und wird durch Rumpfspante angeschlossen. Dies führt zu einem gewissen strukturellen Mehraufwand, da die Querkräfte der Tragfläche nicht tangential und damit biegemomentenfrei in den Rumpf eingeleitet werden, was beispielsweise bei einer Mitteldeckeranordnung der Fall ist. Die Anordnung bietet allerdings eine über die Rumpflänge ungestörte Transportraumgeometrie, was insbesondere für Frachtbelange (Frachtladetür am Rumpfbug) von Vorteil ist. Ferner wird die Bodensicht nicht beeinträchtigt. Es sind allerdings sehr lange und schwere Fahrwerksverstrebungen erforderlich. Nachteilig ist auch die Hochlage des Abwindfeldes auf die Wirksamkeit des Höhenleitwerks. Mit steigender Hochlage verschwindet weiterhin der Bodeneffekt, der sich durch die Kanalströmung zwischen Tragfläche und Boden ergibt. Dies führt einerseits dazu, dass sich das Flugzeug bei der Annäherung an den Boden quasi selbstständig abfängt, andererseits wird der Aufsetzvorgang durch den vergrößerten Tragflächenauftrieb verzögert, was zu einer Verlängerung der Landestrecke führt. Die Schulterdecker-Konfiguration bietet vor allem die Möglichkeit der Unterbringung von Triebwerken mit großem Durchmesser. Um zu vermeiden, dass der turbulente Nachlauf der Tragfläche in die Triebwerkseinläufe gerät, findet man keine Schulter-/Hochdecker mit Hecktriebwerken.

Bei Kleinflugzeugen (Allgemeine Luftfahrt) ist die Anordnung nicht nur wegen der uneingeschränkten Bodensicht vorteilhaft. Der in der Regel rechteckige Rumpf der Flugzeuge gewährleistet strukturell günstig gestaltbare Aufhängungen, insbesondere bei der Abstrebung der Tragfläche, der besseren Richtungsstabilität infolge des weit unter der Tragfläche liegendem Schwerpunktes, sowie des natürlichen Gefälles zwischen dem Kraftstofftank und dem Motor, was auch die Installation von Pumpen entbehrlich macht.

Die Mitteldeckeranordnung bietet den bereits erwähnten strukturellen Vorteil gegenüber allen anderen Alternativen, weist jedoch Schnittlinien für die Durchdringung des Rumpfes und damit einen höheren Interferenzwiderstand auf. Entsprechend aufwendig muss die Geometrie des Rumpf-Tragflächenübergangsbereichs ausgeführt werden. Diese Konfiguration ist für Flugzeuge mit großen Rumpfdurchmessern (>5 Sitze nebeneinander, Wide-Bodies) interessant, da hierbei die Kabine (Transportraum) nicht durch den Tragflächenmittelkasten unterbrochen wird. Die Mitteldeckeranordnung hat Vorteile bei der Zugänglichkeit von Tragflächentriebwerken und bei der Gestaltung der Fahrwerke. Verbrauchsgünstige Triebwerke mit hohen Bypass-Verhältnis lassen sich in der Regel

problemlos installieren. Die Schnittstelle zwischen dem Raum für den Fahrwerksschacht und den Tragflächen kann jedoch zu Problemen mit der Ausbalanciertheit des Entwurfs hinsichtlich der flug- und der rollmechanischen Kriterien führen. Wide-Body-Flugzeuge der Airbus Familien sind charakteristisch für diese Varianten.

Bei kleineren Verkehrsflugzeugen sowie bei einem Teil der Flugzeuge der Allgemeinen Luftfahrt findet man die Tiefdeckeranordnung, bei der in der Regel nur eine geringfügige Durchdringung der Tragfläche mit dem Rumpf erfolgt. Die Erläuterungen, die für die Schulterdeckervarianten hinsichtlich der strukturellen Eignung gelten, sind auch für die Tiefdeckeranordnungen in gleichem Maße gültig. Die Anbringung von Triebwerken an den Tragflächen ist hierbei jedoch nur in der Form einer Montage auf der Tragflächenoberseite möglich (z. B. VFW 614). Meist sind die Triebwerke bei dieser Tragflächen-anordnung am Heck des Rumpfes montiert (vgl. DC-9, MD-80 etc.).

Für die Fahrwerksanordnung sind rollmechanische Kriterien ausschlaggebend. Die Spurbreite muss der Anforderung Rechnung tragen, dass das Flugzeug bei größeren Seitenbeschleunigungen, wie sie beispielsweise beim seitlichen Abrollen nach der Landung mit hoher Geschwindigkeit auftreten, nicht über die Verbindungslinie zwischen Bug und seitlichem Hauptfahrwerk kippt. Die notwendige Anzahl der Reifen ermittelt sich aus der Tragfähigkeit des Untergrundes, die Fahrwerksanzahl aus der notwendigen Anzahl von Rädern pro Fahrwerksverstrebung, die zur Vermeidung von übermäßigem Rollverschleiß in Kurven nicht mehr als 6 Räder betragen sollte. Schwere Flugzeuge weisen deshalb neben den Hauptfahrwerken an den Tragflächen stets auch ein oder zwei zusätzliche Rumpffahrwerke auf, die leicht versetzt hinter der Rollachse der Tragflächenfahrwerke angeordnet sind (vgl. Abb. 6.3, 6.4, 6.5, 6.6, 6.7, 6.8, 6.9 und 6.10).

6.4 Einteilung von Flugzeugen nach dem Einsatzprofil

In Bezug auf die Einsatzprofile von Passagier-Flugzeugmustern unterscheidet man die Kategorie „single aisle“ (ein Kabinenmittelgang) für den Kurz- und Mittelstreckenflugbetrieb (Bezeichnung: Narrow-Body), sowie die Kategorie „twin-aisle“ (zwei Kabinenmittelgänge) für den Langstreckenflugbetrieb (Bezeichnung: Wide-Body (z. B. Boeing 747) und Makro Body (Airbus A380)).

In Bezug auf die Laderäume unterscheidet man drei Gruppen von Flugzeugmustern:

- Passagierflugzeuge im Kurz- und Mittelstreckenflugbetrieb (Narrow-Body) mit Laderäumen für Beiladung von loser Fracht (Bellies oder Bulk) im Unterflurbereich des Flugzeuges (Unterflurfrachträume),
- Passagierflugzeuge im Langstreckenflugbetrieb (Wide-Body, Makro-Body) mit Laderäumen für Flugzeug-Ladeeinheiten unter dem Passagierdeck, dem Unterflurbereich (Lower Deck) des Flugzeuges.

- Frachtflugzeuge, die im Oberdeck (Upper Deck oder Main Deck) und, je nach Flugzeugmuster, auch im Unterflurbereich (Lower Deck) Laderäume für Flugzeugladeeinheiten aufweisen.

Daneben gibt es ältere Flugzeugmuster, die als „Mixed-Version" bezeichnet werden. Diese Flugzeuge sind so aufgeteilt, dass das Oberdeck sowohl eine Passagierkabine als auch einen Laderaum für Fracht aufweist.

6.4.1 Passagierflugzeuge

Die Entwicklung der Passagierflugzeuge ist geprägt durch den jeweiligen Stand der Technik und die Notwendigkeit, grenzüberschreitend Passagiere zu befördern und Post und Güter auszutauschen. Die kommerzielle Luftfahrt wurde im großem Stiel möglich, nachdem entsprechendes zuverlässiges und wirtschaftliches Fluggerät zur Verfügung stand.

Seit einigen Jahren ist eine Konsolidierung auf dem Markt der zivilen Verkehrsflugzeuge zu beobachten. Derzeit teilen sich die Flugzeughersteller Boeing und Airbus faktisch den Markt ab der so genannten 100-Sitzer Klasse. Beide Firmen bieten Flugzeugfamilien an, die eine hohe Kommunalität aufweisen. Allerdings versuchen mittlerweile auch Flugzeughersteller wie beispielsweise Embraer (Brasilien) oder Suchoj (Russland), sich auf diesen Markt zu etablieren.

Boeing bedient mit den Flugzeugmustern B737-300 (ca. 120 Passagiere, Reichweite ca. 1.600 km) bis zur B747-8 Intercontinental (450–479 Passagiere, Reichweite ca. 14.800 km) den Markt, Airbus Industries mit den Flugzeugmustern A318/A319/A320/A321 die Kurz- und Mittelstrecke (107–185 Passagiere, Reichweiten 3.250–6.800 km), mit den Flugzeugmustern A300/A310 die Mittelstrecke (220–266 Passagiere, Reichweiten bis 9.600 km) und die Langstrecke mit den Flugzeugmustern A330/A340/A350 (261–380 Passagieren, Reichweiten 9.000–16.050 km). Der Airbus A380-800, Makrobody, verfügt in der Airbus Basisbestuhlung über 555 Sitzplätze bei einer Reichweite von 14.800 km [4, 31].

Die Airbusfamilien (Bestuhlung und Reichweiten) sind beispielhaft in Abb. 6.11 dargestellt. Bestuhlungsbeispiele einzelner Muster zeigt Abb. 6.12. Die spezifischen Flugzeugcharakteristika sind der Tab. 6.2 zu entnehmen.

6.4.2 Passagierflugzeuge mit Beiladefracht

Über 50 % des Frachtaufkommens werden heutzutage mit Passagierflugzeugen als Beiladefracht transportiert. Aus der Airbus Familie (Single Aisle Familie) eignen sich beispielsweise die Airbusse A318/A319/A320/A321 (Abb. 6.13) für Beiladefracht. Diese Flugzeugmuster werden im Kurz- und Mittelstreckenverkehr eingesetzt. Bei einer Reichweite von 3.250–6.800 km befördern sie zwischen 107 und 185 Passagiere. Die Flugzeugmuster zeichnen sich durch größtmögliche Kommunalität aus. Abb. 6.14 zeigt den Rumpfquerschnitt der Airbusse A319/A320/A321 [7].

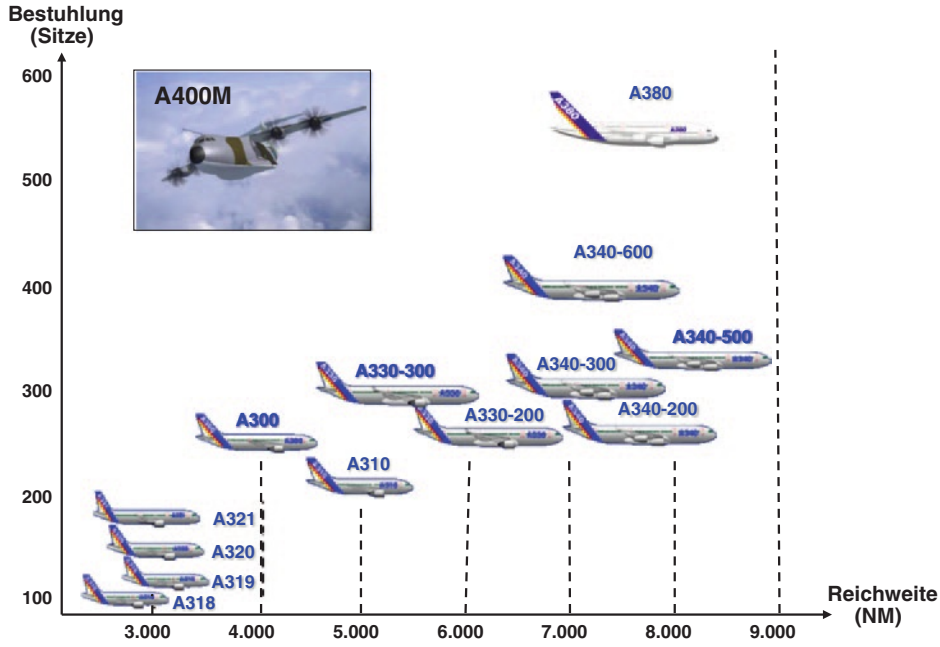


Abb. 6.11 Beispiel: Airbus-Flugzeugfamilie (Bestuhlung vs. Reichweite) [3]

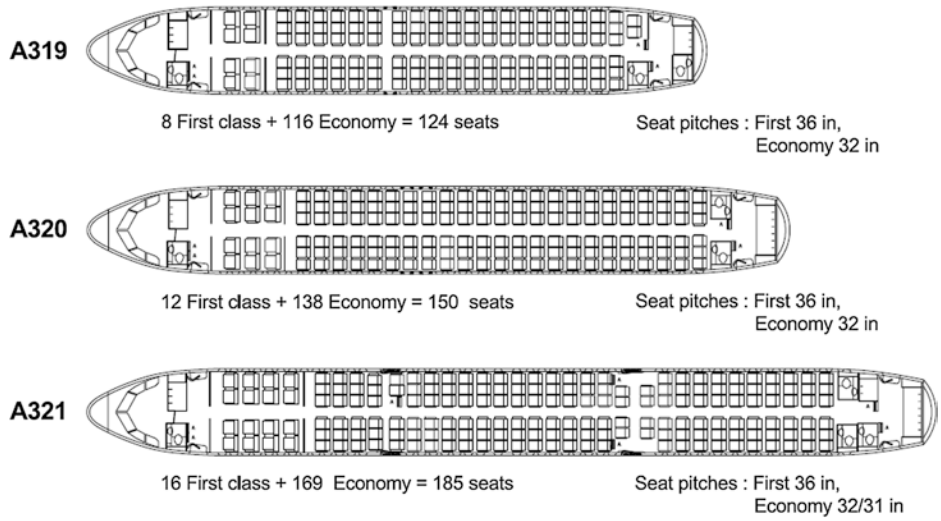


Abb. 6.12 Mögliche Bestuhlungsvarianten Airbus A319/A320/A321 [7] (Beispiele des 3-Klassen-Konzepts)

Tab. 6.2 Flugzeugcharakteristika ausgewählter Airbus und Boeing Flugzeuge [4, 31]

Flugzeugmuster/ Version	Spannweite (m)	Länge (m)	Maximale Startmasse (t)	Maximale Nutzlast (t)	Bestuhlung (Passagiere)	Maximale Fracht (t) oder P/C
A400 M	42,4	43,8	130 (2,25 g) 120 (2,5 g)	37 (2,25 g) 30 (2,5 g)	bei Truppentransporten 116	wie Zeile Nutzlast, Fracht kann sehr variable sein
A380-800	79,75	72,73	560	66,4	525 (Basisbestuhlung)	38 LD3
A380-800F (geplant)	79,75	72,73	590	149,92	12–19 Courierplätze	149,92
A380-900	79,75	72,73	590	95,00	656 (Basisbestuhlung)	n.b.
A340-600	63,45	75,30	368	55,60	380 (I-kont)	Fwd. Cargo 24 LD-3 Aft. Cargo 18 LD-3
A340-500	63,45	67,90	372	95,50	313 (I-kont)	Fwd. Cargo 18 LD-3 Aft. Cargo 12 LD-3
A340-300E	60,30	63,60	275	43,5	295 (I-kont)	Fwd. Cargo 18 LD-3 Aft. Cargo 14 LD-3
A340-200	60,30	59,39	257	40,6	212 (I-Kont)	Fwd. Cargo 14 LD-3 Aft. Cargo 12 LD-3
A350 XWB-800	64,00	61,00	248,0	63,00	270 (3 Klassen)	Fwd. Cargo 14 LD-3 Aft. Cargo 14 LD-3
A350 XWB-900	64,00	67,30	268,0	63,00	314 (3 Klassen)	Fwd. Cargo 20 LD-3 Aft. Cargo 16 LD-3
A330-300	60,30	63,60	230	45,90	295 (3 Klassen)	Fwd. Cargo 18 LD-3 Aft. Cargo 14 LD-3
A330-200	60,30	58,80	230	36,40	253 (3 Klassen)	26 C (LD-3)

(Fortsetzung)

Tab. 6.2 (Fortsetzung)

Flugzeugmuster/ Version	Spannweite (m)	Länge (m)	Maximale Startmasse (t)	Maximale Nutzlast (t)	Bestuhlung (Passagiere)	Maximale Fracht (t) oder P/C
A330-200F	60,30	58,80	233	64,0	4 Courierplätze	up to 23 P or C (Main Deck) 8 + 2 LD3 (Lower Deck)
A300-600	44,84	54,08	150	36,7	270 (Kont)	4 P/10 C
A310-300	43,90	46,70	125	30,0	222 (Kont)	3 P/6 C
A321-100/200	34,10	44,51	89	20,0	182 (Kont)	10 C (10 LD3-46 W)
A320-200	34,10	37,57	73,5	16,6	150 (Kont)	7 C (7 LD3-46 W)
A319-100	34,10	33,84	65	13,2	126 (Kont)	4 C (4LD3-46 W)
B777F	64,8	63,7	347,450	103,9	–	n.b.
B777-300ER	64,8	73,9	351,534	69,853	365	8 P/20 LD-3 Container
B777-300	60,9	73,9	299,37	59	3 Klassen 368 Standard 2 Klassen 451 Standard 1 Klasse bis 550 möglich	8 P/20 LD-3 Container
B777-200LR-Worldliner	64,8	63,7	347,452	63,957	3 Klassen Standardlayout 301	6 P/14 LD-3 Container
B777-200	60,9	63,7	247,21	49	3 Klassen 305 Standard 2 Klassen 400 Standard 1 Klasse bis 440 möglich	6 P/14 LD-3 Container
B747-8F	68,5	75,3	439,985	140,355	–	n.b.
B787-3	51,72	56,72	163,293	48,988	300 (1 Klasse) 296 (2 Klassen) 223 (3 Klassen)	5 × 96 × 125 inch +5 LD-3 Container

(Fortsetzung)

Tab. 6.2 (Fortsetzung)

Flugzeugmuster/ Version	Spannweite (m)	Länge (m)	Maximale Startmasse (t)	Maximale Nutzlast (t)	Bestuhlung (Passagiere)	Maximale Fracht (t) oder P/C
B787-8 I	68,50	76,30	449.000	45,813	479 (3 Klassen)	5 × 96 × 125 inch
						+5 LD-3 Container
						n.b.
B787-9	62	62,82	(1) 226,796	53,524	350 (1 Klasse)	36 LD-3 Container
					259 (3 Klassen)	8 × 96 × 125 inch
			(2) 231,332	55,338	n.b.	+6 LD-3 Container
			(3) 244,940	n.b.	n.b.	
			(4) 254,919	n.b.	n.b.	
B787-10	62	68	244,940	58,604	290 (3 Klassen)	40 LD-3
			254,19	n.b.	n.b.	n.b.
B747-400ER Freighter	64,4	70,6	412,775	123,65	–	Main Deck: 30P(2,44 m × 3,18 m),
						Lower Deck: 32 × LD1 Container
B777-200ER	60,9	63,7	297,56	59,422	3 Klassen 301 Standard	6 P/14 LD-3 Container
					2 Klassen 400 Standard	
					1 Klasse bis 440 möglich	
B747-400	64,44	70,66	394,6	51,0	390 (Ikont)	5 P/14 C
B747-200	59,64	70,51	377,8	56,1	389 (Ikont)	5 P/14 C
B737-300	28,88	33,40	57,6	14,3	123 (Kont)	n.b
B737-500	28,88	31,01	54	11,5	121 (Kont)	QC = 8 C
AVRO RJ 85	26,34	28,55	44	10,0	80	–

(Fortsetzung)

Tab. 6.2 (Fortsetzung)

Flugzeugmuster/ Version	Spannweite (m)	Länge (m)	Maximale Startmasse (t)	Maximale Nutzlast (t)	Bestuhlung (Passagiere)	Maximale Fracht (t) oder P/C
CRJ 100/200	23,25	32,50	34	5,0/7,5	50	–
BAe 146-300	21,21	26,77	24	12	122	12
AN 124	73,30	73,0	540	150	–	150
MD11 F	51,8	61,4	285,99	95,23	–	95,23
MD11SF	51,8	61,4	285,99	93,23	–	93,23

Anmerkungen:
B = Basisbestuhlung Airbus, Busi. = Business Class, Eco. = Economy Class
IKont = Interkont. Bestuhlung LH, Kont = Kont. Bestuhlung LH
MD = Main Deck, LD = Lower Deck
P = Paletten, C = Container, Kl = Passagierklassen
Fwd. Co. = Forward Compartment, Aft. Co. = After Compartment
QC = Quick Change Version
n.b. = nicht bekannt
ER = Extended Range

Abb. 6.13 Beispiel: Passagierflugzeuge mit Beiladefracht (A318/A319/A320/A321) [4]

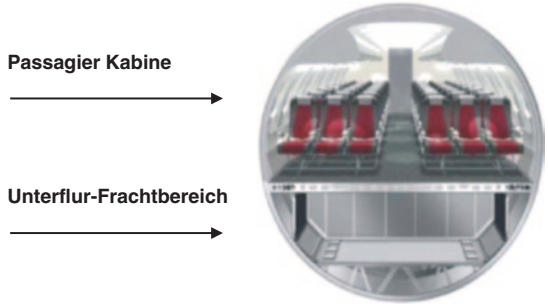
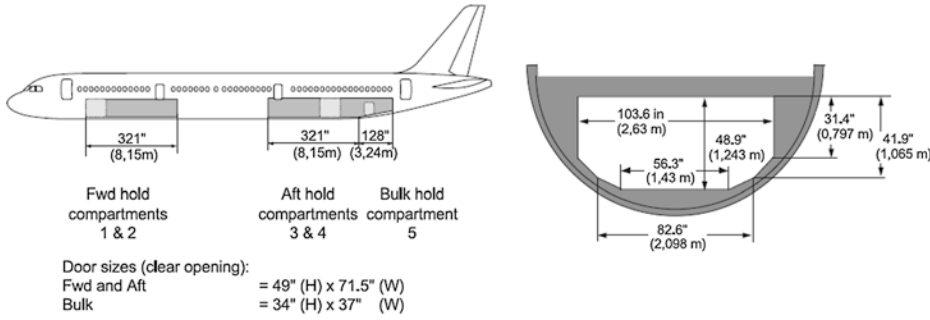


Abb. 6.14 Prinzipieller Rumpfquerschnitt der Airbusse A319/A320/A321 [7]

Bei dem Airbus A321, der 1994 in Dienst gestellt wurde, handelt es sich um eine um 7 Meter verlängerte Version des A320 mit den Maßen: Länge: 44,51 m, Höhe: 11,76 m, Kabinenbreite: 3,70 m. Das Flugzeug ist mit CFM56-5 oder IAE V2500 Triebwerken ausgerüstet und hat eine Reichweite von ca. 3.000 NM (ca. 5.550 km) [7].

Abbildung 6.15 zeigt beispielhaft die Fracht-(Cargo) Compartments des Airbus A321 sowie die Abmaße (Volumen und maximale Massen) für die entsprechenden optionalen Lademittel.

Abbildung 6.16 und 6.17 zeigen die Optionen der Beladung im Unterflurbereich (Lower Deck), Abb. 6.18 die entsprechenden gängigen Lademittel.



Compartment	Usable volume	Max. load*
1	313 ft³ (8,86 m³)	12500 lb (5670 kg)
2	493 ft³ (13,95 m³)	12500 lb (5670 kg)
3	515 ft³ (14,56 m³)	12500 lb (5670 kg)
4	299 ft³ (8,47 m³)	12500 lb (5670 kg)
5	208 ft³ (5,88 m³)	3300 lb (1497 kg)
Total	1828 ft³ (51,72 m³)	28300 lb (12837 kg)

* approximately

Abb. 6.15 Beispiel: (Fracht-/Cargo-Compartments Airbus A321 [7]

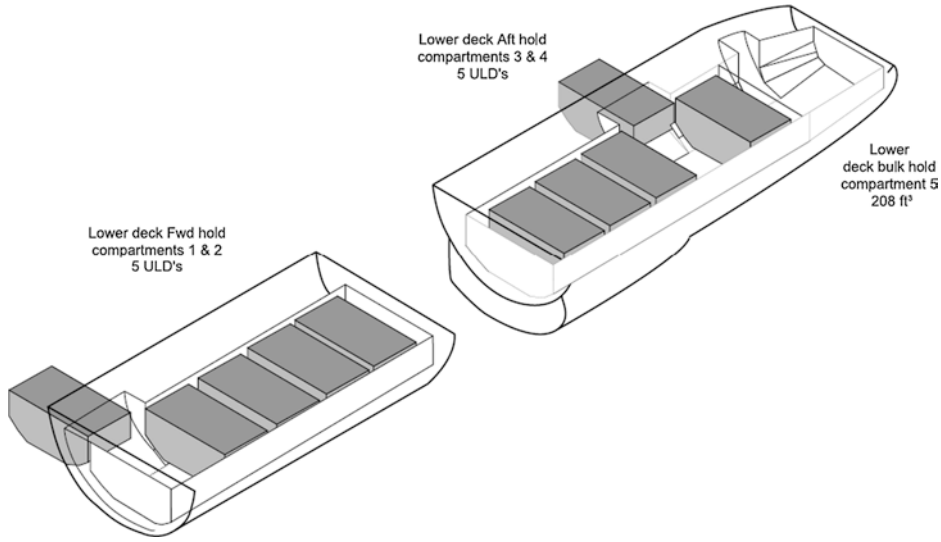


Abb. 6.16 Beispiel: Optionales Fracht-Ladesystem (Lower Deck) Airbus A321 [7]

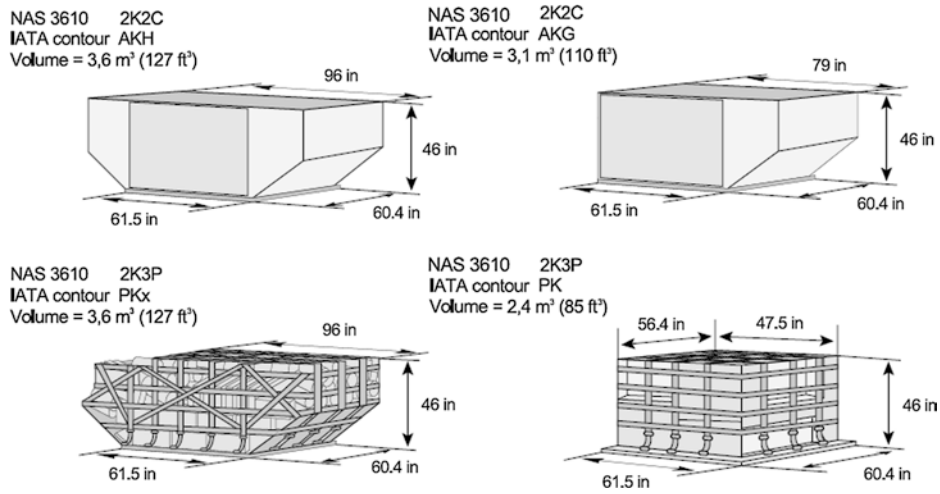


Abb. 6.17 Beispiel: Optionales Fracht-Ladesystem (Lower Deck) Airbus A321 [7]

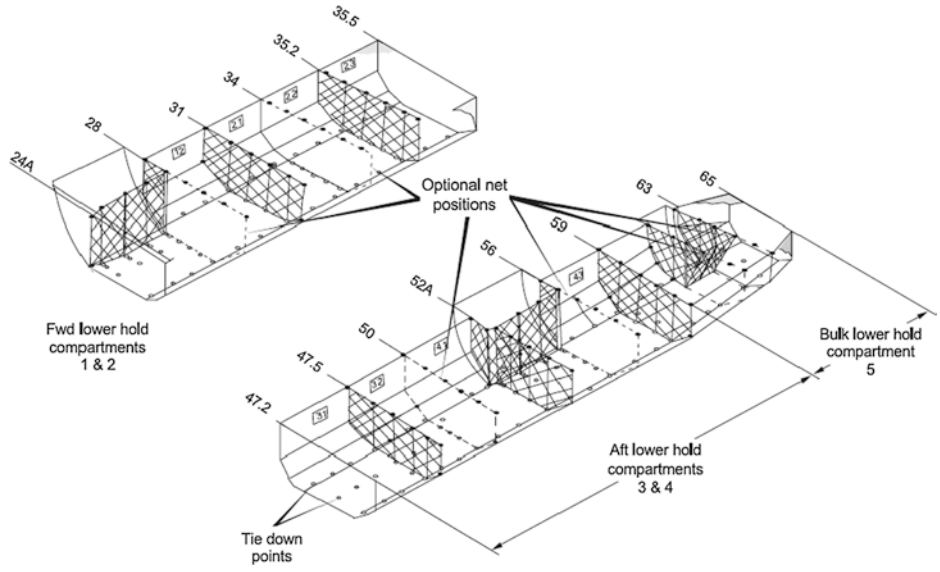


Abb. 6.18 Beispiel: Optionale Lademittel für den Airbus A321 (Lower Deck) [7]

6.4.3 Frachtflugzeuge

Die für den Einsatz auf interkontinentalen Langstrecken wichtigsten Frachtflugzeugmuster sind beispielsweise die Boeing 747, MD-11 und der geplante Airbus A380 F. Mit einer Nutzlast von rund 100.000 kg und mehr können sie ggf. jeweils 30 Ladeeinheiten im 10-Fuß-Format aufnehmen. Allgemein bezeichnet man Ladeeinheiten als ULD (Unit Load Device).

Darüber hinaus wird eine große Bandbreite weiterer Flugzeugmuster für den Nur-Fracht-transport genutzt. Frachtflugzeuge basieren größtenteils auf den Baumustern von Passagierflugzeugen. Zum Teil existieren von Flugzeugmustern auch Passagier- und Frachtversionen, oder aber Passagierflugzeugmuster, die zu Frachtern umgerüstet wurden. Eine Auswahl der für den Passagier- und Frachttransport relevanten Flugzeugmuster und deren Fracht- bzw. Beiladungskapazitäten zeigt Tab. 6.2.

Die Abb. 6.19, 6.20 und 6.21 zeigen Beispiele für reine Frachtflugzeuge.

Aber auch Flugzeuge mit geringerer Nutzlast, die auf Passagierflugzeugmustern basieren, werden für besondere Dienste, wie beispielsweise Kurier- und Expressdienste eingesetzt. Ein typisches Flugzeugmuster ist die British Aerospace BAe 146, ein Flugzeug mit

Abb. 6.19 Beispiel: Spezial-Frachtflugzeug Airbus A300-600ST (Beluga) [4]

Abb. 6.20 Beispiel: Transportflugzeug Airbus A400 M [4]

Abb. 6.21 Beispiel: Airbus Frachter A380F (Planung) [4]

ca. 12.000 kg Nutzlast, das mittels einfacher Abfertigungsgeräte zu be- und entladen ist. Solche Flugzeugmuster kommen besonders für die Verteilung von Fracht zwischen kleinen regionalen Flugplätzen und internationalen Hubs zum Einsatz.

6.4.4 Ladeeinheiten und Lademittel

Der primär nach aerodynamischen Gesichtspunkten gestaltete Flugzeugrumpf bedingt Restriktionen für die Dimensionen und die Form der Laderäume der Flugzeuge. Die ggf. extremen dynamischen Belastungen, verbunden mit hohen Sicherheitsanforderungen während des Lufttransports, bestimmen auch die Anforderungen an die Ladesicherung. Die geforderte Wirtschaftlichkeit der jeweiligen Flugdurchführung erfordert letztendlich die bestmögliche Auslastung und Ausnutzung Laderaums nach Masse oder Volumen. Daraus resultieren besondere Anforderungen an die Form und Auslegung der Lademittel. Auch das problemlose Be- und Entladen der Laderäume muss sichergestellt werden. Generell sind drei Arten von Laderäumen zu unterscheiden:

- Laderäume für lose Fracht (Belly Compartments),
- Laderäume für Flugzeug-Ladeeinheiten im Hauptdeck (Main Deck),
- Laderäume für Flugzeug-Ladeeinheiten im Unterflur-Bereich (Lower Deck).

Laderäume für lose Fracht sind, abhängig von Flugzeugmuster und Version, sehr vielfältig in ihrer Gestaltung. Niedrige Raumhöhen erschweren teilweise die Be- und Entladevorgänge. Laderäume für Flugzeug-Ladeeinheiten sind generell unter Nutzung von fördertechnischen Hilfsmitteln be- und entladbar. Der Zugang zu den Laderäumen erfolgt über seitliche Türen am Flugzeug (Abb. 6.22) sowie bei einzelnen Flugmustern (reine Frachtflugzeuge) auch über frontseitige Türen (Nose Door, (Abb. 6.23 und 6.24). Seitliche Türen ermöglichen einen größeren Öffnungsquerschnitt, was von Vorteil sein kann. Frontseitige Türen erlauben das Be- und Entladen der Ladeeinheiten ohne Drehung. Das Be- und Entladen erfolgt hier über das Andocken des Flugzeuges an eine stationäre Ladeeinrichtung. Die Nose-Door Version reiner Frachtflugzeuge ist nicht mehr so häufig anzutreffen.

Die zulässige Ladehöhe beträgt im Lower Deck 1,63 m und im Main Deck 2,44 m. Dieser Standard erleichtert die Ladungsdisposition und erlaubt den einfachen Wechsel kompletter Ladeeinheiten von einem Flugzeug zum anderen. Zu berücksichtigen ist aber, dass einzelne Flugzeugtypen auch geringere Laderaumhöhen als genannt aufweisen. Ebenso erlauben bestimmte Ladepositionen auch Ladehöhen von mehr als 3 m. Auf dem Main Deck können über die seitliche Tür standardisierte Einheiten bis zu 20 Fuß Länge geladen werden.

Abb. 6.22 Beispiel: Frachtflugzeug (A300) mit seitlichem Zugang zum Laderaum [102]

Abb. 6.23 Beispiel Frachtflugzeug (B747) frontseitigem Zugang zum Laderaum (Nose Door) [102]

Die Gestaltung der Flugzeug-Ladeeinheiten selbst ist den Bedingungen der Flugzeugmuster unterworfen. Die Anforderungen an die Handhabung und die Logistik sind dabei zweitrangig. Zur bestmöglichen Ausnutzung der unterschiedlichen Konturen der verschiedenen Laderäume existiert eine Vielzahl von Mustern von Flugzeug-Ladeeineiten. Diese können sowohl Container mit einer entsprechenden Vielfalt von Typen und Ausführungen sein, sowie auch auf Paletten gebaute, gesicherte Ladungen. Um eine minimale Eigenmasse zu erreichen, bestehen die Container wie auch die Paletten überwiegend aus Aluminiumlegierungen, Containeraufbauten teilweise auch aus faserverstärkten Kunststoffen. Die Standardisierungsvorgaben, die zwischen Flugzeugherstellern und Luftverkehrsgesellschaften vereinbart sind, beziehen sich u. a. auf die tragende Grundplattform der Lademittel. Hierin sind die statischen Anforderungen, ausgewählte Rastermaße für die Grundfläche sowie die der Fixierung der Einheiten im Flugzeug und der Befestigung der Ladungssicherung (Gurte und Netze) dienenden Profilrahmen festgelegt. Unter Berücksichtigung dieser Standards sind die Anforderungen an die ULD- (Unit Load Device) Handhabung sowie an die Umschlag- und Fördertechnik für ULD's, ob im Flugzeug, auf mobilen Geräten oder in stationären Anlagen, festgelegt (vgl. Abb. 6.25(a–d)).

Abb. 6.24 Beispiel Frachtflugzeug Airbus A300-600ST(Beluga) mit frontseitigem Zugang zum Laderaum (Nose Door), für Airbus Spezialtransporte [4]

Die Nutzung von Paletten statt Containern hat den Vorteil der Gewichtseinsparung und der Flexibilität. Mit Hilfe von Schablonen, die die max. zulässige Kontur der Ladung bezogen auf den Laderaum vorgeben, lassen sich die Ladeeinheiten an verschiedene Laderäume anpassen. Außerdem ist der Lager-, Transport- und Handlingaufwand für diese Lademittel geringer. Von Nachteil ist, dass die Ladung aufwendig mit Netzen und Gurten gesichert, und mit Folien gegen Witterungseinflüsse geschützt werden muss. Groß ist auch das Risiko, dass Konturverschiebungen und Überstände auftreten, die eine der häufigsten Störungsursachen beim Umschlag und Transport der Ladeeinheiten darstellen.

Tabelle 6.3 und 6.4 zeigen Maße und Volumen von üblichen Lademitteln für Luftfracht.

Große Ladeeinheiten werden zur Optimierung der Masse als Paletten gebaut. Bei kleinen Ladeeinheiten und im Hinblick auf eine besonders schnelle Be- und Entladung der Einheiten, werden häufig Container eingesetzt. In der Praxis führt dies dazu, dass vielfach die grobe Aufteilung wie, „Paletten“ für große Ladeeinheiten und „Container“ für kleine Ladeeinheiten, vorgenommen wird. Der in diesem Zusammenhang weltweit am häufigsten eingesetzte kleine Container ist der LD-3 (LD = Load Device), der neben

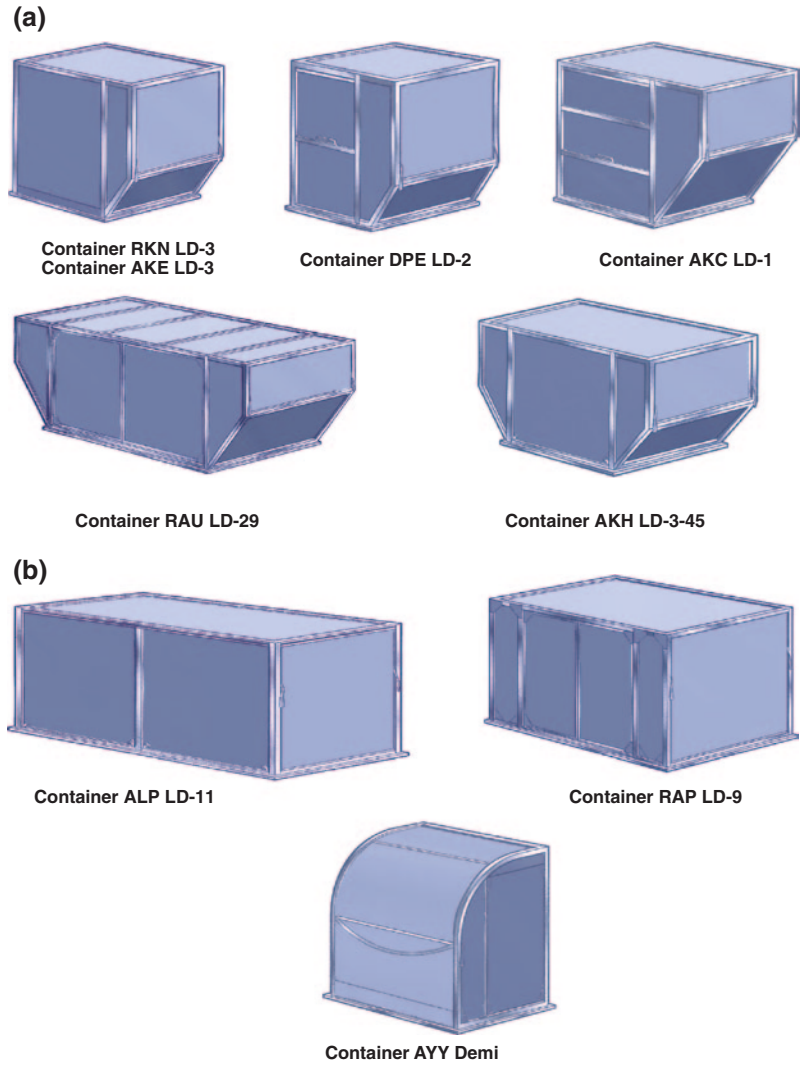


Abb. 6.25 (**a**–**c**) Beispiele für Lademittel (Container) [4]; (**d**) Beispiele für Lademittel (Paletten) [4]

Fracht auch für Gepäck genutzt wird. Die zulässigen Massen pro Ladeeinheit sind zum einen abhängig vom Lademittel. 10-Fuß-LD-Einheiten dürfen beispielsweise maximal eine Masse von 6.804 kg (15.000 Ibs) aufweisen, LD-3-Container maximal eine Masse von 1.588 kg (3.500 Ibs). Für die Gesamtladung eines Flugzeuges bestehen diverse weitere Masserestriktionen, die, bezogen auf einzelne Ladepositionen, maximale Massen

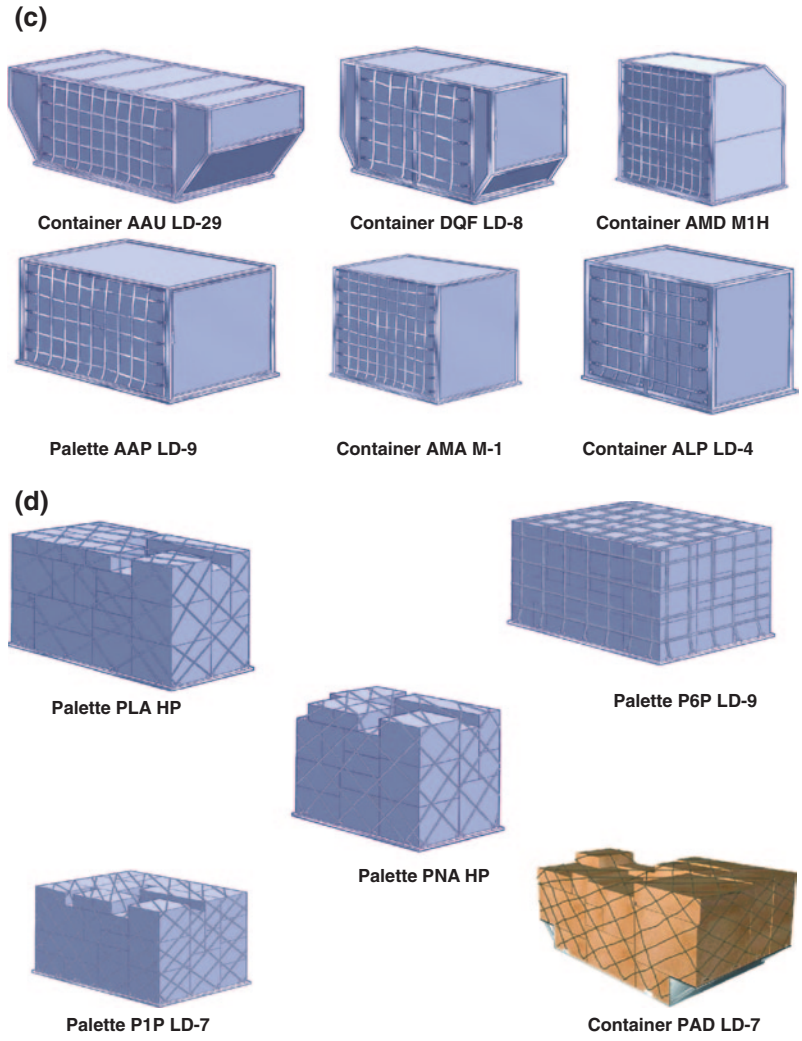


Abb. 6.25 (Fortsetzung)

pro Ladesegment vorgeben, um eine gleichmäßige Beladung des Flugzeuges (Mass and Balance) zu gewährleisten.

Trotz des hohen Wertes von Lademitteln ist die Umlaufmenge sehr groß. Bereits mit der Beschaffung des Flugzeuges werden i.d.R. mindestens drei komplette Sätze an Lademitteln eingeplant. Bei den kurzen Bodenzeiten der Flugzeuge besteht teilweise der zeitgleiche Bedarf für die auszuladende Ladung an Bord des Flugzeuges und die bereitstehende Ladung zur Beladung des Flugzeuges. Bei Luftverkehrsgesellschaften, die Netze bedienen, verschieben sich die Bestände weltweit. Dazu kommen Sondertypen

Tab. 6.3 Maße und Volumen von Lademitteln (Container) für Luftfracht [4]

Bezeichnung: Container	Maße (L × B × H) (m)	Innenmaße (L × B × H) (m)	Volumen (m^3)
A320/321	1,56 × 1,53 × 1,14	1,46 × 1,44 × 1,11	3,5
LD-3	1,56 × 1,53 × 1,63	1,95 × 1,42 × 1,50	4
LD-3 - Kühlgut -	1,56 × 1,53 × 1,63	1,82 × 1,40 × 1,32	2,8
LD-7	3,18 × 2,24 × 1,63	3,04 × 2,10 × 1,53	10
LD-7 - Kühlgut -	3,18 × 2,24 × 1,63	2,82 × 1,88 × 1,40	5
AAN	3,18 × 2,24 × 1,56	2,98 × 2,08 × 1,48	9
AAY	3,18 × 2,24 × 2,06	3,04 × 2,10 × 2,00	10
AMF	3,18 × 2,24 × 1,63	3,98 × 2,34 × 1,46	13
10 Fuß Con.	3,18 × 2,24 × 2,44	3,00 × 2,28 × 2,28	17
XYX-Box	1,53 × 1,16 × 1,60	1,50 × 1,15 × 1,52	2,6
Pferdebox (3 Pferde)	2,13 × 1,85 × 1,85	2,28 × 2,08 × 1,85	–

Tab. 6.4 Maße von Lademitteln (Paletten) für Luftfracht [4]

Bezeichnung: Palette	Außenmaße (L × B) (m)	Innenmaße (L × B) (m)
Standardpalette	3,18 × 2,24	3,04 × 2,10
10 Fuß-Palette	3,18 × 2,44	3,04 × 2,30
20 Fuß-Palette	6,06 × 2,44	5,92 × 2,30
A320/A321 Pal.	1,56 × 1,53	1,50 × 1,46
PYB-Palette	2,44 × 1,40	2,30 × 1,26
Auto-Palelle	4,98 × 2,44	4,85 × 2,30

von Ladeeinheiten, wie beispielsweise Kühlcontainer, Container für Tiertransporte oder Paletten für Kraftfahrzeuge. Die hohen Beanspruchungen, die Leichtbauweise und die Anforderungen an den Zustand der Lademittel erfordern außerdem Ersatzbestände bei notwendigen Reparaturen. Die Disposition und die Verwaltung von Lademitteln sind deshalb wichtige Aufgaben im Luftfrachtgeschäft. Abbildung 6.26 zeigt den Frachtraum eines Frachtflugzeuges (Rollen am Boden für Container oder Paletten).

Als Beispiel für ein modernes Frachtflugzeug wird nachfolgend der geplante Airbus 380F vorgestellt (Abb. 6.27, 6.28, 6.29, 6.30 und 6.31, Technische Daten vgl. Tab. 6.2).

Mit dem Airbus A380 in den verschiedenen geplanten Versionen sind Transportkapazität, Reichweite und Reisegeschwindigkeit im Unterschallbereich weitestgehend ausgereizt. Dennoch stellt sich die Frage nach der nächsten Flugzeuggeneration. Studien

Abb. 6.26 Frachtraum eines Frachtflugzeuges (Rollen für Container oder Paletten) [102]

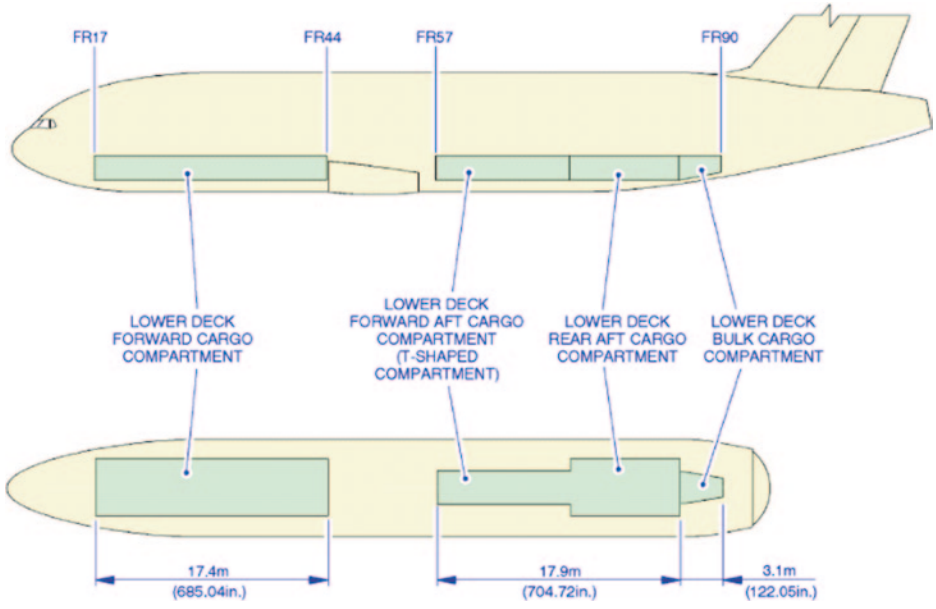


Abb. 6.27 Airbus A380 Frachter [12]

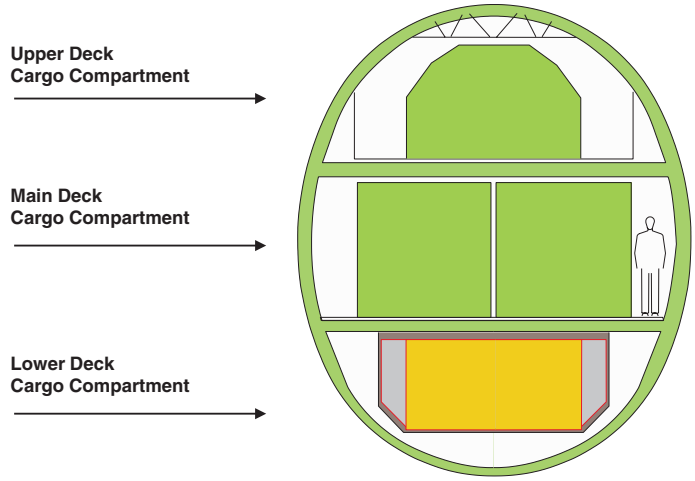


Abb. 6.28 Rumpfquerschnitt Airbus A380 Frachter [12]

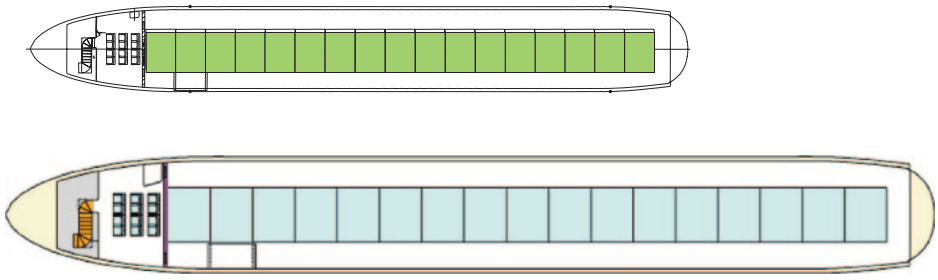


Abb. 6.29 Längsschnitt Airbus A380 Frachter, Oberdeck [12]

Abb. 6.30 Längsschnitt Airbus A380 Frachter, Mitteldeck [12]

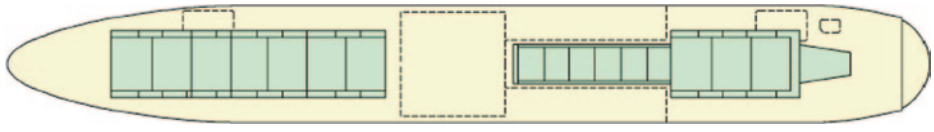


Abb. 6.31 Längsschnitt Airbus A380 Frachter, Unterdeck [12]

deuten auf den so genannten „Blended Wing Body“ (das Nurflügler-Konzept) hin. Die derzeit bekannten Studien bzw. Entwürfe dieser Nurflügler-Konzepte überschreiten aber denkbare Versionen des Airbus A380 mit bis zu 1.000 Passagiersitzen oder entsprechender Nutzlast nicht. Weiterhin gibt es derzeit ungelöste Probleme im Rahmen der Bodenabfertigung solcher Flugzeuge, der Sicherheitskonzepte, wie auch insgesamt in der Nutzung der derzeitigen Flughafenstrukturen.

Zulassungsanforderungen an Flugzeuge

7

7.1 Anforderungen an den Bau von Flugzeugen

Die Anforderungen an den Bau von Flugzeugen sind in den EASA Bauvorschriften (CS) geregelt. Sie legen die Grundsätze fest, die beim Bau von Luftfahrtgerät zu beachten sind. Dazu gehören u. a.:

1. sicheres Betriebsverhalten sowie ausreichende Betriebsleistungen und Betriebseigen schaften,
2. ausreichende Festigkeit gegenüber statischen und dynamischen Beanspruchungen,
3. zweckentsprechende Gestaltung und Bauausführung,
4. geeignete Bauweisen und Vorkehrungen für Notfälle,
5. eine dem jeweiligen Stand entsprechende Umweltverträglichkeit.

Demnach ist ein Luftfahrzeug lufttüchtig, wenn:

- es hinsichtlich der Gestaltung und Bauausführung einem zugelassenen Muster entspricht,
- es gemäß dem vom Luftfahrtbundesamt genehmigten (anerkannten) technischen Vorschriften für Betrieb und Materialerhaltung instand gehalten und vom Luftfahrtbundesamt genehmigte (anerkannte) Anweisungen hinsichtlich der Führung und der ein zuhaltenden Betriebsgrenzen vorhanden sind.

Der Verweis auf das zugelassene Muster ist gleichbedeutend mit der Aussage, dass die vom Gesetzgeber gestellte Grundforderung für die Inbetriebnahme eines Flugzeuges erfüllt, nämlich dessen einwandfreie Funktion und ausreichende Zuverlässigkeit unter vorgeschriebenen Betriebs- und Umfeldbedingungen nachgewiesen ist. (Der Begriff Muster steht hier für die Summe der in einem Flugzeugentwurf vereinigten und im Rahmen der Zulassung dokumentierten technischen Merkmale.)

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_7,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Der sachliche Geltungsbereich der EASA-Bauvorschriften (Certification Specification, CS) legt fest, dass Luftfahrtgerät, das nach den geltenden Vorschriften zum Nachweis der Verkehrssicherheit geprüft werden soll, entsprechend den in diesen Vorschriften und den zu ihrer Durchführung erlassenen Regelwerke entwickelt und hergestellt werden muss. Zum Luftfahrtgerät zählen Starrflügler (Flugzeuge), Drehflügler (Hubschrauber), Luftschiffe, Motorsegler, Segelflugzeuge, bemannte Ballone, Flugmodelle mit mehr als 20 kg max. Startmasse, Personenfallschirme, Startgeräte, Flugmotore, Propeller. Eine Übersicht über die EASA Bauvorschriften zeigt Tab. 7.1 Weiterhin zählen zum Luftfahrtgerät die Flugsicherungsausrüstungsgeräte der Luftfahrzeuge, und soweit sie zum Einbau oder zur Verwendung in Luftfahrzeugen bestimmt sind, d. h. Flugüberwachungsgeräte, Navigationsgeräte, Triebwerksüberwachungsgeräte, Flugregelungssysteme und -geräte, Reifen, Räder, Bremsen, Warngeräte, Rettungs- und Sicherheitsgeräte, Geräte der elektrischen Anlagen, Container, Paletten, Verzurrgeräte, Bordküchen, Sitze und Liegen, Geräte zur Ermittlung von Unfallursachen, Hilfskrafterzeuger, Schleppkupplungen für Segelflugzeug- und Bannerschlepp.

Tab. 7.1 Einteilung der EASA Bauvorschriften (CS) [77]

Abschnitt	Titel/Inhalt
CS 22	Segelflugzeuge/Motorsegler (Sailplans/Powered Sailplans)
CS 23	Motorflugzeuge (Normal-, Utility-, Aerobatic-/Commuter Aeroplanes)
CS 25	Große Flugzeuge (Large Aeroplanes)
CS 27	Kleine Drehflügler (Small Rotorcraft)
CS 29	Große Drehflügler (Large Rotorcraft)
CS 34	Emissionen von Flugmotoren und Kraftstoffentlüftungseinrichtungen (Aircraft Engine Emission and Fuel Venting)
CS 36	Fluglärm (Aircraft Noise)
CS APU	Hilfsgasturbinen (Auxiliary Power Units)
CS AWO	Allwetterflugbetrieb (All Weather Operations)
CS E	Triebwerke (Aero Engines)
CS ETSO	Europäisch, technische standardisierte Luftfahrtprodukte (European Technical Standard Orders)
CS Definitions	Begriffsbestimmungen und Abkürzungen (Definitions and Abbreviations)
CS P	Propeller (Propellers)
CS VLA	Ultraleicht Flugzeuge (Very Light Aeroplanes)
CS VLR	Ultraleicht Drehflügler (Very Light Rotorcraft)
AMC 20	Technisch Beschreibung und Festlegung von Luftfahrtprodukten, Bau- und Ausrüstungskomponenten (General AMC for Airworthiness of Products, Parts and Appliances)

7.2 Einteilung von Flugzeugen nach EASA Certification Specification

Die EASA Bau- und Zulassungsvorschriften detaillieren die Anforderungen an die technische Entwicklung der Flugzeuge. Sie geben auch vor, wie die Lufttüchtigkeit nachgewiesen wird. Die Bauvorschriften der EASA werden als Certification Specification (CS) bezeichnet. Für jede Bauvorschrift werden zwei „Bücher" erstellt. In Buch 1 sind die tatsächlichen Bauvorschriften aufgeführt, die in Produktgruppen (Subparts) unterteilt sind. Buch 2 enthält zugehörige Anwendungshinweise, die quasiverbindlichen Charakter haben. Dabei orientiert sich Buch 2 an der Struktur von Buch 1 (Abb. 7.1).

Die Grundsätze für die Bauvorschriften besagen, dass das Luftfahrtgerät und jedes seiner Teile so gestaltet und ausgeführt sein muss, dass sie den besonderen Anforderungen

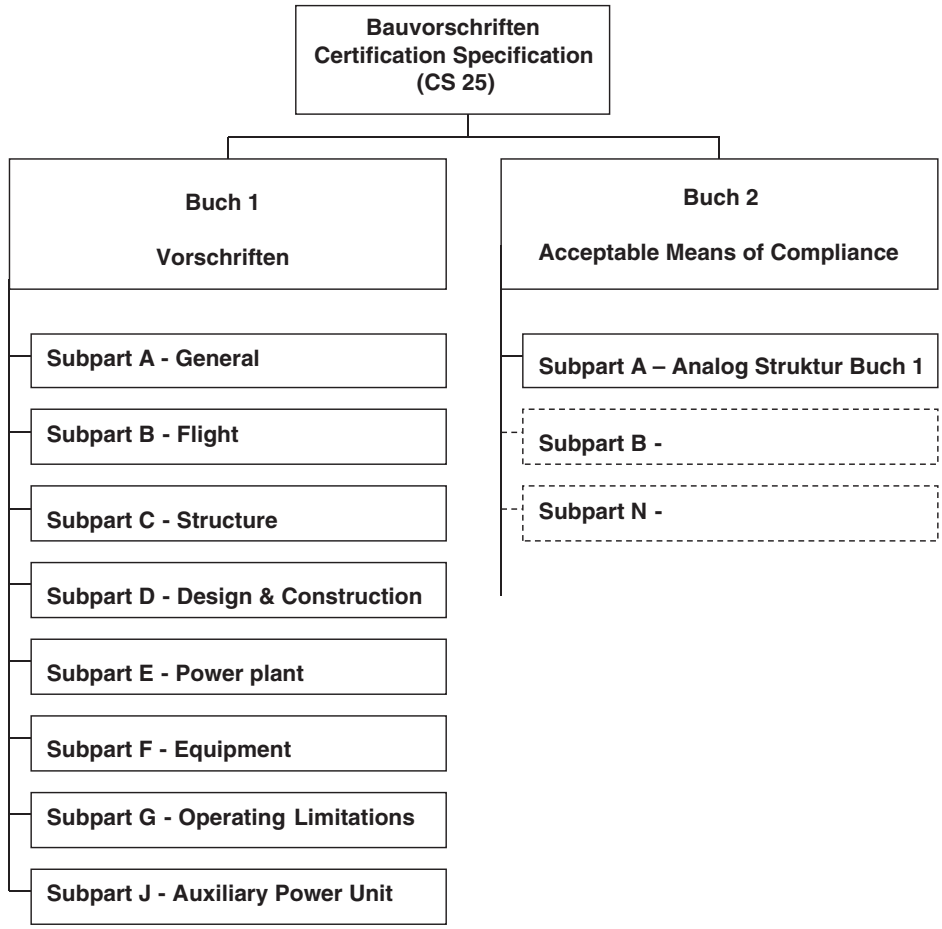


Abb. 7.1 Bauvorschriftenstruktur der EASA (CS 25 Large Aeroplanes) [77]

im Hinblick auf die Sicherheit im Luftverkehr genügen und bei bestimmungsgemäßer Verwendung einwandfrei und zuverlässig arbeiten.

Für den EASA-Bereich sind auch die vor 2003 aus der JAA-Zeit gültigen Joint Aviation Requirements (JAR) und die US-amerikanischen Bauvorschriften, die Federal Aviation Regulations (FAR) relevant. Die JAR's sind heranzuziehen, wenn Entwicklungen an einem Airbus-Flugzeugmuster vorgenommen werden, das die Musterzulassung erstmalig vor 2003 erhalten hat. Die FAR's finden in Europa Anwendung, wenn es sich um Entwicklungen von Änderungen oder Reparaturverfahren an Flugzeugmustern vor der Erstausgabe der JAR 25 handelt (Airbusmuster A300, A310). Jedoch sind für ausländische Produkte (die z. B. ursprünglich durch die FAA zugelassen wurden) bei EASA Zulassungen üblicherweise die europäischen Zulassungsvorschriften anzuwenden. Sind FAR oder JAR Bauvorschriften anzuwenden, ist zu berücksichtigen, dass teilweise ergänzend aktuelle Certification Specification eingehalten werden müssen, um die Konformität mit den aktuellen europäischen Regularien zu gewährleisten.

Die EASA legt bei der Prüfung von Musterzulassungen aus Drittstaaten grundsätzlich die eigenen Bauvorschriften zugrunde und greift nur in begründeten Ausnahmefällen auf die Bauvorschriften der zulassenden Luftfahrtbehörde zurück, wenn beispielsweise keine eigenen entsprechenden Vorschriften existieren etc.

7.3 Lufttüchtigkeitsvorschriften der ICAO

Durch die ICAO wurde bereits 1951 eine Kommission zur Entwicklung eines neuen Flugleistungscodes einberufen. Die Aufgabe bestand in der Schaffung eines neuen Codes bzgl. der Lufttüchtigkeit auf der Basis statistischer Methoden und Annahmen, und unter Berücksichtigung der Erfahrungen aller Beteiligten des Luftverkehrs (Behörden, Hersteller, Luftverkehrsgesellschaften). Folgende Festlegungen wurden getroffen und gelten bis heute:

1. Der Flug wird in einzelne Phasen und Elemente zerlegt, z. B. die Startphase in Startlaufstrecke, Startstrecke, Startabbruchstrecke, Beschleunigungsstrecke, Startsegmente;
2. Für jedes Element wird als Minimalkriterium eine Bezugsleistung (Performance) ermittelt, bei deren Unterschreitung unerwünschte Bedingungen eintreten;
3. Es wird eine zulässige Wahrscheinlichkeit für Unterschreitungen der Bezugsleistungen festgelegt. Das bedeutet, dass die Systeme eines Flugzeuges eine gewisse Ausfallwahrscheinlichkeit nicht überschreiten dürfen. Die geforderte Sicherheit steigt mit der Schwere der Folgen bei Ausfall eines Systems. Beispielsweise besitzen sicherheitskritische Systeme die Ausfallwahrscheinlichkeit von 10^{-9} pro Flugstunde.
4. Damit die vorgegebene „Incident Probability" nicht überschritten wird, müssen bei der Festlegung der Flugleistungsforderungen in den Vorschriften und Standards entsprechende Zuschläge zu den Bezugsleistungen gemacht werden, d. h.:

Bezugsleistung + Zuschlag (statistisch ermittelt) > Flugleistungsforderung in Vorschrift.

7.3.1 Mindestanforderungen an die Lufttüchtigkeit von Flugzeugen

Aus den geschilderten Überlegungen entstanden die im ICAO Annex 8, Airworthiness of Aircraft [143] und JAR-OPS 1 [157], für alle Phasen des Fluges festgelegten Mindestflugleistungsvorschriften. Die darin enthaltenen Leistungsreserven stellen sicher, dass auch bei Ausfall eines Triebwerks oder bei Ausfall von Systemen der Flug sicher fortgesetzt oder beendet werden kann. Die Mindestflugleistungen gewährleisten die sichere Durchführung des Fluges sowie die Erfüllung der Flugeigenschaften. Für folgende, die Flugeigenschaften bestimmende Parameter, existieren im entsprechenden Vorschriftenwesen Kriterien für vorgeschriebene Mindestanforderungen, betreffend:

- Steuerbarkeit,
- Sichere Abhebegeschwindigkeit beim Start,
- Trimmung,
- Stabilität,
- Überziehverhalten,
- Flattern und Schwingungen.

7.3.2 Anforderungen an die Flugleistungen von Flugzeugen

Unter dem Begriff Flugleistungen oder „Performance“ versteht man die Leistungsdaten eines Flugzeuges (z. B. Steigraten in den verschiedenen Steigflugsegmenten, Reisegeschwindigkeiten etc.) in den verschiedenen Phasen des Flugprofils. Die Flugleistungen eines Flugzeuges werden bei der Musterzulassung ermittelt, im Flughandbuch dokumentiert und veröffentlicht.

Das Flughandbuch (Flight Manual) ist die für jedes Flugzeugmuster behördlich erforderliche Betriebsvorschrift. Es ist damit Teil der Musterzulassung. Das Flughandbuch enthält die von der ICAO und den nationalen Luftfahrtbehörden festgelegten Angaben und Anweisungen für den Betrieb von Flugzeugen und bildet die Grundlage für die luftverkehrsgesellschaftsinterne Technische Flugdienstvorschrift (TFV) bzw. das Aircraft Operation Manual (AOM).

7.4 Anforderungen an die Ausrüstung von Flugzeugen

Zur Ausrüstung der Luftfahrzeuge (Flugzeuge) gehören die **Grundausrüstung**, die im Luftverkehrsgesetz, der 1. DV LuftBO § 1 [68] geregelt ist, die **Flugsicherungsausrüstung**, die in der Verordnung über die Flugsicherungsausrüstung der Luftfahrzeuge (Flugzeuge) (FSAV) [110] geregelt ist, und die **Ergänzungsausrüstung,** die in den Vorschriften der §§ 19 bis 22 LuftBO [69] geregelt ist.

7.4.1 Grundausrüstung

7.4.1.1 Gesetzliche Grundlagen

Der Geltungsbereich der 1. DV LuftBO § 1 [69] besagt:

1) Die Verordnung gilt für den Betrieb von Zivilflugzeugen zum gewerbsmäßigen Transport von Personen und Sachen durch Luftfahrtunternehmen.
2) Die in der Verordnung enthaltenen Verweise auf OPS beziehen sich auf den im Amtsblatt der EU bekannt gegebenen Anhang III der Verordnung (EWG) Nr. 3922/91 des Rates zur Harmonisierung der technischen Vorschriften und der Verwaltungsverfahren in der Zivilluftfahrt in der jeweils geltenden Fassung.
3) Für die Zwecke dieser Durchführungsverordnung gelten die Begriffsbestimmungen der OPS 1.1095 [78].

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen (OPS 1.630 [78]), dass ein Flug nur angetreten wird, wenn die vom Gesetzgeber geforderten Instrumente und Ausrüstungen in Übereinstimmung mit den anwendbaren Vorschriften, einschließlich der Mindestleistungsanforderungen und der Betriebs- und Lufttüchtigkeitsvorschriften, zugelassen und eingebaut sind, außer wenn in der Mindestausrüstungsliste gemäß OPS 1.030 [78] andere Festlegungen getroffen wurden.

Die Mindestleistungsanforderungen für Instrumente und Ausrüstungen sind die in den geltenden Spezifikationen zu den European Technical Standard Orders (CS-TSO) aufgeführt und anzuwenden, es sei denn, in den Betriebs- oder Lufttüchtigkeitsvorschriften sind abweichende Leistungsanforderungen festgelegt. Instrumente und Ausrüstungen, die bei Inkrafttreten der OPS andere Entwurfs- und Leistungsanforderungen als die ETSO erfüllen, dürfen weiterhin betrieben oder eingebaut werden, es sei denn, es sind zusätzliche Anforderungen festgelegt. Instrumente und Ausrüstungen, die bereits zugelassen sind, müssen eine geänderte ETSO oder eine geänderte andere Spezifikation nicht erfüllen, es sei denn, eine rückwirkende Anwendung ist vorgeschrieben. Ausrüstungsteile, die keiner Zulassung bedürfen sind [78]:

- Sicherungen gemäß OPS 1.635,
- elektrische Taschenlampen gemäß OPS 1.640,
- eine genau gehende Uhr gemäß OPS 1.650,
- Kartenhalter gemäß OPS 1.652,
- Bordapotheke gemäß OPS 1.745,
- medizinische Notfallausrüstung gemäß OPS 1.755,
- Megafone gemäß OPS 1.810,
- Überlebensausrüstung und pyrotechnische Signalmittel gemäß OPS 1.835 sowie Treibanker und Ausrüstung gemäß OPS 1.840 zum Festmachen, Verankern oder Manövrieren von Wasser- und Amphibienflugzeugen auf dem Wasser,
- Rückhaltesysteme für Kinder, gemäß OPS 1.730.

Ist die Benutzung einer Ausrüstung während des Fluges durch ein Flugbesatzungsmitglied von dessen Platz aus vorgesehen, muss diese Ausrüstung von dem Platz dieses Flugbesatzungsmitglieds aus leicht zu betätigen sein. Sollen einzelne Ausrüstungsteile von mehr als einem Flugbesatzungsmitglied bedient werden, müssen sie so eingebaut sein, dass sie von allen betreffenden Plätzen aus leicht zu bedienen sind. Instrumente müssen so angeordnet sein, dass das Flugbesatzungsmitglied, das sie benutzen soll, die Anzeigen mit möglichst geringer Veränderung seiner üblichen Sitzposition und seiner üblichen Blickrichtung in Flugrichtung leicht sehen kann. Wenn in einem Flugzeug, das von mehr als einem Flugbesatzungsmitglied bedient wird, ein Instrument nur einfach gefordert wird, muss es so eingebaut sein, dass es von den jeweiligen Flugbesatzungsplätzen aus sichtbar ist.

Elektrische Sicherungen (OPS 1.635 [78]) Der Luftfahrtunternehmer darf ein Flugzeug, in dem im Fluge austauschbare Schmelzsicherungen verwendet werden, nur betreiben, wenn Ersatzsicherungen verfügbar sind, und zwar mindestens 10 % der Anzahl dieser Sicherungen für jeden Nennwert oder mindestens drei Sicherungen eines jeden Nennwerts, maßgebend ist die höhere Anzahl.

Flugzeugbeleuchtung (OPS 1.640 [78]) Der Luftfahrtunternehmer darf ein Flug zeug nur betreiben, wenn dieses ausgerüstet ist für Flüge am Tage mit einer Zusammenstoßwarnlichtanlage, mit einer über die elektrische Anlage des Flugzeugs versorgten Beleuchtung für alle für den sicheren Betrieb des Flugzeugs wesentlichen Instrumente und Ausrüstungen, mit einer über die elektrische Anlage des Flugzeugs versorgten Beleuchtung für alle Fluggasträume und für jedes vorgeschriebene Besatzungsmitglied mit einer elektrischen Taschenlampe, die von dem vorgesehenen Sitz des Besatzungsmitglieds leicht erreichbar ist.

Für Flüge bei Nacht zusätzlich zu der genannten Ausrüstung mit Navigations-Positionslichtern und mit zwei Landescheinwerfern oder einem einzelnen Scheinwerfer mit zwei getrennt versorgten Leuchtfäden und, wenn es sich um Wasser- und Amphibienflugzeuge handelt, mit Lichtern, die die internationalen Richtlinien zur Vermeidung von Zusammenstößen auf See erfüllen.

Scheibenwischer (OPS 1.645 [78]) Der Luftfahrtunternehmer darf ein Flugzeug mit einer höchstzulässigen Startmasse von mehr als 5.700 kg nur betreiben, wenn für jeden Flugzeugführerarbeitsplatz ein Scheibenwischer oder eine gleichwertige Einrichtung vorhanden ist, um bei Niederschlag einen Teil der Windschutzscheibe freizuhalten.

7.4.1.2 Ausrüstung für Flüge nach Sichtflugregeln am Tag

Der Luftfahrtunternehmer darf ein Flugzeug nach Sichtflugregeln (VFR) am Tag nur betreiben, wenn die folgenden Flug- und Navigationsinstrumente sowie die zugehörige

Ausrüstungen vorhanden sind, bzw., soweit anwendbar, unter den nachfolgend aufgeführten Bedingungen (nach OPS 1.650 [78]):

- ein Magnetkompass,
- eine genau gehende Uhr, die Stunden, Minuten und Sekunden anzeigt,
- ein Feinhöhenmesser, der die Höhe in Fuß anzeigt, mit einer Unterskala in Hektopascal/Millibar, auf der jeder im Flug zu erwartende barometrische Druck eingestellt werden kann,
- ein Fahrtmesser, der die Fluggeschwindigkeit in Knoten anzeigt,
- ein Variometer,
- ein Wendezeiger mit Scheinlot oder ein Drehkoordinator mit Scheinlot,
- ein Fluglageanzeiger,
- ein erdmagnetfeldgestützter Kurskreisel,
- ein Außenluftthermometer mit Anzeige im Cockpit in Grad Celsius.

Für Flüge von nicht mehr als 60 Minuten Dauer mit Start und Landung auf demselben Flugplatz und innerhalb einer Entfernung von höchstens 50 NM von diesem Flugplatz können o.a. entsprechende Instrumente entweder durch einen Wendezeiger mit Scheinlot oder einen Drehkoordinator mit Scheinlot oder durch einen Fluglageanzeiger zusammen mit einem Scheinlot ersetzt werden.

Sind zwei Flugzeugführer vorgeschrieben, müssen für den 2. Flugzeugführer folgende separate Instrumente vorhanden sein:

- ein Feinhöhenmesser, der die Höhe in Fuß anzeigt, mit einer Unterskala in Hektopascal/Millibar, auf der jeder im Flug zu erwartende barometrische Druck eingestellt werden kann,
- ein Fahrtmesser, der die Fluggeschwindigkeit in Knoten anzeigt,
- ein Variometer,
- ein Wendezeiger mit Scheinlot oder ein Drehkoordinator mit Scheinlot,
- ein Fluglageanzeiger,
- ein erdmagnetfeldgestützter Kurskreisel.

Die Fahrtmesseranlage muss über eine Pitotrohrbeheizung oder über eine gleichwertige Einrichtung verfügen, um eine Fehlfunktion infolge Kondensation oder Vereisung zu verhindern. Dies gilt für Flugzeuge, deren höchstzulässige Startmasse mehr als 5.700 kg oder deren höchste genehmigte Fluggastsitzanzahl mehr als 9 beträgt, sowie für Flugzeuge, die am oder nach dem 1. April 1999 erstmals ein Lufttüchtigkeitszeugnis erhalten haben. Wenn Instrumente doppelt vorhanden sein müssen, schließt die Vorschrift für jeden Flugzeugführer eigene Anzeigen und gegebenenfalls eigene Wahlschalter oder andere zugehörige Ausrüstungen ein. Alle Flugzeuge müssen mit Einrichtungen versehen sein, die anzeigen, wenn die vorgeschriebenen Fluginstrumente nicht ordnungsgemäß mit Energie versorgt werden. Alle Flugzeuge, deren Kompressibilitätsgrenzwerte auf den

vorgeschriebenen Fahrtmessern nicht anderweitig angezeigt werden, müssen mit einer Machzahlanzeige an jedem Flugzeugführersitz ausgerüstet sein.

Der Luftfahrtunternehmer darf Flüge nach Sichtflugregeln (VFR) am Tag nur durchführen, wenn das Flugzeug für jedes im Cockpit diensttuende Flugbesatzungsmitglied mit einem Kopfhörer mit angebautem Mikrofon oder einer gleichwertigen Einrichtung ausgerüstet ist.

7.4.1.3 Ausrüstung für Flüge nach Instrumentenflugregeln oder Nachtflugbetrieb

Der Luftfahrtunternehmer darf ein Flugzeug nach Instrumentenflugregeln oder nach Sichtflugregeln bei Nacht nur betreiben, wenn die folgenden Flug- und Navigationsinstrumente und zugehörigen Ausrüstungen vorhanden sind, bzw., soweit anwendbar, unter den nachfolgend aufgeführten Bedingungen (nach OPS 1.652 [78]):

- ein Magnetkompass,
- eine genau gehende Uhr, die Stunden, Minuten und Sekunden anzeigt,
- zwei Feinhöhenmesser, die die Höhe in Fuß anzeigen, mit je einer Unterskala in Hektopascal/Millibar, auf der jeder im Flug zu erwartende barometrische Druck eingestellt werden kann. Diese Höhenmesser müssen über eine Zählwerks-Zeigerdarstellung oder eine gleichwertige Darstellung verfügen,
- eine Fahrtmesseranlage mit Pitotrohrbeheizung oder einer gleichwertigen Einrichtung, um eine Fehlfunktion infolge Kondensation oder Vereisung zu verhindern, einschließlich einer Warnanzeige bei Ausfall der Pitotrohrbeheizung. Diese Warnanzeige ist nicht gefordert für Flugzeuge mit einer höchsten genehmigten Fluggastsitzanzahl von 9 oder weniger oder mit einer höchstzulässigen Startmasse von 5.700 kg oder weniger und, sofern das derzeitige Lufttüchtigkeitszeugnis vor dem 1. April 1998 ausgestellt worden ist,
- ein Variometer,
- ein Wendezeiger mit Scheinlot,
- ein Fluglageanzeiger,
- ein erdmagnetfeldgestützter Kurskreisel,
- ein Außenluftthermometer mit Anzeige im Cockpit in Grad Celsius,
- zwei unabhängige Systeme für statischen Druck. Für propellergetriebene Flugzeuge mit einer höchstzulässigen Startmasse von 5.700 kg oder weniger ist eine Anlage für statischen Druck mit einer alternativen Entnahmestelle für statischen Druck zulässig.

Sind zwei Flugzeugführer vorgeschrieben, müssen für den 2. Flugzeugführer folgende separate Instrumente vorhanden sein:

- ein Feinhöhenmesser, der die Höhe in Fuß anzeigt, mit einer Unterskala in Hektopascal/Millibar, auf der jeder im Flug zu erwartende barometrische Druck eingestellt werden kann Dieser Feinhöhenmesser kann einer der geforderten Höhenmesser sein. Die Höhenmesser müssen über eine Zählwerks-Zeiger- darstellung oder eine gleichwertige Darstellung verfügen,

- eine Fahrtmesseranlage mit Pitotrohrbeheizung oder einer gleichwertigen Einrichtung, um eine Fehlfunktion infolge Kondensation oder Vereisung zu verhindern, einschließlich einer Warnanzeige bei Ausfall der Pitotrohrbeheizung. Diese Warnanzeige ist nicht gefordert für Flugzeuge mit einer höchsten genehmigten Fluggastsitzanzahl von 9 oder weniger oder mit einer höchstzulässigen Startmasse von 5.700 kg oder weniger und, sofern das derzeitige Luft tüchtigkeitszeugnis vor dem 1. April 1998 ausgestellt worden ist,
- ein Variometer,
- ein Wendezeiger mit Scheinlot,
- ein Fluglageanzeiger,
- ein erdmagnetfeldgestützter Kurskreisel.

Flugzeuge mit einer höchstzulässigen Startmasse von mehr als 5.700 kg oder mit einer höchsten genehmigten Fluggastsitzanzahl von mehr als 9 müssen außerdem mit einem unabhängigen Reserveinstrument zur Fluglageanzeige ausgerüstet sein, das von jedem Flugzeugführersitz aus benutzt werden kann. Das Instrument muss während des normalen Betriebs ständig mit Energie versorgt, und nach vollständigem Ausfall der normalen Stromversorgung aus einer Energiequelle, die unabhängig von der normalen Stromversorgung ist, gespeist werden. Nach vollständigem Ausfall der normalen Stromversorgung muss es noch mindestens 30 Minuten lang zuverlässig arbeiten, das unter Berücksichtigung anderer Verbraucher, die aus der Notstromquelle versorgt werden, und der Betriebsverfahren, die unabhängig von allen anderen Fluglageanzeigegeräten arbeiten. Bei vollständigem Ausfall der normalen Stromversorgung muss es automatisch in Betrieb, sowie in allen Betriebsphasen auch ausreichend beleuchtet sein. Ausgenommen hiervon sind Flugzeuge mit einer höchstzulässigen Startmasse von 5.700 kg oder weniger, die am 1. April 1995 bereits in einem Mitgliedstaat eingetragen waren, und die mit einem Reserveinstrument zur Fluglageanzeige auf der linken Instrumententafel ausgestattet sind.

Es muss für die Flugzeugbesatzung klar ersichtlich sein, wenn das geforderte Reserveinstrument zur Fluglageanzeige mit Notstromversorgung arbeitet. Ist für das Instrument eine eigene Stromquelle vorhanden, muss entweder auf dem Instrument selbst oder auf der Instrumententafel angezeigt werden, wenn diese Versorgung in Betrieb ist. Ein Kartenhalter, muss so angebracht sein, dass eine gute Lesbarkeit der Karten gewährleistet ist. Für Nachtflugbetrieb muss er beleuchtet sein. Wenn das Reserveinstrument zur Fluglageanzeige nach EASA CS 25.1303 oder einer gleichwertigen Vorschrift zugelassen ist, können die Wendezeiger mit Scheinlot durch Scheinlotanzeiger ersetzt werden. Wenn Instrumente doppelt vorhanden sein müssen, schließt die Vorschrift für jeden Flugzeugführer eigene Anzeigen und gegebenenfalls eigene Wahlschalter oder andere zugehörige Ausrüstungen ein. Alle Flugzeuge müssen mit Einrichtungen versehen sein, die anzeigen, wenn die vorgeschriebenen Fluginstrumente nicht ordnungsgemäß mit Energie versorgt werden. Alle Flugzeuge, deren Kompressibiltätsgrenzwerte auf den vorgeschriebenen Fahrtmessern nicht anderweitig angezeigt werden, müssen mit einer Machzahlanzeige an jedem Flugzeugführersitz ausgerüstet sein.

Der Luftfahrtunternehmer darf Flüge nach Instrumentenflugregeln oder bei Nacht nur durchführen, wenn das Flugzeug für jedes im Cockpit diensttuende Flugbesatzungsmitglied mit einem Kopfhörer mit angebautem Mikrofon oder einer gleichwertigen Einrichtung und für jeden vorgeschriebenen Piloten mit einer Sendetaste am Steuerhorn ausgerüstet ist.

7.4.2 Flugsicherungsausrüstung

Die Verordnung über die Flugsicherungsausrüstung der Luftfahrzeuge (FSAV [110]) legt im § 1 den Geltungsbereich fest. Danach müssen Luftfahrzeuge, die im deutschen Luftraum betrieben werden, mit der für die sichere Durchführung der Flugsicherungsverfahren notwendigen Flugsicherungsausrüstung nach den Vorschriften dieser Verordnung ausgerüstet sein. § 2 [110] legt die Beschaffenheit und Betriebstüchtigkeit der Flugsicherungsausrüstung fest, d. h.:

1) Die Flugsicherungsausrüstung der Luftfahrzeuge darf nur aus Anlagen, Geräten und Baugruppen bestehen, die auf Grund ihrer Eigenschaften und Leistungen unter Beachtung der festgelegten Verwendungsgrenzen einen zuverlässigen Betrieb gewährleisten und nach international anerkannten Standards als Luftfahrtgerät zugelassen sind. Darüber hinaus muss die Flugsicherungsausrüstung für den jeweiligen Verwendungszweck dem geltenden aktuellen Stand der Technik entsprechen. Das Luftfahrt-Bundesamt kann ergänzende Anforderungen oder Erleichterungen im Bundesanzeiger und in den Nachrichten für Luftfahrer bekannt machen.
2) Das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen oder eine andere von ihm bestimmte Stelle kann in begründeten Einzelfällen von den nachfolgenden Ausrüstungspflichten Ausnahmen zulassen, soweit dadurch die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere die Sicherheit des Luftverkehrs und seine flüssige Abwicklung, nicht beeinträchtigt wird. Die Ausnahmen können mit Auflagen verbunden werden.
3) Zur Vermeidung von elektromagnetischen Störungen und von unnötiger Funkfeldbelastung kann der Betrieb aktiver (mit Sendefunktion) elektronischer Bordsysteme, die als Luftfahrtgerät zugelassen, aber nach den Vorschriften dieser Verordnung nicht gefordert sind, durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen oder eine andere von ihm bestimmte Stelle für Flüge im deutschen Luftraum untersagt werden.

7.4.2.1 Flugsicherungsausrüstung für Flüge nach Sichtflugregeln

1) Nach § 4 FSAV [110] ist für Flüge nach Sichtflugregeln für Flugzeuge, Drehflügler, Motorsegler, Segelflugzeuge, aerodynamisch gesteuerte Ultraleichtflugzeuge und Tragschrauber, Luftschiffe und Freiballone folgende Ausrüstung verbindlich vorgeschrieben: ein UKW-Sende-/Empfangsgerät, das mindestens die für den vorgesehenen Flug erforderlichen Frequenzen aus dem Bereich von 118,000 bis 136,975 MHz umfasst. Die Sendeleistung und die Empfängerempfindlichkeit müssen mindestens

so groß sein, dass unter Berücksichtigung der flugbetrieblichen Eigenschaften des Luftfahrzeuges und der beflogenen Strecke ein einwandfreier Sprechfunkverkehr mit den Flugverkehrskontroll- oder Informationsstellen durchgeführt werden kann.

2) Ausgenommen davon sind aerodynamisch gesteuerte Ultraleichtflugzeuge und Tragschrauber, bei denen der Einbau eines nach luftrechtlichen Vorschriften zu gelassenen UKW-Sende-/Empfangsgerätes aus technischen Gründen nicht möglich ist und die sich in Lufträumen bewegen, in denen keine Hörbereitschaft vorgeschrieben ist, wenn dafür Funkgeräte kleiner Leistung, die vom Flugsicherungsunternehmen zugelassen sind, benutzt werden.
3) Punkt 1) gilt nicht für Flüge an Flugplätzen ohne Flugverkehrskontrollstelle, die bei Tage durchgeführt werden, und nicht über die Umgebung des Startflugplatzes hinausführen (§ 3a Abs. 3 der Luftverkehrs-Ordnung [70]). Örtliche Regelungen der zuständigen Luftfahrtbehörde eines Landes (§ 21a Abs. 1 der Luftverkehrs- Ordnung [70]) bleiben unberührt.
4) Die Flugverkehrskontrollstellen können im Einzelfall in Kontrollzonen, von und zu Flugplätzen mit Flugverkehrskontrollstellen und für Kunstflüge im kontrollierten Luftraum Flüge mit Luftfahrzeugen ohne UKW-Sende-/Empfangsgerät oder mit einem vom Flugsicherungsunternehmen zugelassenen Funkgerät kleiner Leistung zulassen, soweit dadurch die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere die Sicherheit des Luftverkehrs, nicht beeinträchtigt wird.
5) Für folgende Flüge nach Sichtflugregeln müssen Luftfahrzeuge mit einem Sekundärradar-Antwortgerät (Transponder) ausgerüstet sein:
   1. Flüge in Lufträumen der Klassen C sowie D (nicht Kontrollzone),
   2. Flüge in Lufträumen mit vorgeschriebener Transponderschaltung (Transponder Mandatory Zone (TMZ)),
   3. Flüge bei Nacht im kontrollierten Luftraum,
   4. Flüge mit motorgetriebenen Luftfahrzeugen, ausgenommen in der Betriebsart Segelflug, oberhalb 5.000 Fuß über NN oder oberhalb einer Höhe von 3.500 Fuß über Grund, wobei jeweils der höhere Wert maßgebend ist.

   Der Transponder muss über den Abfragemodus A mit 4.096 Antwortcodes und den Abfragemodus C mit automatischer Höhenübermittlung verfügen. Seit dem 31. März 2005 ist für neue Luftfahrzeuge, und seit dem 31. März 2008 für alle Luftfahrzeuge ein Transponder der Mode-S Technik, gemäß gültigem internationalen Standard (mindestens Level 2 mit SI-Code und Elementary Surveillance (ELS) Funktionalität), erforderlich. Ausnahmen zu den Nummern 1 und 2 werden vom Flugsicherungsunternehmen in den Nachrichten für Luftfahrer bekannt gemacht.
6) Flugzeuge, Drehflügler, Motorsegler und motorgetriebene aerodynamisch gesteuerte Ultraleichtflugzeuge und Tragschrauber müssen außerdem ausgerüstet sein mit einem VOR-Navigationsempfänger, der die nach gültigem internationalen Standard geforderte Störfestigkeit gegenüber UKW-Rundfunksendern (FM-Immunity) aufweist, oder einem Flächennavigationsgerät für:

1. Flüge in Lufträumen der Klasse C,
2. Flüge bei Nacht im kontrollierten Luftraum außerhalb der Sichtweite eines für den Nachtflugbetrieb genehmigten und befeuerten Flugplatzes,
3. Flüge über Wolkendecken.

Für Flüge bei Nacht im unkontrollierten Luftraum außerhalb der Sichtweite eines für den Nachtflugbetrieb genehmigten und befeuerten Flugplatzes ist alternativ ein automatisches Funkpeilgerät (ADF) ausreichend.

7.4.2.2 Flugsicherungsausrüstung für Flüge nach Instrumentenflugregeln

(1) Nach § 3 FSAV [110] müssen Flugzeuge für Flüge nach Instrumentenflugregeln ausgerüstet sein mit:

1. zwei UKW- (VHF-) Sende-/Empfangsgeräten (einstellbarer Frequenzbereich: 18,000-136,975 MHz) für den Sprechfunkverkehr im beweglichen Flugfunkdienst mit den Flugverkehrskontrollstellen, wobei für Flüge im oberen Luftraum (oberhalb Flugfläche 245) diese Geräte für den Betrieb im 8,33 kHz-Kanalraster geeignet sein müssen;
2. zwei Empfangsgeräten für die Signale von UKW-Drehfunkfeuern (VOR-Navigations -Empfangsanlagen), die die nach gültigem internationalen Standard geforderte Störfestigkeit gegenüber UKW-Rundfunksendern (FM-Immunity) aufweisen, wobei eines dieser Empfangsgeräte entfallen kann, wenn eine von der VOR-Navigations- Empfangsanlage unabhängige funktionsfähige Flächennavigationsausrüstung nach Absatz 1 Nr. 6 [110] vorhanden ist;
3. einem automatischen Funkpeilgerät (ADF), das den Frequenzbereich 200,0 kHz bis 526,5 kHz umfasst und eine Richtungsanzeige und eine Abhörmöglichkeit besitzt, soweit dieses für die Nutzung von An-/Abflugverfahren vorgeschrieben ist;
4. einem Sekundärradar-Antwortgerät (Transponder), das für den Abfragemodus A mit 4096 Antwortcodes und für den Abfragemodus C mit automatischer Höhenübermittlung ausgestattet ist. Ab dem 31. März 2004 gilt für neue Luftfahrzeuge und ab dem 31. März 2005 für alle Luftfahrzeuge die Mode-S Technik gemäß dem gültigen internationalen Standard (mindestens Level 2 mit SI Code und Elementary Surveillance ELS Funktionalität). Für alle Luftfahrzeuge, die eine höchstzulässige Startmasse von mehr als 5.700 kg aufweisen oder mit einer wahren Eigengeschwindigkeit (True Airspeed, TAS) von mehr als 250 Knoten betrieben werden, ist ab dem 31. März 2007 zusätzlich die Funktionalität Enhanced Surveillance (EHS) gefordert;
5. einem Funkentfernungsmessgerät (DME-Interrogator);
6. einer Basisflächennavigationsausrüstung (B-RNAV) mit einer erforderlichen Navigationsgenauigkeit von mindestens ±5 Nautischen Meilen, soweit die jeweilige Navigationsgenauigkeit für den jeweiligen Luftraum, die jeweilige Streckenführung oder das jeweilige Flugverfahren durch das Luftfahrt-Bundesamt vorgeschrieben

und in den Nachrichten für Luftfahrer veröffentlicht ist. Sofern durch das Luftfahrt-Bundesamt für den jeweiligen Luftraum, die jeweilige Streckenführung oder das jeweilige Flugverfahren eine Navigationsgenauigkeit von mindestens ± einer Nautischen Meile vorgeschrieben und in den Nachrichten für Luftfahrer veröffentlicht ist, muss eine Präzisionsflächennavigationsausrüstung (P-RNAV) vorhanden sein, deren Datenbank die gültigen Navigationsdaten enthält;

7. einem Kollisionsschutzsystem (Airborne Collision Avoidance System, ACAS II) gemäß dem gültigen internationalen Standard (mindestens TCAS II mit Software Change 7), soweit es sich um turbinengetriebene Flugzeuge mit mehr als 30 Sitzplätzen oder mit einer höchstzulässigen Startmasse von mehr als 15.000 kg handelt. Ab 1. Januar 2005 gilt dies auch für turbinengetriebene Flugzeuge mit mehr als 19 Sitzplätzen oder mit einer höchstzulässigen Startmasse von mehr als 5.700 kg.

(2) Für Anflüge nach dem Instrumenten-Landesystem (ILS) müssen Luftfahrzeuge ausgerüstet sein mit:
   1. einem Empfangsgerät für die Signale von ILS-Landekurssendern (ILS-Landekurs-emfangsanlage), das die nach gültigem internationalen Standard geforderte Störfestigkeit gegenüber UKW-Rundfunksendern (FM-Immunity) aufweist;
   2. einem Empfangsgerät für die Signale von ILS-Gleitwegsendern (ILS-Geitweg empfangsanlage);
   3. einem UKW-Empfangsgerät mit einer Anzeigeeinrichtung für die Signale der Markierungsfunkfeuer;
   4. einem Gerät für die gemeinsame Anzeige der Signale der ILS-Landekurssender und Gleitwegsender.

(3) Für Flüge nach Instrumentenflugregeln im Luftraum mit reduzierter Höhenmindeststaffelung (RVSM-Luftraum) müssen Luftfahrzeuge zusätzlich ausgerüstet sein mit:
   1. zwei voneinander unabhängigen barometrischen Höhenmesseranlagen,
   2. einer Höhenwarnanlage und
   3. einem Flugregler mit Höhenhaltung.

Die Luftfahrzeuge müssen als Luftfahrzeuggruppe (Group Aircraft) oder als einzelnes Luftfahrzeug (Non-Group Aeroplane) hierfür zugelassen sein.

7.4.3 Ergänzungsausrüstung

Zur Ergänzungsausrüstung, die durch den **Verwendungszweck** erforderlich ist führt § 19 LuftBO [69] aus:

1) Luftfahrzeuge, die für die Beförderung von Personen oder Sachen verwendet werden, müssen ausgerüstet sein mit:

1. einem Sitz für jede Person und einem Anschnallgurt für jeden Sitz; zwei Kinder mit einem Höchstalter bis zu zwei Jahren oder ein Kind mit einem Höchstalter bis zu zwei Jahren und ein Erwachsener können auf einem Sitz untergebracht werden; in Flugzeugen, die nicht in der Lufttüchtigkeitsgruppe Verkehrsflugzeuge zugelassen sind, und sonstigen Luftfahrzeugen mit einem höchstzulässigen Flugmasse bis zu 5.700 kg können zwei Kinder mit einem Höchstalter bis zu 10 Jahren auf einem Sitz untergebracht werden, wenn dadurch die Sicherheit und Ordnung nicht gefährdet wird; Freiballone sind von den Vorschriften dieser Nummer aus genommen;
2. Einrichtungen, Sicherheits- und Rettungsgeräten zum Schutz der Insassen in Notlagen und bei Unfällen;
3. Einrichtungen und Geräten mit Ausnahme der Luftsportgeräte, die es ermöglichen, den Insassen Verhaltensmaßregeln zu erteilen;
4. Einrichtungen, die zur Sicherung der beförderten Sachen erforderlich sind.

2) Luftfahrzeuge, die für Luftarbeit verwendet werden, müssen mit Geräten und Einrichtungen, die eine sichere Durchführung der Arbeitsflüge ermöglichen, ausgerüstet sein. Bei Flügen zum Absetzen von Fallschirmspringern kann der Kabinenboden des Luftfahrzeugs als Sitzfläche benutzt werden, soweit dies nach den Festlegungen im Flughandbuch zulässig ist. Auch in diesem Fall muss ein Anschnallgurt für jeden Fallschirmspringer an seinem Sitzplatz vorhanden sein.

Zur Ergänzungsausrüstung, die durch die **Betriebsart** erforderlich ist, führt § 20 LuftBO [69] aus:

1) Für Flüge nach Instrumentenflugregeln, für kontrollierte Flüge nach Sichtflugregeln und für Flüge nach Sichtflugregeln über geschlossenen Wolkendecken müssen die Luftfahrzeuge mit den für eine sichere Durchführung der Flüge unter den zu erwartenden Betriebsbedingungen und vorgeschriebenen Landeverfahren erforderlichen Flugüberwachungs- und Navigationsgeräten und Flugregelsystemen ausgerüstet sein. Das gleiche gilt für Wolkenflüge mit Segelflugzeugen.
2) Für Kunstflüge müssen die Luftfahrzeuge mit einem vierteiligen Anschnallgurt für jeden Insassen ausgerüstet sein.

Zur Ergänzungsausrüstung, die durch **äußere Betriebsbedingungen** erforderlich ist führt § 21 LuftBO [69] aus:

1) Für Flüge über Wasser, bei denen im Falle einer Störung mit einer Notlandung auf dem Wasser zu rechnen ist, und für Flüge über unerschlossenen Gebieten, bei denen im Falle einer Störung mit einer Notlandung auf nicht vorbereitetem Gelände zu rechnen ist, müssen die Luftfahrzeuge entsprechend den zu erwartenden Verhältnissen mit den erforderlichen Rettungs- und Signalmitteln ausgerüstet sein.
2) Für Flüge über 6.000 m (20.000 ft) NN müssen Luftfahrzeuge für die gewerbsmäßige Beförderung von Personen mit Druckkabine ausgerüstet sein. Luftfahrzeuge

mit Druckkabine müssen mit einer Sauerstoffanlage und Atemgeräten ausgestattet sein und für Flüge über 3.000 m (10.000 ft) NN einen angemessenen Sauerstoffvorrat mitführen. Für Flüge über 7.600 m (25.000 ft) NN müssen alle diensthabenden Mitglieder der Flugbesatzung schnell anlegbare Sauerstoffmasken griffbereit haben. Flugzeuge mit Druckkabine, die nach dem 1. Juli 1962 erstmals zugelassen sind und für Flüge über 7.600 m (25.000 ft) NN eingesetzt werden sollen, müssen mit einer Warnanlage für gefährlichen Druckabfall ausgerüstet sein. Luftfahrzeuge ohne Druckkabine müssen mit einer Sauerstoffanlage und Atemgeräten sowie einem angemessenen Sauerstoffvorrat ausgestattet sein, wenn sie mehr als 30 Minuten in Höhen über 3.600 m (12.000 ft) NN, im gewerbsmäßigen Luftverkehr in Höhen über 3.000 m (10.000 ft) NN, fliegen oder wenn sie 4.000 m (13.000 ft) NN übersteigen.

3) Für Flüge unter Wetterbedingungen, bei denen Vereisung zu erwarten ist, müssen alle Luftfahrzeuge mit Einrichtungen zur Verhütung oder zur Beobachtung und Beseitigung von Eisansatz ausgerüstet sein.
4) Für Flüge nach Sichtflugregeln bei Nacht sind Luftfahrzeuge zusätzlich zu den Lichtern, die nach der Luftverkehrs-Ordnung zu führen sind, mit einer Instrumentenbeleuchtung auszurüsten. Für Flüge nach Instrumentenflugregeln bei Nacht müssen Luftfahrzeuge außerdem mit Landescheinwerfern, Beleuchtungsanlagen für die Führer-, Fluggast- und Frachträume sowie mit elektrischen Handlampen, die unabhängig vom Bordnetz sind, ausgerüstet sein.

Die **zusätzliche Ergänzungsausrüstung** ist § 22 LuftBO [69] zu entnehmen:

Die zuständige Stelle kann zusätzliche Geräte oder Anlagen, die für die Sicherheit des Luftverkehrs erforderlich sind, für die Ausrüstung der Luftfahrzeuge vorschreiben. Das gilt auch für Geräte, die zur Ermittlung von Unfallursachen beitragen können.

7.5 Auslegungsrichtlinien Cockpit

Die Gestaltung eines Cockpits kann nicht willkürlich erfolgen, sie ist vielmehr an bestimmte Rahmenbedingungen bzw. gesetzliche Vorschriften gebunden. So heißt es sinngemäß in den Lufttüchtigkeitsforderungen für Flugzeuge (z. B. JAR-25 [156]):

- Cockpit und Cockpitausrüstung müssen der festgelegten Mindestflugbesatzung ermöglichen, ihre Aufgaben ohne übermäßige Konzentration oder Ermüdung auszuüben.
- Ist für das Flugzeug ein zweiter Flugzeugführer vorgesehen, so muss das Flugzeug von beiden Sitzen aus gleich sicher geführt und kontrolliert werden können.
- Das Cockpit muss so ausgelegt sein, dass jedem Flugzeugführer ohne wesentliche Änderung seiner Sitzposition eine ausreichende und klare Sicht ermöglicht wird, um während des gesamten Fluges alle erforderlichen Manöver sicher durchzuführen zu können.
- Ist in der Mindestflugbesatzung ein Flugingenieur vorgesehen (Drei-Mann Cockpit), so muss das Flugzeug mit einem Flugingenieur-Arbeitsplatz ausgestattet sein, der

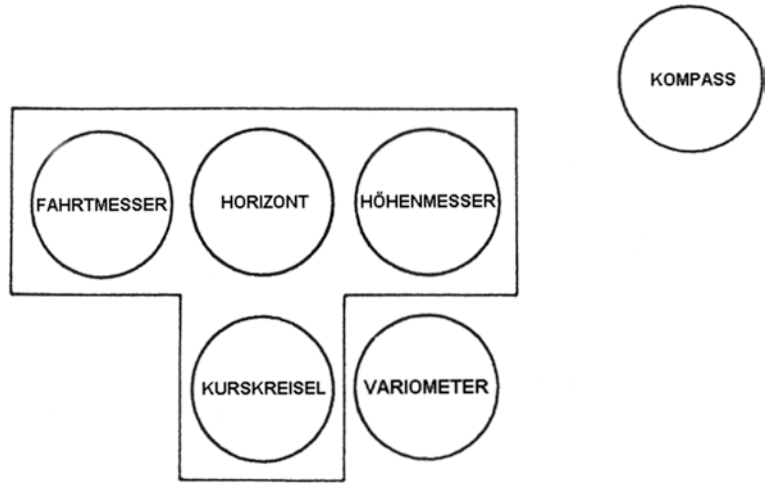


Abb. 7.2 Schema der Instrumentierung (T-Anordnung) [98]

es ermöglicht, dass alle Besatzungsmitglieder ihre Aufgaben effektiv und ohne sich gegenseitig zu stören, ausüben können.

Hinsichtlich der Anordnung der Instrumente heißt es in den Lufttüchtigskeitsforderungen:

- Jedes Flugüberwachungs-, Navigations- und Triebwerküberwachungsinstrument ist so einzubauen, dass es für den Flugzeugführer mit der geringsten möglichen Abweichung von seiner normalen Haltung und Blickrichtung, wenn er in Flugrichtung blickt, sichtbar ist.
- Flugüberwachungs- und Navigationsinstrumente sind bei Flächenflugzeugen mit einer maximalen Startmasse von mehr als 2.700 kg und bei Drehflüglern (Hubschraubern) auf dem Instrumentenpanel, möglichst nahe an der Blickebene des Flugzeugführers anzuordnen, die wichtigsten in einer so genannten **T-Anordnung**.

Oben in der Mitte des Instrumenten-T's befindet sich das Instrument, das die Fluglage anzeigt, links daneben der Fahrtmesser, und rechts daneben der Höhenmesser. Unter dem Fluglageinstrument befindet sich das Instrument zur Anzeige der Flugrichtung (vgl. Abb. 7.2).

- Die erforderlichen Triebwerküberwachungsinstrumente müssen zusammen auf dem Instrumentenpanel angebracht sein, und zwar so, dass bei gleichen Instrumenten eine Zuordnung zu dem entsprechenden Triebwerk möglich ist, und die Triebwerksinstrumente für die Besatzungsmitglieder sichtbar sind.
- Die Lufttüchtigkeitsforderungen legen ferner je nach Luftfahrzeugkategorie eine Mindestausrüstung an Flugüberwachungs- und Navigationsinstrumenten fest.

7.6 Einteilung und Systematik der Systeme und Komponenten eines Flugzeuges

7.6.1 Systematik der Flugzeugsysteme und Komponenten nach ATA Kapiteln

Die Abkürzung ATA steht für Air Transport Association, eine Organisation der Luftverkehrsgesellschaften, die in Zusammenarbeit mit den Flugzeugherstellern bereits in den fünfziger Jahren den Betrieb von Flugzeugen unterschiedlicher Hersteller organisierte. Flugbetrieb, Wartung, Instandsetzung und Ersatzteilversorgung wurden spezifiziert und dokumentiert, und es erfolgte die Einteilung in die so genannten ATA Chapter (Kapitel). Dabei wurden alle technischen Einrichtungen des Flugzeugs in entsprechende Gruppen und Untergruppen eingeteilt. Jedem Flugzeugsystem und jeder Hauptbaugruppe wurde eine feste Kapitelnummer zugeordnet. Die Kapitel wurden durch eine zusätzliche Nummerierung weiter unterteilt.

Beispiel einer ATA Kapitelnummer: 27- 40 -00
Bedeutung: 27 – Kapitel- oder Hauptsystemnummer, hier: Flight Controls
40 – Sub-System, hier: Horizontal Stabilizer
00 – weitere Unterebene, Komponentenebene

Die heutige ATA iSpec 2200 ist ein Standard der Air Transport Association, der die technische Dokumentation in der Luftfahrtindustrie generell regelt.

Schritt für Schritt setzt sich das neue Regelwerk für die technische Dokumentation in der Luftfahrtindustrie durch. Denn die ATA iSpec 2200 definiert Handbuchstrukturen und ist Grundlage für den Datenaustausch zwischen Firmen auf der Metasprache SGML.

In dem Nummerierungssystem wird ein Flugzeug zunächst in Systeme unterteilt, und dann bis zum kleinsten Einzelteil durchnummeriert (vgl. Beispiel). Eine Vielzahl von Dokumentationswerken, von der Systembeschreibung bis zum Handbuch für die Flight-Crew, stehen am Ende des Prozesses. Ein und dieselbe Information wird hier jeweils zielgruppengerecht aufbereitet, ein möglicher Ansatzpunkt für Kosten sparende Verarbeitungsmethoden.

Die SGML-gestützte Dokumentation ermöglicht es nicht nur, Informationen verschiedener Hersteller problemlos in das eigene System einzubinden. Auch lässt sich die Information mit dem eigenen Layout gestalten. Das Ordnungssystem der wesentlichen Hauptgruppen zeigt Tab. 7.2. Das System ist so aufgebaut, dass es, ohne die Struktur zu ändern, nahezu beliebig erweitert werden kann.

Darüber hinaus existiert für jedes moderne Verkehrsflugzeug ein spezielles ATA Chapter Verzeichnis, welches alle Systeme und Komponenten des jeweiligen Verkehrsflugzeuges abdeckt. Tabelle 7.3 zeigt beispielhaft das ATA Chapter Verzeichnis des Airbus A380-800, aus dem die System-Hauptgruppen zu entnehmen sind.

Tab. 7.2 Ordnungssystem von Flugzeughauptgruppen nach ATA Chaptern

Nr.	System/Komponente	Nr.	System/Komponente
00	Aircraft general	57	Wings
05	Time/limits/maintenance checks	60	Standard practices-props/rotors
06	Dimensions and areas	61	Propellers
07	Lifting and shoring	62	Rotors
08	Leveling and weighing	63	Rotor drives
09	Towing and taxing	64	Tail rotors
10	Parking and mooring	65	Tail rotor drives
11	Placards and marking	66	Folding blades/pylon
12	Servicing	67	Rotor flight control
20	Standard practices airframe	70	Standard practices-engine
21	Air conditioning	71	Power plant
22	Auto flight	72	Engine
23	Communications	73	Engine fuel & flight control
24	Electrical power	74	Ignition
25	Equipment/furnishings	75	Air
26	Fire protection	76	Engine controls
27	Flight controls	77	Engine indicating
28	Fuel	78	Exhaust
29	Hydraulic power	79	Oil
30	Ice and rain protection	80	Starting
31	Instruments	81	Turbines, reciprocating engines
32	Landing gear	82	Water injections
33	Lights	83	Accessory gearboxes
34	Navigation	84	Modifications/inspections
35	Oxygen	85	Weapons
36	Pneumatic	88	One-time inspections
37	Vacuum	89	One-time modifications
38	Waterwaste	90	Engines, miscellaneous bulletins
39	Electrical/electronic components, multifunction units	91	Special inspections
40	Hoist	92	Wires/antennas/cables
49	Airborne auxiliary power, checks, service, replace, etc.	93	Modifications/inspections
51	Practices/general/structures	94	APU inspection
52	Doors	95	Paint/sealants/markings
53	Fuselage	96	Airplane hardware
54	Nacelles/pylons	97	Engine subassemblies
55	Stabilizers	98	One-time modifications
56	Windows	99	One-time modifications

Tab. 7.3 System-Hauptgruppen Airbus A380-800 nach ATA Chaptern [11]

	Aircraft General		Structure
05	Time Limits – Maintenance Checks	51	Standard Practices and Structures
06	Dimensions and Areas	52	Doors
07	Lifting and Shoring	53	Fuselage
08	Leveling and Weighing	54	Nacelles/Pylons
09	Towing and Taxiing	55	Stabilizers
10	Parking, Mooring, Storage and Return to service	56	Windows
11	Placards and Markings	57	Wings
12	Servicing		
	Airframe systems		*Power plant*
20	Standard Practices – Airframe	70	Standard Practices – Engine
21	Air Conditioning	71	Power Plant
22	Auto Flight	72	Engine
23	Communications	73	Engine Fuel and Control
24	Electrical Power	74	Ignition
25	Equipment/Furnishings	75	Air
26	Fire Protection	76	Engine Controls
27	Flight Controls	77	Engine Indicating
28	Fuel	78	Exhaust
29	Hydraulic Power	79	Oil
30	Ice and Rain Protection	80	Starting
31	Indicating/Recording Systems		
32	Landing Gear		*Miscellaneous*
33	Lights		
34	Navigation	00	General/Introduction
35	Oxygen	01	Certification Documents
36	Pneumatic	02	Miscellaneous
38	Water/Waste	03	Miscellaneous
42	Integrated Modular Avionics and Avionics	85	Installation Drawings – Piping
	Data Communication Network	86	Electrical/Electronic Drawings– General and Assemblies
44	Cabin System	88	Structural Test
45	Onboard Maintenance Systems	89	Flight Test Installation – General and Sensors
46	Information Systems	91	Main Wire Routing, Panels and Wiring List
47	Inert Gaz System		
49	Airborne Auxiliary Power	92	Electrical and Electronic Common Installation
50	Cargo and Accessory Compartments		

7.6.2 Systematik der Flugzeugsysteme und Komponenten nach DIN 9020

Die DIN 9020, Teil 2 [44] legt bzgl. der Ausrüstung von Flugzeugen folgendes fest:

Standardausrüstung: Die Standardausrüstung setzt sich zusammen aus der Grundausrüstung, die nach den geltenden Rechtsvorschriften unbedingt notwendig ist und der zusätzlichen Ausrüstung, die dem Hersteller nach Ermessen freigestellt ist. Zur Standardausrüstung gehören:

- Steueranlage,
- Hilfstriebwerksanlage (Auxiliary Power Unit),
- Instrumentenanlage,
- Hydraulische und Pneumatische Anlage,
- Elektrische Anlage,
- Elektronische Anlage,
- Ausstattung und Einrichtung,
- Integriertes Absatz- und Ladesystem,
- Klimaanlage,
- Enteisungsanlage,
- Hilfsausrüstung.
- Bewaffnungsanlage (Militärflugzeuge),

Sonderausrüstung (feste Einsatzausrüstung): Die Sonderausrüstung ist die Ausrüstung, die der Hersteller zur Erfüllung der Wünsche seiner Kunden ergänzend zur Standardausrüstung in das Flugzeug einbaut.

Bewegliche Einsatzausrüstung: Zur beweglichen Einsatzausrüstung gehören die Ausrüstungsgegenstände, die nicht in der Leermasse eines Flugzeuges enthalten sind. Es sind Ausrüstungsgegenstände, die je nach Einsatz des betreffenden Flugzeuges eingebaut werden.

7.6.3 Systematik der Flugzeugsysteme nach sachlogischen Kriterien

Eine allgemeingültige sachlogische Systematik/Struktur der technischen Systeme sowie der Ausrüstung eines Flugzeuges ist der gängigen Literatur nicht zu entnehmen. Deshalb sei zunächst eine Definition der Betriebssysteme/Betriebsausrüstung eines Flugzeuges vorangestellt:

„Unter den Betriebssystemen/der Betriebsausrüstung eines Flugzeuges sind alle bordseitigen Systeme, Systemkomponenten und Ausrüstungsgegenstände zu verstehen,

die zur sicheren und wirtschaftlichen Durchführung eines Fluges u./o. zur Erfüllung einer Mission erforderlich sind, und deren Funktionen nicht bereits durch Flugwerk, Fahrwerk oder Triebwerk abgedeckt sind."

Unter Zugrundelegung dieser Definition dienten die Betriebssysteme/die Betriebsausrüstung eines Flugzeuges dazu,

- das Flugzeug sicher, wirtschaftlich und umweltverträglich zu führen und zu navigieren;
- die wechselseitige Kommunikation sowohl flugzeugintern (Cockpit/Kabine), als auch mit Bodenstellen (Flugsicherung, Verkehrszentrale der Luftverkehrsgesellschaft, Wartungszentren, Bodendienste) sicherzustellen;
- die Kommunikation mit anderen Flugzeugen zu ermöglichen;
- die jeweiligen Betriebszustände zu überwachen;
- die einzelnen Flugzeugsysteme mit den erforderlichen Betriebsmitteln zu versorgen;
- Notsituationen zu handhaben;
- den Anforderungen an spezielle Flugaufgaben und Missionen gerecht zu werden.

Anmerkung: Die Auflistung stellt kein Ranking da.

Zur Gewährleistung der damit verbundenen Funktionen müssen die Betriebssysteme/die Betriebsausrüstung einer Vielzahl von Anforderungen genügen. Hier kann man unterscheiden zwischen den Vorschriften des Gesetzgebers, die die Sicherheit und Ordnungsmäßigkeit im Luftverkehr gewährleisten sollen, den Flugzeugherstellern, die jeweils die neusten verfügbaren Technologien im Flugzeugbau und bei der Ausrüstung berücksichtigen, um die Flugzeuge wirtschaftlich und umweltverträglich zu bauen, sowie den Luftverkehrsgesellschaften, die bestimmte betrieblichen Anforderungen an das jeweilige neue Flugzeug stellen, z. B. eine definierte Rechweite, eine bestimmte Nutzlast oder auch eine Ausrüstung, die dem Standard der Luftverkehrsgesellschaft entspricht.

Im deutschen Luftrecht, in § 18 der Betriebsordnung für Luftfahrtgerät (LuftBO) [69], unterteilt der Gesetzgeber die Betriebsausrüstung von Luftfahrzeugen (Starrflügler und Drehflügler) in die Grundausrüstung, die Flugsicherungsausrüstung und die Ergänzungsausrüstung, die in der Betriebsordnung für Luftfahrtgerät und den entsprechenden Durchführungsverordnungen geregelt ist.

Obwohl für die Flugzeugsysteme und die Ausrüstungskomponenten keine generell vereinbarte bzw. gültigen Systematik existiert, kann versucht werden, eine Klassifizierung nach bestimmten Merkmalen vorzunehmen. Eine Möglichkeit der Klassifizierung beispielsweise ist die Art der Energieversorgung (elektrisch, pneumatisch, hydraulisch etc.). Weiterhin lassen sich die Systeme auch nach ihrer Zweckbestimmung (Flugführungssysteme, Kommunikationssysteme, Navigationssysteme etc.) einteilen. Aufgrund der Komplexität und der Systeme und der teilweisen Mehrfachnutzung ist eine eindeutige Zuordnung einiger Systemgruppen jedoch nicht möglich (z. B. Anzeige- und Überwachungssysteme). Abbildung 7.3 gibt einen Überblick über die wesentlichen System-/Ausrüstungsgruppen eines Verkehrsflugzeuges.

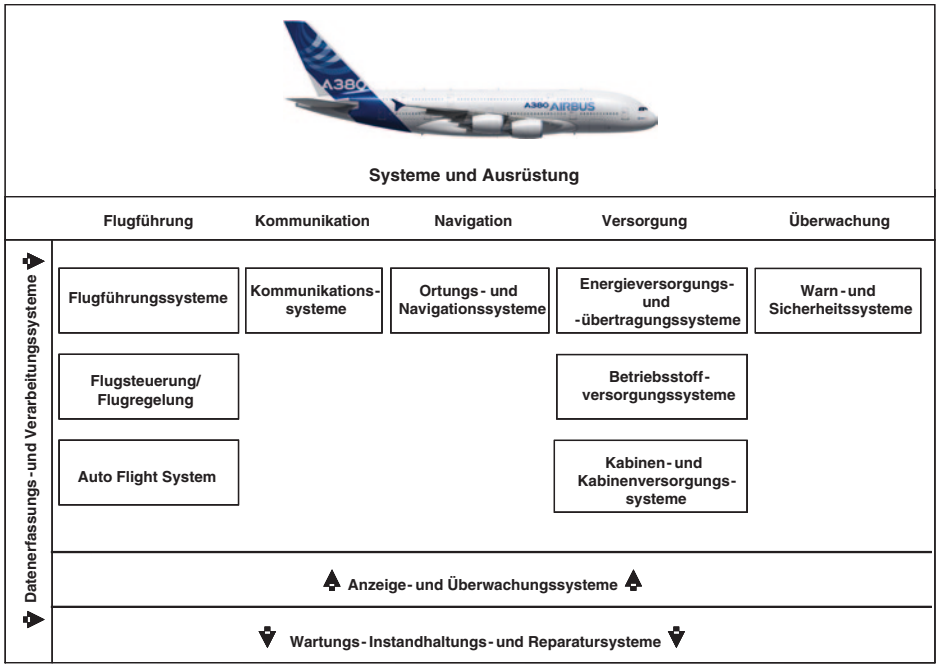


Abb. 7.3 Überblick über die wesentlichen Ausrüstungs-/Systemgruppen eines Verkehrsflugzeuges [167]

7.7 Entwicklung der Flugzeugsysteme

Die stetige Zunahme des Luftverkehrsaufkommens, das Bedürfnis nach mehr Sicherheit und Wirtschaftlichkeit bei der Flugdurchführung sowie die Verfügbarkeit immer neuer Technologien und Systeme haben die Entwicklung der Flugzeugsysteme (Betriebssysteme/Betriebsausrüstung) in der Vergangenheit bestimmend beeinflusst und geprägt.

Technologien bzw. Entwicklungen, die die Betriebssysteme/Betriebsausrüstung bestimmend geprägt haben sind beispielsweise:

- die Antriebsart (Propellerantrieb – Turbopropellerantrieb – Strahltriebwerke);
- Digitaltechnik anstelle der Analogtechnik;
- Flüssigkeitsdisplays und LED's als Anzeigen anstelle der mechanischen Anzeigen und der Kathodenstrahlröhren;
- Komplexe Flugsteuerungs- und Regelsysteme anstelle der manuellen Steuerung;
- Verfügbarkeit des Datenfunks;
- Technische Kommunikationssysteme (ACAS,TCAS).

Es ergeben sich verschiedene Möglichkeiten, Generationen der Betriebssysteme/Betriebsausrüstung zu definieren. Aus der Sicht der Flugführung bietet es sich an, den Grad der

Automatisierung des Flugführungsprozesses als Maß für verschiedene Entwicklungsstufen der Betriebssysteme/Betriebsausrüstung heranzuziehen. Somit lassen sich folgende Stufen (Generationen) unterscheiden:

1. Stufe: Keine oder nur geringe Automatisierung (manuelle Flugführung),
2. Stufe: Automatisierung von Grundfunktionen (einfache Regler, Autoflight-Systeme),
3. Stufe: Automatisierung der vertikalen Flugbahn (Performance Data Computer Systeme),
4. Stufe: Automatisierung der vertikalen und horizontalen Flugbahn (Flight Management Systeme),
5. Stufe: Autonome Flugführung (unterstützt durch Systeme wie: ACAS, TCAS, ASAS, GCAS),
6. Stufe: Electronic Flight Bag, Flugleistungsrechnung im Flugzeug, „Paperless Cockpit",

Zukunft:

7. Stufe: Fliegen auf 4D Trajektorien (geplant, im Single European Sky, unterstützt durch weiterentwickelte Systeme (Advanced Systems) wie: A-ACAS, A- TCAS, A-ASAS, A-GCAS),
8. Stufe: Vollautomatisierte autonome Flugdurchführung („Unmanned Arial Vehicles, UAV's", und „Unmanned Arial Sytems, UAS's").

7.8 Betriebliche Anforderungen der Betreiber von Flugzeugen

Über die gesetzlichen Mindestanforderungen hinaus muss die Ausrüstung weiteren Anforderungen genügen. So sind die Luftverkehrsgesellschaften als Betreiber von Flugzeugen daran interessiert, dass die Betriebssysteme/Betriebsausrüstung Kriterien genügen, wie:

- hinreichende Betriebssicherheit und Zuverlässigkeit (ggf. mit Redundanzen),
- geringe Leistungsmasse,
- geringes Leistungsvolumen,
- hoher Wirkungsgrad,
- flexible Übertragungsmöglichkeiten (für Versorgungssysteme),
- einfache Wartung (Austauschbarkeit von Modulen),
- niedrige Systemkosten und Wartungskosten (Wirtschaftlichkeit),
- gute Bedienbarkeit (Mensch-Maschine Schnittstelle).

Zu diesem Zweck wird in Zusammenarbeit mit den Luftverkehrsgesellschaften vom Flugzeughersteller für jede System- und Ausrüstungskomponente eine Spezifikation erstellt, die dann an die Ausrüstungsindustrie weitergegeben wird, und die bei der Herstellung der entsprechenden Ausrüstungskomponente erfüllt werden muss. In der Spezifikation sind alle erforderlichen Einzelheiten, wie zu verwendende Materialien, Schnittstellen zu anderen System- und Ausrüstungskomponenten, wie max. Massen, Testverfahren, erforderliche Dokumentation etc. festgelegt. Wichtiger Bestandteil einer Spezifikation ist ferner die Definition der Betriebsbedingungen, unter denen die Ausrüstung (Gerät, Komponente, System) einwandfrei funktionieren muss. Die Umfeldbedingungen (Environmental Conditions) sind in

Tab. 7.4 Bedingungen, denen die Systeme/Ausrüstung ohne Beeinträchtigung in festgelegten Intervallen genügen muss

Umfeldbedingungenw	Umfeldparameter	Bedingung, bei denen die Systeme/die Ausrüstung einwandfrei funktionieren muss	Bedingung, die von den Systemen/der Ausrüstung ohne Schaden überstanden werden muss
Atmosphärisches Umfeld	Temperatur	Temperaturbereich: min.: −15 °C… + 55 °C, max.: −55 °C… + 70 °C[a, c] Temperaturgradient: 2…10 °C/min[a]	−55°C bis +85°C
	Höhe/Druck	maximale Druckhöhe: 15.000…70.000 ft[a,b]	−15.000 ft. Druckhöhe für 10 min
	Feuchtigkeit		6 Stunden bei 85 % Luftfeuchtigkeit und einer Temperatur von 50…65 °C[a]
	Regen, Kondensation, Eindringen von Wasser		Kein Eindringen von tropfendem/sprühendem Wasser sowie bei Wasserstrahl von 50 °C für 5 min von jeder Seite[d]
	Salzwasser		48 Stunden in einem Salznebel mit 5 % Salzanteil[d]
	Sand/Staub		Sandstrahl von 0,5…2,5 m/sec und einer Konzentration von 3,5…8,8 g/m^3 [d]
Dynamisches Umfeld	Vibration	Frequenzbereich: 5…2000 Hz bei einer Doppelamplitude von bis zu 2,5 mm über eine Zeit von 3 Stunden pro Achse	
	Stoß		Je Nach Einbauorientierung im Flugzeug 2…12 g
	konstante Beschleunigung	Je nach Einbauorientierung im Flugzeug −6,5…9 g	

(Fortsetzung)

Tab. 7.4 (Fortsetzung)

Umfeldbedingungenw	Umfeldparameter	Bedingung, bei denen die Systeme/die Ausrüstung einwandfrei funktionieren muss	Bedingung, die von den Systemen/der Ausrüstung ohne Schaden überstanden werden muss
Spezielles Umfeld	Pilzbefall		28 Tage bei 30 °C und 97 % Luftfeuchtigkeit in einem pilzhaltigen Umfeld[d]
	Verunreinigung		24 Stunden in Kraftstoff, Öl, Hydr.-Flüssigkeit, Alkohol und Enteisungsflüssigkeit anschl. 160 h bei 65°C ausgesetzt
	Feuer	5 min bei 1.100 °C[d]	15 min bei 1.100 °C[d]
	explosive Umgebung	Die Ausrüstungskomponente darf in einer explosiven Umgebung keine Explosion hervorrufen.[d]	
	Pilzbefall		28 Tage bei 30 °C und 97 % Luftfeuchtigkeit in einer pilzhaltigen Umgebung
	magnetischer Effekt	Die Ausrüstungskomponente darf keine Störung der Magnetkompasse um mehr als 1° verursachen.	magnetischer Effekt
Elektrisches Umfeld	Energieversorgung	Schwankungen der Energieversorgung (Spannung, Frequenz) je nach Art der Versorgung bis zu 20%. Betrieb unter Notstrombedingungen.[d]	
	Spannungsspitzen	Kurzzeitige Spannungsspitzen von 600 V (bei AC-Versorgung) und bis zu 78 V (bei DC-Versorgung)[d]	

(Fortsetzung)

Tab. 7.4 (Fortsetzung)

Umfeldbedingungenw	Umfeldparameter	Bedingung, bei denen die Systeme/die Ausrüstung einwandfrei funktionieren muss	Bedingung, die von den Systemen/der Ausrüstung ohne Schaden überstanden werden muss
Radioelektrisches Umfeld	– NF-Übertragung – induzierte Signale – HF-Übertragung – HF-Strahlung – HF-Abstrahlung	Keine Beeinträchtigung der Funktion durch niederfrequente Störungen auf den Versorgungsleitungen, durch induzierte elektrische Signale, durch hochfrequente Störungen auf den Leitungen oder durch hochfrequente Strahlung. Das Gerät darf ferner nur eine begrenzte HF-Abstrahlung aufweisen.[d]	

Erläuterungen zur Tabelle:

[a] Teilweise abhängig vom Einbauort am Flugzeug,

[b] Teilweise abhängig vom Flugzeugmuster,

[c] Bei speziellen Systemkomponenten kann eine höhere Temperatur als 70 Grad C gefordert sein,

[d] Entfällt teilweise für Ausrüstungskomponenten, die dem entsprechenden Umfeldeinfluss nicht ausgesetzt sind

Zusammenarbeit mit der European Organisation for Civil Aviation Electronics (EUROCAE) und der International Standardision Organisation (ISO) von der Radio Technical Commission for Aeronautics (RTCA) standardisiert worden. Tabelle 7.4 zeigt die geforderten Bedingungen, denen die Systeme/Ausrüstung ohne Beeinträchtigung in festgelegten Intervallen genügen muss.

7.9 Pflichten des Führers, Eigentümers und Halters eines Flugzeuges

1. Ein Flug darf nach § 5 FSAV [110] *nicht* durchgeführt werden, wenn eine nach § 3 Abs. 1 und 2 oder nach § 4 Abs. 1 bis 6 vorgeschriebene Flugsicherungsausrüstung nicht vorhanden oder nicht betriebstüchtig ist. Luftfahrzeuge, deren Kollisionsschutzsystem (ACAS/TCAS) nach § 3 Abs. 1 Nr. 7 betriebsuntüchtig ist, dürfen bis zum einschließlich dritten auf den Tag der Feststellung folgenden Kalendertag mit dem betriebsuntüchtigen Kollisionsschutzsystem weiterbetrieben werden.
2. Wird eine Beeinträchtigung der Betriebstüchtigkeit der Flugsicherungsausrüstung festgestellt, können die Flugverkehrskontrollstellen des Flugsicherungsunternehmens im Einzelfall Ausnahmen zulassen, soweit dadurch die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere die Sicherheit des Luftverkehrs, nicht beeinträchtigt wird. Fallen während des Fluges Teile der Flugsicherungsausrüstung aus, die für die sichere Durchführung des Fluges und für die Einhaltung der Flugsicherungsverfahren erforderlich sind, hat der Luftfahrzeugführer die zustän- dige Flugverkehrskontrollstelle unverzüglich zu unterrichten. § 26 Abs. 4 der Luftverkehrs-Ordnung bleibt unberührt.
3. Eigentümer und Halter eines Luftfahrzeugs dürfen die Durchführung eines Fluges nicht zulassen, wenn die vorgeschriebene Flugsicherungsausrüstung nicht vorhanden ist.

Operationelle Anforderungen an den Betreiber von Flugzeugen

8

8.1 Betriebsvorschriften

Analog zu den Zulassungsvorschriften für ein Flugzeug muss auch dessen Betreiber, neben der Wartung und Instandhaltung, auch für den Betrieb umfangreiche Anforderungen und Vorschriften beachten, die in entsprechenden Dokumentationen niedergelegt sind.

Dies gilt speziell für den Betrieb von Flugzeugen, die im gewerbsmäßigen Transport von Personen und Gütern eingesetzt werden. Daher unterliegt auch der Betreiber solcher Flugzeuge einer Zulassung durch die zuständige Behörde, die dafür ein entsprechendes Regelwerk vorhält und dessen Einhaltung überprüft. Nachgewiesene Verstöße gegen diese Regeln können Strafen nach sich ziehen oder im schlimmsten Fall sogar den Entzug der Betriebszulassung zur Folge haben.

Neben schon früh vorhandenen nationalen Regeln hat erstmals die ICAO 1947 international gültige Grundsätze für den sicheren und wirtschaftlichen Betrieb von Flugzeugen verfasst. Daran orientieren sich heute grundsätzlich alle derartigen Regelwerke, wobei es aber durchaus im Detail Unterschiede gibt. Die ICAO Mitgliedstaaten erkennen generell untereinander die national geltenden Regeln an, sodass jeder Betreiber auch im internationalen Verkehr seine Flugzeuge nach den für ihn gültigen Regeln betreiben kann.

Neben den amerikanischen Regeln der FAA, die dazu die FAR 121 publiziert haben, sind für den europäischen Raum die von der European Aviation Safety Agency (EASA, vormals JAA) verfasste EU-OPS 1 [92] (vormals JAR-OPS 1 [157]) für die Betreiber von Flugzeugen verbindlich. Grundsätzlich muss jedes der ICAO angeschlossene Land derartige Regeln für seine Betreiber verfassen, wobei allerdings vielfach die Regeln z. B. der EASA oder der FAA als führende Agenturen direkt übernommen oder nur geringfügig modifiziert worden sind.

In allen Fällen wird vom Betreiber u.a. die Publikation eines Betriebshandbuches gefordert, das alle notwendigen Vorgaben, Anweisungen und Informationen enthält und auf das alle am Betrieb Beteiligten jederzeit Zugriff haben müssen.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_8,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

8.2 Handbücher, Bordbücher und Aufzeichnungen

In OPS 1.1040 sind die allgemeine Regeln für das Betriebshandbuch festgelegt. Danach hat der Luftfahrtunternehmer sicherzustellen, dass das Betriebshandbuch alle Anweisungen und Angaben enthält, die für das Betriebspersonal zur Wahrnehmung der Aufgaben erforderlich sind.

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass der Inhalt des Betriebshandbuchs, einschließlich aller Ergänzungen und Änderungen, nicht im Widerspruch zu den Bestimmungen im Luftverkehrsbetreiberzeugnis (AOC) oder zu anwendbaren Vorschriften steht und den Anforderungen der Luftfahrtbehörde genügt oder, soweit zutreffend, von dieser genehmigt ist.

Sofern nichts anderes von der Luftfahrtbehörde genehmigt ist oder durch nationale Gesetze vorgeschrieben wird, ist das Betriebshandbuch vom Luftfahrtunternehmer in englischer Sprache zu erstellen. Zusätzlich darf der Luftfahrtunternehmer das Handbuch oder Teile davon in eine andere Sprache übersetzen und in dieser Sprache verwenden. Sollte es für den Luftfahrtunternehmer erforderlich werden, das Betriebshandbuch oder größere Teile/einzelne Bände davon neu zu erstellen, hat er dabei Buchstabe c zu erfüllen.

Der Luftfahrtunternehmer darf ein Betriebshandbuch in getrennten Bänden herausgeben.

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass dem Betriebspersonal die Teile des Betriebshandbuchs, die die Wahrnehmung der jeweiligen Aufgaben betreffen, leicht zugänglich zur Verfügung stehen. Darüber hinaus muss der Luftfahrtunternehmer den Besatzungsmitgliedern ein persönliches Exemplar der Teile A und B des Betriebshandbuchs oder Abschnitte davon zur Verfügung stellen, soweit diese für das Eigenstudium von Belang sind.

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass das Betriebshandbuch ergänzt oder geändert wird, so dass die darin enthaltenen Anweisungen und Angaben auf dem neuesten Stand gehalten werden. Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass das Betriebspersonal auf solche Änderungen und Ergänzungen, die für die jeweiligen Aufgaben von Bedeutung sind, hingewiesen wird.

Jeder Inhaber eines Exemplars des Betriebshandbuchs oder eines Teiles davon muss dieses mit den vom Luftfahrtunternehmer gelieferten Ergänzungen oder Änderungen auf dem neuesten Stand halten.

Der Luftfahrtunternehmer hat der Luftfahrtbehörde geplante Ergänzungen oder Änderungen vor dem Inkrafttreten vorzulegen. Wenn die Ergänzungen oder Änderungen sich auf einen nach OPS 1 genehmigungspflichtigen Teil des Betriebshandbuchs beziehen, muss diese Genehmigung eingeholt werden, bevor die Ergänzungen oder Änderungen in Kraft treten. Wenn im Interesse der Sicherheit sofortige Ergänzungen oder Änderungen erforderlich sind, dürfen sie unverzüglich veröffentlicht und angewandt werden, vorausgesetzt, dass die notwendigen Genehmigungen beantragt worden sind.

Der Luftfahrtunternehmer hat alle von der Luftfahrtbehörde geforderten Ergänzungen und Änderungen in das Betriebshandbuch einzuarbeiten.

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass aus genehmigten Unterlagen entnommene Anweisungen und Angaben und hierzu genehmigte Ergänzungen und Änderungen im Betriebshandbuch richtig und vollständig wiedergegeben werden und dass der Inhalt des Betriebshandbuchs den genehmigten Unterlagen nicht entgegensteht. Der Luftfahrtunternehmer darf restriktivere Angaben und Verfahren verwenden.

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass das Betriebshandbuch in einer Form vorliegt, in der der Inhalt ohne Schwierigkeit verwendet werden kann. Für die Erstellung des Betriebshandbuchs sind die Grundlagen der menschlichen Faktoren zu berücksichtigen.

Die Luftfahrtbehörde kann dem Luftfahrtunternehmer gestatten, das Betriebshandbuch oder Teile davon in einer anderen als in gedruckter Form herauszugeben. Auch in solchen Fällen muss eine ausreichende Verfügbarkeit, Benutzbarkeit und Zuverlässigkeit gewährleistet sein.

Bei Verwendung einer Kurzform des Betriebshandbuchs bleiben die Bestimmungen in OPS 1.130 unberührt.

Nach OPS 1.1045 hat eine Betriebshandbuch folgende inhaltliche Gliederung:

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass das Betriebshandbuch folgende grundlegende Gliederung hat:

Teil A: ***Grundsätzliches*** Dieser Teil muss alle musterunabhängigen betrieblichen Grundsätze, Anweisungen und Verfahren enthalten, die für den sicheren Betrieb notwendig sind.

Teil B: ***Flugzeugbezogene Betriebsunterlagen*** Dieser Teil muss alle musterbezogenen Anweisungen und Verfahren, die für den sicheren Betrieb notwendig sind, enthalten. Die Unterschiede zwischen den vom Luftfahrtunternehmer eingesetzten Flugzeugmustern, Flugzeugbaureihen oder einzelnen Flugzeugen müssen berücksichtigt werden.

Teil C: ***Strecken- und flugplatzbezogene Anweisungen und Angaben*** Dieser Teil muss alle Anweisungen und Angaben, die für das Einsatzgebiet benötigt werden, enthalten.

Teil D: ***Schulung*** Dieser Teil muss alle Anweisungen und Angaben für die Schulung von für den sicheren Betrieb benötigtem Personal enthalten. Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass der Inhalt des Betriebshandbuchs den Bestimmungen der Anlage 1 zu OPS 1.1045 entspricht und die jeweiligen Einsatzgebiete und Betriebsarten berücksichtigt. Der Luftfahrtunternehmer hat auch sicherzustellen, dass die detaillierte Gliederung des Betriebshandbuchs den behördlichen Anforderungen genügt.

Flugbetriebliche Anforderungen des Flugzeugbetreibers

9

9.1 Musterspezifische operationelle Herstellerdokumentation

Jedes Flugzeugmuster verfügt für den realen Betrieb über eine eigene spezifische Hersteller-Dokumentation. Diese Dokumentation beinhaltet alle Informationen und Fakten, die für den sicheren und wirtschaftlichen Betrieb des Flugzeuges wichtig sind. Es obliegt dem Hersteller des Flugzeuges, die entsprechenden Dokumente zu publizieren und zu verwalten.

Bei der Dokumentation wird zwischen zulassungspflichtigen und nicht zulassungspflichtigen Daten, Verfahren, Anweisungen und Informationen unterschieden. Zulassungspflichtig sind alle Daten und Fakten, die dazu dienen, die Lufttüchtigkeitsanforderungen (Airworthiness Standards), wie die CS-25 oder FAR-25 für Verkehrsflugzeuge, einzuhalten.

Die der Zulassung zugrunde liegenden Sachverhalte dürfen ohne Zustimmung der zulassenden Behörde nicht geändert, ergänzt oder vernichtet werden. Die Behörde selbst kann aber auch nach erfolgter Zulassung Änderungen oder Ergänzungen vornehmen, wenn dies auf Grund von Erkenntnissen aus dem laufenden Betrieb als notwendig erachtet wird. Zur Publikation der Sachverhalte bedient sich das Luftfahrt-Bundesamt (LBA) so genannter Lufttüchtigkeitsanweisungen (LTA), die EASA (JAA) und FAA geben eine Airworthiness Directive (AD) heraus. Abbildung 9.1 zeigt beispielhaft eine Lufttüchtigkeitsanweisung (LTA) für Airbus Flugzeuge. Abbildung 9.2 zeigt beispielhaft eine Airworthiness Directive (AD) der EASA [77].

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_9,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Lufttüchtigkeitsanweisung

D-2012-179R1

Luftfahrt-Bundesamt
T23 LTA-Sachgebiet
38144 Braunschweig
Fax: +49-531-2355-5298
email: ad@lba.de

AIRBUS

Datum der Bekanntgabe: 18.10.2012

Betroffenes Luftfahrtgerät:

Art des Luftfahrtgerätes:	Flugzeug
Inhaber der Musterzulassung:	AIRBUS
Hersteller:	Airbus, Airbus Industrie
Muster:	A320
Baureihen:	A318-111, A318-112, A318-121, A318-122, A319-111, A319-112, A319-113, A319-114, A319-115, A319-131, A319-132, A319-133, A320-111, A320-211, A320-212, A320-214, A320-215, A320-216, A320-231, A320-232, A320-233, A321-111, A321-112, A321-131, A321-211, A321-212, A321-213, A321-231 und A321-232
Werknummern:	Alle
Gerätenummer:	2846, EASA.A.064

Revisionsstand:
Diese LTA ersetzt D-2012-179 vom 05.04.2012

Airworthiness Directive der ausländischen Behörde:
EASA AD 2012-0055R1 vom 17.10.2012

Betrifft:
(ATA 35) Oxygen - Chemical Emergency Oxygen Containers - Modification

Maßnahmen und Fristen:
Detaillierte Informationen über die durchzuführenden Maßnahmen sind der genannten EASA Airworthiness Directive und der genannten technischen Mitteilung des Herstellers zu entnehmen. Alle erforderlichen Maßnahmen zur Abstellung des technischen Mangels müssen ordnungsgemäß, vollständig und innerhalb der vorgesehenen Fristen auf Basis der genannten Bezugsdokumente durchgeführt werden. Alle Abweichungen von den Maßnahmen und Fristen dieser Lufttüchtigkeitsanweisung bedürfen der vorherigen Zustimmung durch das Luftfahrt-Bundesamt.

Alle anzuwendenden Fristen sind der genannten EASA Airworthiness Directive zu entnehmen. Die Laufzeit aller anzuwendenden Fristen beginnt mit dem Datum der Inkraftsetzung der genannten EASA Airworthiness Directive. Diese Lufttüchtigkeitsanweisung entspricht hinsichtlich der durchzuführenden Maßnahmen und Fristen der EASA AD 2012-0055R1 vom 17.10.2012.

Zugehörige technische Dokumente:
Hinweis: Die Anwendung von nachfolgenden Ausgaben bzw. Revisionsständen der genannten zugehörigen technischen Dokumente ist zulässig, wenn dies nach der Airworthiness Directive der ausländischen Behörde ausdrücklich gestattet ist oder wenn diese von der ausländischen Behörde in Bezug auf die referenzierte Airworthiness Directive genehmigt worden sind.

Airbus Service Bulletin A320-35-1049 vom 15.06.2011
Airbus Service Bulletin A320-35-1053 vom 15.06.2011
Airbus Service Bulletin A320-35-1054 vom 15.06.2011
Airbus Service Bulletin A320-35-1055 vom 15.06.2011
Airbus Service Bulletin A320-35-1056 vom 15.06.2011
Airbus Service Bulletin A320-35-1057 vom 15.06.2011
Airbus Service Bulletin A320-35-1058 vom 15.06.2011
B/E Aerospace Service Bulletin 1XC22-0100-35-006 (Originalausgabe) vom 08.04.2011
B/E Aerospace Service Bulletin 1XC22-0100-35-006 Revision 01 vom 15.12.2011

Die sofortige Vollziehung dieses Bescheides wird gemäß § 80 Absatz 2 Satz 1 Nr. 4 der Verwaltungsgerichtsordnung (VwGO) angeordnet.

Begründung
Durch die vorgenannten Mängel ist die Lufttüchtigkeit des Luftfahrtgerätes derart beeinträchtigt, dass es nach Ablauf der genannten Fristen nur in Betrieb genommen werden darf, wenn die angeordneten Maßnahmen ordnungsgemäß durchgeführt worden sind. Im Interesse der Sicherheit des Luftverkehrs, das in diesem Fall das Interesse des Adressaten am Aufschub der angeordneten Maßnahmen überwiegt, ist es erforderlich, die sofortige Vollziehung dieser Lufttüchtigkeitsanweisung anzuordnen.
Rechtsbehelfsbelehrung:
Gegen diese Verfügung kann innerhalb eines Monats nach Bekanntgabe Widerspruch eingelegt werden. Der Widerspruch ist schriftlich oder zur Niederschrift beim Luftfahrt-Bundesamt, Hermann-Blenk-Str. 26, 38108 Braunschweig einzulegen. Ein eventueller Widerspruch hat keine aufschiebende Wirkung. Das Verwaltungsgericht Braunschweig, Am Wendentor 7, 38100 Braunschweig, kann auf Antrag nach § 80 Abs. 5 VwGO die aufschiebende Wirkung jedoch ganz oder teilweise wiederherstellen bzw. anordnen.

Abb. 9.1 Beispiel einer Lufttüchtigkeitsanweisung (LTA) [77]

EASA AD No : 2012-0214

EASA	AIRWORTHINESS DIRECTIVE
	AD No.: 2012-0214 **Date: 18 October 2012** Note: This Airworthiness Directive (AD) is issued by EASA, acting in accordance with Regulation (EC) No 216/2008 on behalf of the European Community, its Member States and of the European third countries that participate in the activities of EASA under Article 66 of that Regulation.

This AD is issued in accordance with EU 748/2012, Part 21.A.3B. In accordance with EC 2042/2003 Annex I, Part M.A.301, the continuing airworthiness of an aircraft shall be ensured by accomplishing any applicable ADs. Consequently, no person may operate an aircraft to which an AD applies, except in accordance with the requirements of that AD, unless otherwise specified by the Agency [EC 2042/2003 Annex I, Part M.A.303] or agreed with the Authority of the State of Registry [EC 216/2008, Article 14(4) exemption].

Design Approval Holder's Name :	**Type/Model designation(s) :**
AIRBUS	A318, A319, A320 and A321 aeroplanes

TCDS Number:	EASA.A.064
Foreign AD:	Not applicable
Supersedure:	This AD supersedes DGAC France AD 2002-456(B)R1 dated 28 May 2003.

ATA 49	**Airborne Auxiliary Power – Auxiliary Power Unit Exhaust Tailpipe – Modification**
Manufacturer(s):	Airbus (formerly Airbus Industrie)
Applicability:	Airbus A318-111, A318-112, A318-121, A318-122, A319-111, A319-112, A319-113, A319-114, A319-115, A319-131, A319-132, A319-133, A320-111, A320-211, A320-212, A320-214, A320-215, A320-216, A320-231, A320-232, A320-233, A321-111, A321-112, A321-131, A321-211, A321-212, A321-213, A321-231 and A321-232 aeroplanes, all manufacturer serial numbers.
Reason:	Until 2002, several cases had been reported of in-flight loss of an exhaust tailpipe from an APIC APS3200 Auxiliary Power Unit (APU), Part Number (P/N) 4500001, installed on A320 family aeroplanes. None of these occurrences resulted in any damage, either to the aeroplane, or to the area around the APU. Further analysis showed that cracks in the tailpipe inner liner were the cause of detachment of the part. The affected APU's have a lightweight tailpipe installed, either during APU manufacture, or through in-service modification of the APU. This condition, if not corrected, could lead to more cases of in-flight loss of the exhaust tailpipe, possibly resulting in injury to persons on the ground. To address this unsafe condition, DGAC France issued AD 2002-456 (later revised) to require modification of the exhaust tailpipes of the affected APIC APS3200 P/N 4500001 APU's. After that AD was issued, at least one A318 aeroplane has been identified where an affected APU was installed. For the reasons described above, this AD retains the requirements of DGAC France AD 2002-456(B)R1, which is superseded, and expands the applicability to add A318 series aeroplanes.
Effective Date:	01 November 2012

TE.CAP.00110- 003 © European Aviation Safety Agency. All rights reserved.
Proprietary document. Copies are not controlled. Confirm revision status through the EASA-Internet/Intranet.

Abb. 9.2 Airworthiness Directive (AD), EASA [77]

EASA AD No : 2012-0214

Required Action(s) and Compliance Time(s):	Required as indicated, unless accomplished previously: (1) Within 6 months after the effective date of this AD, for aeroplanes with an APIC APU installed as listed in Table 1 of this AD, modify the exhaust tailpipe in accordance with the instructions of Airbus Service Bulletin (SB) A320-49-1057 Revision 01. Table 1 **APIC APU P/N 4500001** Serial number (s/n) 1065 through 1451 inclusive Any other s/n, if modified in accordance with the instructions of APIC SB 4500001-49-13 (any revision) (2) Aeroplanes on which Airbus modification 28155 has been embodied in production are not affected by the requirements of paragraph (1) of this AD, provided that, since aeroplane first flight, no APIC APU as listed in Table 1 of this AD has been installed. (3) Modification of an aeroplane, prior to the effective date of this AD, in accordance with the instructions of Airbus SB A320-49-1057 at original issue, is considered acceptable for compliance with the requirements of paragraph (1) of this AD, provided that, since modification of that aeroplane, no APIC APU as listed in Table 1 of this AD has been installed. (4) From the effective date of this AD, do not install on any aeroplane an APIC APU as listed in Table 1, unless it has been modified in accordance with the instructions of Airbus SB A320-49-1057 (any revision), or in accordance with the instructions of APIC SB 4500001-49-72 Revision 01.
Ref. Publications:	Airbus SB A320-49-1057 Original issue dated 02 June 1999, or Revision 01 dated 28 March 2003. APIC SB 4500001-49-72 Original issue dated 13 February 1998, or Revision 01 dated 20 November 1998. The use of later approved revisions of these documents is acceptable for compliance with the requirements of this AD.
Remarks :	1. If requested and appropriately substantiated, EASA can approve Alternative Methods of Compliance for this AD. 2. This AD was posted on 30 July 2012 as PAD 12-095 for consultation until 27 August 2012. The Comment Response Document can be found at http://ad.easa.europa.eu. 3. Enquiries regarding this AD should be referred to the Safety Information Section, Executive Directorate, EASA. E-mail ADs@easa.europa.eu. 4. For any question concerning the technical content of the requirements in this AD, please contact: AIRBUS – Airworthiness Office – EIAS, Fax +33 5 61 93 44 51, E-mail: account.airworth-eas@airbus.com.

Abb. 9.2 (Forsetzung)

9.2 Aeroplane Flight Manual

Das Aeroplane Flight Manual, AFM (Flughandbuch), das der Hersteller mit dem Flugzeug herausgibt, enthält alle direkt für den Betrieb des Flugzeuges notwendigen zulassungspflichtigen Daten und Fakten, Verfahrensanweisungen (Procedures) und

Informationen gemäß der Lufttüchtigkeitsanforderungen der zulassenden Behörde. Der Inhalt des AFM muss von der zulassenden Behörde genehmigt werden. Da die amerikanischen Lufttüchtigkeitsanforderungen (FAA) und die europäischen Lufttüchtigkeitsanforderungen (EASA) unterschiedlich sind, können sich Inhalte des jeweiligen AFM für dasselbe Flugzeug unterscheiden. Dies kann im Flugleistungsbereich dazu führen, dass z. B. die Berechnung einer maximalen Startmasse unter ansonsten gleichen Annahmen zu unterschiedlichen Ergebnissen führt. Für den Betreiber des Flugzeuges sind die Ergebnisse der zuständigen Zulassungsbehörde verbindlich. Der Luftfahrtunternehmer hat nach OPS 1.130 sicherzustellen, dass auf jedem Flug die für die jeweiligen Aufgaben der Besatzung gültigen Teile des Betriebshandbuchs mitgeführt werden, die für die Durchführung eines Fluges erforderlichen Teile des Betriebshandbuchs für die Besatzung an Bord des Flugzeugs leicht zugänglich sind und das gültige Flughandbuch im Flugzeug mitgeführt wird, es sei denn, der Luftfahrtbehörde ist nachgewiesen worden, dass das nach den Bestimmungen von OPS 1.1045, Anlage 1, Teil B geforderte Betriebshandbuch die für das Flugzeug entsprechenden Angaben enthält.

Folgende Themen sind gemäß den europäischen Vorschriften (EASA CS-25) enthalten:

1. Operating Limitations CS 25.1583 (Betriebsgrenzen) [77]
   - Airspeed Limitations CS 25.1503 (Geschwindigkeitsbegrenzungen),
   - Maximum Operating Limit Speed CS 25.1505 (Maximale betriebliche Geschwindigkeitsbegrenzung),
   - Manouvering Speed CS 25.1507 (Verfahrensgeschwindigkeit),
   - Flap Extended Speed CS 25.1511 (Geschwindigkeit bei ausgefahrenen Klappen),
   - Rough Airspeed CS 25.1517 (Geschwindigkeit bei Starkwindverhältnissen),
   - Mass, Center of gravity and Mass Distribution CS 25.1519 (Masse, Schwerpunkt und Masseverteilung),
   - Powerplant Limitations CS 25.1521 (Antriebsbedingte Begrenzungen),
   - Minimum Flight Crew CS 25.1523 (Mindestflugbesatzung),
   - Kinds of Operation CS 25.1525 (Betriebsarten),
   - Ambient Air Temperature and Operating Altitude (Außentemperatur und flugbetriebliche Operationshöhen),
   - Instructions for Continued Airworthiness CS 25.1529 (Instruktionen für die Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit),
   - Maneuvering Flight Load Factors CS 25.1531 (Manöverier-Lastvielfache),
   - ETOPS Design Approval CS 25.1535 (ETOPS Design Genehmigung),
2. Operating Procedures CS 25.1585 (Betriebsverfahren) [77]
3. Performance Information CS 25.1587/25.1591 (Flugleistungsinformation) [77]

9.3 Master Minimum Equipment List

Die (Master) Minimum Equipment List (MMEL, MEL) legt gemäß ICAO Annex 6 [142] die Mindestausrüstung für Flugzeuge fest. Der Betreiber von Flugzeugen kann anhand einer Liste feststellen, ob ein Flug beispielsweise mit ausgefallenen Ausrüstungsanteilen oder Systemen angetreten werden darf.

Der Flugzeugführer muss sich vor dem Flug davon überzeugt haben, dass die entsprechend der Vorschriften für die Durchführung des Fluges erforderliche Instrumentierung und Ausrüstung im Flugzeug (Luftfahrzeug) installiert und betriebsbereit ist, sofern in der geltenden Mindestausrüstungsliste (Minimum Equipment List (MEL)) oder gleichwertigen Dokumenten keine Ausnahme vorgesehen ist. Die Mindestausrüstungsliste (MEL) muss auf der Grundlage der Basis-Mindestausrüstungsliste (MMEL), sofern diese vorhanden ist, erstellt werden und darf nicht weniger einschränkend sein als die MMEL.

Abbildung 9.3 zeigt eine MMEL für die Airbus A320 Familie.

9.4 Configuration Deviation List

Die Konfigurationsabweichungsliste (Configuration Deviation List (CDL)), dient dazu, behördlich zugelassene Abweichungen bezüglich der Konfiguration des Flugzeuges kenntlich zu machen. Bei den Abweichungen kann es sich beispielsweise um die Struktur, das Flugwerk oder auch Rumpfsektionen handeln. Auswirkungen auf das Flugleistungsvermögen (z. B. Widerstandserhöhung etc.) müssen durch entsprechende Korrekturen berücksichtigt werden. Auch Modifikationen des gesamten Betriebsbereiches (Performance Envelop) sind möglich.

Die MCDL ist prinzipiell aufgebaut und strukturiert wie die MMEL. Bei Airbus Flugzeugmustern erfolgt die Klassifizierung nach ATA Chaptern. Abbildung 9.4 zeigt beispielhaft eine Airbus Master Configuration Deviation List (MCDL).

9.5 Loading and Balance Manual

Dem Loading and Balance Manual (Beladungs- und Schwerpunktsbestimmungshandbuch), einem vom Hersteller erstellten Handbuch, sind für die Betreiber von Flugzeugen alle Informationen, die für die Beladung des Flugzeuges mit Kraftstoff, Fracht u./o. Passagieren zu beachten sind, zu entnehmen. Ebenfalls enthalten ist die Bestimmung des Schwerpunktes sowie die Limits für Beladungszustände und Flugphasen. Diverse Verfahren stellen sicher, dass das Flugzeug in den zulässigen Grenzen optimal beladen wird. Eine ungünstige Schwerpunktlage kann den Kraftstoffverbrauch eines Flugzeuges unverhältnismäßig erhöhen oder auch die Steuerbarkeit erschweren. Eine falsche Betankung kann ggf. zu strukturellen Schäden an der Flugzeugzelle führen.

Lufthansa **A318/A319/A320/A321** MASTER MINIMUM EQUIPMENT LIST	**MMEL ITEMS** **52 - DOORS** 52-30 - Cargo Door

52-30-01	Cargo Door (FWD, AFT and BULK ◁)

Ident.: MI-52-30-00008733.0001001 / 27 JUN 11
Applicable to: ALL

52-30-01A Cargo door indicated locked on the DOOR/OXY SD page

Repair interval	Nbr installed	Nbr required	Placard
C	**–**	**0**	**No**

One or more may be inoperative in the closed and locked position provided that they are indicated locked on the DOOR/OXY SD page.

52-30-01B Visual check of the cargo door

Repair interval	Nbr installed	Nbr required	Placard
C	**–**	**0**	**No**

(m) One or more may be inoperative in the closed and locked position provided that the associated cargo door is visually checked to be closed and locked before each flight.

Reference(s)

(m) *Refer to AMM 52-30-00-040-001*

52-30-02	Cargo Door Actuator

Ident.: MI-52-30-00008734.0002001 / 27 JUN 11
Applicable to: ALL

52-30-02A A maximum of one actuator inoperative per cargo door

Repair interval	Nbr installed	Nbr required	Placard
C	**4**	**2**	**No**

A maximum of one per cargo door may be inoperative provided that:
1) The integrity of the yellow hydraulic system is not affected, and
2) The wind velocity during loading and unloading operations is below 30 kt, and
3) The operation of the door with a single actuator is limited to 100 open/close cycles.

Continued on the following page

Abb. 9.3 Beispiel einer Master Minimum Equipment List, MMEL [48]

Lufthansa **A318/A319/A320/A321** MASTER MINIMUM EQUIPMENT LIST	**MMEL ITEMS** **52 - DOORS** 52-30 - Cargo Door

Continued from the previous page

52-30-02B One or more actuator inoperative

Repair interval	Nbr installed	Nbr required	Placard
C	**4**	**0**	**No**

(m) One or more may be inoperative provided that:

1) The integrity of the yellow hydraulic system is not affected, and

2) The associated cargo door is manually closed and locked.

Reference(s)

(m) *Refer to AMM 52-36-00-040-001*

52-30-03	**Cargo Door Electrical Control**

Ident.: MI-52-30-00008737.0001001 / 27 JUN 11
Applicable to: ALL

52-30-03A Cargo door operated using hand pump

Repair interval	Nbr installed	Nbr required	Placard
C	**–**	**0**	**No**

One or more may be inoperative provided that the associated cargo doors can be operated using the hand pump.

52-30-03B Cargo door considered inoperative

Repair interval	Nbr installed	Nbr required	Placard
C	**–**	**0**	**No**

One or more may be inoperative provided that the associated cargo doors are considered inoperative.

Refer to Item 52-30-01 Cargo Door (FWD, AFT and BULK (If Installed))

Abb. 9.3 (Forsetzung)

9.6 Operating Manual

Für das Operating Manual Part B (Flugbetriebshandbuch) gibt es je nach Hersteller und Betreiber unterschiedliche Bezeichnungen. Flight Crew Operating Manual (FCOM), Aeroplane Operating Manual (AOM), oder auch Operating Manual (OM-B) sind die gängigsten Bezeichnungen.

Dieses Handbuch ist gewissermaßen die „Betriebsanleitung" des Flugzeuges, in erster Linie für die Flugzeugführer, aber auch für Flugzeugmechaniker. Es enthält alle notwendigen Informationen, um ein Flugzeug sicher und wirtschaftlich zu betreiben. In vielen Fällen ist es wegen seines Umfanges und der Handhabung in mehrere Bände (Volumes) unterteilt.

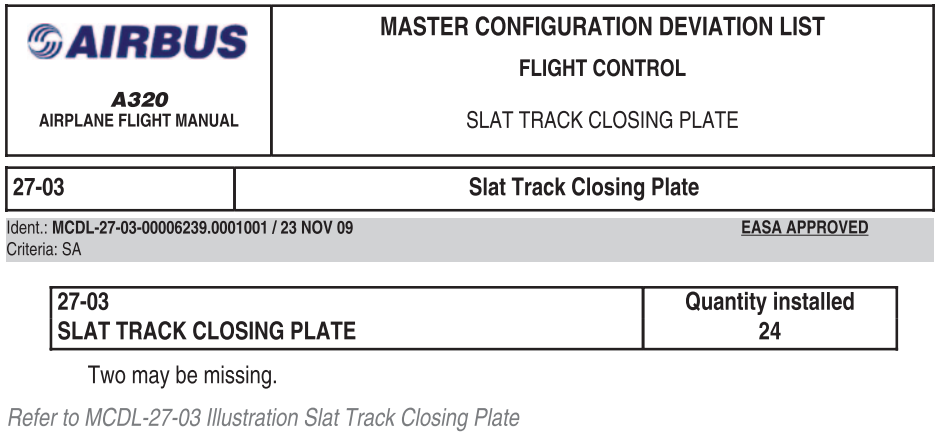
Obwohl die Hersteller für ihre Flugzeugmuster Flugbetriebshandbücher herausgeben, entscheiden sich speziell Betreiber größerer u./o. gemischter Flotten oft für die Herausgabe eigener Handbücher, die allerdings auf den Herstellerausgaben basieren. Die Gründe hierfür sind vielschichtig. So werden z. B. aus Trainingsaspekten herstellerunabhängige Sprachregelungen angestrebt, gleiche Kapitelstrukturen verwendet, Inhalte betreiberinternen Vorstellungen angepasst und nicht zuletzt wird damit die Möglichkeit geschaffen, immer den aktuellen Bau- und Ausrüstungszustand der Flugzeuge auch in der Dokumentation wiederzugeben. Gemäß EU-OPS 1 § 1.1045 Appendix 1 [93] müssen im Flugbetriebshandbuch mindestens folgende Kapitel enthalten sein:

Kapitel 0 Generelle Informationen (Chapter 0 – General Information)

z. B. Flugzeugabmessungen, Maßeinheiten und Umrechnungstabellen.

Kapitel 1 Betriebsgrenzen (Chapter 1 – Limitations)

Diesem Kapitel sind Daten, Angaben und Informationen in Bezug auf die Betriebsgrenzen der Struktur, der Motore und der Bordsysteme zu entnehmen. Zulassungsstatus und Besatzungszusammensetzung sind aufgeführt.



AIRBUS

A320
AIRPLANE FLIGHT MANUAL

MASTER CONFIGURATION DEVIATION LIST
FLIGHT CONTROL
SLAT TRACK CLOSING PLATE

27-03	Slat Track Closing Plate

Ident.: MCDL-27-03-00006239.0001001 / 23 NOV 09 EASA APPROVED
Criteria: SA

27-03 SLAT TRACK CLOSING PLATE	Quantity installed 24

Two may be missing.

Refer to MCDL-27-03 Illustration Slat Track Closing Plate

Abb. 9.4 Beispiel einer Master Configuration Deviation List (MCDL) [48]

AIRBUS

A320
AIRPLANE FLIGHT MANUAL

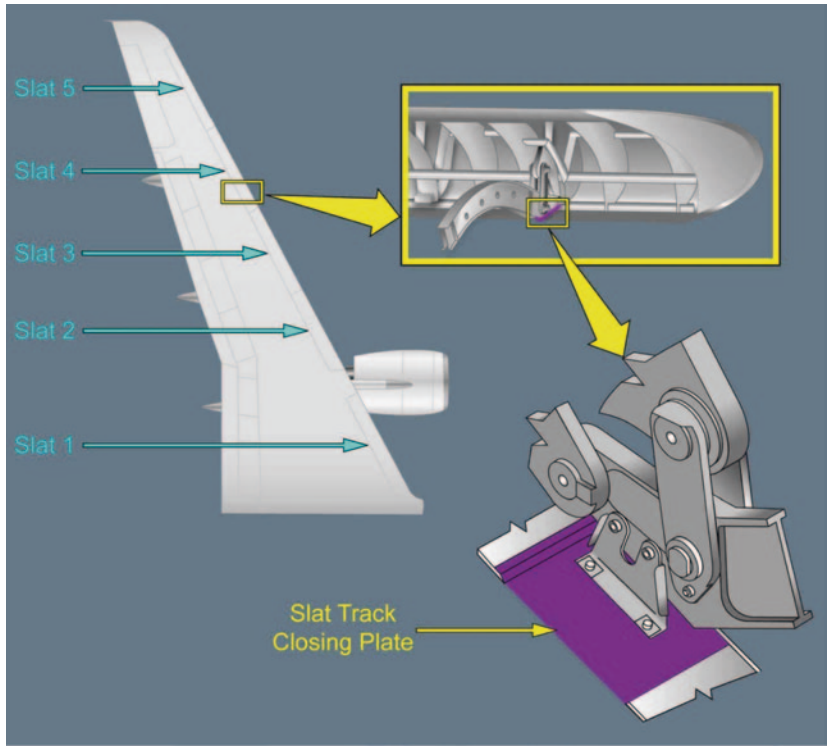
MASTER CONFIGURATION DEVIATION LIST

FLIGHT CONTROL

SLAT TRACK CLOSING PLATE

ILLUSTRATION SLAT TRACK CLOSING PLATE

Ident.: **MCDL-27-03-00006240.0001001 / 23 NOV 09** **FOR INFORMATION ONLY**
Criteria: SA



For dispatch conditions: *Refer to 27-03 Slat Track Closing Plate*

Abb. 9.4 (Forsetzung)

Kapitel 2 Normalbetriebverfahren (Chapter 2 – Normal Procedures)

Es sind alle Verfahren (Procedures) für den normalen Betrieb aufgeführt. Sie sind in der Abfolge gemäß dem Ablauf eines normalen Fluges gelistet. Dazu gehören auch Noise Abatement Procedures sowie Verfahren zum Flugbetrieb auf kontaminierten Start-/Landebahnen.

Checklisten gewährleisten die korrekte Anwendung der Verfahren. Die Verfahrensanweisungen sind in Kartenform oder elektronisch für den Flugzeugführer verfügbar.

Kapitel 3 Außergewöhnliche Verfahren und Notverfahren (Chapter 3 – Abnormal and Emergency Procedures)

Für Notfälle sind festgelegte Verfahrensweisen anzuwenden. Kapitel 3 listet Verfahren für denkbare Notfälle, vom medizinischen Notfall über Feuer oder Rauchentwicklung in Kabine oder Cockpit, Triebwerksausfall, Bordsystemausfall, Blitzschlag bis hin zum Druckabfall im Flugzeug.

Kapitel 4 Flugleistungen (Chapter 4 – Performance)

Die Flugleistungsdaten und Informationen so zu gestalten, dass sie von den Flugzeugführern ohne Probleme und unnötigen Zeitaufwand verwendet werden können, maßgeblich auch bei der Ermittlung von Fehlern. Für JAR zugelassene Flugzeuge gelten alle Daten für die Erfüllung von Flugleistungsvorschriften aus den Abschnitten F, G, H und I der JAR-OPS 1.

Dazu gehören die Bereiche:

- Leistungsgrenzwerte der Motore für die verschieden Flugphasen,
- Bestimmung der notwendigen Start-/Landebahnlänge,
- Startsteigflug mit einem ausgefallenen Motor,
- Gradientenverlust bei Kurven im Startsteigflug,
- Daten für den Steigflug in Reisekonfiguration,
- Daten für den Steigflug in Anflug- und Landekonfiguration,
- Grenzwerte für die Bremsenergie,
- Geschwindigkeiten für die verschiedenen Flugphasen,
- Daten für Konfigurationsabweichungen,
- Daten für den Weiterflug nach Ausfall eines Motors.

Die Start- und Startsteigflugdaten für die vorgesehenen Startbahnen sind vorbestimmt und entsprechenden Tabellen zu entnehmen. Heutzutage sind zur Bestimmung der Daten Computerprogramme z. B. auf Laptops im Einsatz, mit denen die benötigten Daten nach Eingabe der aktuellen Umgebungsparameter (Temperatur, Luftdruck etc.), der Startbahnbedingungen (Nass, trocken) und der Flugzeugkonfiguration (Flap setting) berechnet werden.

Kapitel 5 Flugplanung (Chapter 5 – Flight Planning)

Das Kapitel Flugplanung präsentiert alle Informationen und Daten, mit denen die benötigte Kraftstoffmenge und die Flugzeit gemäß der für den Betreiber geltenden Betriebsvorgaben (z. B. EU-OPS 1) ermittelt werden. In der Regel stehen für die Flugplanung Computerprogramme zur Verfügung.

Kapitel 6 Masse und Schwerpunktlage (Chapter 6 – Mass and Balance)

Bei der Beladung und Betankung eines Flugzeuges ist sicherzustellen, dass die zulässigen Massen- und Schwerpunktgrenzen nicht überschritten werden. Das Kapitel beschreibt die Ermittlung der Lage des Schwerpunktes für den Start und die Verlagerung während des Fluges durch den Kraftstoffverbrauch.

Kapitel 7 Beladung (Chapter 7 – Loading)

Es wird beschrieben, was bei der Beladung zu beachten ist. Die maximalen Abmaße von Paletten und Containern und die korrekte Sicherung der Ladung sind dem Kapitel zu entnehmen. Auch die maximalen Flächen- und Punktlasten an den einzelnen Ladepositionen sind aufgeführt.

Kapitel 8 Konfigurationsabweichungsliste (Chapter 8 – Configuration Deviation List (CDL))

Die CDL ist Bestandteil des Flugbetriebshandbuches.

Kapitel 9 Mindestausrüstungsliste (Chapter 9 – Minimum Equipment List (MEL))

Die MEL ist Bestandteil des Flugbetriebshandbuches.

Kapitel 10 Überlebens- und Notausrüstung einschließlich Sauerstoff (Chapter 10 – Survival and Emergency Equipment including Oxygen)

Die Inhalte der Kapitel 10 und 11 sind zwar dem Flugbetriebshandbuch zugeordnet, werden aber teilweise auch in einem separaten Handbuch herausgegeben, da sie auch die Kabinenbesatzung betreffen.

Kapitel 11 Noträumungsverfahren (Chapter 11 – Emergency Evacuation Procedures (vgl. auch Kapitel 10))

Kapitel 12 Flugzeugsysteme (Chapter 12 – Aeroplane Systems)

Normalerweise ist für Flugzeugsysteme ein eigener Band (Volume) vorgesehen. Einzelne Bordsysteme werden dargestellt und auf funktionaler Ebene erläutert. Dies erfolgt nach der ATA Klassifizierung der Baugruppen.

Operationelle Aspekte des Flugbetriebs

10

10.1 Grundlagen der Flugleistung

Unter dem Begriff Flugleistung oder „Performance“ versteht man die Leistungsdaten eines Flugzeuges (z. B. Steigraten in den verschiedenen Steigflugsegmenten, Reisegeschwindigkeiten etc.) in den verschiedenen Phasen des Flugprofils. Die Flugleistung eines Flugzeuges wird bei der Musterzulassung ermittelt, im Flughandbuch dokumentiert und veröffentlicht.

Das Flughandbuch (Flight Manual) ist die für jedes Flugzeugmuster behördlich erforderliche Betriebsvorschrift. Es ist damit Teil der Musterzulassung. Das Flughandbuch enthält die von der ICAO und den nationalen Luftfahrtbehörden festgelegten Angaben und Anweisungen für den Betrieb von Flugzeugen und bildet die Grundlage für die luftverkehrsgesellschaftsinterne Technische Flugdienstvorschrift (TFV) bzw. das Aircraft Operation Manual (AOM).

Die Mindestflugbedingungen werden im Annex 8 der ICAO (Airworthiness of Aircraft) festgeschrieben [143]. Umgesetzt werden die ICAO Standards durch die FAR 25 (USA) und die CS 25 der EASA in Europa. Die operationellen Grenzwerte der Flugzeuge sind im Annex 6 der ICAO (Operation of Aircraft) nachzulesen. Umgesetzt werden die Verordnungen durch FAR 121 (USA) und EU-OPS 1 in Europa.

10.2 Gesetzliche Bestimmungen für Flugleistungen

Die nachfolgenden Bestimmungen basieren auf der EG Verordnung Nr. 859/2008, EU-OPS 1, Abschnitte F, G, H, I [92].

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_10,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

OPS 1.470 definiert die Anwendbarkeit der Bestimmung für Flugleistungen.

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass mehrmotorige Propellerturbinenflugzeuge, deren höchste genehmigte Fluggastsitzanzahl mehr als 9 oder deren höchstzulässige Startmasse mehr als 5.700 kg beträgt, und alle mehrmotorigen Strahlturbinenflugzeuge in Übereinstimmung mit den Bestimmungen der Flugleistungsklasse A betrieben werden.

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass Flugzeuge mit Propellerantrieb, deren höchste genehmigte Fluggastsitzanzahl 9 oder weniger und deren höchstzulässige Startmasse 5.700 kg oder weniger beträgt, in Übereinstimmung mit den Bestimmungen der Flugleistungsklasse B betrieben werden.

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass Flugzeuge mit Kolbentriebwerken, deren höchste genehmigte Fluggastsitzanzahl mehr als 9 oder deren höchstzulässige Startmasse mehr als 5.700 kg beträgt, in Übereinstimmung mit den Bestimmungen der Flugleistungsklasse C betrieben werden.

Kann die vollständige Erfüllung der Bestimmungen des zutreffenden Abschnitts aufgrund besonderer Gestaltungsmerkmale (z. B. Überschallflugzeuge oder Wasserflugzeuge) nicht nachgewiesen werden, hat der Luftfahrtunternehmer anerkannte Flugleistungsforderungen anzuwenden, die ein gleiches Maß an Sicherheit wie bei Erfüllung der Bestimmungen des entsprechenden Abschnitts gewährleisten.

Der Luftfahrtunternehmer hat nach OPS 1.475 sicherzustellen, dass die Flugzeugmasse zu Beginn des Startvorgangs oder im Fall einer Umplanung während des Fluges an dem Punkt, ab dem der geänderte Flugdurchführungsplan gilt, nicht größer ist als die Masse, mit der die Bestimmungen des zutreffenden Abschnitts für den durchzuführenden Flug erfüllt werden können; dabei ist der zu erwartende Betriebsstoffverbrauch und der in Übereinstimmung mit den geltenden Bestimmungen abgelassene Kraftstoff zu berücksichtigen.

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die im Flughandbuch enthaltenen anerkannten Flugleistungsdaten verwendet werden, Entsprechend den Bestimmungen sind diese Daten erforderlichenfalls durch andere Daten, die den Anforderungen der Luftfahrtbehörde genügen, zu ergänzen. Bereits in den Flugleistungsdaten des Flughandbuchs berücksichtigte betriebliche Faktoren können bei der Anwendung der im zutreffenden Abschnitt vorgeschriebenen Faktoren berücksichtigt werden, um eine doppelte Anwendung von Faktoren zu vermeiden.

Beim Nachweis der Erfüllung der Bestimmungen des zutreffenden Abschnitts sind die Flugzeugkonfiguration, die Umgebungsbedingungen und der Betrieb von Flugzeugsystemen, die die Flugleistungen beeinträchtigen, zu berücksichtigen.

Für Flugleistungszwecke kann eine feuchte Start-/Landebahn, sofern es sich nicht um eine Grasbahn handelt, als trocken eingestuft werden. Der Luftfahrtunternehmer hat für die Prüfung, ob die Startleistungsforderungen erfüllt sind, die entsprechende Aufzeichnungsgenauigkeit zu berücksichtigen.

10.3 Sachliche Begriffsbestimmungen

Die nachstehend aufgeführten Begriffe, die nach OPS 1.480 verwendet werden, haben folgende Bedeutung:

- Verfügbare Startabbruchstrecke:
  Die verfügbare Startabbruchstrecke setzt sich zusammen aus der Länge der verfügbaren Startrollstrecke zuzüglich der Länge der Stoppbahn, soweit eine solche Stoppbahn von der zuständigen Behörde für verfügbar erklärt worden ist und sie die Masse des Flugzeuges bei den gegebenen Betriebsbedingungen zu tragen vermag.
- Kontaminierte Start-/Landebahn:
  Eine Start-/Landebahn gilt als kontaminiert, wenn mehr als 25 % ihrer Oberfläche (ob in verstreuten oder zusammenhängenden Bereichen) innerhalb der geforderten Länge und Breite, die benutzt wird, bedeckt ist mit stehendem Wasser mit mehr als 3 mm (0,125 inch) Tiefe oder mit Matsch oder losem Schnee mit einer Tiefe, die einer Wassertiefe von mehr als 3 mm (0,125 inch) entspricht, gepresstem Schnee, der nicht weiter zusammengedrückt werden kann und beim Aufnehmen zusammenhängend bleibt oder in Klumpen zerbricht, oder Eis, einschließlich nassem Eis.
- Feuchte Start-/Landebahn:
  Eine Start-/Landebahn gilt als feucht, wenn ihre Oberfläche nicht trocken ist, aber die vorhandene Feuchtigkeit der Start-/Landebahn noch kein glänzendes Aussehen verleiht.
- Trockene Start-/Landebahn:
  Eine trockene Start-/Landebahn ist eine Start-/Landebahn, die weder nass noch kontaminiert ist. Eingeschlossen sind solche befestigten Start-/Landebahnen, die mit Querrillen oder einem porösen Belag versehen sind und so instand gehalten werden, dass selbst bei vorhandener Feuchtigkeit eine Bremswirkung wie bei einer tatsächlich trockenen Start-/Landebahn erhalten bleibt.
- Verfügbare Landestrecke:
  Die Länge der Start-/Landebahn, die von der zuständigen Behörde für das Ausrollen eines landenden Flugzeugs für verfügbar und geeignet erklärt worden ist.
- Höchste genehmigte Fluggastsitzanzahl:
  Die vom Luftfahrtunternehmer verwendete höchste Anzahl Sitze eines einzelnen Flugzeuges (abzüglich der Flugzeugführersitze oder Sitze im Führerraum und, falls zutreffend, der Sitze für die Kabinenbesatzung), die von der Luftfahrtbehörde für seinen Betrieb genehmigt und im Betriebshandbuch festgelegt ist.
- Verfügbare Startstrecke:
  Die verfügbare Startstrecke setzt sich zusammen aus der Länge der verfügbaren Startrollstrecke zuzüglich der Länge der verfügbaren Freifläche.

- Startmasse:
  Unter der Startmasse versteht man die Masse des Flugzeuges bei Beginn des Startlaufs unter Einbeziehung aller an Bord befindlichen Sachen, Güter und Personen.
- Verfügbare Startrollstrecke:
  Die verfügbare Startrollstrecke ist die Länge der Start-/Landebahn, die von der zuständigen Behörde für den Startlauf eines startenden Flugzeuges für verfügbar und geeignet erklärt worden ist.
- Nasse Start-/Landebahn:
  Eine Start-/Landebahn gilt als nass, wenn ihre Oberfläche zu einem geringeren Teil mit Wasser, Schnee oder Matsch bedeckt ist oder wenn so viel Feuchtigkeit vorhanden ist, dass die Start-/Landebahn zwar eine reflektierende Oberfläche, jedoch keine nennenswerten Bereiche mit stehendem Wasser aufweist.

Für die Begriffe „Startabbruchstrecke“, „Startstrecke“, „Startrollstrecke“, „Nettostartflugbahn“, „Nettoflugbahn mit einem ausgefallenen Triebwerk im Reiseflug“ und „Nettoflugbahn mit zwei ausgefallenen Triebwerken im Reiseflug“, soweit sie sich auf das Flugzeug beziehen, gelten die Begriffsbestimmungen in den Lufttüchtigkeitsforderungen, nach denen das Flugzeug zugelassen wurde, oder, wenn nach Auffassung der Luftfahrtbehörde diese für den Nachweis der Erfüllung der flugleistungsbezogenen Betriebsgrenzen als ungeeignet anzusehen sind, die von der Luftfahrtbehörde festgelegten Begriffsbestimmungen.

10.4 Flugleistungsklassen

10.4.1 Flugleistungsklasse A

OPS 1.485 besagt:

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die im Flughandbuch festgelegten anerkannten Flugleistungsdaten durch zusätzliche Daten, die den Anforderungen der Luftfahrtbehörde genügen, ergänzt werden, wenn die Angaben im Flughandbuch unzureichend sind, unter anderem hinsichtlich:

- der Berücksichtigung zu erwartender ungünstiger Betriebsbedingungen, wie etwa Start und Landung auf kontaminierten Start-/Landebahnen, und
- der Berücksichtigung eines Triebwerkausfalls in allen Flugabschnitten.

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass im Falle einer nassen und kontaminierten Start-/Landebahn Flugleistungsdaten verwendet werden, die nach den Bestimmungen der geltenden Vorschriften für die Zulassung großer Flugzeuge oder anderen gleichwertigen Vorschriften, die den Anforderungen der Luftfahrtbehörde genügen, ermittelt worden sind.

OPS 1.490 besagt für den Start:

a) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die Startmasse unter Berücksichtigung der Druckhöhe und der Umgebungstemperatur an dem Flugplatz, auf dem der Start durchgeführt wird, die im Flughandbuch festgelegte höchstzulässige Startmasse nicht überschreitet.
b) Der Luftfahrtunternehmer hat bei der Ermittlung der höchstzulässigen Startmasse Folgendes zu erfüllen:
   – die Startabbruchstrecke darf die verfügbare Startabbruchstrecke nicht überschreiten,
   – die Startstrecke darf die verfügbare Startstrecke nicht überschreiten, wobei der Anteil der Freifläche nicht mehr als die Hälfte der verfügbaren Startrollstrecke betragen darf,
   – die Startrollstrecke darf die verfügbare Startrollstrecke nicht überschreiten,
   – zur Erfüllung dieser OPS muss die Geschwindigkeit V_1 für den Startabbruch der Geschwindigkeit V_1 für die Fortsetzung des Starts entsprechen, und
   – die für einen Start auf einer nassen oder kontaminierten Start-/Landebahn ermittelte Startmasse darf nicht höher sein als der Wert, der sich für einen Start auf einer trockenen Start-/Landebahn unter sonst gleichen Randbedingungen ergeben wurde.
c) Bei der Erfüllung des Buchstaben b) sind vom Luftfahrtunternehmer zu berücksichtigen:
   – die Druckhöhe am Flugplatz,
   – die am Flugplatz herrschende Umgebungstemperatur,
   – der Zustand und die Art der Oberfläche der Start-/Landebahn,
   – die Neigung der Start-/Landebahn in Startrichtung,
   – höchstens das 0,5-fache der gemeldeten Gegenwindkomponente und mindestens das 1,5-fache der gemeldeten Rückenwindkomponente und der Startbahnlängenverlust durch Ausrichten des Flugzeugs vor dem Beginn des Startlaufs.

OPS 1.495 führt zur Hindernisfreiheit beim Start aus:

a) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die Nettostartflugbahn zu allen Hindernissen einen senkrechten Abstand von mindestens 35 ft oder einen horizontalen Abstand von mindestens 90 m plus 0,125 × D hat. Dabei ist D die horizontale Entfernung, die das Flugzeug vom Ende der verfügbaren Startstrecke oder der Startstrecke zurückgelegt hat, wenn vor dem Ende der verfügbaren Startstrecke ein Kurvenflug vorgesehen ist. Bei Flugzeugen mit einer Spannweite von weniger als 60 m kann die halbe Spannweite plus 60 m plus 0,125 × D als Abstand für die horizontale Hindernisfreiheit verwendet werden.
b) Dabei sind vom Luftfahrtunternehmer zu berücksichtigen:
   – die Flugzeugmasse zu Beginn des Startlaufs,
   – die Druckhöhe am Flugplatz,
   – die am Flugplatz herrschende Umgebungstemperatur und
   – höchstens das 0,5-fache der gemeldeten Gegenwindkomponente und mindestens das 1,5-fache der gemeldeten Rückenwindkomponente.

c) Bei der Erfüllung des Buchstaben a ist davon auszugehen, dass
   - Kursänderungen über Grund bis zu dem Punkt nicht vorgenommen werden dürfen, an dem die Nettostartflugbahn eine Höhe über Grund entsprechend der halben Spannweite, jedoch nicht weniger als 50 ft über dem Ende der verfügbaren Startrollstrecke erreicht hat. Danach wird bis zum Erreichen einer Höhe von 400 ft über Grund angenommen, dass die Querneigung des Flugzeugs nicht mehr als 15° beträgt. Nach Erreichen einer Höhe von 400 ft über Grund können Querneigungen bis zu 25° geplant werden,
   - bei Querneigungen des Flugzeugs von mehr als 15° der betroffene Abschnitt der Nettostartflugbahn einen senkrechten Abstand von mindestens 50 ft zu allen Hindernissen innerhalb der festgelegten seitlichen Abstände hat und der Luftfahrtunternehmer besondere von der Luftfahrtbehörde genehmigte Verfahren zu benutzen hat, um eine größere Querneigung von bis zu 20° zwischen 200 ft und 400 ft oder eine Querneigung von bis zu 30° über 400 ft anzuwenden (vgl. Anlage 1 zu OPS 1.495 Buchstabe c Nummer 3).
   - Der Einfluss der Querneigung auf die Fluggeschwindigkeit und auf die Flugbahn, einschließlich der Streckenzunahme aufgrund erhöhter Fluggeschwindigkeiten, ist entsprechend zu berücksichtigen.

d) Bei der Erfüllung des Buchstabens a kann der Luftfahrtunternehmer, sofern die beabsichtigte Flugbahn keine Kursänderungen über Grund von mehr als 15° erfordert, Hindernisse unberücksichtigt lassen, deren seitlicher Abstand größer ist als
   - 300 m, wenn der Flugzeugführer die geforderte Navigationsgenauigkeit innerhalb dieses Bereichs einhalten kann, oder
   - 600 m für Flüge unter allen anderen Bedingungen.

e) Bei der Erfüllung des Buchstabens a kann der Luftfahrtunternehmer, sofern die beabsichtigte Flugbahn Kursänderungen über Grund von mehr als 15° erfordert, Hindernisse unberücksichtigt lassen, deren seitlicher Abstand größer ist als
   - 600 m, wenn der Flugzeugführer die geforderte Navigationsgenauigkeit innerhalb dieses Bereichs einhalten kann, oder
   - 900 m für Flüge unter allen anderen Bedingungen.

f) Der Luftfahrtunternehmer hat zur Erfüllung von OPS 1.495 und zur Gewährleistung einer hindernisfreien Flugbahn Verfahren festzulegen, die es ermöglichen, den Flug in Übereinstimmung mit den Reiseluganforderungen gemäß OPS 1.500 fortzusetzen oder auf dem Startflugplatz oder Startausweichflugplatz zu beenden.

OPS 1.500 Reiseflug, besagt für den Ausfalls eines Triebwerks:

a) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die mit den Angaben im Flug- handbuch ermittelte Nettoflugbahn mit einem ausgefallenen Triebwerk im Reiseflug unter den für den Flug zu erwartenden Wetterbedingungen an allen Punkten der Flugstrecke erfüllt ist. Die Nettoflugbahn muss in 1.500 ft Höhe über dem Flugplatz, auf dem nach Ausfall eines Triebwerks gelandet werden

soll, eine positive Neigung aufweisen. Müssen aufgrund der Wetterbedingungen Vereisungsschutzeinrichtungen betrieben werden, ist deren Einfluss auf die Nettoflugbahn zu berücksichtigen.

b) Die Nettoflugbahn muss in einer Höhe von mindestens 1.000 ft über allen Bodenerhebungen und Hindernissen innerhalb eines Abstands von 9,3 km (5 NM) beiderseits des beabsichtigten Flugwegs eine positive Neigung haben.

c) Die Nettoflugbahn muss die Fortsetzung des Fluges aus der Reiseflughöhe bis zu einem Flugplatz ermöglichen, auf dem eine Landung nach den anzuwendenden Bestimmungen von OPS 1.515 oder OPS 1.520 ausgeführt werden kann. Sie muss zu allen Bodenerhebungen und Hindernissen innerhalb eines Abstands von 9,3 km (5 NM) beiderseits des beabsichtigten Flugwegs einen senkrechten Mindestabstand von 2.000 ft aufweisen. Dabei ist zu beachten, dass
   - von einem Triebwerkausfall an dem ungünstigsten Punkt der Flugstrecke ausgegangen wird,
   - die Windeinflüsse auf die Flugbahn berücksichtigt werden,
   - nur so viel Kraftstoff nach einem sicheren Verfahren abgelassen wird, dass
   - der Flugplatz mit den vorgeschriebenen Kraftstoffreserven erreicht werden kann.

   Für den Flugplatz, auf dem nach dem Ausfall eines Triebwerks gelandet werden soll, gelten die folgenden Kriterien:
   - die Flugleistungsvorschriften sind mit der zu erwartenden Landemasse des Flugzeuges zu erfüllen, und
   - Wettermeldungen oder Wettervorhersagen und Meldungen über die Flugplatzbedingungen zur voraussichtlichen Ankunftszeit müssen eine sichere Landung ermöglichen.

d) Zur Erfüllung der OPS 1.500 hat der Luftfahrtunternehmer den Mindestwert für den seitlichen Abstand nach den Buchstaben b) und c) auf 18,5 km (10 NM) zu erhöhen, wenn die Navigationsgenauigkeit nicht innerhalb eines Vertrauensbereichs von 95 % liegt.

OPS 1.505 Reiseflug, besagt für den Ausfall von zwei Triebwerken bei Flugzeugen mit mehr als zwei Triebwerken:

a) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass ein Flugzeug mit mehr als zwei Triebwerken, bei einer Reiseflugleistung aller Triebwerke für Langstreckenflüge, bei Standardtemperatur und Windstille, an keinem Punkt entlang der beabsichtigten Flugstrecke mehr als 90 Flugminuten von einem Flugplatz entfernt ist, für den mit der zu erwartenden Landemasse des Flugzeuges die Vorschriften dieses Abschnitts erfüllt werden können, es sei denn, der Flug wird in Übereinstimmung mit den Buchstaben b bis f durchgeführt.

b) Die Angaben für die Nettoflugbahn mit zwei ausgefallenen Triebwerken im Reiseflug müssen es ermöglichen, dass das Flugzeug den Flug unter den zu erwartenden

Wetterbedingungen von dem Punkt aus, für den der gleichzeitige Ausfall beider Triebwerke angenommen worden ist, bis zu einem Flugplatz fortsetzen kann, an dem das Flugzeug unter Benutzung des vorgeschriebenen Verfahrens für eine Landung mit zwei ausgefallenen Triebwerken landen und zum Stillstand kommen kann. Die Nettoflugbahn muss zu allen Bodenerhebungen und Hindernissen innerhalb eines seitlichen Abstands von 9,3 km (5 NM) beiderseits des beabsichtigten Flugwegs einen senkrechten Abstand von mindestens 2.000 ft aufweisen. Bei Flügen in Höhen und in Wetterbedingungen, bei denen Vereisungsschutzeinrichtungen betrieben werden müssen, ist deren Einfluss auf die Nettoflugbahn zu berücksichtigen. Liegt die Navigationsgenauigkeit nicht innerhalb eines Vertrauensbereichs von 95 %, hat der Luftfahrtunternehmer den oben genannten Mindestwert für den seitlichen Abstand auf 18,5 km (10 NM) zu erhöhen.

c) Es wird davon ausgegangen, dass die beiden Triebwerke an dem ungünstigsten Punkt des Flugstreckenabschnitts ausfallen, an dem das Flugzeug, bei einer Reiseflugleistung aller Triebwerke für Langstreckenflüge, bei Standardtemperatur und Windstille, mehr als 90 Flugminuten von einem Flugplatz entfernt ist, für den mit der zu erwartenden Landemasse des Flugzeuges die geltenden Flugleistungsvorschriften erfüllt werden können.
d) Die Nettoflugbahn muss in einer Höhe von 1.500 ft über dem Flugplatz, auf dem nach Ausfall beider Triebwerke gelandet werden soll, eine positive Neigung aufweisen.
e) Das Ablassen von Kraftstoff nach einem sicheren Verfahren ist in einem Umfang erlaubt, der das Erreichen des Flugplatzes mit den vorgeschriebenen Kraftstoffreserven nicht beeinträchtigt.
f) Die zu erwartende Flugzeugmasse am Punkt des doppelten Triebwerkausfalls muss genügend Kraftstoff beinhalten, um den Flug zu dem Flugplatz fortzusetzen, der für eine Landung vorgesehen ist, dort in einer Höhe von mindestens 1.500 ft anzukommen und danach 15 Minuten lang im Horizontalflug weiterzufliegen.

OPS 1.510 Landung, besagt für die Bestimmungs- und Ausweichflugplätze:

a) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die gemäß OPS 1.475 Buchstabe a ermittelte Landemasse des Flugzeuges nicht die höchstzulässige Landemasse überschreitet, die für die Höhenlage des Flugplatzes und für die bei der Ankunft am Flugplatz zu erwartende Umgebungstemperatur festgelegt ist.
b) Bei Instrumentenanflügen mit einem Steiggradienten für den Fehlanflug von mehr als 2,5 % hat der Luftfahrtunternehmer sicherzustellen, dass die voraussichtliche Landemasse des Flugzeuges einen Fehlanflug in der Fehlanflugkonfiguration und mit der dazugehörigen Fluggeschwindigkeit bei einem ausgefallenem Triebwerk mit einem Steiggradienten ermöglicht, der mindestens dem anwendbaren Steiggradienten (siehe geltende Vorschriften für die Zulassung großer Flugzeuge) entspricht, es sei denn, die Luftfahrtbehörde hat einem anderen Verfahren zugestimmt.

c) Bei Instrumentenanflügen mit Entscheidungshöhen von weniger als 200 ft hat der Luftfahrtunternehmer sicherzustellen, dass die voraussichtliche Landemasse des Flugzeuges einen Fehlanflug mit ausgefallenem kritischen Triebwerk sowie mit der dafür vorgesehenen Fluggeschwindigkeit und Flugzeugkonfiguration unter Einhaltung des veröffentlichten Steiggradienten, mindestens jedoch einem Gradienten von 2,5 % ermöglicht (CS-AWO 243), es sei denn, die Luftfahrtbehörde hat einem anderen Verfahren zugestimmt.

OPS 1.515 Landung, besagt für trockene Landebahnen:

a) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die gemäß OPS 1.475 Buchstabe a für die voraussichtliche Landezeit ermittelte Landemasse des Flugzeuges eine Landung an dem Bestimmungsflugplatz und an jedem Ausweichflugplatz aus einer Höhe von 50 ft über der Landebahnschwelle bis zum Stillstand innerhalb einer Strecke ermöglicht,
   1. Die bei Strahlturbinenflugzeugen nicht mehr als 60 %,
   2. bei Flugzeugen mit Propellerturbinen nicht mehr als 70 % der verfügbaren Landestrecke beträgt.
   3. Für Steilanflugverfahren kann die Luftfahrtbehörde die Verwendung von Landestreckendaten genehmigen, die auf einer Höhe über der Landebahnschwelle von weniger als 50 ft, jedoch nicht weniger als 35 ft beruhen (vgl. Anlage 1 zu OPS 1.515 Buchstabe a Nummer 3).
   4. Für den Nachweis der Erfüllung der Bestimmungen der Nummern 1 und 2 kann die Luftfahrtbehörde ausnahmsweise die Anwendung von Kurzlandeverfahren genehmigen, von deren Notwendigkeit sie überzeugt sein muss (vgl. Anhänge 1 und 2 zu OPS 1.515 Buchstabe a Nummer 4). Die Luftfahrtbehörde kann die Erfüllung weiterer zusätzlicher Bedingungen verlangen, die sie in diesen Fällen für die Gewährleistung eines ausreichen den Maßes an Sicherheit für erforderlich hält.

b) Bei der Erfüllung des Buchstabens a sind vom Luftfahrtunternehmer zu berücksichtigen:
   – die Höhenlage des Flugplatzes,
   – höchstens das 0,5-fache der Gegenwindkomponente und mindestens das 1,5-fache der Rückenwindkomponente und
   – die Längsneigung der Start-/Landebahn in Landerichtung von mehr als + 2 %.

c) Bei der Überprüfung nach Buchstabe a ist davon auszugehen, dass
   – das Flugzeug bei Windstille auf der günstigsten Landebahn landet und
   – das Flugzeug auf der unter Berücksichtigung der zu erwartenden Windgeschwindigkeit und Windrichtung, der Betriebseigenschaften des Flugzeuges am Boden sowie anderer Bedingungen, wie Landehilfen und Geländebeschaffenheit, auf der am wahrscheinlichsten zu benutzenden Landebahn landet.

d) Kann der Luftfahrtunternehmer für einen Bestimmungsflugplatz mit nur einer Start-/Landebahn Buchstabe c Nummer 1 nicht erfüllen, darf ein Flug zu diesem Bestimmungsflugplatz nur angetreten werden, wenn zwei Ausweichflugplätze zur Verfügung stehen, für die die vollständige Erfüllung der Buchstaben a, b und c möglich ist. Vor Beginn des Landeanfluges auf den Bestimmungsflugplatz hat der Flugzeugführer sich davon zu überzeugen, dass eine Landung in Übereinstimmung mit OPS 1.510 und den Buchstaben a und b durchgeführt werden kann.
e) Kann der Luftfahrtunternehmer für den Bestimmungsflugplatz die Bestimmungen des Buchstabens c Nummer 2 nicht erfüllen, darf ein Flug zu diesem Bestimmungsflugplatz nur angetreten werden, wenn ein Ausweichflugplatz zur Verfügung steht, für den die vollständige Erfüllung der Buchstaben a, b und c möglich ist.

OPS 1.520 Landung, besagt für nasse und kontaminierte Landebahnen:

a) Ist aufgrund der Wettermeldungen oder Wettervorhersagen oder einer Kombination aus beiden anzunehmen, dass die Landebahn zur voraussichtlichen Ankunftszeit nass sein kann, hat der Luftfahrtunternehmer sicherzustellen, dass die verfügbare Landestrecke mindestens 115 % der nach OPS 1.515 geforderten Landestrecke beträgt.
b) Ist aufgrund der Wettermeldungen oder Wettervorhersagen oder einer Kombination aus beiden anzunehmen, dass die Landebahn zur voraussichtlichen Ankunftszeit kontaminiert sein kann, hat der Luftfahrtunternehmer sicherzustellen, dass die verfügbare Landestrecke mindestens 115 % der mit den für kontaminierte Landebahnen anerkannten oder gleichwertigen, behördlichen Anforderungen genügenden Daten ermittelten Landestrecke, jedoch nicht weniger als die geforderte Landesstrecke beträgt.
c) Abweichend von Buchstabe a kann für nasse Landebahnen eine Landestrecke verwendet werden, die kürzer ist als nach Buchstabe a, jedoch nicht kürzer als die nach OPS 1.515 Buchstabe a, wenn das Flughandbuch hier für besondere zusätzliche Landestreckenangaben enthält.
d) Abweichend von Buchstabe b können bei besonders behandelten kontaminierten Landebahnen Landestrecken verwendet werden, die kürzer als die nach Buchstabe b) jedoch nicht kürzer als die nach OPS 1.515 Buchstabe a sind, wenn das Flughandbuch hierfür besondere zusätzliche Landestreckenangaben für kontaminierte Landebahnen enthält.

Zur Genehmigung größerer Querneigungen ist festgeschrieben (Anlage 1 zu OPS 1.495 Buchstabe c Nummer 3):

a) Für die Anwendung größerer Querneigungen, die einer besonderen Genehmigung bedürfen, sind folgende Kriterien zu erfüllen:
   – Das Flughandbuch muss anerkannte Angaben für notwendige Geschwindigkeitserhöhungen enthalten und Angaben, die unter Berücksichtigung größerer Querneigungen und Geschwindigkeiten die Ermittlung der Flugbahn ermöglichen.

- Dabei muss eine optische Führung zur Einhaltung der Navigationsgenauigkeit vorhanden sein.
- Wettermindestbedingungen und Windbeschränkungen sind für jede Start-/Landebahn festzulegen und bedürfen der Genehmigung durch die Luftfahrtbehörde.
- Schulung nach den Bestimmungen von OPS 1.975.

Zu Steilanflugverfahren führt der Gesetzgeber aus (Anlage 1 zu OPS 1.515 Buchstabe a Nummer 3):

a) Die Luftfahrtbehörde kann Steilanflüge mit Gleitwinkeln von 4,5° oder mehr in Verbindung mit Flughöhen von weniger als 50 ft, jedoch nicht weniger als 35 ft über der Landebahnschwelle unter folgenden Voraussetzungen genehmigen:
   1. Das Flughandbuch muss den höchstzulässigen Gleitwinkel, sonstige Betriebsgrenzen, die normalen und außergewöhnlichen Verfahren für den Steilanflug einschließlich Notverfahren sowie Angaben für die Korrektur der Landestrecken bei Steilanflügen enthalten.
   2. Flugplätze, an denen Steilanflüge erfolgen sollen, müssen mit einem Gleitwegbezugssystem, das mindestens eine optische Gleitweganzeige liefert, ausgestattet sein.
   3. Für Landebahnen, die für Steilanflüge verwendet werden sollen, sind Wettermindestbedingungen festzulegen, die der Genehmigung bedürfen. Bei der Festlegung der Wettermindestbedingungen sind zu berücksichtigen:
      - die Hindernissituation,
      - das Gleitwegbezugssystem und die Anflugführung, wie etwa optische Hilfen, 3D- NAV, ILS, LLZ, MLS, VOR, NDB,
      - die Sichtmerkmale, die bei Erreichen der Entscheidungshöhe und Sinkflugmindesthöhe gegeben sein müssen,
      - die vorhandene Ausrüstung des Flugzeuges,
      - die Qualifikation des Flugzeugführers und eine besondere Einweisung für den Flugplatz,
      - die im Flughandbuch festgelegten Betriebsgrenzen und Verfahren, und
      - die Festlegungen für einen Fehlanflug.

Zu Kurzlandeverfahren führt der Gesetzgeber aus (Anlage 1 zu OPS 1.515 Buchstabe a Nummer 4):

a) Für die Erfüllung von OPS 1.515 darf die für die Ermittlung der zulässigen Landemasse zugrunde gelegte Strecke die nutzbare Länge der ausgewiesenen Sicherheitsfläche zuzüglich der ausgewiesenen verfügbaren Landestrecke umfassen. Die Luftfahrtbehörde kann diesen Betrieb unter folgenden Bedingungen genehmigen:
   1. Nachweis der Notwendigkeit von Kurzlandeverfahren. Es muss ein klares öffentliches Interesse und die betriebliche Notwendigkeit für ein solches Verfahren

bestehen, entweder aufgrund der Abgelegenheit des Flugplatzes oder aufgrund von physikalischen Einschränkungen bezüglich einer Verlängerung der Landebahn.

2. Dabei sind folgende flugzeugbezogene und betriebliche Kriterien zu berücksichtigen:
   - Kurzlandeverfahren werden nur für Flugzeuge genehmigt, bei denen der senkrechte Abstand zwischen der Augenhöhe des Flugzeugführers und dem tiefsten Punkt der Räder des Fahrwerks mit auf dem normalen Gleitpfad ausgerichteten Flugzeug nicht mehr als 3 Meter beträgt.
   - Bei der Festlegung der Flugplatzmindestbedingungen darf die Sicht-/Landebahnsichtweite nicht geringer sein als 1,5 km. Außerdem müssen die Windgrenzwerte im Betriebshandbuch festgelegt sein.
   - Die Mindesterfahrung des Flugzeugführers, die Anforderungen an die Schulung und die Einweisung für den speziellen Flugplatz müssen für diese Art Betrieb im Betriebshandbuch festgelegt sein.
3. Es wird davon ausgegangen, dass der Beginn der nutzbaren Länge der ausgewiesenen sicheren Fläche in einer Höhe von 50 ft überflogen wird.
4. Als zusätzliche Kriterien sind zu nennen: Die Luftfahrtbehörde kann zusätzliche Anforderungen festlegen, die für einen sicheren Betrieb unter Berücksichtigung der Eigenschaften des Flugzeugmusters, der topografischen Besonderheiten im Anflugbereich, der verfügbaren Anflughilfen und der Aspekte die für einen Fehla nflug/Durchstartvorgang notwendig sind. Diese zusätzlichen Bedingungen können z. B. darin be stehen, dass ein VASI/PAPI-Gleitwinkelbefeuerungssystem gefordert wird.

Als landeplatzbezogene Kriterien für Kurzlandeverfahren sind zu nennen (Anlage 2 zu OPS 1.515 Buchstabe a Nummer 4):

a) Die Benutzung der Sicherheitsfläche ist von der Flugplatzbehörde zu genehmigen.
b) Die nach OPS 1.515 Buchstabe a Nummer 4 nutzbare Länge der ausgewiesenen Sicherheitsfläche darf 90 m nicht überschreiten.
c) Die Breite der ausgewiesenen Sicherheitsfläche darf, ausgehend von der verlängerten Start-/Landebahnmittellinie, nicht geringer als die zweifache Breite der Start-/Landebahn oder als die zweifache Flugzeugspannweite sein, der größere Wert ist maßgebend.
d) Die ausgewiesene Sicherheitsfläche muss von Hindernissen und Vertiefungen, die ein zu kurz kommendes Flugzeug gefährden könnten, frei sein. Es darf sich kein beweglicher Gegenstand auf der ausgewiesenen Sicherheitsfläche befinden, während auf der Landebahn Kurzlandeverfahren durchgeführt werden.
e) In Landerichtung darf die Steigung der ausgewiesenen Sicherheitsfläche 5 % und das Gefälle 2 % nicht überschreiten.
f) Für diesen Betrieb sind die Bestimmungen von OPS 1.480 Buchstabe a Nummer 5 hinsichtlich der Tragkraft auf die ausgewiesene Sicherheitsfläche nicht anzuwenden.

10.4.2 Flugleistungsklasse B

a) Der Luftfahrtunternehmer darf ein einmotoriges Flugzeug (OPS 1.525)
   – nicht bei Nacht oder
   – unter Instrumentenflugwetterbedingungen, ausgenommen Sonder-Sichtflugregeln, betreiben. (Einschränkungen für den Betrieb von einmotorigen Flugzeu gen sind in OPS 1.240 Buchstabe a Nummer 6 geregelt).
b) Der Luftfahrtunternehmer hat zweimotorige Flugzeuge, die nicht die Steigleistungsforderungen gemäß Anlage 1 zu OPS 1.525 Buchstabe b erfüllen, wie einmotorige Flugzeuge zu betreiben.

OPS 1.530 Start, führt aus:

a) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die Startmasse unter Berücksichtigung der Druckhöhe und der Umgebungstemperatur an dem Flugplatz, auf dem der Start durchgeführt wird, die im Flughandbuch festgelegte höchstzulässige Startmasse nicht überschreitet.
b) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die im Flughandbuch angegebene einfache Startstrecke folgende Strecken nicht überschreitet:
   1. wenn multipliziert mit dem Faktor 1.25, die verfügbare Startrollstrecke,
   2. wenn eine Stoppfläche u./o. Freifläche verfügbar ist:
      – die verfügbare Startrollstrecke,
      – wenn multipliziert mit dem Faktor 1.15, die verfügbare Startstrecke und
      – wenn multipliziert mit dem Faktor 1.3, die verfügbare Startabbruchstrecke.

Für die Erfüllung der Bestimmung b ist vom Luftfahrtunternehmer zu berücksichtigen:

1. die Flugzeugmasse zu Beginn des Startlaufs,
2. die Druckhöhe am Flugplatz,
3. die am Flugplatz herrschende Umgebungstemperatur,
4. der Zustand und die Art der Start-/Landebahnoberfläche,
5. die Neigung der Start-/Landebahn in Startrichtung und
6. höchstens das 0,5-fache der gemeldeten Gegenwindkomponente und mindestens das 1,5-fache der gemeldeten Rückenwindkomponente.

OPS 1.535 Hindernisfreiheit beim Start, führt für mehrmotorige Flugzeuge aus:

a) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die ermittelte Startflugbahn von mehrmotorigen Flugzeugen zu allen Hindernissen einen senkrechten Abstand von mindestens 50 ft oder einen horizontalen Abstand von mindestens 90 m plus 0,125 × D hat, wobei D die horizontale Strecke ist, die das Flugzeug vom Ende der verfügbaren Startstrecke oder der Startstrecke zurückgelegt hat, wenn vor dem Ende der verfügbaren Startstrecke ein Kurvenflug vorgesehen ist, vorbehaltlich der

Buchstaben b und c. Bei Flugzeugen mit einer Spannweite von weniger als 60 m kann die halbe Spannweite plus 60 m plus 0,125 × D als Abstand für die horizontale Hindernisfreiheit verwendet werden. Für die Erfüllung dieses Buchstabens ist davon auszugehen, dass

1. die Startflugbahn in einer Höhe von 50 ft über der Startfläche am Ende der nach OPS 1.530 der geforderten Startstrecke beginnt und in einer Höhe von 1.500 ft über der Startfläche endet,
2. das Flugzeug ohne Querneigung bis zu einer Höhe von 50 ft über der Startflä che geflogen wird und danach die Querneigung nicht mehr als 15° beträgt,
3. das kritische Triebwerk auf der Startflugbahn mit allen Triebwerken an dem Punkt ausfällt, an dem die Sicht zum Ausweichen vor Hindernissen nicht mehr gegeben ist,
4. der Steiggradient der Startflugbahn zwischen 50 ft und der angenommenen Höhe für den Triebwerkausfall gleich dem 0,77-fachen des durchschnittlichen Steiggradienten während des Steigflugs und des Übergangs in die Reiseflugkonfiguration mit einer Leistung aller Triebwerke ist und
5. der Steiggradient der Startflugbahn ab der in Übereinstimmung mit Nummer 4 bis zum Ende der Startflugbahn gleich dem im Flughandbuch angegebenen Reiseflugsteiggradienten mit ausgefallenem Triebwerk ist.

b) Für die Erfüllung des Buchstabens a kann der Luftfahrtunternehmer, sofern die beabsichtigte Flugbahn keine Kursänderungen über Grund von mehr als 15° erfordert, Hindernisse unberücksichtigt lassen, deren seitlicher Abstand größer ist als
   - 300 m, wenn der Flug unter Bedingungen durchgeführt wird, die eine Kursführung nach Sichtmerkmalen ermöglichen, oder wenn Navigationshilfen zur Verfügung stehen, die mit gleicher Genauigkeit dem Flugzeugführer die Einhaltung der beabsichtigten Flugbahn ermöglichen (Anlage 1 zu OPS 1.535 Buchstabe b Nummer 1 und Buchstabe c Nummer 1), oder
   - 600 m für Flüge unter allen anderen Bedingungen.

c) Für die Erfüllung Buchstabens a kann der Luftfahrtunternehmer, sofern die beabsichtigte Flugbahn Kursänderungen über Grund von mehr als 15° erfordert, Hindernisse unberücksichtigt lassen, deren seitlicher Abstand größer ist als
   - 600 m für Flüge unter Bedingungen, die eine Kursführung nach Sichtmerkmalen ermöglichen (Anlage 1 zu OPS 1.535 Buchstabe b Nummer 1 und Buchstabe c Nummer 1), oder
   - 900 m für Flüge unter allen anderen Bedingungen.

d) Für die Erfüllung der Buchstaben a, b und c hat der Luftfahrtunternehmer zu berücksichtigen:
   - die Flugzeugmasse zu Beginn des Startlaufs,
   - die Druckhöhe am Flugplatz,
   - die Umgebungstemperatur am Flugplatz und
   - höchstens das 0,5-fache der gemeldeten Gegenwindkomponente und mindestens das 1,5-fache der gemeldeten Rückenwindkomponente.

OPS 1.540 Reiseflug, führt zu mehrmotorigen Flugzeugen aus:

a) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass das Flugzeug unter den zu erwartenden Wetterbedingungen bei Ausfall eines Triebwerks den Flug in oder oberhalb der im Betriebshandbuch festgelegten Mindestflughöhen bis zu einem Punkt 1.000 ft über einem Flugplatz fortsetzen kann, an dem die Vorschriften dieses Abschnitts erfüllt werden können, wobei die restlichen Triebwerke innerhalb der festgelegten Dauerhöchstleistungsbedingungen betrieben werden.
b) Für die Erfüllung des Buchstabens a ist davon auszugehen, dass
   – das Flugzeug in einer Höhe fliegt, die nicht größer ist als diejenige, in der die Steiggeschwindigkeit mit Leistung aller Triebwerke innerhalb der festgelegten Dauerhöchstleistungsbedingungen 300 ft pro Minute beträgt, und
   – die Neigung der Reiseflugbahn mit ausgefallenem Triebwerk dem um 0,5 % verringerten/erhöhten Wert des Flughandbuchs für den Steig- oder Sink flug entspricht.

OPS 1.542 Reiseflug, führt zu einmotorigen Flugzeugen aus:

a) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass das Flugzeug unter den zu erwartenden Wetterbedingungen bei Ausfall des Triebwerks in der Lage ist, einen Punkt zu erreichen, von dem aus eine sichere Notlandung durchgeführt werden kann. Für Landflugzeuge muss eine Notlandemöglichkeit auf Land gegeben sein. Die Luftfahrtbehörde kann Ausnahmen zulassen.
b) Für die Erfüllung des Buchstabens a ist davon auszugehen, dass
   – das Flugzeug in einer Höhe fliegt, die nicht größer ist als diejenige, in der die Steiggeschwindigkeit mit einer Triebwerksleistung innerhalb der festgelegten Dauerhöchstleistungsbedingungen 300 ft pro Minute beträgt, und
   – die Neigung der Reiseflugbahn mit ausgefallenem Triebwerk dem um 0,5 % erhöhten Wert des Flughandbuchs für den Sinkflug entspricht.

OPS 1.545 Landung, führt zu Bestimmungs- und Ausweichflugplätzen aus:

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die gemäß OPS 1.475 Buchstabe a ermittelte Landemasse des Flugzeuges nicht die höchstzulässige Landemasse überschreitet, die für die Höhenlage des Flugplatzes und für die bei der Ankunft am Flugplatz zu erwartende Umgebungstemperatur festgelegt ist.

OPS 1.550 Landung, führt zu trockener Landebahn aus:

a) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die gemäß OPS 1.475 Buchstabe a für die voraussichtliche Landezeit ermittelte Landemasse des Flugzeuges eine Landung aus einer Höhe von 50 ft über der Landebahnschwelle bis zum Stillstand innerhalb von 70 % der verfügbaren Landestrecke an dem Bestimmungsflugplatz und an jedem Ausweichflugplatz ermöglicht.
   1. Die Luftfahrtbehörde kann die Verwendung von Landestreckendaten genehmigen, die auf Steilanflugverfahren mit einer Höhe über der Landebahnschwelle von

weniger als 50 ft, jedoch nicht weniger als 35 ft beruhen (Anlage 1 zu OPS 1.550 Buchstabe a).
2. Die Luftfahrtbehörde kann nach den Bestimmungen der Anlage 2 zu OPS 1.550 Buchstabe a Kurzlandeverfahren genehmigen.

b) Für die Erfüllung des Buchstabens a ist zu berücksichtigen:
1. die Höhenlage des Flugplatzes,
2. höchstens das 0,5-fache der Gegenwindkomponente und mindestens das 1,5-fache der Rückenwindkomponente,
3. der Zustand und die Art der Landebahnoberfläche und
4. die Neigung der Start-/Landebahn in Landerichtung.

c) Für die Erfüllung des Buchstaben a ist davon auszugehen, dass
1. das Flugzeug bei Windstille auf der günstigsten Landebahn landet und
2. das Flugzeug auf der, unter Berücksichtigung der zu erwartenden Windgeschwindigkeit und Windrichtung, der Betriebseigenschaften des Flugzeuges am Boden sowie anderer Bedingungen, wie Landehilfen und Geländebeschaffenheit, auf der am wahrscheinlichsten zu benutzenden Landebahn landet.

d) Kann der Luftfahrtunternehmer für den Bestimmungsflugplatz Buchstabe c Nummer 2 nicht erfüllen, darf ein Flug zu diesem Bestimmungsflugplatz nur angetreten werden, wenn ein Ausweichflugplatz zur Verfügung steht, für den die vollständige Erfüllung der Buchstaben a, b und c möglich ist.

OPS 1.555 Landung, führt zu nasser und kontaminierter Landebahn aus:

a) Ist aufgrund der Wettermeldungen oder Wettervorhersagen oder einer Kombination aus beiden anzunehmen, dass die Landebahn zur voraussichtlichen Ankunftszeit nass sein kann, hat der Luftfahrtunternehmer sicherzustellen, dass die verfügbare Landestrecke mindestens 115 % der nach OPS 1.550 geforderten Landestrecke beträgt.

b) Ist aufgrund der Wettermeldungen oder Wettervorhersagen oder einer Kombination aus beiden anzunehmen, dass die Landebahn zur voraussichtlichen Ankunftszeit kontaminiert sein kann, hat der Luftfahrtunternehmer sicherzustellen, dass die mit den von der Luftfahrtbehörde hierfür anerkannten Daten ermittelte Landestrecke die verfügbare Landestrecke nicht überschreitet.

c) Abweichend von Buchstabe a der Vorschrift kann für nasse Landebahnen eine Landestrecke verwendet werden, die kürzer als die nach Buchstabe a, jedoch nicht kürzer als die nach OPS 1.550 Buchstabe a ist, wenn das Flughandbuch hierfür besondere zusätzliche Landestreckenangaben enthält.

OPS 1.525 Steigleistung in der Start- und Landekonfiguration (Anlage 1 zu OPS 1.525 Buchstabe b)

a) Zu Steigleistung in der Startkonfiguration für alle Triebwerke in Betrieb gilt:
– Der gleichförmige Steiggradient nach dem Start muss mindestens 4 % betragen, mit einer Startleistung aller Triebwerke,

- ausgefahrenem Fahrwerk oder mit eingefahrenem Fahrwerk, wenn dieses in nicht mehr als 7 Sekunden eingefahren werden kann,
- den Flügelklappen in Startstellung und
- einer Geschwindigkeit im Steigflug von mindestens 1,1 V_{MC} oder 1,2 V_2, maßgebend ist die höhere Geschwindigkeit.

b) Für ein ausgefallenes Triebwerk gilt:
Der gleichförmige Steiggradient muss in einer Höhe von 400 ft über der Startfläche messbar positiv sein, mit
- ausgefallenem kritischen Triebwerk und dem Propeller in der Stellung geringsten Widerstands,
- einer Startleistung des verbliebenen Triebwerks,
- eingefahrenem Fahrwerk, den Flügelklappen in Startstellung und
- der in 50 ft Höhe erreichten Geschwindigkeit im Steigflug.

Der gleichförmige Steiggradient darf in einer Höhe von 1.500 ft über der Startfläche nicht geringer als 0,75 % sein, mit

- ausgefallenem kritischen Triebwerk und dem Propeller in der Stellung geringsten Widerstands,
- nicht mehr als Dauerhöchstleistung des verbliebenen Triebwerks,
- eingefahrenem Fahrwerk,
- eingefahrenen Flügelklappen und einer Geschwindigkeit im Steigflug von 1,2 V_2 oder mehr.

Zur Steigleistung in der Landekonfiguration:

1. Alle Triebwerken in Betrieb:
   Der gleichförmige Steiggradient muss mindestens 2,5 % betragen, mit
   - einer Triebwerksleistung oder einem Triebwerksschub nicht höher als diejenige oder derjenige, die oder der 8 Sekunden nach Beginn der Verstellung der Triebwerksleistungshebel aus der niedrigsten Leerlaufstellung verfügbar ist,
   - ausgefahrenem Fahrwerk,
   - den Flügelklappen in Landestellung und
   - einer Geschwindigkeit im Steigflug von 1,2 V_{REF}.
2. Für ein ausgefallenes Triebwerk gilt:
   Der gleichförmige Steiggradient darf in einer Höhe von 1.500 ft über der Startfläche nicht geringer als 0,75 % sein, mit
   - ausgefallenem kritischen Triebwerk und dem Propeller in der Stellung geringsten Widerstands,
   - nicht mehr als Dauerhöchstleistung des verbliebenen Triebwerks,
   - eingefahrenem Fahrwerk,

- eingefahrenen Flügelklappen und
- einer Geschwindigkeit im Steigflug von $1{,}2 \times V_2$ oder mehr.

Startflugbahn, führt für die Kursführung nach Sichtmerkmalen aus (Anlage 1 zu OPS 1.535 Buchstabe b Nummer 1 und Buchstabe c Nummer 1):

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass eine Kursführung nach Sichtmerkmalen nur dann erfolgt, wenn die während des Starts herrschenden Wetterbedingungen, einschließlich Hauptwolkenuntergrenze und Sicht, ein Erkennen der Hindernisse u./o. Bodenbezugspunkte ermöglichen. Für die betroffenen Flugplätze sind im Betriebshandbuch die Wettermindestbedingungen festzulegen, die es der Flugbesatzung ermöglichen, die korrekte Flugbahn anhand von Bezugspunkten am Boden fortlaufend zu bestimmen und einzuhalten sowie einen sicheren Abstand zu Hindernissen und Bodenerhebungen zu gewährleisten:

- Die Kursführung nach Sichtmerkmalen ist durch Bezugspunkte am Boden so festzulegen, dass der zu fliegende Kurs über Grund entsprechend den Anforderungen andie Hindernisfreiheit bestimmt werden kann,
- das Verfahren muss die Leistungsfähigkeit des Flugzeugs bezüglich Vorwärtsgeschwindigkeit, Querneigung und bei Wind berücksichtigen,
- eine schriftliche u./o. bildliche Darstellung des Verfahrens muss der Besatzung zur Verfügung stehen, und
- die einschränkenden Umgebungsbedingungen wie z. B. Wind, Bewölkung, Sicht, Tag/Nacht, Lichtverhältnisse in der Umgebung, Beleuchtung von Hindernissen müssen festgelegt sein.

Zu Steilanflugverfahren (Anlage 1 zu OPS 1.550 Buchstabe a):

a) Die Luftfahrtbehörde kann Steilanflüge mit Gleitwegwinkeln von 4,5° oder mehr in Verbindung mit Flughöhen von weniger als 50 ft, jedoch nicht weniger als 35 ft über der Landebahnschwelle unter folgenden Voraussetzungen genehmigen:
   1. Das Flughandbuch muss den höchstzulässigen Gleitwinkel, sonstige Betriebsgrenzen, die normalen und außergewöhnlichen Verfahren für den Steilanflug einschließlich Notverfahren sowie Angaben für die Korrektur der Landestrecken bei Steilanflügen enthalten.
   2. Flugplätze, an denen Steilanflüge erfolgen sollen, müssen mit einem Gleitwegbezugssystem, das mindestens eine optische Gleitweganzeige liefert, ausgestattet sein,
   3. für Landebahnen, die für Steilanflüge verwendet werden sollen, sind Wettermindestbedingungen festzulegen, die der Genehmigung bedürfen. Bei der Festlegung der Wettermindestbedingungen sind zu berücksichtigen:

- die Hindernissituation,
- das Gleitwegbezugssystem und die Anflugführung, wie etwa optische Hilfen, 3D-NAV, ILS, LLZ, MLS, VOR, NDB,
- die Sichtmerkmale, die bei Erreichen der Entscheidungshöhe und Sinkflugmindesthöhe gegeben sein müssen,
- die vorhandene Ausrüstung des Flugzeuges,
- die Qualifikation des Flugzeugführers und eine besondere Einweisung in den Flugplatz,
- die im Flughandbuch festgelegten Betriebsgrenzen und Verfahren und
- die Festlegungen für einen Fehlanflug.

Kurzlandeverfahren (Anlage 2 zu OPS 1.550 Buchstabe a):

a) Für die Erfüllung von OPS 1.550 Buchstabe a Nummer 2 darf die für die Ermittlung der zulässigen Landemasse zugrunde gelegte Strecke die nutzbare Länge der aus gewiesenen Sicherheitsfläche und die verfügbare Landestrecke umfassen. Die Luftfahrtbehörde kann diesen Betrieb unter folgenden Bedingungen genehmigen:
   1. Die Benutzung der Sicherheitsfläche ist von der Flugplatzbehörde zu genehmigen.
   2. Die ausgewiesene Sicherheitsfläche muss von Hindernissen und Vertiefungen, die ein zu kurz kommendes Flugzeug gefährden könnten, frei sein. Es darf sich kein beweglicher Gegenstand auf der ausgewiesenen Sicherheitsfläche befinden, während auf der Landebahn Kurzlandeverfahren durchgeführt werden.
   3. In Landerichtung darf die Steigung der ausgewiesenen Sicherheitsfläche 5 % und das Gefälle 2 % nicht überschreiten.
   4. Die nutzbare Länge der ausgewiesenen Sicherheitsfläche darf nach den Bestimmungen dieser Anlage 90 m nicht überschreiten.
   5. Die Breite der ausgewiesenen Sicherheitsfläche darf, ausgehend von der verlängerten Start-/Landebahnmittellinie, nicht geringer sein als die zweifache Breite der Start-/Landebahn.
   6. Es wird davon ausgegangen, dass der Beginn der nutzbaren Länge der ausgewiesenen Sicherheitsfläche in einer Höhe von mindestens 50 ft überflogen wird.
   7. Für diesen Betrieb gilt die die Tragkraft betreffende Anforderung von OPS 1.480 Buchstabe a Nummer 5 nicht für die ausgewiesene Sicherheitsfläche.
   8. Für jede zu benutzende Start-/Landebahn sind genehmigungspflichtige Wettermindestbedingungen festzulegen, die nicht geringer sein dürfen als die Anflugmindestbedingungen unter Sichtflugregeln oder für Nicht-Präzisionsanflüge. Dabei ist der größere Wert maßgebend.
   9. Die Anforderungen an die Flugzeugführer sind gemäß OPS 1.975 Buchstabe a festzulegen.
   10. Die Luftfahrtbehörde kann zusätzliche Anforderungen festlegen, die für einen sicheren Betrieb unter Berücksichtigung der Eigenschaften des Flugzeugmusters, der Anflughilfen und eines Fehlanflugs/Durchstartens notwendig sind.

10.4.3 Flugleistungsklasse C

Nach OPS 1.560 hat der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die im Flughandbuch festgelegten anerkannten Flugleistungsdaten durch zusätzliche Daten, die den Anforderungen der Luftfahrtbehörde genügen, ergänzt werden, wenn die Angaben im Flughandbuch unzureichend sind.

OPS 1.565 führt zum Start aus

a) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die Startmasse unter Berücksichtigung der Druckhöhe und der Umgebungstemperatur am Flugplatz, auf dem der Start durchgeführt wird, die im Flughandbuch festgelegte höchstzulässige Startmasse nicht überschreitet.
b) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass bei Flugzeugen mit Startstreckenangaben im Flughandbuch ohne Triebwerkausfall die vom Flugzeug benötigte Strecke vom Beginn des Startlaufs bis zum Erreichen einer Höhe von 50 ft über der Startfläche mit allen Triebwerken innerhalb der festgelegten höchstzulässigen Startleistung multipliziert mit dem Faktor:
   – 1,33 bei zweimotorigen Flugzeugen oder
   – 1,25 bei dreimotorigen Flugzeugen oder
   – 1,18 bei viermotorigen Flugzeugen die verfügbare Startstrecke an dem Flugplatz, auf dem der Start durchgeführt wird, nicht überschreitet.
c) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass bei Flugzeugen mit Startstreckenangaben im Flughandbuch mit Triebwerkausfall Folgendes in Übereinstimmung mit den Angaben im Flughandbuch erfüllt wird:
   – Die Startabbruchstrecke darf die verfügbare Startabbruchstrecke nicht über schreiten,
   – die Startstrecke darf die verfügbare Startstrecke nicht überschreiten, wobei der Anteil der Freifläche nicht mehr als die Hälfte der verfügbaren Startrollstrecke betragen darf,
   – die Startrollstrecke darf die verfügbare Startrollstrecke nicht überschreiten,
   – zur Erfüllung dieser OPS muss die Geschwindigkeit V_1 für den Startabbruch der Geschwindigkeit V_1 für die Fortsetzung des Starts entsprechen, und
   – die für einen Start auf einer nassen oder kontaminierten Start-/Landebahn ermit – telte Startmasse darf nicht höher sein als der Wert, der sich für einen Start auf einer trockenen Bahn unter sonst gleichen Randbedingungen ergeben würde.
d) Für die Erfüllung der Buchstaben b und c ist vom Luftfahrtunternehmer zu berücksichtigen:
   – die Druckhöhe am Flugplatz,
   – die am Flugplatz herrschende Umgebungstemperatur,
   – der Zustand und die Art der Oberfläche der Start-/Landebahn,
   – die Neigung der Start-/Landebahn in Startrichtung,

- höchstens das 0,5-fache der gemeldeten Gegenwindkomponente und mindestens das 1,5-fache der gemeldeten Rückenwindkomponente und
- der Startbahnlängenverlust durch Ausrichten des Flugzeuges vor dem Beginn des Startlaufs.

OPS 1.570 führt zur Hindernisfreiheit beim Start aus:

a) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die Startflugbahn mit einem ausgefallenen Triebwerk zu allen Hindernissen einen senkrechten Abstand von mindestens 50 ft plus 0,01 × D oder einen horizontalen Abstand von mindestens 90 m plus 0,125 × D hat. Dabei ist D die horizontale Entfernung, die das Flugzeug vom Ende der verfügbaren Startstrecke zurückgelegt hat. Bei Flugzeugen mit einer Spannweite von weniger als 60 m kann die halbe Spannweite plus 60 m plus 0,125 × D als Abstand für die horizontale Hindernisfreiheit verwendet werden.
b) Die Startflugbahn beginnt in einer Höhe von 50 ft über der Startfläche am Ende der in OPS 1.565 Buchstabe b bzw. Buchstabe c geforderten Startstrecke und endet in einer Höhe von 1.500 ft über der Startfläche.
c) Für die Erfüllung des Buchstaben a ist vom Luftfahrtunternehmer zu berücksichtigen:
   - die Flugzeugmasse zu Beginn des Startlaufs,
   - die Druckhöhe am Flugplatz,
   - die am Flugplatz herrschende Umgebungstemperatur und
   - höchstens das 0,5-fache der gemeldeten Gegenwindkomponente und mindestens das 1,5-fache der gemeldeten Rückenwindkomponente.
d) Für den Nachweis der Erfüllung der Vorschrift sind Kursänderungen über Grund bis zu dem Punkt nicht erlaubt, an dem die Startflugbahn eine Höhe von 50 ft über der Startfläche erreicht hat. Danach wird bis zum Erreichen einer Höhe von 400 ft über Grund angenommen, dass die Querneigung des Flugzeuges nicht mehr als 15° beträgt. Nach Erreichen einer Höhe von 400 ft über Grund können Querneigungen von mehr als 15°, jedoch nicht über 25° geplant werden. Der Einfluss der Querneigung auf die Fluggeschwindigkeit und auf die Flugbahn, einschließlich der Streckenzunahme aufgrund erhöhter Fluggeschwindigkeiten, ist entsprechend zu berücksichtigen.
e) Für die Erfüllung des Buchstaben a kann der Luftfahrtunternehmer, sofern die beabsichtigte Flugbahn keine Kursänderung über Grund von mehr als 15° erfordert, Hindernisse unberücksichtigt lassen, deren seitlicher Abstand größer ist als
   - 300 m, wenn der Flugzeugführer die geforderte Navigationsgenauigkeit innerhalb dieses Bereichs einhalten kann, oder
   - 600 m für Flüge unter allen anderen Bedingungen.
f) Für die Erfüllung der Vorschrift kann der Luftfahrtunternehmer, sofern die beabsichtigte Flugbahn Kursänderungen über Grund von mehr als 15° erfordert, die Hindernisse unberücksichtigt lassen, deren seitlicher Abstand größer ist als

- 600 m, wenn der Flugzeugführer die geforderte Navigationsgenauigkeit innerhalb dieses Bereichs einhalten kann, oder
- 900 m für Flüge unter allen anderen Bedingungen.

g) Der Luftfahrtunternehmer hat zur Erfüllung von OPS 1.570 und zur Gewährleistung einer sicheren hindernisfreien Flugbahn Verfahren festzulegen, die es ermöglichen, den Flug in Übereinstimmung mit den Reiseflugforderungen gemäß OPS 1.580 fortzusetzen oder auf dem Startflugplatz oder Ausweichstartflugplatz zu beenden.

OPS 1.575 Reiseflug, führt zum Betriebsfall ohne Berücksichtigung des Ausfalls eines Triebwerks aus:

a) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass das Flugzeug unter den für den Flug erwarteten Wetterbedingungen an jedem Punkt der Flugstrecke oder einer geplanten Abweichung davon eine Steiggeschwindigkeit von mindestens 300 ft pro Minute mit allen Triebwerken innerhalb der festgelegten Dauerhöchstleistungsbedingungen erreichen kann.
b) Dies gilt in den für einen sicheren Flug entlang eines jeden Abschnitts der Flugstrecke oder einer geplanten Abweichung davon im Betriebshandbuch für das Flugzeug festgelegten oder mit den darin enthaltenen Angaben ermittelten Mindestflughöhen und
c) in den Mindestflughöhen, die für die Erfüllung der anwendbaren Bestimmungen von OPS 1.580 und 1.585 erforderlich sind.

OPS 1.580 Reiseflug, führt zum Betriebsfall der Berücksichtigung des Ausfalls eines Triebwerks aus:

a) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass das Flugzeug unter den für den Flug erwarteten Wetterbedingungen mit einem Triebwerkausfall an jedem beliebigen Punkt der Flugstrecke oder einer geplanten Abweichung davon und einer Leistung der restlichen Triebwerke innerhalb der festgelegten Dauerhöchstleistungsbedingungen den Flug aus der Reiseflughöhe zu einem Flugplatz, auf dem eine Landung in Übereinstimmung mit OPS 1.595 oder OPS 1.600 möglich ist, fortsetzen kann. Dabei ist zu allen Hindernissen, die sich innerhalb eines seitlichen Abstands von 9,3 km (5 NM) beiderseits des beabsichtigten Flugwegs befinden, ein senkrechter Abstand ein zuhalten von mindestens:
   - 1.000 ft, wenn die Steiggeschwindigkeit nicht negativ ist, oder
   - 2.000 ft, wenn die Steiggeschwindigkeit negativ ist.
b) Die Flugbahn muss in einer Höhe von 450 m (1.500 ft) über dem Flugplatz, auf dem nach Ausfall eines Triebwerks gelandet werden soll, eine positive Neigung haben.
c) Für die Erfüllung dieser OPS ist davon auszugehen, dass die verfügbare Steiggeschwindigkeit des Flugzeuges um 150 ft pro Minute geringer ist als die angegebene Bruttosteiggeschwindigkeit.

d) Für die Erfüllung dieser OPS hat der Luftfahrtunternehmer den Mindestwert für den seitlichen Abstand auf 18,5 km (10 NM) zu erhöhen, wenn die Navigationsgenauigkeit nicht innerhalb eines Vertrauensbereichs von 95 % liegt.
e) Das Ablassen von Kraftstoff nach einem sicheren Verfahren ist in einem Umfang erlaubt, der das Erreichen des Flugplatzes mit den vorgeschriebenen Kraftstoffreserven nicht beeinträchtigt.

OPS 1.585 Reiseflug, führt zum Betriebsfall der Berücksichtigung des Ausfalls von zwei Triebwerken bei Flugzeugen mit mehr als zwei Triebwerken aus:

a) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass ein Flugzeug mit mehr als zwei Triebwerken bei einer Reiseflugleistung aller Triebwerke für Langstreckenflüge bei Standardtemperatur und Windstille an keinem Punkt der beabsichtigten Flugstrecke mehr als 90 Flugminuten von einem Flugplatz entfernt ist, für den mit der zu erwartenden Landemasse des Flugzeuges die Vorschriften dieses Abschnitts erfüllt werden können, es sei denn, der Flug wird in Übereinstimmung mit den Bestimmungen der Buchstaben b bis e durchgeführt.
b) Die nachgewiesene Flugbahn mit zwei ausgefallenen Triebwerken muss es ermöglichen, dass das Flugzeug den Flug unter den zu erwartenden Wetterbedingungen bis zu einem Flugplatz fortsetzen kann, für den mit der zu erwartenden Landemasse die geltenden Vorschriften erfüllt werden können, dabei sind alle Hindernisse innerhalb eines seitlichen Abstands von 9,3 km (5 NM) beiderseits des beabsichtigten Flugwegs mit einem senkrechten Abstand von mindestens 2.000 ft zu überfliegen.
c) Es wird davon ausgegangen, dass die beiden Triebwerke an dem ungünstigsten Punkt des Flugstreckenabschnitts ausfallen, an dem das Flugzeug bei einer Reiseflugleistung aller Triebwerke für Langstreckenflüge, bei Standardtemperatur und Windstille mehr als 90 Flugminuten von einem Flugplatz entfernt ist, für den mit der zu erwartenden Landemasse des Flugzeugs die geltenden Flugleistungsvorschriften erfüllt werden können.
d) Die zu erwartende Flugzeugmasse an dem Punkt des doppelten Triebwerkausfalls muss genügend Kraftstoff beinhalten, um den Flug zum Flugplatz fortzusetzen, der für eine Landung vorgesehen ist, dort in einer Höhe von mindestens 450 m (1.500 ft) anzukommen und danach noch 15 Minuten lang im Horizontalflug weiterzufliegen.
e) Für die Erfüllung dieser OPS ist davon auszugehen, dass die verfügbare Steiggeschwindigkeit des Flugzeugs 150 ft pro Minute geringer als die angegebene ist.
f) Für die Erfüllung dieser OPS hat der Luftfahrtunternehmer den Mindestwert für den seitlichen Abstand auf 18,5 km (10 NM) zu erhöhen, wenn die Navigationsgenauigkeit nicht innerhalb eines Vertrauensbereichs von 95 % liegt.
g) Das Ablassen von Kraftstoff nach einem sicheren Verfahren ist in einem Umfang erlaubt, der das Erreichen des Flugplatzes mit den vorgeschriebenen Kraftstoffreserven nicht beeinträchtigt.

OPS 1.590 Landung, zur Ermittlung der Bestimmungs- und Ausweichflugplätze gilt:

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die gemäß OPS 1.475 Buchstabe a ermittelte Landemasse des Flugzeuges nicht die höchstzulässige Landemasse überschreitet, die für die Höhenlage des Flugplatzes und, falls im Flughandbuch berücksichtigt, für die bei der Ankunft am Flugplatz zu erwartende Umgebungstemperatur im Flughandbuch festgelegt ist.

OPS 1.595 Landung, für die Landung auf trockenen Landebahnen gilt:

a) Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die gemäß OPS 1.475 für die voraussichtliche Landezeit ermittelte Landemasse des Flugzeuges eine Landung aus einer Höhe von 50 ft über der Landebahnschwelle bis zum Stillstand innerhalb von 70 % der verfügbaren Landestrecke an dem Bestimmungsflugplatz und an jedem Ausweichflugplatz ermöglicht.
   Für die Erfüllung des Buchstabens a ist vom Luftfahrtunternehmer zu berücksichtigen:

   – die Höhenlage des Flugplatzes,
   – höchstens das 0,5fache der Gegenwindkomponente und mindestens das 1,5-fache der Rückenwindkomponente,
   – die Art der Oberfläche der Start-/Landebahn und
   – die Längsneigung der Start-/Landebahn in Landerichtung.

   Für die Erfüllung des Buchstaben a ist davon auszugehen, dass

   – das Flugzeug bei Windstille auf der günstigsten Landebahn landet und
   – das Flugzeug auf der, unter Berücksichtigung der zu erwartenden Windgeschwindigkeit und Windrichtung, der Betriebseigenschaften des Flugzeuges am Boden sowie anderer Bedingungen, wie Landehilfen und Geländebeschaffenheit, auf der am wahrscheinlichsten zu benutzenden Landebahn landet.

b) Kann der Luftfahrtunternehmer für den Bestimmungsflugplatz die Bestimmungen des Buchstabens c Nummer 2 nicht erfüllen, darf ein Flug zu diesem Bestimmungsflugplatz nur angetreten werden, wenn ein Ausweichflugplatz zur Verfügung steht, für den die vollständige Erfüllung Buchstaben a, b und c möglich ist.

OPS 1.600 Landung, führt zu nassen und kontaminierten Landebahnen aus:

a) Ist aufgrund der Wettermeldungen oder Wettervorhersagen oder einer Kombination aus beiden anzunehmen, dass die Landebahn zur voraussichtlichen Ankunftszeit nass sein kann, hat der Luftfahrtunternehmer sicherzustellen, dass die verfügbare Landestrecke mindestens 115 % der nach OPS 1.595 ermittelten Landestrecke beträgt.
b) Ist aufgrund der Wettermeldungen oder Wettervorhersagen oder einer Kombination aus beiden anzunehmen, dass die Landebahn zur voraussichtlichen Ankunftszeit kontaminiert sein kann, hat der Luftfahrtunternehmer sicherzustellen, dass die mit den

von der Luftfahrtbehörde hierfür anerkannten Daten ermittelte Landestrecke die verfügbare Landestrecke nicht überschreitet.

10.5 Entwicklung der Lufttüchtigkeitsvorschriften

Durch die ICAO wurde bereits 1951 eine Kommission zur Entwicklung eines neuen Flugleistungscodes einberufen. Die Aufgabe bestand in der Schaffung eines neuen Codes bzgl. der Lufttüchtigkeit auf der Basis statistischer Methoden und Annahmen und unter Berücksichtigung der Erfahrungen aller Beteiligten des Luftverkehrs (Behörden, Hersteller, Luftverkehrsgesellschaften). Folgende Festlegungen gelten bis heute:

1. Der Flug wird in einzelne Phasen und Elemente zerlegt, z. B. die Startphase in Startlaufstrecke, Startstrecke, Startabbruchstrecke, Beschleunigungsstrecke, Startsegmente.
2. Für jedes Element wird als Minimalkriterium eine Bezugsleistung (Performance) ermittelt, bei deren Unterschreitung unerwünschte Bedingungen eintreten.
3. Es wird eine zulässige Wahrscheinlichkeit für Unterschreitungen der Bezugsleistungen festgelegt. Das bedeutet, dass die Systeme eines Flugzeuges eine gewisse Ausfallwahrscheinlichkeit nicht überschreiten dürfen. Die geforderte Sicherheit steigt mit der Schwere der Folgen bei Ausfall des Systems. Beispielsweise besitzen sicherheitskritische Systeme die Ausfallwahrscheinlichkeit von 10^{-9} pro Flugstunde.
4. Damit die vorgegebene „Incident Probability“ nicht überschritten wird, müssen bei der Festlegung der Flugleistungsforderungen in den Vorschriften und Standards entsprechende Zuschläge zu den Bezugsleistungen gemacht werden, d. h.:

Bezugsleistung + Zuschlag (statistisch ermittelt) > Flugleistungsforderung in Vorschrift.

10.6 Mindestflugleistungen

Aus den geschilderten Überlegungen entstanden die im ICAO Annex 8, Airworthiness of Aircraft [143] und JAR-OPS 1 [157], für alle Phasen des Fluges festgelegten Mindestflugleistungsvorschriften. Die darin enthaltenen Leistungsreserven stellen sicher, dass auch bei Ausfall eines Triebwerks oder bei Ausfall von Systemen der Flug sicher fortgesetzt oder beendet werden kann. Die Mindestflugleistungen gewährleisten die sichere Durchführung des Fluges sowie die Erfüllung der Flugeigenschaften. Für folgende, die Flugeigenschaften bestimmende Parameter, existieren im entsprechenden Vorschriftenwesen Kriterien für vorgeschriebene Mindestanforderungen, betreffend die Steuerbarkeit, die sichere Abhebegeschwindigkeit beim Start, die Trimmung, die Stabilität, das Überziehverhalten, sowie Flattern und Schwingungen.

10.7 Geschwindigkeiten

Den Geschwindigkeitsbegriffen wurden bis 1980 die Definitionen der FAR 25 (Federal Aviation Regulation), nach denen alle in den USA gebauten Verkehrsflugzeuge zugelassen werden, zugrundegelegt. Seit 1980 gelten in der Bundesrepublik Deutschland die JAR-OPS 1 (Joint Aviation Requirements, Lufttüchtigkeitsanforderungen für turbinengetriebene Flugzeuge mit einer maximalen Startmasse (MTOM) von mehr als 5.700 kg). Zum Verständnis der Start-/Landevorgänge sind nachfolgende Geschwindigkeitsbegriffe erforderlich. Der Geschwindigkeitsmessung selbst liegen der Staudruck (q) und die Luftdichte (ρ) zugrunde.

Den mathematisch-physikalische Zusammenhang zeigt Formel 10.1

$$q = \rho/2 * v^2 \tag{10.1}$$

mit:

ρ = Luftdichte
v = Geschwindigkeit

Der Fahrtmesser zeigt jedoch nicht die wahre Geschwindigkeit (10.2) an:

$$V = \sqrt{2 * q/\rho} \tag{10.2}$$

Stattdessen wird eine konstante Luftdichte angenommen, die gleich der Luftdichte der ICAO-Normalatmosphäre auf Meereshöhe (ρ_0) ist (10.3):

$$V = \sqrt{2 * q/\rho_0} \tag{10.3}$$

Für die Ermittlung der Geschwindigkeiten nach dieser Gleichung ist nur eine Staudruck-messung nötig. In der Realität sind die Verhältnisse etwas komplizierter, da durch die Kompressibilität der Luft (nicht vernachlässigbar bei Machzahlen > 0,4) und dem sog. Einbaufehler (Position Error) weitere Verfälschungen der angezeigten Geschwindigkeiten erfolgen. Um von der angezeigten Geschwindigkeit (Indicated Airspeed) zur wahren Fluggeschwindigkeit zu gelangen, sind daher Korrekturen erforderlich.

- Indicated Airspeed (IAS)
  Bei dieser Geschwindigkeit ist als Korrektur in der Skaleneinteilung des Fahrtmessers die Kompressibilität der Luft berücksichtigt, jedoch nur für die Verhältnisse auf Meereshöhe (Sea Level). Die IAS ist neben der Machzahl die gebräuchlichste Geschwindigkeitsangabe. Durch Korrektur der IAS um des „Position Error“ ergibt sich die:
- Calibrated Airspeed (CAS)
  Diese Geschwindigkeit dient im allgemeinen nur zur Festlegung von Geschwindigkeitslimits in den Lufttüchtigkeitsvorschriften und zwar im unteren

Geschwindigkeitsbereich, d. h. beim „Initial Take-off“, „Climb“ und „Landing“. Durch die Korrektur des Kompressibilitätseinflusses in der jeweiligen Flughöhe ergibt sich die:

- Equivalent Airspeed (EAS)
  Die EAS ist die Geschwindigkeit, die sich direkt aus Formel 10.3 ergibt. Sie ist also nur vom Staudruck (q) abhängig. Da der Staudruck die aerodynamische Belastung des Flugzeuges bestimmt, werden Geschwindigkeitslimits, die von der Festigkeit des Flugzeuges abhängig sind, meist in EAS angegeben.
- True Airspeed (TAS)
  Die wahre Eigengeschwindigkeit (True Airspeed, Formel 10.4) ergibt sich aus der äquivalenten Geschwindigkeit EAS nach folgender Umrechnung (Formel 10.5):

$$\mathrm{TAS} = \mathrm{EAS} * \sqrt{\rho_0/\rho} \tag{10.4}$$

Den nachstehenden Wert bezeichnet man als Dichtekorrekturfaktor. Für Näherungsrechnungen kann man diesen Wert für die jeweilige Flughöhe der Standardatmosphäre entnehmen. Genauere Ergebnisse erzielt man, indem man die Außentemperatur misst und

$$\sqrt{\rho_0/\rho} \text{ durch } \sqrt{\rho_0/\rho} * \sqrt{\mathrm{T}/\mathrm{T}_0} \text{ ersetzt.} \tag{10.5}$$

mit:

p = Luftdruck
T = Temperatur in Grad Kelvin
p_0, T_0 = Standardwerte in Meereshöhe

Da auf Meereshöhe $p = p_0$ ist und die Kompressibilität der Luft in der Skaleneinteilung berücksichtigt wurde, gilt für die Druckhöhe (PA, Pressure Altitude) = Main Sea Level:

TAS = EAS = CAS, wenn die Temperatur gleich der Normaltemperatur gleich 15 Grad Celsius ist. Die TAS wird in erster Linie für die Navigation des Flugzeugs benötigt, ebenso wie die Geschwindigkeit über Grund (Ground Speed, GS).

Die Ground Speed erhält man, indem man die TAS mit dem Windeinfluss korrigiert. Die Ground Speed ist ebenfalls Grundlage für die Berechnung von Bremsstrecken am Boden.

10.8 Massebegriffe

Für jedes Verkehrsflugzeug gelten eine Reihe von Massebegrenzungen, die bei der Musterzulassung festgelegt werden und die aus Festigkeits- oder aus Flugleistungsgründen nicht überschritten werden dürfen. Die wichtigsten Massebegriffe sind der Abb. 10.1 zu entnehmen:

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die Beladung, Masse und Schwerpunktlage des Flugzeuges in jeder Betriebsphase mit den im anerkannten Flughandbuch oder, falls einschränkender, mit den im Betriebshandbuch festgelegten

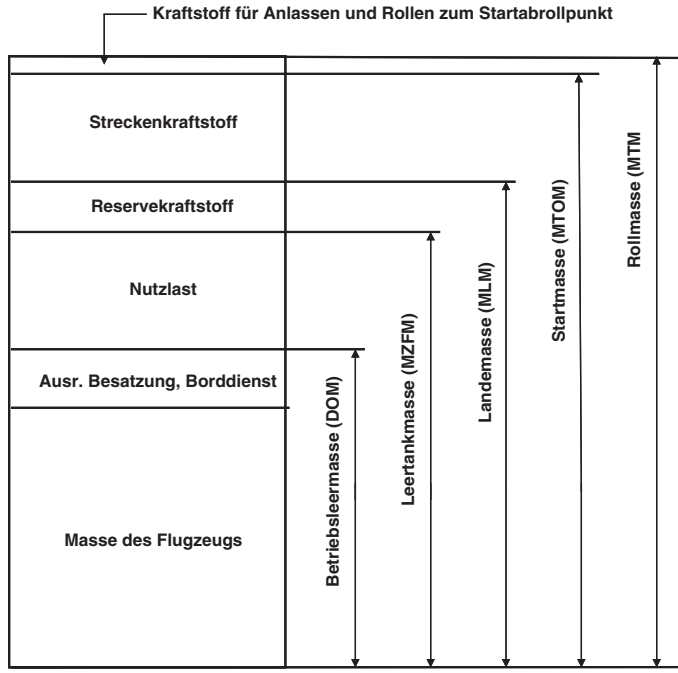


Abb. 10.1 Übersicht über die Massebegriffe eines Verkehrsflugzeuges [43, 44, 80]

Betriebsgrenzen übereinstimmen. Weiterhin hat er vor der ersten Inbetriebnahme die Masse und Schwerpunktlage des Flugzeuges durch Wägung zu ermitteln. Danach ist die Wägung bei Verwendung von Einzelmassen für Flugzeuge alle 4 Jahre und bei Verwendung von Flottenmassen alle 9 Jahre zu wiederholen. Die Auswirkungen von Änderungen und Reparaturen auf die Masse und die Schwerpunktlage sind zu berücksichtigen und ordnungsgemäß zu dokumentieren. Flugzeuge sind erneut zu wiegen, wenn die Auswirkungen von Änderungen auf die Masse und die Schwerpunktlage nicht genau bekannt sind.

Der Luftfahrtunternehmer hat die Masse aller betrieblichen Ausrüstungsgegenstände und die der Besatzungsmitglieder, die in der Betriebsleermasse des Flugzeuges enthalten sind, durch Wägung oder unter Verwendung von Standardmassen zu ermitteln. Der Einfluss ihrer Positionierung auf die Schwerpunktlage des Flugzeugs muss bestimmt werden. Die Nutzlast, einschließlich Ballast, ist durch Wägung oder unter Anwendung der in OPS 1.620 festgelegten Standardmassen für Fluggäste und Gepäck zu ermitteln.

Der Luftfahrtunternehmer hat die Kraftstoffmasse anhand der tatsächlichen Dichte oder, wenn diese nicht bekannt ist, anhand der mit den Angaben im Betriebshandbuch

ermittelten Dichte zu bestimmen. Der Gesetzgeber legt nach OPS 1.605 [80] folgende Massebegriffe fest:

- Betriebsleermasse (Dry Operating Mass):
  Die gesamte Masse eines für eine bestimmte Betriebsart einsatzbereiten Flugzeuges, abzüglich des ausfliegbaren Kraftstoffs und der Nutzlast. Dazu gehören z. B. auch:
  1. die Besatzung und ihr Gepäck,
  2. die Verpflegung und die für die Betreuung der Fluggäste erforderlichen beweglichen Ausrüstungsgegenstände sowie
  3. das Trinkwasser und die Toilettenchemikalien.
- Höchstzulässige Leertankmasse (Maximum Zero Fuel Mass):
  Die höchstzulässige Masse eines Flugzeugs ohne ausfliegbaren Kraftstoff. Kraftstoffmengen in besonderen Kraftstoffbehältern sind in die Leertankmasse einzubeziehen, wenn dies nach den Angaben im Flughandbuch über Betriebsgrenzen vorgeschrieben ist.
- Höchstzulässige Landemasse (Maximum Structural Landing Mass):
  Die höchstzulässige Gesamtmasse des Flugzeuges bei der Landung unter normalen Bedingungen.
- Höchstzulässige Startmasse (Maximum Structural Take-off Mass):
  Die höchstzulässige Gesamtmasse des Flugzeuges zu Beginn des Startlaufs.

Die Einteilung der Fluggäste erfolgt in:

1. Männliche und weibliche „Erwachsene" Personen ab einem Alter von zwölf Jahren.
2. „Kinder" ab einem Alter von zwei Jahren bis zu einem Alter von unter zwölf Jahren.
3. „Kleinkinder" mit einem Alter von unter zwei Jahren.

- Nutzlast (Traffic Load):
  Ist die Gesamtmasse der Fluggäste, des Gepäcks und der Fracht, einschließlich jeglicher unentgeltlich beförderter Ladung.

OPS 1.610 regelt die Beladung, Masse und Schwerpunktlage:

Der Luftfahrtunternehmer hat die Grundsätze und Verfahren für die Beladung und für die Massen- und Schwerpunktberechnung zur Erfüllung der Bestimmungen von OPS 1.605 im Betriebshandbuch festzulegen. Die Regelungen müssen alle vorgesehenen Betriebsarten beinhalten.

OPS 1.615 regelt die Massewerte für Besatzungsmitglieder:

Der Luftfahrtunternehmer hat für die Ermittlung der Betriebsleermasse folgende Massen zu verwenden:

1. tatsächliche Masse der Besatzung, einschließlich ihres Gepäcks, oder
2. Standardmassen, einschließlich Handgepäck, von 85 kg für Flugbesatzungsmitglieder und 75 kg für Kabinenbesatzungsmitglieder oder
3. andere, den behördlichen Anforderungen genügende Standardmassen.

Wird zusätzliches Gepäck mitgeführt, hat der Luftfahrtunternehmer die Betriebsleermasse entsprechend zu berichtigen. Die Unterbringung dieses zusätzlichen Gepäcks ist bei der Ermittlung der Schwerpunktlage des Flugzeugs zu berücksichtigen.

OPS 1.620 regelt die Massewerte für Fluggäste und Gepäck:

Der Luftfahrtunternehmer hat die Massen für die Fluggäste und das aufgegebene Gepäck entweder unter Verwendung der durch Wägung jeder einzelnen Person und des Gepäcks ermittelten Masse oder unter Verwendung der in den Tab. 10.1, 10.2 und 10.3 angegebenen Standardmassen zu bestimmen. Beträgt die Anzahl der verfügbaren Fluggastsitze weniger als zehn, können die Massen für die Fluggäste auf der Grundlage einer mündlichen Auskunft eines jeden Fluggastes oder einer solchen Auskunft in seinem Namen unter Hinzurechnung einer im voraus festgelegten Konstante für Handgepäck und Kleidung ermittelt werden. Das Verfahren, das festlegt, wann tatsächliche und wann Standardmassen anzuwenden sind, und das auf der Grundlage von mündlichen Auskünften anzuwendende Verfahren müssen im Betriebshandbuch enthalten sein.

Werden die tatsächlichen Massen durch Wägung ermittelt, hat der Luftfahrtunternehmer sicherzustellen, dass persönliche Dinge und das Handgepäck des Fluggastes mit gewogen werden. Die Wägungen sind unmittelbar vor dem Einsteigen in das Flugzeug in dessen Nähe durchzuführen.

Werden die Massen für Fluggäste mit Hilfe von Standardmassen ermittelt, sind die in den Tab. 10.1 und 10.2 aufgeführten Standardmassen zu verwenden. Die Standardmassen schließen Handgepäck und Kleinkinder, die sich jeweils zusammen mit einem Erwachsenen auf einem Fluggastsitz befinden, mit ein. Kleinkinder, die sich allein auf einem Fluggastsitz befinden, gelten als Kinder im Sinne dieses Buchstabens.

Tab. 10.1 Massewerte pro Fluggastsitz

Fluggastsitze	20 und mehr (kg)		30 und mehr (kg)
	männlich	weiblich	alle Erwachsenen
Alle Flüge außer Feriencharterflügen	88	70	84
Feriencharterflüge	83	69	76
Kinder	35	35	35

Tab. 10.2 Massewerte für Fluggäste

Fluggastsitze	1–5 (kg)	6–9 (kg)	10–19 (kg)
Männer	104	96	92
Frauen	86	78	74
Kinder	35	35	35

Es gelten folgende Massewerte für Fluggäste – Flugzeuge mit 20 oder mehr Fluggastsitzen:

1. Beträgt die Anzahl der verfügbaren Fluggastsitze in einem Flugzeug 20 oder mehr, gelten die in der Tab. 10.1 für "männlich" und "weiblich" aufgeführten Standardmassen. Beträgt die Anzahl der verfügbaren Fluggastsitze 30 oder mehr, können stattdessen die in der Tab. 10.1 für alle Erwachsenen aufgeführten Standardmassen verwendet werden.
2. Als Feriencharterflüge im Sinne der Tab. 10.1 gelten nur Flüge, die ausschließlich als Bestandteil einer Pauschalreise durchgeführt werden. Die Massewerte für Feriencharterflüge sind auch anzuwenden, wenn auf nicht mehr als 5 % der eingebauten Fluggastsitze bestimmte Kategorien von Fluggästen ohne Entgelt befördert werden.

Die Massewerte für Fluggäste für Flugzeuge mit 19 oder weniger Fluggastsitzen, sind wie folgt festgelegt:

1. Beträgt die Anzahl der verfügbaren Fluggastsitze in einem Flugzeug 19 oder weniger, gelten die Standardmassen der Tab. 10.2.
2. Bei Flügen, bei denen in der Fluggastkabine kein Handgepäck befördert wird oder bei denen das Handgepäck gesondert berücksichtigt wird, dürfen von den in der Tab. 10.2 für Männer und Frauen angegebenen Standardmassen jeweils 6 kg abgezogen werden. Gegenstände wie ein Mantel, ein Regenschirm, eine kleine Handtasche, Lesestoff oder eine kleine Kamera gelten nicht als Handgepäck im Sinne dieser Bestimmung.

Massewerte für Gepäck:

1. Beträgt die Anzahl der verfügbaren Fluggastsitze in einem Flugzeug 20 oder mehr, gelten für jedes aufgegebene Gepäckstück die Standardmassen der Tab. 10.3. Für Flugzeuge mit 19 Fluggastsitzen oder weniger ist die tatsächliche, durch Wägung ermittelte Masse des aufgegebenen Gepäcks zu verwenden.
2. Im Sinne der Tab. 10.3 sind:
   Inlandsflüge:
   Flüge mit Abflug- und Bestimmungsort innerhalb der Grenzen eines Staates,
   Innereuropäische Flüge:
   Flüge, die keine Inlandsflüge sind und deren Abflug- und Bestimmungsort innerhalb Europas liegen.

Tab. 10.3 Massewerte für Flugzeuge mit 20 oder mehr Fluggastsitzen

Art der Flüge	Gepäckstandardmasse (kg)
Inlandsflüge	11
Innereuropäische Flüge	13
Interkontinentale Flüge	15
alle anderen Flüge	13

Interkontinentale Flüge:
Flüge, die keine innereuropäischen Flüge sind und deren Abflug- und Bestimmungsort in verschiedenen Erdteilen liegen.

Der Luftfahrtunternehmer kann andere als die in den Tab. 10.1, 10.2 und 10.3 aufgeführten Standardmassen verwenden, wenn er seine Gründe hierfür vorher der Luftfahrtbehörde mitgeteilt und deren Genehmigung dazu eingeholt hat. Er hat ferner einen detaillierten Wägungsdurchführungsplan zur Genehmigung vorzulegen und das statistische Analyseverfahren gemäß Gesetzgeber anzuwenden. Nach Überprüfung und Genehmigung der Wägungsergebnisse durch die Luftfahrtbehörde gelten diese anderen Standardmassen ausschließlich für diesen Luftfahrtunternehmer. Sie können nur unter solchen Bedingungen angewandt werden, die mit den Bedingungen übereinstimmen, unter denen die Wägungen durchgeführt wurden. Überschreiten die anderen Standardmassen die Werte der Tab. 10.1, 10.2 und 10.3, sind diese höheren Werte anzuwenden.

Wird festgestellt, dass für einen geplanten Flug die Masse einer erheblichen Anzahl von Fluggästen einschließlich Handgepäck augenscheinlich die Standardmassen überschreitet, hat der Luftfahrtunternehmer die tatsächliche Masse dieser Fluggäste durch Wägung zu ermitteln oder einen entsprechenden Zuschlag hinzuzurechnen.

Werden für aufgegebene Gepäckstücke Standardmassen verwendet und ist zu erwarten, dass eine erhebliche Anzahl von aufgegebenen Fluggastgepäckstücken die Standardmasse überschreitet, hat der Luftfahrtunternehmer die tatsächliche Masse dieser Gepäckstücke durch Wägung zu ermitteln oder einen entsprechenden Zuschlag hinzuzurechnen.

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass dem Kommandanten mitgeteilt wird, wenn für die Bestimmung der Masse der Ladung nicht das Standardverfahren angewandt wurde, und dass dieses Verfahren in den Unterlagen über Masse und Schwerpunktlage vermerkt ist.

Diese Höchstmassen werden vom Hersteller festgelegt, und es sind bei der Zulassung nachzuweisen, dass alle Forderungen hinsichtlich Festigkeit, Flugeigenschaften und Bedienung erfüllt sind. Der Begriff „Leertankmasse“ ist erst in den 50er Jahren entstanden und hat folgende Bedeutung:

Diese Begrenzung begründet sich in der Biegefestigkeit der Tragflächen und der Tragflächenanschlüsse an den Flugzeugrumpf. Im unbeschleunigten Horizontalflug muss die Summe der Auftriebskräfte der Summe der Massekräfte entsprechen. Als Resultat dieser Kräfte entsteht eine gewisse Biegebeanspruchung der Tragflächen. Die Kraftstoffmasse in den Tragflächentanks bildet im Fluge einen Ausgleich der an den Tragflächen wirkenden Auftriebskräfte.

Durch Verringerung der Kraftstoffmenge in den Tragflächen und gleichzeitiger relativer Vermehrung der Nutzlast im Rumpf verändert zwar die Gesamtmasse des Flugzeuges nicht, aber die Biegebeanspruchung der Tragflächen nimmt zu, da bei gleichen Auftriebskräften die Masse des Rumpfes größer und die der Tragflächen kleiner geworden ist. Um bei Verkehrsflugzeugen die Tragflächen möglichst leicht bauen zu können, wird die Biegebeanspruchung durch Festlegung einer maximalen

Leertankmasse (MZFM) begrenzt. Die MZFM gibt an, wie schwer das voll beladene Flugzeug ohne Kraftstoff in den Tragflächentanks sein darf.

Die Starthöchstmasse (Maximum Allowed Mass for Take-off, MATOM) ist die höchstzulässige Startmasse für einen bestimmte Flugaufgabe. Sie wird aus der maximalen Startmasse (entsprechend der Musterzulassung des Flugzeuges) oder der maximalen Landemasse plus voraussichtlichem Kraftstoffverbrauch (Netto Trip Fuel) oder der maximalen Leertankmasse plus Gesamtkraftstoff (Block Fuel) ermittelt.

Der niedrigste dieser drei errechneten Werte ist die Starthöchstmasse für den Flug, falls nicht durch Flugleistungsforderungen eine weitere Beschränkung erforderlich ist. Diese könnte z. B. die begrenzte Startbahnlänge, die Startbahnfestigkeit (Pavement Classification Number, PCN-Wert), oder die Begrenzung durch das 2. Steigflugsegment sein.

Die mögliche operationelle Nutzlast (Allowed Traffic Load) auf einem Flug unterliegt zwei unabhängigen Begrenzungen. Der jeweils niedrigste Wert bestimmt die maximale Nutzlast, d. h. entweder die raumbegrenzte Nutzlast (Space- or Volume-Limited Payload) oder die massebegrenzte Nutzlast (Mass-Limited Payload). Die massebegrenzte maximale Nutzlast berechnet sich wie folgt (Formel 10.6):

$$\text{Maximum Payload} = \text{Maximum Zero Fuel Mass} - \text{Operating Empty Mass} \tag{10.6}$$

Für den sicheren Start eines Flugzeuges müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

1. DOM + Nutzlast = MZFM
2. DOM + Nutzlast + Reserve-Kraftstoff = MLM
3. DOM + Nutzlast + Reserve-Kraftstoff + Streckenkraftstoff = MTOM

Zur Erfüllung dieser Bedingungen muss ggf. die Nutzlast reduziert werden.

Die höchstzulässigen strukturellen Massen sind die:

a) Höchstzulässige Rollmasse (Maximum Taxi Mass, MTM),
b) Höchstzulässige Startmasse (Maximum Take-off Mass, MTOM),
c) Höchstzulässige Landemasse (Maximum Landing Mass, MLM),
d) Höchstzulässige Leertankmasse (Maximum Zero Fuel Mass, MZFM).

10.9 Nutzlast und Reichweite

Primäre Auslegungsmerkmale eines jeden Flugzeugmusters sind die Kapazität (Sitz- und Frachtkapazität) sowie die Reichweite, ermittelbar im jeweiligen Nutzlast-Reich-weite-Diagramm. Nutzlast und Reichweite bestimmen neben den Betriebskosten maßgeblich die Wirtschaftlichkeit des Flugzeugeinsatzes. Die Nutzlast-Reichweite-Kurve (PayIoad-Range-Diagram) eines Flugzeugmusters wird bzgl. der Nutzlast maximal (hier bei

P_1-P_2), in aller Regel durch die höchstzulässige Leertankmasse (Maximum Zero Fuel Mass = MZFM), d. h. durch die Festigkeit der Flugzeugstruktur, oder durch den verfügbaren Laderaum (Volumen) begrenzt. Abbildung 10.2 zeigt als Beispiel ein generisches Nutzlast-Reichweite-Diagramm. In seltenen Fällen wird die maximal mögliche Nutzlast auch durch die höchstzulässige Landemasse (Maximum Landing Mass) beschränkt (R_1, P_1-P_2). Der abfallende Teil des Diagramms nach rechts bis P_2-P_3 wird zunächst durch die höchstzulässige Startmasse (die Maximum Take-off Mass = MTOM) limitiert. Der Gradient der Neigung ergibt sich aus dem Kraftstoffverbrauch über die Flugstrecke bzw. der Tatsache, dass bei begrenzter MTOM Nutzlast und Kraftstoff (max. Reichweite R_2) im Prinzip substituierbar sind. Das Ende des Nutzlast-Reichweite-Diagramms, d. h. die maximale Reichweite (R_3), wird erreicht bei P_4, und wird durch die Kraftstoffkapazität des jeweiligen Flugzeugmusters bestimmt.

Als besondere Reichweitebegriffe sind in der Praxis die Spezifische Reichweite „Specific Range“ und die „Integrated Range“ von Bedeutung. Die spezifische Reichweite gibt die pro Kraftstoffmengeneinheit zurückgelegte Flugstrecke an, d. h. welche Strecke ein Flugzeug mit einer bestimmten Kraftstoffmenge zurücklegen kann. Damit ergibt sich die:

$$\text{Spezifische Reichweite (SR)} = \text{Still Air Distance}/\text{Kraftstoffmenge (NAM/kg)} \quad (10.7)$$

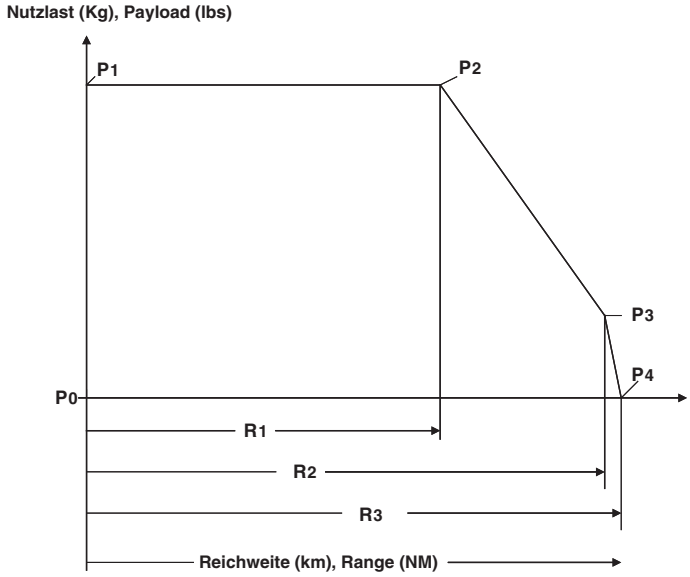


Abb. 10.2 Generisches Nutzlast-Reichweite-Diagramm

Oder, nach Division durch die Zeit ergibt sich die

$$\text{Spezifische Reichweite (SR)} = \text{True Airspeed/Fuel Flow (NAM/h/kg/h)} \quad (10.8)$$

Die Still Air Distance (Nautical Air Miles) errechnet sich aus der Ground Distance(Nautical Miles).

$$\text{NAM} = \text{NM (TAS/TAS} + \text{WC)} \quad (10.9)$$

mit:

Still Air Distance (SAD) = zurückgelegte Flugstrecke
True Airspeed (TAS) = Wahre Eigengeschwindigkeit
NAM = Nautical Air Mile (Flugstrecke)
NM = Nautical Mile (Entfernung am Boden)
WC = Wind Komponente

Bei Zugrundelegung einer konstanten Reisefluggeschwindigkeit (const. Mach) lässt sich für jedes Masseintervall ΔM die mittlere spezifische Reichweite (SR_m) bestimmen. Dies bedeutet, dass ein Flugzeug mit der Kraftstoffmenge ΔM die Strecke ΔNAM (Nautical Air Miles) zurücklegen kann (vgl. Abb. 10.3).

Die erfliegbare Reichweite verändert sich somit durch den stetigen Masseverlust (bedingt durch Kraftstoffverbrauch). Summiert (integriert) man die die sich für verschiedene ΔM ergebenden Streckenintervalle, so erhält man die „Integrated Range". Man kann für eine gegebene Kraftstoffmasse die entsprechende fliegbare Strecke bestimmen, oder für eine gegebene Strecke die erforderliche Kraftstoffmasse (Abb. 10.4).

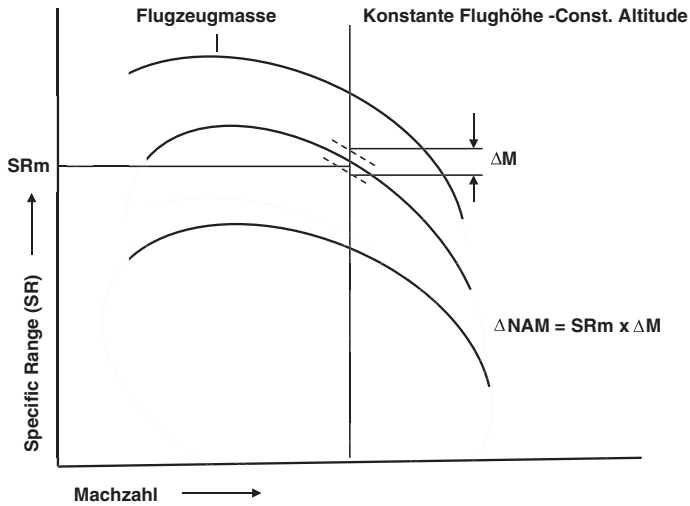


Abb. 10.3 Abhängigkeit zwischen Spezifischer Reichweite und Fluggeschwindigkeit

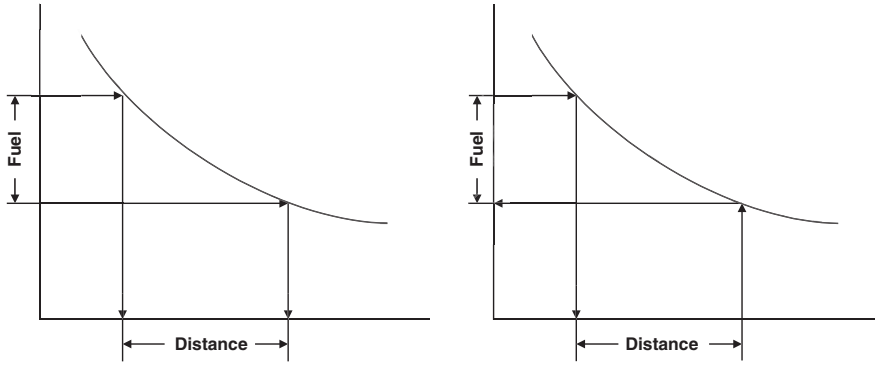


Abb. 10.4 Integrated Range Darstellung

10.10 Flugsegmente

10.10.1 Startstrecke und Start

1. Die Überziehgeschwindigkeit V_S (Stall Speed) bildet die Grundlage für die meisten Leistungsforderungen für Start, Landeanflug und Landung. Der Auftrieb wächst zunächst linear mit dem Anstellwinkel, dann nur unterproportional bis zum Höchstauftriebsbeiwert $c_{a\ max}$. Danach wird die Umströmung turbulent und es kommt es zum Strömungsabriss (Abb. 10.5). Die $c_{a\ max}$ zugeordnete Geschwindigkeit ist als Überziehgeschwindigkeit V_S definiert. Der Flugzeugführer bemerkt die Annäherung an diesen Zustand durch ein immer stärkeres Schütteln des Flugzeuges (beim Side stick (Airbusflugzeugmuster) elektronisch erzeugt).
2. Die Geschwindigkeit V_{MCG} (Minimum Control Speed Ground) ist die Mindestgeschwindigkeit für die Steuerbarkeit, bei der nach Ausfall eines Außentriebwerks oder des kritischen Triebwerks beim Start das Flugzeug allein durch die aerodynamische Wirkungen der Ruder in Startrichtung gehalten werden kann. Beim Ausfall eines Außentriebwerks entsteht durch den Schubabfall auf dieser Seite des Flugzeugs ein

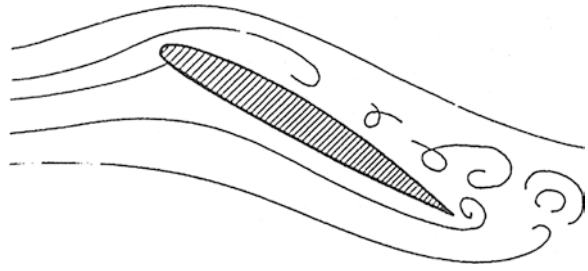


Abb. 10.5 Schematische Darstellung des Strömungsabrisses auf der Tragflügelfläche

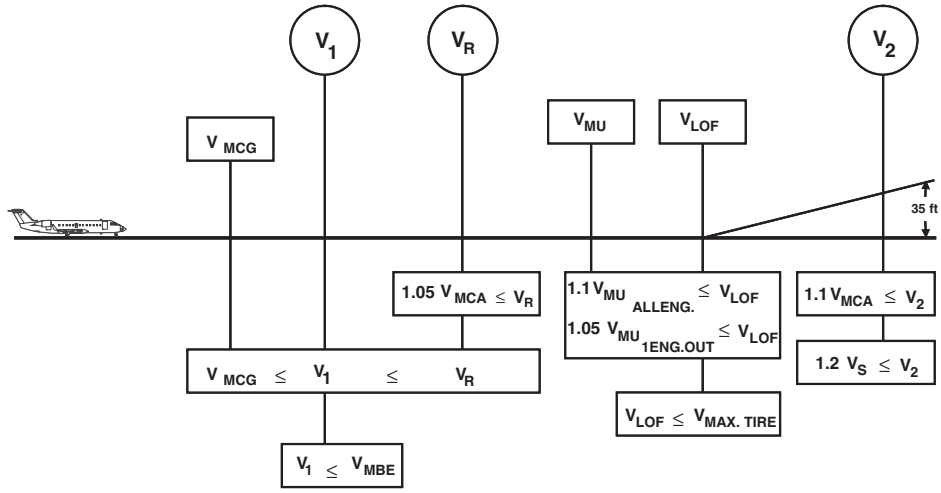


Abb. 10.6 Geschwindigkeiten und Abhängigkeiten während des Startvorgangs [50]

Drehmoment um die Hochachse (Giermoment). Neben der Überziehgeschwindigkeit V_S bestimmt V_{MCG} die Geschwindigkeiten für den Start und damit die Startstrecke (vgl. Abb. 10.6).

3. Der Startlauf bei Ausfall eines Triebwerks
   Das Flugzeug beginnt den Startlauf am Startabrollpunkt auf der Startbahn mit der für die Nutzlast und nach den äußeren Bedingungen erforderlichen Startleistung der Triebwerke (Flexible Take-off Thrust). Fällt nach der kritischen Geschwindigkeit V_1 ein Triebwerk aus, so beschleunigt das Flugzeug mit den verbleibenden Triebwerken weiter, wird bei V_R (V-Rotation) angestellt, und hebt bei V_{LOF} (V-Lift-off) ab. Während des Steigens auf 10,7 m (35 ft) beschleunigt das Flugzeug auf V_2 (Climb-out Speed). Die Startstrecke wird bis zu dem Punkt berechnet, an dem das Flugzeug 35 ft Höhe über der Startbahn erreicht haben muss.

   Die Rotorblätter des ausgefallenen Triebwerks drehen, bedingt durch die Anströmung weiter mit und verursachen zusätzlichen aerodynamischen Widerstand. Durch den erforderlichen Ausgleich des asymmetrischen Schubs mittels Ruder entsteht ebenfalls zusätzlicher aerodynamischer Widerstand. Die Geschwindigkeit V_1 ist bei Ausfall eines Triebwerks für den Flugzeugführer das Kriterium, ob der Start sicher fortgesetzt werden kann oder abgebrochen werden muß. Dazu gelten folgende Regeln:
   1. Bei Triebwerksausfall oder einer sonstigen Störung, z. B. Feuerwarnung, ist vor Erreichen von V_1 der Start sofort abzubrechen.
   2. Bei Eintritt eines solchen Ereignisses nach V_1, ist der Start fortzusetzen.

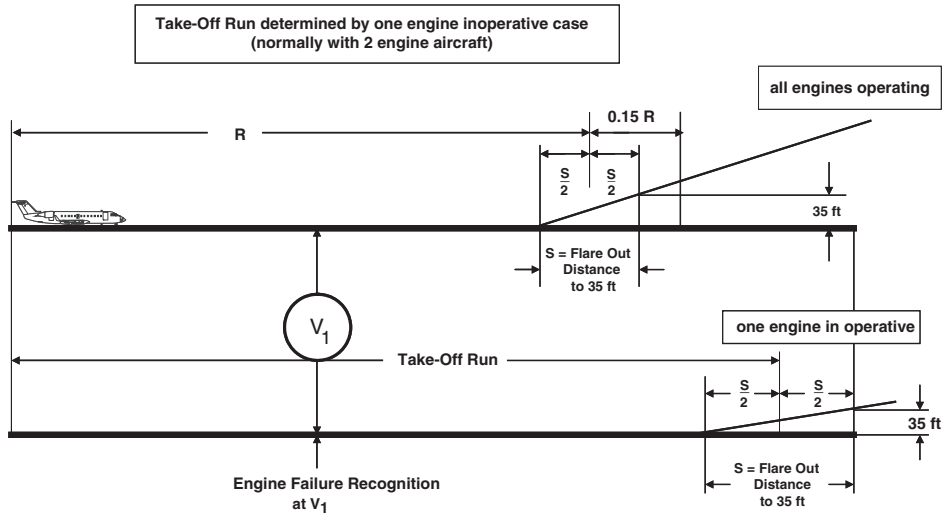


Abb. 10.7 Startstrecken: 1. All Engines Operating, 2. One Engine Inoperative [50]

Die **Startstrecke** wird anhand von drei Kriterien bestimmt, denen die längste der folgenden Strecken zugrunde liegt (vgl. Abb. 10.7):

1. Der horizontale Flugweg bis zum Erreichen von 35 ft Höhe bei Ausfall des kritischen Triebwerks bei V_1. Das ist die Accelerate-Go Distance. Das Flugzeug beschleunigt auf V_2.
2. Die horizontale Entfernung, die benötigt wird, um das Flugzeug auf V_1 zu beschleunigen und nach Triebwerksausfall bei V_1 wieder zum Stillstand zu bringen, wird als Accelerate-Stop Distance bezeichnet (Abb. 10.8).
3. 115 % des horizontalen Flugweges bis zum Erreichen von 35 ft Höhe mit allen Triebwerken.

Bei der Berechnung der Startstrecken geht man zunächst von ein trockenen Startbahn aus. Je nach Flugzeugmuster und Betriebsbedingungen (Masse etc.) kann Kriterium 1, 2 oder 3 bestimmend wirken.

Für 4-motorige Flugzeugmuster, wie die Boeing B747 oder der Airbus A340 ist meist Kriterium 3 bestimmend. Wird V_1 so gewählt, dass die Strecken 1 und 2 gleich sind, spricht man von einer „Balanced Field Length".

Bei der Berechnung der Startstrecke dürfen auch so genannte Stop- und Freiflächen einbezogen werden (Stopway, Clearway), wobei folgendes gilt:

Eine Fläche, die sich an die Startbahn anschließt, mindestens ebenso breit ist wie diese und deren Mittellinie gleich der verlängerten Startbahnmittellinie ist kann als Stopway definiert werden. Sie muss von der Flugplatzbetreiberin zum Abbremsen während eines

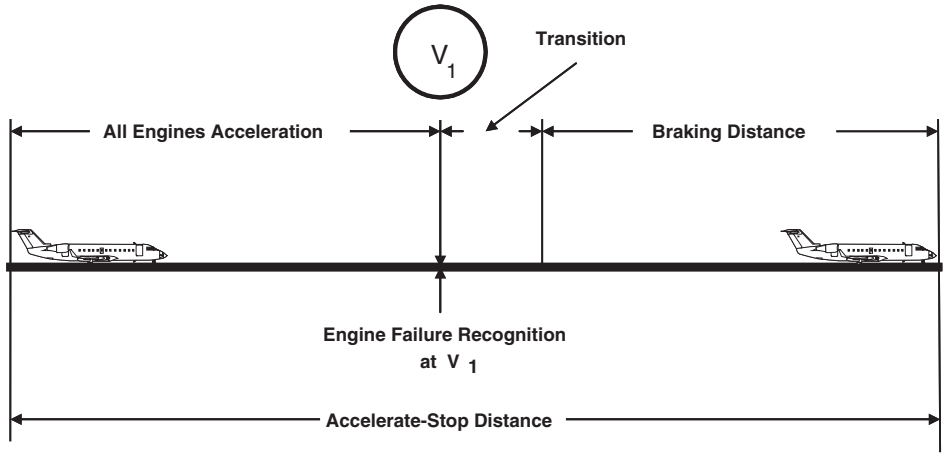


Abb. 10.8 Accelerate Stop Distance [50]

Startabbruchs bestimmt worden sein und das Flugzeug sicher tragen können, ohne dass es Schaden an der Struktur nimmt.

Eine Fläche, die sich an die Startbahn anschließt, beiderseits der verlängerten Bahnmittellinie mindestens 250 ft breit ist und unter der Kontrolle der Flugplatzbetreiberin steht, kann als Clearway definiert werden. Im Bereich des Clearways dürfen keine Hindernisse über die Ebene hinausragen. Sie beginnt am Startbahnende und darf eine positive Neigung von 1,25 % haben, mit Ausnahme von Schwellenlampen bis 66 cm Höhe, wenn sie seitlich der Startbahn angebracht sind (Abb. 10.9).

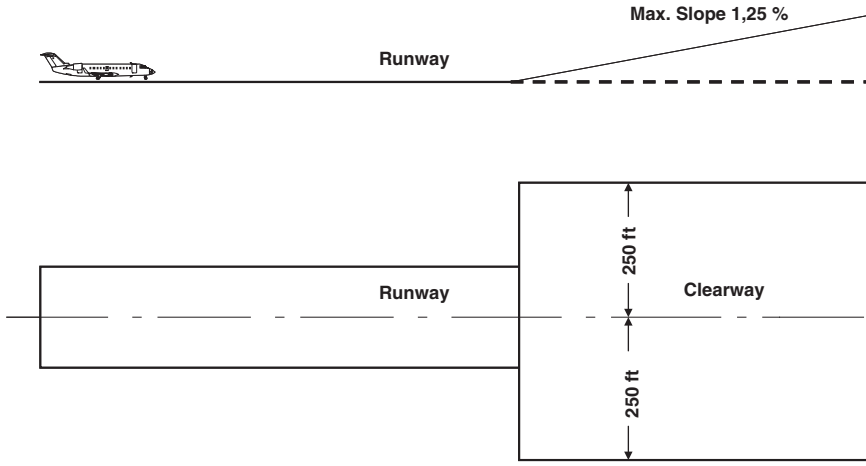


Abb. 10.9 Clearway [50]

Wenn die Startbahn mit Schnee (Snow), Schneematsch (Slash) oder stehendem Wasser (Standing Water) bedeckt ist, sind Zuschläge auf die Startbahnlänge bzw. eine Verringerung der Startmasse erforderlich.

Ein besonderes Problem ist das Aqua- oder Hydroplaning. Man unterscheidet hierbei einerseits das viskose Hydroplaning, das bereits bei sehr dünnem Wasserfilm und langsamen Geschwindigkeiten auf verschmutzten Start-/Landebahnen auftritt, und andererseits das dynamische Hydroplaning, das bei stärkeren Wasserschichten auftritt (ab ca. 3 mm) und bei Geschwindigkeiten, die vom Reifendruck der Fahrwerksreifen abhängig sind.

Schließlich sei noch das als „Rubber Reversion" bezeichnete Hydroplaning genannt, das durch hohe Reibungswärme unter gebremsten Reifen entsteht, bei der das Wasser verdampft und das Gummi von den Reifen der Fahrwerke abschmilzt

Die Gefahr des Auftretens von Hydroplaning ist umso größer, je glatter die Bahnoberfläche ist. Insbesondere glatt gewalzter Beton und Asphalt sind gefährlich, während rauhe und gerillte Start-/Landebahnen einen günstigeren Einfluss ausüben.

Bestimmender Parameter für den sicheren Start ist die Triebwerksleistung, aus der der Schub resultiert. Die Triebwerksleistung, und damit der Schub ist allerdings von vielen endogenen und örtlichen exogenen Parametern abhängig.

Der Schub eines Strahltriebwerks wird bestimmt durch seinen Massendurchsatz. Es wird Luft vom Triebwerk angesaugt und dort zunächst verdichtet. In den Brennkammern wird ein Luft-Kraftstoffgemisch gebildet, verbrannt und dann ausgestoßen.

Der Schub der Triebwerke wird vom Zustand der sie umgebenden Luft beeinflusst. Hohe Temperaturen und niedrige Luftdrücke beispielsweise verringern die Dichte der Luft. Bei geringerer Dichte kann in derselben Zeit weniger Luftmasse vom Triebwerk angesaugt werden als bei höherer Luftdichte d. h. der Schub sinkt.

Die Abb. 10.10 zeigt den Zusammenhang zwischen der Temperatur der angesaugten Luft (Total Air Temperature, TAT) und dem Maximalschub (Maximum Thrust) des Triebwerks. Innerhalb des Triebwerks darf eine bestimmte Temperatur nicht überschritten werden, um das Triebwerk nicht zu überhitzen. Aus der Graphik geht hervor, dass ab einer bestimmten Abgastemperatur (Exhaust Gas Temperature, EGT), die ein Maß für die Temperatur in der Brennkammer der Turbine ist, einen kritischen Wert erreicht. Ab diesem Wert (Punkt) muss der Schub reduziert werden, um das Triebwerk nicht zu zerstören.

Wesentliche Einflüsse auf den Startvorgang und die erforderliche Startstrecke sind:

1. Zunehmende Lufttemperatur mit der Wirkung, dass sich die benötigte Startstrecke verlängert,
2. Abnehmender Luftdruck oder ein hoch gelegener Flugplatz haben die Wirkung, dass sich die benötigte Startstrecke ebenfalls verlängert,
3. Eine positive Bahnlängsneigung (Slope) hat die Wirkung, dass sich die benötigte Startstrecke verlängert, eine negative Bahnlängsneigung hat die Wirkung, dass sich die benötigte Startstrecke verkürzt,

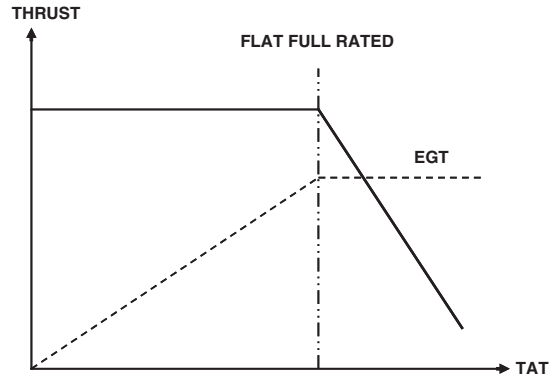


Abb. 10.10 Temperatur-Schub-Abhängigkeit [50]

4. Bei Gegenwind wird die benötigte Startstrecke ebenfalls kürzer, da bei Gegenwind die Geschwindigkeit des Flugzeuges, bezogen auf die ruhende Luft größer ist, d. h. V_R wird schneller erreicht. Bei Rückenwind tritt die gegenteilige Wirkung ein, d. h. die benötigte Startstrecke wird länger.

Vor Antritt eines jeden Fluges muss von der Flugzeugbesatzung eine Flugplanung durchgeführt werden. Dazu gehört neben der navigatorischen Planung auch die:

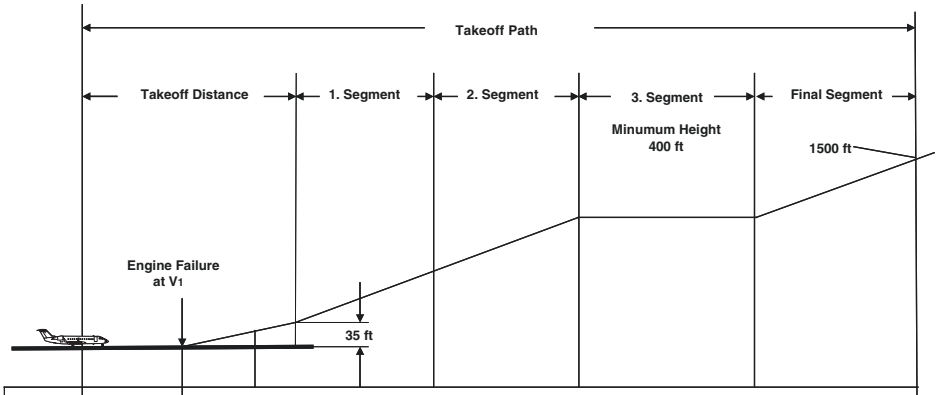
1. Errechnung der Massen für die jeweiligen örtlichen Verhältnisse,
2. Bestimmung der Geschwindigkeiten V_1, V_R, V_2,
3. Ermittlung des Triebwerksschubs (EPR-Wert)
   (EPR = Engine Pressure Ratio, Verhältnis der Drücke Triebwerkseinlass/-auslass, EPR ist proportional zum Schub),
4. Konfiguration der Klappensysteme des Flugzeuges für den Start.

10.10.2 Steigflug

10.10.2.1 Steigflugsegmente

Die Startflugbahn (Take-off Flight Path) für den kritischen Fall (Ausfall des kritischen Triebwerks) beginnt am Ende der Startstrecke in 35 ft Höhe. Sie ist in vier Segmente unterteilt (Abb. 10.11). Die Konfiguration des Flugzeuges ist nachfolgend beschrieben.

1. Segment:
   - Schub: Startleistung (verbleibende Leistung bei Ausfall eines Triebwerks),
   - Fahrwerk ausgefahren,



Engines	All Engines	One Engine Inoperative		
Thrust	Takeoff Thrust			Maximum Continuous Thrust
Gear	Down	Gear Retraction 3 sec afterLiftoff	Retracted	
Flaps	Takeoff Flaps		Flaps Retraction	Retracted
Speed	Acceleration to V_2	V_2	Acceleration to Final Climb Speed	Final Climb Speed

Abb. 10.11 Steigflugsegmente bei Triebwerksausfall [50]

– Klappen in Startkonfiguration erstreckt sich von 35 ft Höhe bis zur Beendigung des Einfahrens der Fahrwerke (Dauer ca. 10–20 Sekunden).

Die Zulassungsvorschriften fordern für das 1. Segment den Nachweis eines Mindeststeigvermögens, und zwar für:
– 4-motorige Flugzeuge: 0,5 %
– 3-motorige Flugzeuge: 0,3 %
– 2-motorige Flugzeuge: „lediglich“ einen positiven Steiggradienten.

2. Segment:
– Schub: Startleistung (verbleibende Leistung bei Ausfall eines Triebwerks),
– Fahrwerk eingefahren,
– Klappen in Startkonfiguration bis zum Erreichen von 400 ft Höhe.

Die Zulassungsvorschriften fordern für das 2. Segment den Nachweis eines Mindeststeigvermögens, und zwar für:
– 4-motorige Flugzeuge: 3,0 %
– 3-motorige Flugzeuge: 2,7 %
– 2-motorige Flugzeuge: 2,4 %

Bei einem 4-motorigen Flugzeug muß beim Ausfall eines Triebwerks lediglich auf 25 % des Maximalschubs verzichtet werden. Bei einem 2-motorigen Flugzeug sind es jedoch 50 %. Ein 4-motoriges Flugzeug muss deshalb in der Lage sein, bei Ausfall eines Triebwerks einen höheren Steiggradienten erfliegen zu können als eine

2-motoriges Flugzeug bei Ausfall eines Triebwerks. Diese Forderung ist der bestimmende Parameter für den gesamten Startvorgang. Er limitiert häufig die Startmasse, insbesondere bei hohen Außentemperaturen, auf hochgelegenen Flugplätzen, und bei 2-motorigen Flugzeugen.

3. Segment:
   - Schub mit Startleistung (verbleibende Leistung bei Ausfall eines Triebwerks),
   - Fahrwerk eingefahren,
   - Klappen werden eingefahren.

   Im Horizontalflug wird zunächst von V_2 auf $V_2 + 30$ kts (Climb-out Speed) beschleunigt, dann beginnt das Einfahren der Klappen. Beim Einfahren der Klappen sind die vorgeschriebenen Geschwindigkeiten zu beachten. Bei zu geringer Geschwindigkeit besteht die Gefahr des Überziehens, bei zu hoher Geschwindigkeit könnten Klappen durch die Luftkräfte beschädigt werden.
4. Segment:
   Der Verlauf ist entsprechend dem 3. Segment, jedoch steigt das Flugzeug mit Startschub weiter, bis das Zeitlimit für den Startschub (ca. 5 Minuten) erreicht ist.
   Letztes Segment: (Final Segment):
   Maximaler Dauerschub bei konstanter Geschwindigkeit von $V_2 + 50$ kts. Die geforderten Mindeststeiggradienten sind:
   - 4-motorige Flugzeuge: 1,7 %,
   - 3-motorige Flugzeuge: 1,5 %,
   - 2-motorige Flugzeuge: 1,2 %.

10.10.2.2 Nachweis der Hindernisfreiheit

Um das sichere Überfliegen aller Hindernisse nach dem Abheben des Flugzeuges zu gewährleisten, muss der „Take-off Flight Path“ überprüft werden. Bei der Festlegung der Hinderniskriterien wird auf den Begriff „Net Flight Path“ Bezug genommen. Dieser bezeichnet eine Flugbahn, die sich ergibt, wenn die von einem Flugzeug unter festgelegten Bedingungen tatsächlich geflogene Bahn, der so genannte „Gross Flight Path“ in jedem Punkt um die in den Lufttüchtigkeitsforderungen vorgeschriebenen Abzüge vermindert wird. Entsprechendes gilt für die Begriffe „Net Height“ und „Net Gradient“. Die „Net Gradient’s“ ergeben sich aus den tatsächlichen, nachgewiesenen Gradienten, der „Gross Gradient’s“ durch den Abzug folgender Werte, jeweils bei einem ausgefallenen Triebwerk (Tab. 10.4).

Der „Net Flight Path“ muss über allen im Abflugsektor gelegenen Hindernissen eine Mindesthöhe von 35 ft haben (Abb. 10.12).

Der Abflugsektor beginnt am Ende der Startbahn mit einer Breite von 300 ft beiderseits der Startbahnmittellinie bei einem Öffnungswinkel von 7,1° auf beiden Seiten, d. h. der Sektor nimmt um 12,5 % der zurückgelegten Strecke zu, bis zu einer maximalen Breite von:

Tab. 10.4 Net Gradienten bei ausgefallenem Treibwerk

Flugzeuge mit:		
2 Motoren	3 Motoren	4 Motoren
0,8 %	0,9 %	1,0 %

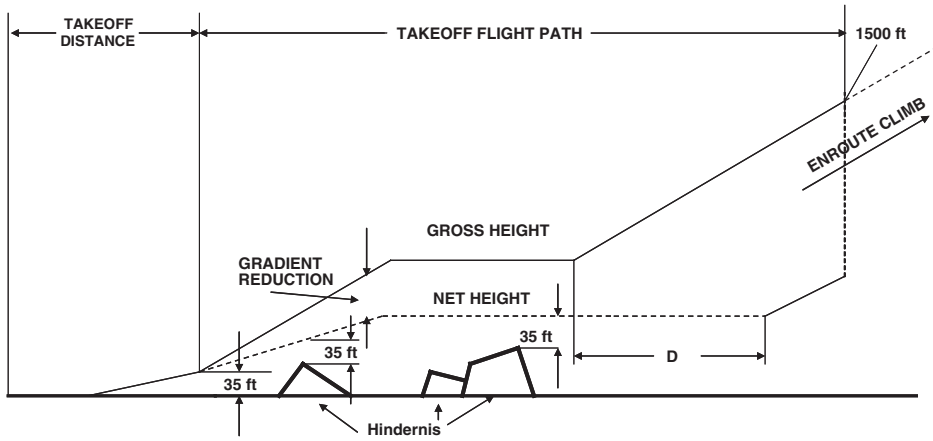


Abb. 10.12 Darstellung des Take-off Flight Path [50]

a) 1.000 ft (2.000 ft bei Kursänderungen von mehr als 15°) bei Sichtwetterbedingungen (VMC, Visual Meteorological Conditions) am Tage,
b) 2.000 ft (3.000 ft bei Kursänderungen von mehr als 15°) bei Instrumentenwetterbedingungen (IMC, Instrument Meteorological Conditions) und VMC bei Nacht.

zu beiden Seiten des geplanten Abflugweges (Abb. 10.13).

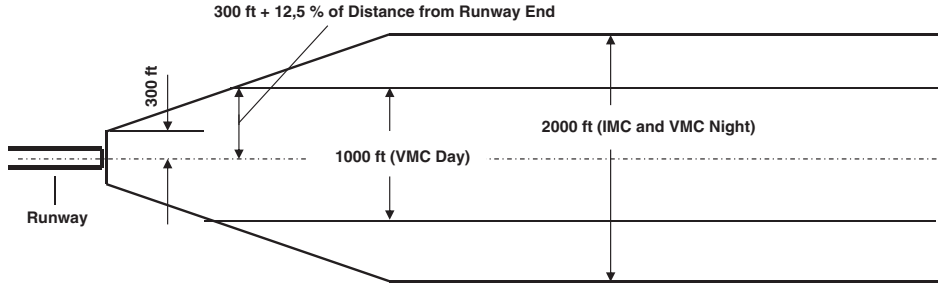


Abb. 10.13 Abflugsektor unter verschiedenen meteorologischen Bedingungen [50]

10.10.3 Landeanflug und Landung

In der Anflugkonfiguration muss ein Flugzeug bei maximaler Landemasse und bei einer Fluggeschwindigkeit entsprechend den normalen Landeverfahren, jedoch nicht höher als 1,5 × V_S bei Ausfall des kritischen Triebwerks, noch einen Steiggradienten von mindestens 2,1 % für zweimotorige, 2,4 % für dreimotorige und 2,7 % für viermotorige Flugzeuge nachweisen. Dabei arbeiten die restlichen Triebwerke mit Startleistung bzw. Startschub.

Als **Landestrecke** gilt die horizontale Entfernung, die von den Flugzeugführern benötigt wird, um ein Flugzeug von einem Punkt in 15 m Höhe und einer Geschwindigkeit $V_{REF} = 1{,}3 * V_S$ über der Landeschwelle zu landen und zum Stillstand zu bringen.

Für die Bestimmung der Landestrecke gelten bei der Musterzulassung von Flugzeugen folgende Bestimmungen:

1. Das Flugzeug befindet sich in Landekonfiguration (Landeklappen und Fahrwerk sind ausgefahren);
2. Der Landung geht ein stetiger Sinkflug mit einer Anfluggeschwindigkeit von nicht weniger als 1,3 * V_S voraus;
3. Die Landung erfolgt auf ebener, trockener, befestigter Landebahn so, dass der Flugzeugführer keine übergroße Schulung und Aufmerksamkeit benötigt. Es dürfen keine übermäßigen Vertikalbeschleunigungen auftreten;
4. Windkorrekturen dürfen nur 50 % der Gegenwindkomponente, und müssen mindestens 150 % der Rückenwindkomponente betragen. Diese Regelung dient der Sicherheit, denn Gegenwind mindert die benötigte Landestrecke, während Rückenwind sie verlängert. Die Ursache hierfür ist die Differenz zwischen der Geschwindigkeit des Flugzeuges über Grund und der Geschwindigkeit gegenüber der ruhenden Luft (vgl. Startstrecken). Bei Gegenwind ist die Geschwindigkeit über Grund kleiner als die Geschwindigkeit gegenüber der ruhenden Luft. Die Seitenwindkomponente wird vernachlässigt, wenn sie im zulässigen Bereich liegt;
5. Radbremsungen dürfen nur so angewendet werden, dass kein übermäßiger Verschleiß an Reifen und Bremsen eintritt;
6. In Ergänzung zu den Radbremsen dürfen andere Bremshilfen verwendet werden, deren Zuverlässigkeit nachgewiesen ist (z. B. aerodynamische Bremsen, Schubumkehr).

Nachdem die Landestrecke unter diesen genau festgelegten Bedingungen ermittelt ist, werden Sicherheitszuschläge addiert, um den Erfordernissen des täglichen Betriebes Rechnung zu tragen.

Für die trockene Landebahn beträgt die erforderliche Landebahnlänge 1,667 × Landelänge, d. h. für die Landung werden 60 % der Bahnlänge benötigt, 40 % der Landebahn dient als Sicherheitszuschlag. Für eine nasse Landebahn muss zu der erforderlichen Landebahnlänge für die trockene Landebahn noch ein 15 %iger Sicherheitszuschlag addiert werden, um die infolge des verringerten Bremsreibungskoeffizienten schlechtere

Bremsverzögerung zu kompensieren, es sei denn, der Hersteller weist durch Flugversuche nach, dass ein geringerer Zuschlag ausreichend ist.

Dieser Zuschlag gilt für die Flugplanung, wenn die Wettervorhersage eine nasse Landebahn erwarten lässt.

Für die Planung der Landung auf einem Ausweichflughafen wird sowohl für eine trockene als auch für eine nasse Landebahn ein 40 %-iger Zuschlag auf die Landestrecke bei trockener Landebahn gefordert.

Flugplanungsaspekte

11

Die Flugplanung ist in der zivilen Verkehrsluftfahrt eine unbedingte Voraussetzung für einen sicheren und wirtschaftlichen Flug. Dabei sind meteorologische wie auch operationelle Parameter zu berücksichtigen. Der Kraftstoffbedarf ist unter Berücksichtigung der gesetzlichen Anforderungen zu ermitteln, die Streckenführung ist mit den geplanten Flughöhen und den vorausberechneten Überflugzeiten der Pflichtwegpunkte zu beschreiben und zu optimieren. Als Planungsergebnisse sind letztendlich der operationelle Flugdurchführungsplan des Fluges, das Load & Trimsheet, sowie der ATC Flugplan zu erstellen. Der operationelle Flugdurchführungsplan enthält Angaben zur Navigation, und zum Kraftstoffbedarf des Flugzeuges, das Load & Trimsheet zur Beladung und zum Schwerpunkt. Der ATC Flugplan enthält Angaben zur Streckenführung, den Flugflächen, den Überflugzeiten und der Ausrüstung des Flugzeuges und wird an die Flugsicherung übermittelt.

11.1 Begriffsbestimmungen

„Flugplan" ist der den Stellen der Flugverkehrsdienste (ATS) übermittelte Plan, der spezifische Angaben zu einem geplanten Flug oder Flugabschnitt eines Luftfahrzeugs enthält;

„Flugvorbereitung" ist der Zeitraum zwischen der ersten Einreichung eines Flugplans und der ersten Freigabe durch die Flugsicherung;

„Dauerflugplan" ist der Flugplan für eine Reihe sich häufig wiederholender regelmäßiger einzelner Flüge mit identischen Hauptmerkmalen, der von einem Betreiber bei den Stellen der Flugverkehrsdienste zur Aufbewahrung und wiederholten Verwendung eingereicht wird;

„Betreiber" ist eine Person, Organisation oder ein Unternehmen, welche(s) mit Luftfahrzeugen Flüge oder Missionen anbietet oder durchführt;

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_11,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

„Stelle der Flugverkehrsdienste“ (ATS-Stelle) ist eine zivile oder militärische Stelle, die für die Erbringung von Flugverkehrsdiensten zuständig ist;

„Integrated Initial Flight Plan Processing System“ (IFPS) ist ein System innerhalb des europäischen Flugverkehrsmanagementnetzes, über das eine zentralisierte Flugplanungsverarbeitung und -verteilung bereitgestellt wird, deren Aufgabe die Entgegennahme, Validierung und Verteilung von Flugplänen ist;

„Freigabe durch die Flugsicherung“ (ATC-Freigabe) ist die Genehmigung für ein Luftfahrzeug, seinen Betrieb entsprechend den von der Stelle der Flugverkehrsdienste festgelegten Bedingungen durchzuführen;

„Instrumentenflugregeln“ sind Flugregeln gemäß ICAO Annex 2 (1) des Abkommens von Chicago von 1944 über die Internationale Zivilluftfahrt (ICAO) [141];

„Stelle der Flugsicherung“ (ATC-Stelle): Bezirkskontrollstelle (Radar), Anflugkontrollstelle (Approach) oder Kontrollturm (Tower) am Flughafen;

„Geeigneter Flugplatz“ ist ein Flugplatz, der vom Luftfahrtunternehmer unter Berücksichtigung der geltenden Leistungsanforderungen und Start-/Landebahnmerkmale als zufriedenstellend angesehen wird. Zum erwarteten Zeitpunkt der Nutzung ist der Flugplatz verfügbar und ausgestattet mit den erforderlichen zugehörigen Diensten (z. B. ATS, ausreichender Befeuerung, Kommunikationseinrichtungen, Wetterdienst, Navigationshilfen und Rettungsdienste).

11.2 Vorgaben des Gesetzgebers

OPS 1.290 [78] regelt die zu treffende Flugvorbereitung. Dabei hat der Luftfahrtunternehmer sicherzustellen, dass für jeden beabsichtigten Flug ein Flugdurchführungsplan erstellt wird. Der Kommandant (Flugzeugführer) darf einen Flug nur antreten, wenn er sich überzeugt hat, dass

- das Flugzeug lufttüchtig ist,
- das Flugzeug nicht in Abweichung von der Konfigurationsabweichungsliste (CDL) betrieben wird,
- die gemäß den Bestimmungen die für den durchzuführenden Flug erforderliche Instrumentierung und Ausrüstung vorhanden ist,
- die Instrumentierung und die Ausrüstung in betriebsbereitem Zustand sind, es sei denn, in der Mindestausrüstungsliste ist etwas anderes geregelt,
- die Teile des Betriebshandbuchs, die für die Durchführung des Fluges erforderlich sind, zur Verfügung stehen,
- sich die Dokumente, zusätzliche Informationen und Formblätter, die nach OPS 1.125 und OPS 1.135 erforderlich sind, an Bord befinden,
- das gültige Kartenmaterial und die dazugehörigen Unterlagen oder gleichwertige Angaben zur Verfügung stehen, um den beabsichtigten Betrieb des Flugzeuges

einschließlich etwaiger billigerweise zu erwartender Umleitungen durchführen zu können. Hierzu zählen Umrechnungstabellen, die für die Unterstützung des Flugbetriebs erforderlich sind, wenn metrische Angaben für Höhen und Flugflächen verwendet werden müssen,
- die für den geplanten Flug erforderlichen Bodenanlagen und Bodendienste zur Verfügung stehen und geeignet sind,
- die im Betriebshandbuch festgelegten Bestimmungen hinsichtlich der Kraftstoff- und Ölmengen, der Sauerstoffanforderungen, Sicherheitsmindesthöhen, Flugplatz-Betriebsmindestbedingungen und der Verfügbarkeit geforderter Ausweichflugplätze für den geplanten Flug erfüllt werden können,
- die Ladung ordnungsgemäß verteilt und gesichert ist,
- der Flug mit der Masse des Flugzeuges zu Beginn des Startlaufs gemäß den anwendbaren Bestimmungen durchgeführt werden kann und
- alle weiteren, über die betrieblichen Grenzen hinausgehenden Begrenzungen eingehalten werden können.

Die Auswahl der Flugplätze regelt OPS 1.295.

Dabei hat der Luftfahrtunternehmer für die Planung eines Fluges Verfahren für die Auswahl von Bestimmungs- u./o. Ausweichflugplätzen gemäß OPS 1.220 festzulegen. Wenn es aus Wettergründen oder flugleistungsbedingten Gründen nicht möglich ist, zu dem Startflugplatz zurückzukehren, hat der Luftfahrtunternehmer einen Startausweichflugplatz auszuwählen und im Flugdurchführungsplan anzugeben. Dieser muss im Verhältnis zum Startflugplatz so gelegen sein, dass er

1. bei zweimotorigen Flugzeugen entweder
   - innerhalb einer Stunde Flugzeit bei einem ausgefallenen Triebwerk mit der dafür im Flughandbuch angegebenen Reisegeschwindigkeit unter Standardbedingungen bei Windstille und der tatsächlichen Startmasse erreicht werden kann oder
   - innerhalb der genehmigten ETOPS-Ausweichflugzeit des Luftfahrtunternehmers von bis zu zwei Stunden, vorbehaltlich etwaiger MEL-Einschränkungen, bei einem ausgefallenen Triebwerk mit der dafür im Flughandbuch angegebenen Reisegeschwindigkeit unter Standardbedingungen bei Windstille und der tatsächlichen Startmasse erreicht werden kann, sofern Flugzeuge einschließlich Besatzung für ETOPS-Betrieb zugelassen sind, oder
2. bei drei- und viermotorigen Flugzeugen innerhalb einer Flugzeit von zwei Stunden bei einem ausgefallenen Triebwerk mit der dafür im Flughandbuch angegebenen Reisegeschwindigkeit unter Standardbedingungen bei Windstille und der tatsächlichen Startmasse erreicht werden kann und,
3. falls im Flughandbuch keine Reisegeschwindigkeit mit einem ausgefallenen Triebwerk angegeben ist, die Reisegeschwindigkeit zu wählen ist, die sich ergibt, wenn die verbleibenden Triebwerke mit höchster Dauerleistung betrieben werden.

Der Luftfahrtunternehmer hat für jeden Flug nach Instrumentenflugregeln wenigstens einen Bestimmungsausweichflugplatz festzulegen, es sei denn, dass einer der beiden folgenden Fälle zutrifft:

1. entweder
   - Die Dauer des geplanten Fluges vom Start bis zur Landung überschreitet nicht mehr als sechs Stunden, oder die verbleibende Flugzeit bis zum Ziel liegt bei einer Umplanung während des Fluges gemäß OPS 1.255 Buchstabe d nicht über sechs Stunden, und
   - auf dem Bestimmungsflugplatz stehen zwei getrennte Start-/Landebahnen (vgl. OPS 1.192) zur Verfügung und sind benutzbar, und die betreffenden Wettermeldungen oder Wettervorhersagen oder eine Kombination aus beiden für den Bestimmungsflugplatz deuten darauf hin, dass während eines Zeitraums von einer Stunde vor bis zu einer Stunde nach der voraussichtlichen Ankunftszeit auf dem Bestimmungsflugplatz die Hauptwolkenuntergrenze in mindestens 2.000 ft oder in Platzrundenflughöhe zuzüglich + 500 ft liegt (der höhere Wert ist maßgebend) und die Sichtweite mindestens 5 km beträgt;

2. oder:
- Der Bestimmungsflugplatz ist abgelegen.

Der Luftfahrtunternehmer hat zwei Bestimmungsausweichflugplätze festzulegen, wenn

1. die betreffenden Wettermeldungen oder Wettervorhersagen oder eine Kombination aus beiden für den Bestimmungsflugplatz darauf hindeuten, dass während eines Zeitraums von einer Stunde vor bis zu einer Stunde nach der voraussichtlichen Ankunftszeit die Wetterbedingungen unter den anzuwendenden Planungsmindestbedingungen (vgl. OPS 1.297) liegen, oder
2. keine Wetterinformationen zur Verfügung stehen.

Der Luftfahrtunternehmer hat die geforderten Ausweichflugplätze im Flugdurchführungsplan anzugeben.

OPS 1.297 regelt die Planungsmindestbedingungen für IFR-Flüge wie folgt:

Zu den Planungsmindestbedingungen für den Startausweichflugplatz führt der Gesetzgeber aus: Der Luftfahrtunternehmer darf einen Flugplatz als Ausweichflugplatz für den Start nur festlegen, wenn die betreffenden Wettermeldungen oder Wettervorhersagen oder eine Kombination aus beiden darauf hindeuten, dass während eines Zeitraums von einer Stunde vor bis zu einer Stunde nach der voraussichtlichen Ankunftszeit auf dem Flugplatz die Wetterbedingungen den anzuwendenden Landemindestbedingungen nach OPS 1.225 entsprechen oder diese übertreffen. Die Hauptwolkenuntergrenze muss berücksichtigt werden, wenn nur Nichtpräzisions- u./o. Platzrundenanflüge möglich sind. Beschränkungen bei Flugbetrieb mit einem ausgefallenen Triebwerk müssen berücksichtigt werden.

Die Planungsmindestbedingungen für den Bestimmungsflugplatz (ausgenommen abgelegene Bestimmungsflugplätze) erfordern: Der Luftfahrtunternehmer darf einen Bestimmungsflugplatz nur festlegen, wenn:

1. die betreffenden Wettermeldungen oder Wettervorhersagen oder eine Kombination aus beiden darauf hindeuten, dass während eines Zeitraums von einer Stunde vor bis zu einer Stunde nach der voraussichtlichen Ankunftszeit auf dem Flugplatz die Wetterbedingungen den folgenden anzuwendenden Planungsmindestbedingungen entsprechen oder diese übertreffen:
   - Start-/Landebahnsichtweite, Sicht, festgelegt nach OPS 1.225 und
   - für einen Nichtpräzisionsanflug oder einen Platzrundenanflug eine Hauptwolkenuntergrenze, die in oder über der Sinkflugmindesthöhe liegt, oder
2. es sind zwei Bestimmungsausweichflugplätze gemäß OPS 1.295 festzulegen.

Die Planungsmindestbedingungen für einen Bestimmungsausweichflugplatz oder einen abgelegenen Flugplatz oder einen Streckenausweichflugplatz (3 %) oder einen in der Planungsphase erforderlichen Streckenausweichflugplatz sind wie folgt festgelegt:

Der Luftfahrtunternehmer darf einen Flugplatz für einen dieser Zwecke nur festlegen, wenn die betreffenden Wettermeldungen oder Wettervorhersagen oder eine Kombination aus beiden darauf hindeuten, dass während eines Zeitraums von einer Stunde vor bis zu einer Stunde nach der voraussichtlichen Ankunftszeit auf dem Flugplatz die Wetterbedingungen den Planungsmindestbedingungen der Tab. 11.1 entsprechen oder diese übertreffen. Tabelle 11.1 zeigt die Planungsmindestbedingungen für den Bestimmungsausweichflugplatz, abgelegenen Bestimmungsflugplatz, Streckenausweichflugplatz (3 %) und Streckenausweichflugplatz.

Die Planungsmindestbedingungen für einen Streckenausweichflugplatz unter ETOPS-Bedingungen sind wie folgt festgelegt: Der Luftfahrtunternehmer darf einen Flugplatz als Streckenausweichflugplatz unter ETOPS-Bedingungen nur festlegen, wenn die betreffenden Wettermeldungen oder Wettervorhersagen oder eine Kombination aus beiden darauf hindeuten, dass während eines Zeitraums von einer Stunde vor bis zu einer Stunde nach der spätmöglichsten Ankunftszeit auf dem Flugplatz die Bedingungen

Tab. 11.1 Planungsmindestbedingungen

Art des Anflugs	Planungsmindestbedingungen
ILS Cat II und III	ILS Cat I (Anmerkung 1)
ILS Cat I	Nichtpräzision (Anmerkung 1 und 2)
Nichtpräzision	Nichtpräzision (Anmerkung 1 und 2 zuzüglich 200 ft/1.000 m)
Platzrundenanflug	Platzrundenanflüge

Anmerkungen
1: Start-/Landebahnsichtweite
2: Die Hauptwolkenuntergrenze muss in oder über der Sinkflugmindesthöhe MDH liegen

Tab. 11.2 Planungsmindestbedingungen – ETOPS

Anflughilfe	Hauptwolkenuntergrenze Ausweichflugplatz	Wettermindestbedingungen Sicht / Start-/Landebahnsichtweite
Präzisionsanflugverfahren	Zulässige Entscheidungshöhe (DH/DA) plus Marge von 200 ft	Zulässige Sicht plus Marge von 800 Metern
Nichtpräzisionsanflug oder Platzrundenanflug	Zulässige Mindestsinkflughöhe (MDH/MDA) plus Marge von 400 ft	Zulässige Sicht plus Marge von 1.500 Metern

herrschen, die unter Hinzufügung der zusätzlichen Werte von Tab. 11.2 berechnet wurden. Der Luftfahrtunternehmer nimmt das Verfahren zur Bestimmung der Betriebsmindestbedingungen am vorgesehenen Streckenausweichflugplatz unter ETOPS-Bedingungen in das Betriebshandbuch auf.

OPS 1.300 regelt die Flugplanabgabe an die Flugverkehrsdienste.

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass ein Flug nur angetreten wird, wenn ein Flugplan an die Flugverkehrsdienste (ATC Flight Plan) übermittelt oder eine andere geeignete Information hinterlegt wurde, um gegebenenfalls die Einschaltung des Flugalarmdienstes zu ermöglichen.

OPS 1.305 regelt das Betanken oder Enttanken, während Fluggäste einsteigen, sich an Bord befinden oder aussteigen.

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass, wenn Fluggäste einsteigen, sich an Bord befinden oder aussteigen, kein Flugzeug mit Avgas oder einem Kraftstoff mit breitem Siedepunktbereich (Wide Cut Fuel) wie z. B. Jet-B oder ähnlichen Kraftstoffen betankt oder enttankt wird oder es zu einer Vermischung dieser Kraftstoffarten kommen kann. In allen anderen Fällen sind die notwendigen Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen. Das Flugzeug ist ordnungsgemäß mit geschultem Personal zu besetzen, das bereitsteht, um eine Räumung des Flugzeugs zweckmäßig und zügig mit den zur Verfügung stehenden Mitteln einzuleiten und zu lenken.

OPS 1.307 regelt das Betanken mit oder Enttanken von Kraftstoff mit breitem Siedepunktbereich (Wide Cut Fuel).

Der Luftfahrtunternehmer hat Verfahren für das Betanken mit oder Enttanken von Kraftstoff mit einem breiten Siedepunktbereich (z. B. Jet-B oder ähnliche Kraftstoffe) festzulegen, soweit die Verwendung eines solchen Kraftstoffs erforderlich wird.

11.3 Meteorologische Flugplanung

Das Wetter spielt auch in der heutigen modernen Verkehrsluftfahrt noch eine große Rolle. Für die Festlegung des Flugweges sind meteorologische Streckenvorhersagen unerlässlich. Durch die Bereitstellung von verschiedenen, die Streckenführung betreffenden

Wetterkarten durch den Deutschen Wetterdienst (in Deutschland) lässt sich ein räumliches und zeitliches Bild über die Entwicklung der meteorologischen Elemente erstellen. Die wichtigsten Wetterkarten werden nachfolgend erläutert.

Der Gesetzgeber (OPS 1.340) legt zunächst generell fest: Der Kommandant (Flugzeugführer) darf bei einem Flug nach Instrumentenflugregeln nur dann den Start beginnen oder den Flug über den Punkt, ab dem im Falle einer Umplanung während des Fluges ein geänderter Flugplan gilt, fortsetzen, wenn Informationen vorliegen, nach denen zur Ankunftszeit auf dem Bestimmungsflugplatz u./o. den nach OPS 1.295 vorgeschriebenen Ausweichflugplätzen die zu erwartenden Wetterbedingungen den nach OPS 1.297 vorgeschriebenen Planungsmindestbedingungen entsprechen oder diese übertreffen.

Der Kommandant (Flugzeugführer) darf einen Flug nach Instrumentenflugregeln zum geplanten Bestimmungsflugplatz nur dann fortsetzen, wenn Informationen vorliegen, nach denen zur voraussichtlichen Ankunftszeit die Wetterbedingungen am Bestimmungsflugplatz oder an mindestens einem Bestimmungsausweichflugplatz den anzuwendenden Flugplatz-Betriebsmindestbedingungen entsprechen oder diese übertreffen.

Der Kommandant (Flugzeugführer) darf einen Flug nach Instrumentenflugregeln über den Entscheidungspunkt hinaus nur fortsetzen, wenn das Verfahren zur Reduzierung des Kraftstoffs für unvorhergesehenen Mehrverbrauch angewendet wird, oder über den vorher festgelegten Punkt hinaus nur dann fortsetzen, wenn das Verfahren für einen vorher festgelegten Punkt angewendet wird, wenn Informationen vorliegen, nach denen die zu erwartenden Wetterbedingungen zur Ankunftszeit am Bestimmungsflugplatz u./o. am geforderten Ausweichflugplatz bzw. an den geforderten Ausweichflugplätzen gemäß OPS 1.295 den in OPS 1.225 festgelegten anzuwendenden Flugplatzbetriebsmindestbedingungen entsprechen oder diese übertreffen.

Der Kommandant (Flugzeugführer) darf bei einem Flug nach Sichtflugregeln den Start nur beginnen, wenn die entsprechenden Wettermeldungen oder -vorhersagen oder eine Kombination von Wettermeldungen oder -vorhersagen darauf hindeuten, dass die Wetterbedingungen entlang der Flugstrecke oder auf dem nach Sichtflugregeln zu befliegenden Teil der Flugstrecke in dem entsprechenden Zeitraum die Befolgung der Sichtflugregeln ermöglichen.

Die wesentlichen **meteorologischen Flugplanungsunterlagen** beziehen sich auf:

- das Streckenwetter, Gesamtwetterlage (Significant Weather Chart),
- Flugwetterbeobachtung eines einzelnen Flughafens (METAR),
- Flugplatzwettervorhersagen (TAF),
- Höhenkarten,
- Bodenwinde.

Die Gesamtwetterlage des jeweiligen Streckenwetters wird auf **Significant Weather Charts** (Significant Meteorological Phenomena, SIGMET) dargestellt und zeigt die signifikanten Wettererscheinungen auf der Strecke. Abbildung 11.1 zeigt beispielhaft ein Significant Weather Chart [76].

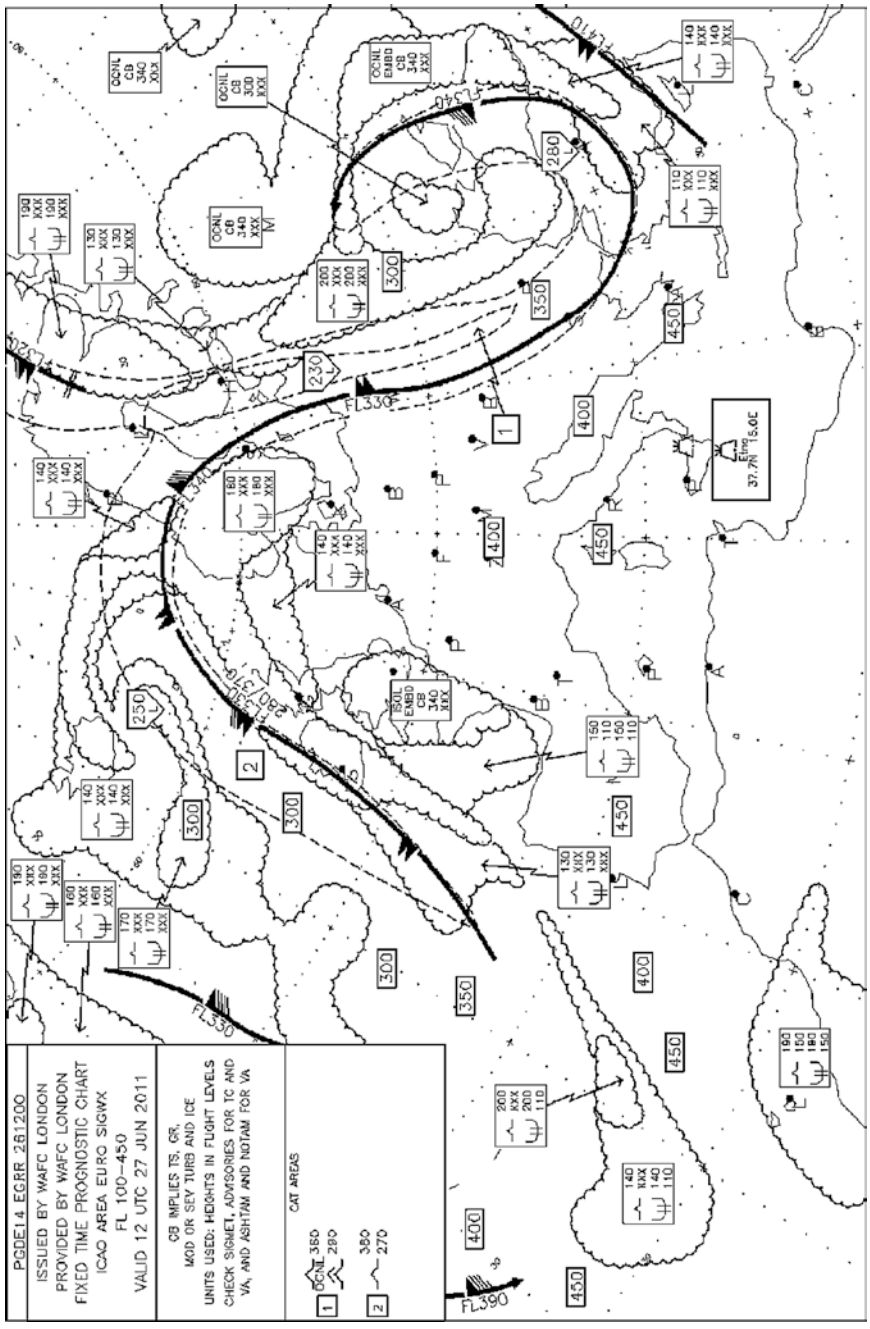


Abb. 11.1 Significant Weather Chart [76]

Die Informationen beziehen sich auf Fluginformationsgebiete (Flight Information Regions). Es wird vor dem unmittelbaren oder erwarteten signifikanten Wettererscheinungen, die die Sicherheit von Flugbewegungen beeinträchtigen können, gewarnt. Die Gültigkeitsdauer beträgt bis zu vier Stunden. Die SIGMET-Warnung kann der Flugzeugführer im Flug über Funk empfangen oder bereits bei der Flugplanung berücksichtigen. Folgende Informationen sind SIGMET's zu entnehmen: Aktive Gewitterzonen, starke Böenlinien, Hagel, Turbulenz, Vereisungszonen, Sandstürme, Staubstürme, tropische Wirbelstürme, Vulkanausbrüche oder vulkanische Aschewolken. Abbildung 11.2 zeigt die Symbolik der Significant Weather Chart.

Der Begriff **Meteorological Aerodrome Report** (METAR) ist eine standardisierte Meldung, die die Flugwetterbeobachtung eines einzelnen Flughafens wiedergibt. METAR ist die Abkürzung für „Message d'observation météorologique régulière pour l'aviation bzw. MÉTéorologique Aviation Régulière". Gebräuchlich sind die Formulierungen METeorological Aerodrome Report, Aviation Routine Weather Report oder auch Meteorological Aviation Routine Weather Report. Ein METAR Report enthält den vierstelligen ICAO-Code des Flughafens, für den der METAR gilt sowie den Beobachtungszeitpunkt. Zusätzlich können Windrichtung, Sichtweite, Temperatur, Luftdruck, Wolkenformation und andere zweckdienliche Informationen enthalten sein. Abbildung 11.3 zeigt das Codesystem, das für die standardisierten METAR Meldungen verwendet wird.

Die **Terminal Aerodrome Forecast** (TAF) stellt eine international normierte Flugwetterprognose für einen bestimmten Flugplatz dar. Er enthält Informationen über das „aktuelle Wetter" und die Wetterentwicklung im jeweiligen Gültigkeitszeitraum. Während ein METAR die Wetterbeobachtung wiedergibt, stellt ein TAF eine Wetterprognose dar.

Der Gültigkeitszeitraum einer TAF beträgt maximal 30 Stunden. In Deutschland werden die 30 Stunden-Vorhersagen lediglich für die Verkehrsflughäfen Frankfurt,

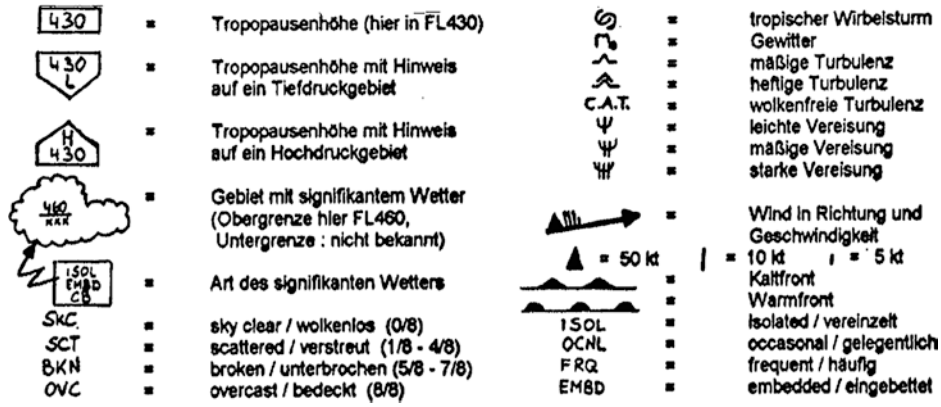


Abb. 11.2 Symbolik der Significant Weather Chart [76]

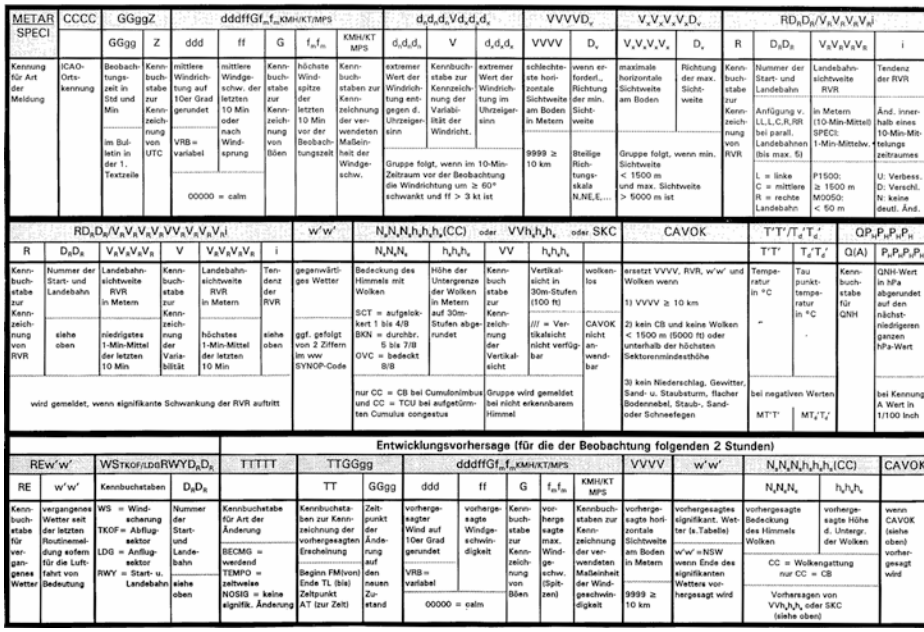


Abb. 11.3 METAR Codes [76]

Abb. 11.4 Beispiel einer TAF für die Verkehrsflughäfen Newark und New York (USA)

```
DESTINATION:
KEWR/EWR  NEWARK LIBERTY INTL
  SA  100851 01012KT 10SM BKN085 17/09 A3013=
  FT  100542 100606 01008KT P6SM BKN050 OVC100
             FM0800 36009KT P6SM SKC
             FM1600 03011KT P6SM SKC
             FM2000 VRB05KT P6SM FEW060=

DESTINATION ALTERNATES:
KJFK/JFK  NEW YORK JOHN F. KENNEDY
  SA  100851 36010KT 10SM OVC075 18/11 A3013=
  FT  100542 100606 02008KT P6SM FEW015 OVC060
             FM0800 35011KT P6SM SKC
             FM1600 03012KT P6SM SKC
             FM2000 VRB05KT P6SM FEW060=
```

München, Köln und Hamburg erstellt. Normalerweise handelt es sich den bei TAF's um 9-stündige oder 18-stündige Vorhersagen.

Ein TAF enthält folgende Informationen: Windrichtung (Grad), Windgeschwindigkeit (kt oder m/s), Start-/Landebahnsichtweite (m), Wetterphänomene (z. B. Regen, Nebel etc.), Wolkenhöhe und Bedeckungsgrad für Wolkenlayer (Wolkendecken). Abbildung 11.4 zeigt das Beispiel einer TAF für die Flughäfen Newark und New York (USA). Abbildung 11.5 zeigt die TAF Codes.

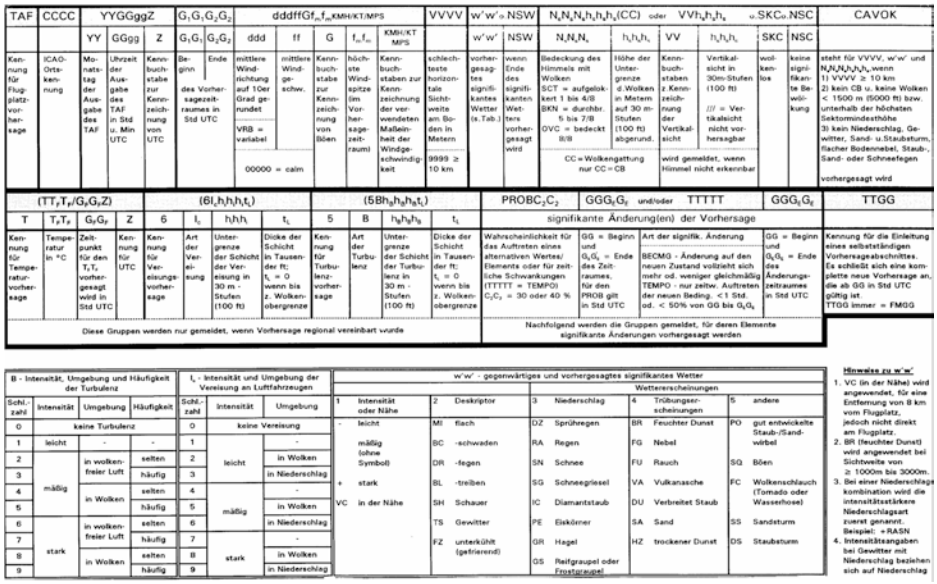


Abb. 11.5 TAF Codes [76]

11.4 Operationelle Flugplanung

Ein Ergebnis der operativen Flugplanung ist der Flugdurchführungsplan. Aus diesem sind die navigatorischen Streckenabschnitte sowie der pro Streckenabschnitt benötigte Kraftstoff einschließlich der vom Gesetzgeber vorgesehenen Kraftstoffreserven ersichtlich. Beladung und Verteilung der Nutzlast sind dem „Load and Trimsheet" zu entnehmen. Zunächst werden aber die gängigen Flugverfahren erläutert.

11.4.1 Flugverfahren

Unter dem Begriff Reiseflug versteht man die Flugphase zwischen dem Steigflug und dem Sinkflug. Aus flugbetrieblicher Sicht ist der Reiseflug durch das Fliegen in einer konstanten Druckhöhe (Druckfläche) gekennzeichnet, die als Flugfläche (Flight Level, FL) bezeichnet wird. Dabei werden optimaler Weise Flugroute, Flughöhe und Fluggeschwindigkeit so gewählt, dass entsprechend der Masse des Flugzeuges der Widerstand im Reiseflug möglichst gering ist. Da es im Reiseflug durch den Kraftstoffverbrauch zu einer kontinuierlichen Veränderung der Masse des Flugzeuges kommt, sind Flughöhe und Fluggeschwindigkeit auch kontinuierlich anzupassen. In der Praxis geschied dies unter Berücksichtigung der Flugroute mit entsprechenden Restriktionen (Flugsicherung, Wetter, Verkehrsaufkommen) abschnittsweise. Aufgrund der speziellen Anforderungen der Luftverkehrsgesellschaften bzw. der Betreiber von

Flugzeugen haben sich Reiseflugverfahren herauskristallisiert, die die Flugzeit, den Kraftstoffverbrauch oder die direkten Betriebskosten (variabler Anteil) optimieren.

11.4.1.1 Standard Cruise Speed

Unter einer Standard Cruise Speed versteht man eine Reisefluggeschwindigkeit die so gewählt wird, dass sie während des Fluges im Bereich der Optimum Altitude etwa der Long Range Cruise Speed entspricht. Für das Flugzeugmuster Airbus A380-800 entspricht dies Mach 0,85, für eine Boeing B747-400 Mach 0,86.

11.4.1.2 Maximum Range Cruise

Unter der Maximum Range Cruise (MRC) versteht man die Geschwindigkeit, mit der die größte Reichweite (Maximum Range) erzielt wird. Dabei entspricht die zur jeweiligen Masse des Flugzeuges gehörende Optimum Altitude der Geschwindigkeit MRC einer konstanten Machzahl. Die Maximum Range entspricht der größtmöglichen Reichweite, die ein Flugzeug mit einer gegebenen Kraftstoffmenge erfliegen kann.

11.4.1.3 Long Range Cruise

Das Long Range Cruise (LRC) Verfahren wird auf der Basis der MRC Speed mit einem Reichweiteverlust von 1 % durchgeführt. Dadurch ist ein Flug mit einer etwas höheren Machzahl möglich.

11.4.1.4 Maximum Cruise Speed

Um beispielsweise Verspätungen aufzuholen oder auf besondere Vorkommnisse zu reagieren eignet sich die Wahl der Maximum Cruise Speed. Dabei sind die Zulassungsvorschriften zu beachten, um die maximal zulässige Geschwindigkeit unter Berücksichtigung der jeweiligen Fluglage und des Flugzustandes nicht zu überschreiten. Der Maximum Cruise Speed kann auch durch den Maximum Cruise Thrust limitiert sein.

11.4.1.5 Minimum Cost Cruise

Der Begriff Minimum Cost Cruise definiert ein wirtschaftliches Flugverfahren, das die Gesamtkosten einer Flugdurchführung optimiert (minimiert). Das Verfahren basiert auf einem Cost Index, der durch das Verhältnis zwischen der Flugzeit und dem Kraftstoffverbrauch das jeweilige Kostenminimum ermittelt. Die daraus resultierende Fluggeschwindigkeit wird als Ökonomische Geschwindigkeit oder auch $Mach_{ök}$ bezeichnet. Eine spezielle Funktionalität des Flight Management Systems ermöglicht das Fliegen nach einem vorgegebenen „Cost Index“. Dabei wird die entsprechende Geschwindigkeit durch das Autoflight System automatisch nachgeführt.

11.4.2 Flugstreckenführung

Die Flugstreckenführung orientiert sich, soweit dies unter Flugsicherungsaspekten oder verkehrs-/wetterbedingten Gegebenheiten möglich ist, an der kürzesten Entfernung

zwischen Start- und Zielpunkt auf der Kugeloberfläche der Erde. Diese Strecke (Distanz) wird als Großkreis (Orthodrome) bezeichnet und stellt die kürzeste Entfernung zwischen zwei Punkten auf der Kugeloberfläche der Erde dar. Der Mittelpunkt eines Großkreises fällt immer mit dem Mittelpunkt der Kugel zusammen. Einen Sonderfall von Großkreisen stellen die so genannten Meridiane dar, die als „halbe Großkreise" Nord- und Südpol verbinden. Als Entfernungsmaß wird auf Großkreisen der Erdkugel eine Bogenminute einer Seemeile, (engl. Nautical Mile, NM) verwendet. Dieser Begriff wird in der Luftfahrt generell zur Angabe von Entfernungen verwendet. Als „Längenminute" bzw. als „Breitenminute am Äquator" ergeben sich bei einem angenommenen Erdumfang von 40.000 km 1.852 Meter. Damit entspricht die Einheit 1 NM = 1,852 km.

Im Hinblick auf die Optimierung der Flugstreckenführung stehen wiederum die Parameter Strecke, Flughöhe, Fluggeschwindigkeit und damit Kraftstoffverbrauch sowie die Gesamtkosten zur Verfügung. Die einzelnen Verfahren sind entsprechend benannt.

11.4.2.1 Minimum Time Track

Der Minimum Time Track dient der Optimierung der Flugzeit. Entsprechend sind die Flugroute, das Höhenprofil und die Fluggeschwindigkeit zu planen. Kraftstoffverbrauch und direkte Betriebskosten insgesamt haben bei diesem Verfahren nachrangige Prioritäten. Über einen möglichst hohen Ground Speed wird die kürzeste Streckenführung hinsichtlich der Air Distance erzielt. Die Maximierung der in dem Ground Speed enthaltenen True Airspeed wird durch die Wahl einer hohen Machzahl erreicht. Das entsprechende Höhenprofil richtet sich dann nach dem maximalen Ground Speed.

11.4.2.2 Minimum Fuel Track

Der Minimum Fuel Track minimiert den Kraftstoffverbrauch. Variable Parameter sind die Flugroute, das Höhenprofil und die Fluggeschwindigkeit. Die Optimierung erfolgt meist nur hinsichtlich der Flugroute und des Höhenprofils bei gegebener Fluggeschwindigkeit, um die Flugzeit kalkulierbar zu halten. Sollte eine Maximierung von Nutzlast oder Reichweite angestrebt sein, so wird auch die Fluggeschwindigkeit als Variable in der Optimierung berücksichtigt. Als Fluggeschwindigkeit findet dann die Maximum Range Cruise Speed Anwendung.

11.4.2.3 Minimum Cost Track

Der Minimum Cost Track beschreibt eine Flugroute, die den variablen Teil der direkten Betriebskosten optimiert. Darunter sind die Kosten zu verstehen, die durch die Wahl der Flugroute, das Höhenprofil und die Fluggeschwindigkeit beeinflussbar sind. Im Wesentlichen sind dies die Kraftstoffkosten und die Dienstzeitkosten der Besatzung.

Gegebenenfalls beeinflussen auch anfallende Überfluggebühren die Wahl der Streckenführung. Können Überfluggebühren vermieden werden, erfordert dies meist ein längeres Routing, was mit vermehrtem Kraftstoffverbrauch und höherer Flugzeit

verbunden ist. In diesen Fällen ist die Variante zu bestimmen, die unter Einbeziehung der Fluggeschwindigkeit, des Höhenprofils und der Kraftstoff- und Besatzungskosten zu den geringeren Gesamtkosten führt.

11.4.3 Streckenspezifische Limitierungen

Bei der Flugplanung sind meist einschränkende Rahmenbedingungen zu beachten. Diese können streckenspezifischer Natur sein oder auch auf flugzeugspezifischen Charakteristika beruhen. Die streckenspezifischen Kriterien betreffen die Flugwegplanung (Topographie), wobei die Einhaltung der Hindernisfreiheit entsprechend der Regularien auch einen Triebwerksausfall vorsehen muss, oder einen Druckabfall (Decompression) mit dem dann notwendigen Flug zu einem Ausweichflugplatz.

11.4.3.1 Extended Twin Operations

Der Begriff „Extended Twin Operations (ETOPS)“ beschreibt die notwendigen Voraussetzungen für den Betrieb zweimotoriger Flugzeuge auf Streckenabschnitten, auf denen das Flugzeug bei Ausfall eines Triebwerks mehr als eine bestimmte Anzahl von Flugminuten von einem geeigneten Flugplatz (Adequate Airport) entfernt sind. Entsprechend der ETOPS Zulassung des jeweiligen Flugzeugmusters kann das Minutenbudget zwischen 60 Minuten und heutzutage mehr als 180 Minuten liegen (vgl. Tab. 11.3).

Aufgrund der gestiegenen Zuverlässigkeit der Triebwerke werden heute auf transozeanischen Strecken die Mehrzahl der Flüge von zweimotorigen Flugzeugen unter Anwendung der ETOPS Regeln durchgeführt. Die Zeitbudgets basieren auf der Zuverlässigkeit der Triebwerke. Das Rolls-Royce Triebwerk „Trent 1000“ für die Boeing B787 hat beispielsweise eine ETOPS Zulassung für 330 Minuten von der FAA erhalten. Das Flugzeug kann somit auf Routen eingesetzt werden, die 5 ½ Stunden Flugzeit vom nächsten Ausweichflughafen entfernt sind.

Als ETOPS-Bereich ist der Luftraumbereich definiert, in dem ein Flugzeug mit ETOPS-Genehmigung über die angegebene Flugzeit hinaus bei Windstille (unter Standardbedingungen) in der genehmigten Reisefluggeschwindigkeit mit einem ausgefallenen Triebwerk von einem geeigneten ETOPS-Streckenausweichflugplatz verbleibt. Abbildung 11.6 zeigt den Flugweg von Wien (Österreich) nach Chikago (USA) mit den ETOPS Kreisen von 1.260 NM (180 Minuten Regel).

Abbildung 11.7 zeigt den Flugweg von Honolulu (USA) nach Sydney (Australien) mit den ETOPS Kreisen von 1.260 NM.

Abbildung 11.8 zeigt die saisonalen Flugwege (Tracks) auf dem Nord Pazifik (ETOPS Kreise 1.260 NM)

Der Abschnitt D, Betriebliche Verfahren der OPS 1.192 Terminologie legt für ETOPS (Langstreckenbetrieb mit zweimotorigen Flugzeugen) fest: Als ETOPS-Betrieb gilt der von der Luftfahrtbehörde genehmigte (ETOPS-Genehmigung) Betrieb mit zweimotorigen Flugzeugen jenseits der gemäß OPS 1.245 Buchstabe a ermittelten Entfernung ab

Tab. 11 3 ETOPS Zulassungen (EASA, FAA) für Airbus Flugzeuge [4]

Flugzeugmodel	Flugzeugtyp	Basictriebwerk	EASA	FAA
A310	A310-203	CF6-80A3	180 min	–
A310	A310-203C	CF6-80A3	180 min	–
A310	A310-204/VAR100	CF6-80C2A2	180 min	–
A310	A310-221	JT9D-7R4 D1	180 min	180 min
A310	A310-221	JT9D-7R4 D1	180 min	180 min
A310	A310-222	JT9D-7R4 E1 500	180 min	180 min
A310	A310-222	JT9D-7R4 E1 500	180 min	180 min
A310	A310-222/VAR100	JT9D-7R4 E1 500	180 min	–
A310	A310-222/VAR100	JT9D-7R4 E1 500	180 min	–
A310	A310-304	CF6-80C2A4	180 min	–
A310	A310-308	CF6-80C2A8	180 min	–
A310	A310-322	JT9D-7R4 E1 500	180 min	–
A310	A310-322	JT9D-7R4 E1 500	180 min	–
A310	A310-324	PW4152	180 min	120 min
A310	A310-325	PW4156A	180 min	–
A300-600	A300-600ST	CF6-80C2A8	180 min	–
A300-600	A300B4-601	CF6-80C2A1	180 min	–
A300-600	A300B4-603	CF6-80C2A3	180 min	–
A300-600	A300B4-605R	CF6-80C2A5	180 min	180 min
A300-600	A300B4-605R	CF6-80C2A5F	180 min	–
A300-600	A300B4-620	JT9D-7R4 H1	180 min	–
A300-600	A300B4-622	PW4158	180 min	–
A300-600	A300B4-622R	PW4158	180 min	–
A300-600	A300C4-605R/F	CF6-80C2A5	180 min	–
A300-600	A300C4-620	JT9D-7R4 H1	180 min	–
A300-600	A300F4-605R	CF6-80C2A5F	180 min	180 min
A300-600	A300F4-622R	PW4158	180 min	180 min
A318	A318-111	CFM5B8	180 min	–
A318	A318-112	CFM5B9	180 min	–
A318	A318-121	PW6122A	180 min	–
A318	A318-122	PW6124	180 min	–
A319	A319-111	CFM56-5B5	180 min	180 min
A319	A319-112	CFM56-5B6	180 min	180 min
A319	A319-113	CFM56-5A4	180 min	180 min
A319	A319-114	CFM56-5A5	180 min	180 min
A319	A319-115	CFM56-5B7	180 min	180 min

(Forsetzung)

Tab. 11 3 (Forsetzung)

Flugzeugmodel	Flugzeugtyp	Basictriebwerk	EASA	FAA
A319	A319-131	V2522-A5	180 min	180 min
A319	A319-132	V2524-A5	180 min	180 min
A319	A319-133	V2527M-A5	180 min	180 min
A320	A320-111	CFM56-5A1	180 min	180 min
A320	A320-211	CFM56-5A1	180 min	180 min
A320	A320-212	CFM56-5A3	180 min	180 min
A320	A320-214	CFM56-5B4	180 min	180 min
A320	A320-215	CFM56-5B5	180 min	–
A320	A320-216	CFM56-5B6	180 min	–
A320	A320-231	V2500-A1	180 min	180 min
A320	A320-232	V2527-A5	180 min	180 min
A320	A320-233	V2527E-A5	180 min	180 min
A321	A321-111	CFM56-5B1	180 min	180 min
A321	A321-112	CFM56-5B2	180 min	180 min
A321	A321-131	V2530-A5	180 min	180 min
A321	A321-211	CFM56-5B3	180 min	180 min
A321	A321-212	CFM56-5B1	180 min	180 min
A321	A321-213	CFM56-5B2	180 min	180 min
A321	A321-231	V2533-A5	180 min	180 min
A321	A321-232	V2530-A5	180 min	180 min
A330	A330-201	CF6-80E1A2	> 180 min	180 min
A330	A330-202	CF6-80E1A4	> 180 min	180 min
A330	A330-202	CF6-80E1A4/B	> 180 min	180 min
A330	A330-202	CF6-80E1A4/B	> 180 min	180 min
A330	A330-203	CF6-80E1A3	> 180 min	180 min
A330	A330-223	PW4168A	> 180 min	180 min
A330	A330-223	PW4170	> 180 min	–
A330	A330-223	PW4168A-1D	> 180 min	–
A330	A330-243	Trent 772B-60	> 180 min	180 min
A330	A330-301	CF6-80E1A2	> 180 min	180 min
A330	A330-302	CF6-80E1A4	> 180 min	180 min
A330	A330-303	CF6-80E1A3	> 180 min	180 min
A330	A330-321	PW4164	> 180 min	180 min
A330	A330-322	PW4168	> 180 min	180 min
A330	A330-323	PW4168A	> 180 min	180 min
A330	A330-323	PW4170	> 180 min	–

(Forsetzung)

Tab. 11 3 (Forsetzung)

Flugzeugmodel	Flugzeugtyp	Basictriebwerk	EASA	FAA
A330	A330-323	PW4168A-1D	> 180 min	–
A330	A330-341	Trent 768-60	> 180 min	180 min
A330	A330-342	Trent 772-60	> 180 min	180 min
A330	A330-343	Trent 772B-60	> 180 min	180 min
A330	A330-343	Trent 772C-60	> 180 min	180 min

Anmerkung
– Die Zertifizierung des Airbus A318 PW (ETOPS 180 Minuten) durch die FAA erfolgte Ende 2011
– Der Airbus A330F (Freighter) hat im Juli 2010 die ETOPS 180 Minuten Zertifikation durch die EASA erhalten. Die FAA Zertifizierung Ende 2011
– Das Airbus A350XWB Zertifizierungsziel ist auf der Basis der ETOPS 180 Minuten Fähigkeiten definiert, wobei bei Inbetriebnahme zwei Optionen (chargeable options) bestehen, die auch zulassungsrelevant (subject to certification) sind:
1. ETOPS 240 Minuten
2. ETOPS bis zu 350 Minuten "up to 350 min" mit einer Ausweichdistanz von 2.500 NM (2.500 NM diversion distance)

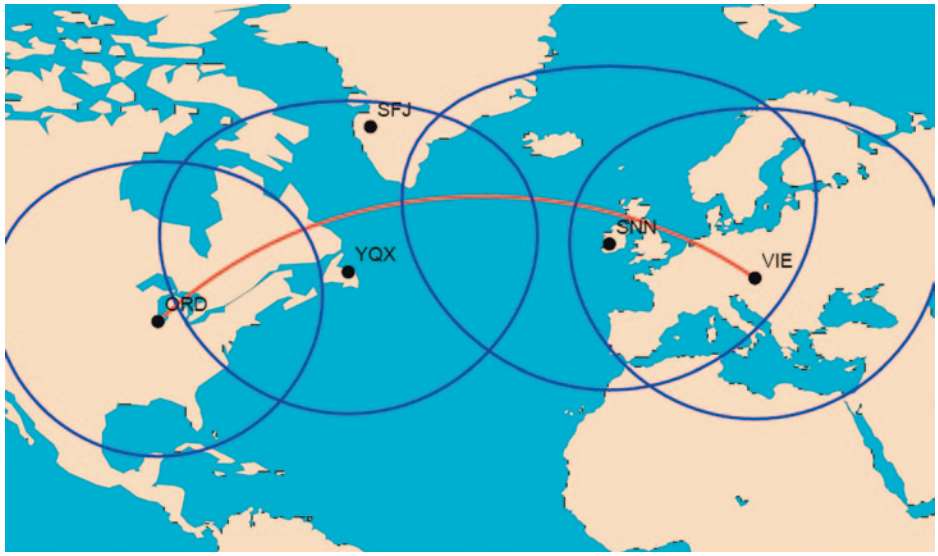


Abb. 11.6 Flugweg Wien-Chicago (ETOPS Kreise 1.260 NM) [4]

einem geeigneten Flugplatz. Als geeigneter Streckenausweichflugplatz unter ETOPS-Bedingungen wird ein Flugplatz angesehen, der außerdem zum erwarteten Zeitpunkt der Nutzung über ATS-Einrichtungen und mindestens ein Instrumentenanflugverfahren verfügt. Als geeigneter Streckenausweichflugplatz (ERA) wird ein Flugplatz angesehen,

Abb. 11.7 Flugweg Honolulu-Sydney (ETOPS Kreise 1.260 NM) [4]

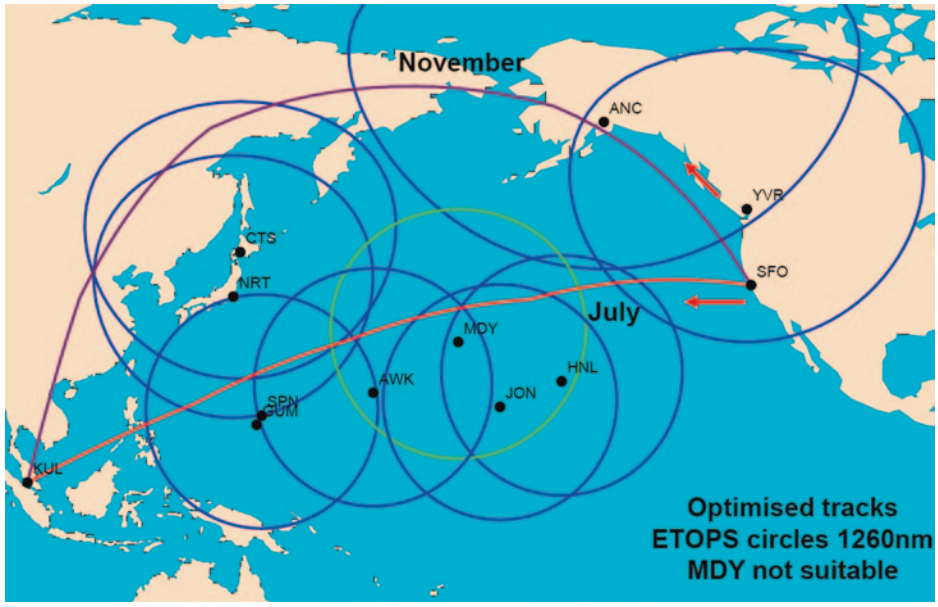


Abb. 11.8 Saisonale Flugwege (Tracks), Nord Pazifik (ETOPS Kreise 1.260 NM) [3]

der bereits in der Planungsphase erforderlich sein kann. Ein Streckenausweichflugplatz, muss ausgewählt werden, um die Menge des Kraftstoffs für unvorhergesehenen Mehrverbrauch auf 3 % zu reduzieren.

11.4.3.2 Kabinendruckverlust

Bei Kabinendruckverlust sinkt der Luftdruck innerhalb kurzer Zeit auf den Außendruck. Die Besatzung und die Passagiere müssen in diesem Fall mit Sauerstoff versorgt werden.

Die LuftBO § 21 (Ergänzungsausrüstung) [69], die durch äußere Betriebsbedingungen erforderlich ist, legt fest:

(2) Für Flüge über 6.000 m (20.000 ft) NN müssen Flugzeuge für die gewerbsmäßige Beförderung von Personen mit Druckkabine ausgerüstet sein. Flugzeuge mit Druckkabine müssen mit einer Sauerstoffanlage und Atemgeräten ausgestattet sein und für Flüge über 3.000 m (10.000 ft) NN einen angemessenen Sauerstoffvorrat mitführen. Für Flüge über 7.600 m (25.000 ft) NN müssen alle diensthabenden Mitglieder der Flugbesatzung schnell anlegbare Sauerstoffmasken griffbereit haben. Flugzeuge mit Druckkabine, die nach dem 1. Juli 1962 erstmals zugelassen sind und für Flüge über 7.600 m (25.000 ft) NN eingesetzt werden sollen, müssen mit einer Warnanlage für gefährlichen Druckabfall ausgerüstet sein. Flugzeuge ohne Druckkabine müssen mit einer Sauerstoffanlage und Atemgeräten sowie einem angemessenen Sauerstoffvorrat ausgestattet sein, wenn sie mehr als 30 Minuten in Höhen über 3.600 m (12.000 ft) NN, im gewerbsmäßigen Luftverkehr in Höhen über 3.000 m (10.000 ft) NN, fliegen oder wenn sie 4.000 m (13.000 ft) übersteigen.

11.4.3.3 Triebwerksausfall

Bei Triebwerksausfall im Reiseflug kann das Flugzeug aufgrund des Leistungsverlustes bei gegebener Flugzeugmasse seine Reiseflughöhe nicht mehr beibehalten. Es muss eine niedrigere Flughöhe einnehmen. Das Sinkflugverfahren wird als „Drift Down Procedure“ bezeichnet. Der Flugweg muss so geplant sein, dass dieses Verfahren jederzeit möglich ist, ohne das der Sicherheitsabstand zu Hindernissen unterschritten wird. Die entsprechenden Schubkurven der Abb. 11.9, 11.10, 11.11 verdeutlichen die Situation.

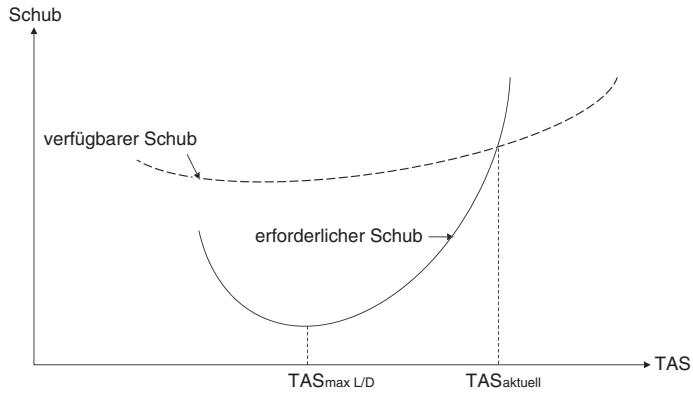


Abb. 11.9 Schubkurve für Reiseflug mit allen verfügbaren Triebwerken

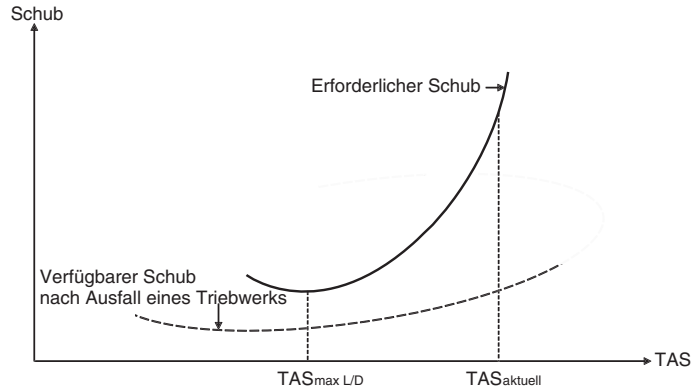


Abb. 11.10 Schubkurve für Reiseflug nach ausgefallenen Triebwerk (Drift Down)

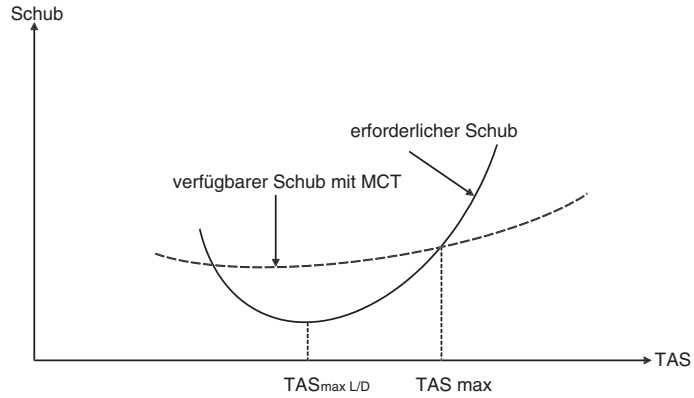


Abb. 11.11 Schubkurve für Reiseflug mit MCT nach Drift Down Procedure

mit:
TAS = True Air Speed
L/D = Lift/Drag
MCT = Maximum Continuous Trust.

11.5 Kraftstoffplanung

Der Luftfahrtunternehmer hat die Grundsätze für die Kraftstoffermittlung zum Zweck der Flugplanung und der Umplanung während des Fluges festzulegen (OPS 1.255). Dabei ist sicherzustellen, dass für jeden Flug genügend Kraftstoff für den geplanten

Betrieb und genügend Reserven für Abweichungen vom geplanten Betrieb an Bord sind. Der Luftfahrtunternehmer hat weiterhin sicherzustellen, dass bei der Planung der Flüge mindestens die Nummern 1 und 2 zugrunde gelegt werden:

1. Verfahren, die in dem Betriebshandbuch enthalten sind, und Angaben, die abgeleitet sind von:
   - Daten, die vom Flugzeughersteller bereitgestellt wurden, oder
   - aktuellen flugzeugbezogenen Angaben, die von einem System für die Kraftstoffverbrauchsüberwachung abgeleitet sind.
2. die Betriebsbedingungen, unter denen der Flug durchzuführen ist, einschließlich:
   - realistischer Kraftstoffverbrauchsdaten des Flugzeuges,
   - voraussichtlicher Massen,
   - zu erwartender Wetterbedingungen sowie
   - Verfahren und Beschränkungen für Anbieter von Flugsicherungsdiensten.

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass die vor dem Flug durchgeführte Berechnung der erforderlichen ausfliegbaren Kraftstoffmenge Folgendes enthält:

1. Kraftstoff für das Rollen (Taxi Fuel) und
2. Kraftstoff für die Flugphase (Trip Fuel) und
3. Reservekraftstoff bestehend aus:
   - Kraftstoff für unvorhergesehenen Mehrverbrauch (Contingency Fuel) (vgl. OPS 1.192) und
   - Ausweichkraftstoff (Alternate Fuel), wenn ein Bestimmungsausweichflugplatz gefordert wird. Dies schließt nicht aus, dass der Startflugplatz als Bestimmungsausweichflugplatz gewählt wird, und die
   - Endreserve (Final Reserve Fuel) und
   - zusätzlichen Kraftstoff (Additional Fuel), wenn dies die Art des Flugbetriebs erfordert (z. B. ETOPS), und extra Kraftstoff, wenn dies vom Kommandanten gefordert wird.

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass das Verfahren für die Umplanung während des Fluges zur Berechnung der erforderlichen ausfliegbaren Kraftstoffmenge Folgendes enthält, wenn der Flug entlang einer anderen als der ursprünglich geplanten Flugstrecke oder zu einem anderen als dem ursprünglich geplanten Bestimmungsflugplatz durchgeführt werden soll:

1. Kraftstoff für den verbleibenden Rest des Fluges und
2. Reservekraftstoff bestehend aus:
   - Kraftstoff für unvorhergesehenen Mehrverbrauch und
   - Ausweichkraftstoff, wenn ein Bestimmungsausweichflugplatz gefordert wird. Dies schließt nicht aus, dass der Startflugplatz als Bestimmungsausweichflugplatz gewählt wird, und die

- Endreserve und
- zusätzlichem Kraftstoff, wenn dies die Art des Flugbetriebs erfordert (z. B. ETOPS), und

3. Extra Kraftstoff, wenn dies vom Kommandanten (Flugzeugführer) gefordert wird.

Das Kraftstoffmanagement während des Fluges regelt OPS 1.375:

Danach hat der Luftfahrtunternehmer ein Verfahren festzulegen, das sicherstellt, dass Überprüfungen der Kraftstoffmengen und ein Kraftstoffmanagement während des Fluges nach folgenden Kriterien durchgeführt werden muss:

Überprüfungen der Kraftstoffmengen während des Fluges:

1. Der Kommandant (Flugzeugführer) hat sicherzustellen, dass die Überprüfungen der Kraftstoffmengen in regelmäßigen Abständen erfolgen. Die Restmenge des ausfliegbaren Kraftstoffs muss aufgezeichnet und beurteilt werden, um:
   - den tatsächlichen Verbrauch mit dem geplanten Verbrauch zu vergleichen,
   - zu überprüfen, ob die Restmenge des ausfliegbaren Kraftstoffes ausreicht, um den Flug zu beenden, gemäß „Kraftstoffmanagement während des Fluges“, und
   - die zu erwartende Restmenge des ausfliegbaren Kraftstoffes bei Ankunft auf dem Bestimmungsflugplatz zu ermitteln.
2. Die wesentlichen Kraftstoffdaten müssen aufgezeichnet werden.

Kraftstoffmanagement während des Fluges:

1. Der Flug ist so durchzuführen, dass die zu erwartende Restmenge des ausfliegbaren Kraftstoffs bei Ankunft am Zielflugplatz nicht geringer ist als
   - die erforderliche Menge Ausweichkraftstoff plus Kraftstoff-Endreserve, oder
   - die Kraftstoff-Endreserve, wenn kein Ausweichflugplatz notwendig ist.
2. Ergibt die Überprüfung der Kraftstoffmenge während des Fluges, dass die bei Ankunft am Bestimmungsflugplatz zu erwartende ausfliegbare Kraftstoffmenge geringer ist als
   - die erforderliche Menge Ausweichkraftstoff plus Kraftstoff-Endreserve, muss der Kommandant (Flugzeugführer) den Verkehr und die Betriebsbedingungen am Zielflugplatz, am Ausweich-Zielflugplatz oder einem anderen geeigneten Flugplatz bei der Entscheidung berücksichtigen, ob der Flug zum Bestimmungsflugplatz fortgesetzt oder umgeleitet wird, um eine sichere Landung mit keiner geringeren Kraftstoffmenge als der Endreserve durchzuführen, oder
   - die Kraftstoff-Endreserve, wenn kein Ausweichflugplatz notwendig ist, muss der Kommandant entsprechende Maßnahmen ergreifen und einen geeigneten Flugplatz anfliegen, um eine sichere Landung mit keiner geringeren Kraftstoffmenge als der Endreserve durchzuführen.
3. Der Kommandant (Flugzeugführer) muss einen Notfall erklären, wenn die berechnete ausfliegbare Kraftstoffmenge bei der Landung am nächstgelegenen geeigneten Flugplatz, an dem eine sichere Landung durchgeführt werden kann, geringer ist als die Endreserve.

4. Zusätzliche Bedingungen für besondere Verfahren:
   - Wird bei einem Flug das Verfahren bei Funkausfall (RCF-procedure) angewendet, um den Flug zum Bestimmungsflugplatz 1 fortzusetzen, muss der Kommandant (Flugzeugführer) sicherstellen, dass die am Entscheidungspunkt verbleibende ausfliegbare Kraftstoffmenge mindestens der Gesamtmenge entspricht vom Streckenkraftstoff vom Entscheidungspunkt bis zum Bestimmungsflugplatz 1 und Kraftstoff für unvorhergesehenen Mehrverbrauch im Umfang von 5 % des Streckenkraftstoffs vom Entscheidungspunkt bis zum Bestimmungsflugplatz 1 und Ausweichkraftstoff für den Bestimmungsflugplatz 1, wenn ein solcher Flugplatz erforderlich ist, und die Kraftstoff-Endreserve.
   - Kommt bei einem Flug das Verfahren für einen vorher festgelegten Punkt (PDP-Procedure) zur Anwendung, muss der Kommandant sicherstellen, dass die am vorher festgelegten Punkt verbleibende ausfliegbare Kraftstoffmenge mindestens der Gesamtmenge entspricht vom Streckenkraftstoff vom vorher festgelegten Punkt bis zum Bestimmungsflugplatz und Kraftstoff für unvorhergesehenen Mehrverbrauch vom vorher festgelegten Punkt bis zum Bestimmungsflugplatz, berechnet gemäß Anlage 1 zu OPS 1.255 Absatz 1.3, und benötigter Kraftstoff gemäß Anlage 1 zu OPS 1.255.

Anlage 1 zu OPS 1.255 Kraftstoff legt dazu fest:

Das Luftfahrtunternehmen muss die Grundsätze für seinen Umgang mit Kraftstoff, einschließlich der Berechnung der beim Abflug an Bord mitzuführenden Kraftstoffmenge, auf folgende Planungskriterien stützen:

1. Grundsätzliches Verfahren

Die beim Start an Bord mitzuführende ausfliegbare Kraftstoffmenge muss umfassen:

1.1 den Rollkraftstoff, dessen Menge nicht geringer sein darf als die Kraftstoffmenge, die voraussichtlich vor dem Start verbraucht wird. Hierbei sind die jeweiligen Bedingungen am Startflugplatz und der APU-Verbrauch zu berücksichtigen.

1.2 den Streckenkraftstoff, einschließlich:
   - den Kraftstoff für Start und Steigflug vom Niveau des Flugplatzes bis zur Anfangsreiseflughöhe unter Berücksichtigung der voraussichtlichen Flugbahn während des Starts, und
   - den Kraftstoff vom obersten Punkt des Steigflugs bis zum obersten Punkt des Sinkflugs einschließlich etwaiger Zwischensteigflügelsinkflüge, und
   - den Kraftstoff vom obersten Punkt des Sinkflugs bis zu dem Punkt, an dem der Anflug eingeleitet wird, unter Berücksichtigung des voraussichtlichen Landeverfahrens, und
   - den Kraftstoff für Anflug und Landung am Bestimmungsflugplatz.

1.3 den Kraftstoff für unvorhergesehenen Mehrverbrauch, es sei denn, für unvorhergesehenen Mehrverbrauch ist etwas anderes geregelt, je nachdem, welcher Wert über den nachstehenden Buchstaben a oder b liegt:

a) entweder
   - 5 % des geplanten Streckenkraftstoffs oder im Fall einer Umplanung während des Fluges 5 % des Streckenkraftstoffs für den verbleibenden Teil des Fluges oder
   - mindestens 3 % des geplanten Streckenkraftstoffs oder im Fall einer Umplanung während des Fluges 3 % des Streckenkraftstoffs für den Rest des Fluges, vorausgesetzt, ein Streckenausweichflugplatz gemäß Anlage 2 zu OPS 1.255 ist vorhanden, oder
   - die ausreichende Kraftstoffmenge für 20 Minuten Flugzeit, ausgehend vom geplanten Streckenkraftstoffverbrauch, sofern der Luftfahrtunternehmer ein Überwachungsprogramm für den Kraftstoffverbrauch der einzelnen Flugzeuge aufgestellt hat und gültige Daten verwendet, die durch ein derartiges Programm zur Kraftstoffberechnung ermittelt wurden, oder
   - eine bestimmte entsprechend einer von der Luftfahrtbehörde genehmigten Statistikmethode berechnete Kraftstoffmenge, die eine angemessene statistische Abdeckung der Abweichung des tatsächlichen Streckenkraftstoffverbrauchs von der geplanten Menge abdeckt. Mit dieser Methode wird der Kraftstoffverbrauch bei jeder Kombination von Städtepaaren/Flugzeug überwacht, und der Luftfahrtunternehmer verwendet diese Daten für eine statistische Analyse zur Berechnung des Kraftstoffs für unvorhergesehenen Mehrverbrauch bei der betreffenden Kombination Städtepaar/Flugzeug.

b) Die erforderliche Kraftstoffmenge für einen Horizontalflug von 5 Minuten bei 1.500 Fuß (450 m) über dem Bestimmungsflugplatz unter Standardbedingungen.

1.4 Ausweichkraftstoff, der Folgendes enthalten muss:
- Kraftstoff für einen Fehlanflug aus der anwendbaren MDA/MDH am Bestimmungsflugplatz bis zur Höhe des Fehlanflugs unter Berücksichtigung des gesamten Fehlanflugverfahrens, und
- Kraftstoff für den Steigflug von der Höhe des Fehlanflugs bis zur Reiseflughöhe unter Berücksichtigung der voraussichtlichen Ausgangsflugbahn, und
- Kraftstoff für den Reiseflug vom obersten Punkt des Steigflugs zum obersten Punkt des Sinkflugs unter Berücksichtigung der voraussichtlichen Flugbahn, und
- Kraftstoff für den Sinkflug vom obersten Punkt des Sinkflugs bis zu dem Punkt, an dem der Anflug eingeleitet wird, unter Berücksichtigung des voraussichtlichen Landeverfahrens, und
- den Kraftstoff für die Durchführung von Anflug und Landung am Ausweich-Zielflugplatz, der gemäß OPS 1.295 ausgewählt wurde.

Sind gemäß OPS 1.295 Buchstabe d zwei Ausweich-Zielflugplätze erforderlich, muss die Kraftstoffmenge ausreichen bis zu dem Ausweich-Zielflugplatz, für den mehr Ausweich-Kraftstoff benötigt wird.

1.5 Kraftstoff-Endreserve mit folgendem Umfang:
- bei Flugzeugen mit Kolbentriebwerken die Kraftstoffmenge für eine Flugdauer von 45 Minuten,

oder
- bei Flugzeugen mit Turbinentriebwerken die Kraftstoffmenge für einen Horizontalflug von 30 Minuten bei 1.500 Fuß (450 m) über dem Niveau des Flugplatzes bei Standardbedingungen, berechnet für die voraussichtliche Masse bei Landung am Ausweich-Bestimmungsflugplatz oder am Bestimmungsflugplatz, wenn kein Ausweich-Bestimmungsflugplatz erforderlich ist.

1.6 Mindestmenge an zusätzlichem Kraftstoff,
- um bei einem Triebwerksausfall oder Druckverlust einen entsprechenden Abstieg des Flugzeuges und seinen Weiterflug zu einem geeigneten Ausweich-Flugplatz zu ermöglichen, je nachdem, wofür die größere Menge Kraftstoff erforderlich ist, und unter der Annahme, dass die genannten Probleme am ungünstigsten Punkt der Flugstrecke auftreten, und
- über dem Niveau dieses Flugplatzes einen Horizontalflug von 15 Minuten bei 1.500 Fuß (450 m) und Standardbedingungen auszuführen, und
- Anflug und Landung durchzuführen, es sei denn, zusätzlicher Kraftstoff ist nur erforderlich, wenn die gemäß Absätze 1.2–1.5 berechnete Mindestkraftstoffmenge für diese Fälle nicht ausreichend ist, und bei Flügen ohne Ausweichzielflugplatz für 15 Minuten in 1.500 Fuß (450 m) über Niveau des Zielflugplatzes Warteverfahren bei Standardbedingungen zu fliegen.

1.7 Extra Kraftstoff, wenn dies vom Kommandanten gefordert wird.

2. Verfahren zur Reduzierung des Kraftstoffs für unvorhergesehenen Mehr-Verbrauch (RG-Verfahren)

Umfassen die Kraftstoffberechnungsgrundsätze eines Luftfahrtunternehmens Flugvorbereitungsplanungen für einen Bestimmungsflugplatz 1 (kommerzielles Ziel) mit einem Verfahren zur Reduzierung des Kraftstoffs für unvorhergesehenen Mehrverbrauch unter Verwendung eines Entscheidungspunktes entlang der Strecke und eines Bestimmungsflugplatzes 2 (wahlweises Betankungsziel), muss die beim Start an Bord mitgeführte Menge Kraftstoff größer sein als gemäß 2.1 oder 2.2 unten:

2.1 Die Summe aus:
- Rollkraftstoff und
- Streckenkraftstoff bis zum Bestimmungsflugplatz 1 über den Entscheidungspunkt und
- Kraftstoff für unvorhergesehenen Mehrverbrauch mindestens im Umfang von 5 % des voraussichtlichen Kraftstoffverbrauchs vom Entscheidungspunkt bis zum Bestimmungsflugplatz 1 und

- Ausweichkraftstoff oder kein Ausweichkraftstoff, wenn der Entscheidungspunkt weniger als sechs Stunden vom Bestimmungsflugplatz 1 entfernt liegt und die Anforderungen von OPS 1.295 erfüllt sind, und
- Kraftstoff-Endreserve, und
- zusätzlicher Kraftstoff, und
- extra Kraftstoff, wenn dies vom Kommandanten gefordert wird.

2.2 Die Summe aus:

- Rollkraftstoff und
- Streckenkraftstoff bis zum Bestimmungsflugplatz 2 über den Entscheidungspunkt und
- Kraftstoff für unvorhergesehenen Mehrverbrauch im Umfang von bzw. mindestens der gemäß Unterabsatz 1.3 oben vom Startflugplatz zum Bestimmungsflugplatz 2 berechneten Menge, und
- Ausweichkraftstoff, wenn ein Bestimmungsausweichflugplatz 2 gefordert wird, und
- Kraftstoff-Endreserve, und
- zusätzlicher Kraftstoff, und
- extra Kraftstoff, wenn dies vom Kommandanten (Flugzeugführer) gefordert wird.

3. Verfahren für einen vorher festgelegten Punkt (PDP-Verfahren)

Umfassen die Kraftstoffberechnungsgrundsätze eines Luftfahrtunternehmens Flugvorbereitungsplanungen für einen Ausweichbestimmungsflugplatz und bedingt die Entfernung zwischen dem Bestimmungsflugplatz und dem Ausweichbestimmungsflugplatz, dass der Flug nur über einen vorher festgelegten Punkt zu einem dieser Flugplätze geleitet werden kann, muss die Menge des beim Start an Bord mitgeführten ausfliegbaren Kraftstoffs größer sein als gemäß den Absätzen 3.1 oder 3.2:

3.1 Die Summe aus:

- Rollkraftstoff und
- Streckenkraftstoff vom Startflugplatz zum Bestimmungsflugplatz über den vorher festgelegten Punkt, und
- Kraftstoff für unvorhergesehenen Mehrverbrauch, berechnet gemäß Unterabsatz 1.3, und zusätzlichen Kraftstoff, falls erforderlich, aber mindestens:
- bei Flugzeugen mit Kolbentriebwerken Kraftstoffmenge für eine Flugdauer von 45 Minuten plus 15 % der geplanten Flugzeit auf Reiseflughöhe oder zwei Stunden, je nachdem, bei welchem von beiden die Menge geringer ist, oder
- bei Flugzeugen mit Turbinentriebwerken Kraftstoffmenge für eine Flugdauer von zwei Stunden bei Normalverbrauch in Reisegeschwindigkeit über dem Bestimmungsflugplatz.

Diese Menge sollte nicht geringer sein als die Kraftstoff-Endreserve, und

- Extra Kraftstoff, wenn dies vom Kommandanten gefordert wird, oder

3.2 Die Summe aus:
- Rollkraftstoff und
- Streckenkraftstoff vom Startflugplatz zum Ausweichzielflugplatz über den vorher festgelegten Punkt, und
- Kraftstoff für unvorhergesehenen Mehrverbrauch, berechnet gemäß Unterabsatz 1.3, und
- zusätzlichen Kraftstoff, falls erforderlich, aber mindestens:
- Bei Flugzeugen mit Kolbentriebwerken: Kraftstoffmenge für eine Flugdauer von 45 Minuten, oder
- Bei Flugzeugen mit Turbinentriebwerken: Kraftstoffmenge für einen Horizontalflug von 30 Minuten bei 1.500 ft (450 m) über dem Bestimmungsflugplatz unter Standardbedingungen.

Diese Menge sollte nicht geringer sein als die Kraftstoff-Endreserve, und
- Extra Kraftstoff, wenn dies vom Kommandanten gefordert wird.

4. Verfahren für einen abgelegenen Flugplatz

Umfassen die Kraftstoffberechnungsgrundsätze eines Luftfahrtunternehmens Flugvorbereitungsplanungen für einen abgelegenen Flugplatz, ist der letztmögliche Punkt für ein Ausweichen zu einem verfügbaren Streckenausweichflugplatz als vorher festgelegter Punkt zu verwenden.

11.6 Beladung und Schwerpunkt

Vereinfacht dargestellt wirken an einem Flugzeug vier Kräfte: der Auftrieb (Lift), der Vortrieb (Thrust), der Widerstand (Drag) und die durch die Masse (Mass) des Flugzeuges bedingte Gewichtskraft. Die Kräfte sind dynamisch und können durch Flugwerk und Triebwerk variiert werden. Für jeden denkbaren Flugzustand ist das erforderliche Kräftegleichgewicht herzustellen (Abb. 11.12).

Um das Gleichgewicht um die Flugzeugquerachse zu bestimmen, genügt es im Allgemeinen, die vertikalen Kräfte zu betrachten, vor allem die Masse und den Auftrieb von Tragflächen und Höhenleitwerk.

Die Flugzeugmasse summiert sich aus der Dry Operating Mass (DOM), der Nutzlast (Payload) und dem Kraftstoff (Fuel). Die DOM selbst umfasst die Flugzeugleermasse (Manufacturers Mass Empty) sowie die Masse der Innenausstattung, des Catering, der Besatzung und der Schmierstoffe. Die Resultierende der einzelnen Massen, die „Flugmasse“, greift als eine Kraft im Schwerpunkt des Flugzeuges an. Dieser Schwerpunkt wird als Center of Gravity (CG) bezeichnet.

Zur Masse und Schwerpunktlage (OPS 1.625) führt der Gesetzgeber aus:

Der Luftfahrtunternehmer hat vor jedem Flug Unterlagen über Masse und Schwerpunktlage zu erstellen, in denen die Ladung und deren Verteilung angegeben

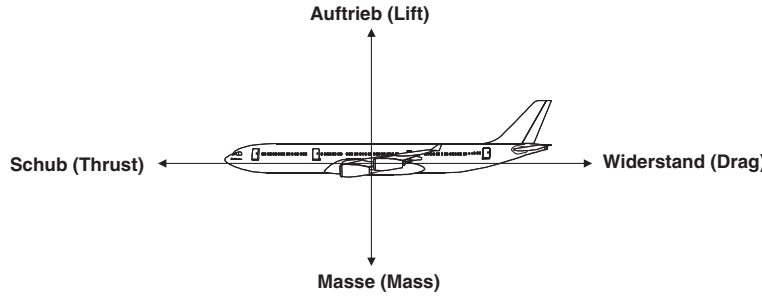


Abb. 11.12 Kräfte am Flugzeug

sind. Mit den Unterlagen über Masse und Schwerpunktlage muss der Kommandant (Flugzeugführer) feststellen können, ob mit der Ladung und deren Verteilung die Masse- und Schwerpunktgrenzen des Flugzeuges eingehalten werden. Die Person, die die Unterlagen über Masse und Schwerpunktlage erstellt, muss in den Unterlagen namentlich genannt sein. Die Person, die die Beladung des Flugzeuges überwacht, hat durch ihre Unterschrift zu bestätigen, dass die Ladung und deren Verteilung mit den Unterlagen über Masse und Schwerpunktlage übereinstimmen. Diese Unterlagen bedürfen der Zustimmung durch den Kommandanten (Flugzeugführer). Seine Zustimmung erfolgt durch Gegenzeichnung oder ein gleichwertiges Verfahren (siehe auch OPS 1.1055 Buchstabe a Nummer 12).

Der Luftfahrtunternehmer hat Verfahren für kurzfristig auftretende Änderungen der Ladung festzulegen (Last Minute Change).

Mit Zustimmung der Luftfahrtbehörde kann der Luftfahrtunternehmer ein von den genannten Verfahren abweichendes Verfahren anwenden.

Bestimmung der Betriebsleermasse des Flugzeugs (nach OPS 1.605):

1. Wägung des Flugzeuges:
   - Neuhergestellte, im Herstellerbetrieb gewogene Flugzeuge können ohne erneute Wägung in Betrieb genommen werden, wenn die Wägeberichte im Fall von Umbauten oder Änderungen am Flugzeug entsprechend angepasst worden sind. Flugzeuge, die ein Luftfahrtunternehmer mit einem genehmigten Kontrollprogramm zur Überwachung der Masse einem anderen Luftfahrtunternehmer mit einem genehmigten Programm überlässt, müssen von dem Luftfahrtunternehmer, der das Flugzeug übernimmt, vor der Inbetriebnahme nicht erneut gewogen werden, es sei denn, die letzte Wägung liegt mehr als 4 Jahre zurück.
   - Die Masse und die Schwerpunktlage jedes Flugzeuges sind in regelmäßigen Abständen neu zu ermitteln. Die höchstzulässige Zeitspanne zwischen zwei Wägungen muss vom Luftfahrtunternehmer festgelegt werden und muss die Bestimmungen von OPS 1.605 erfüllen. Außerdem sind bei einer kumulativen Veränderung der Betriebsleermasse von mehr als ± 0,5 % der höchstzulässigen

Landemasse oder bei einer kumulativen Änderung der Schwerpunktlage von mehr als ± 0,5 % der mittleren Tragflächentiefe die Masse und die Schwerpunktlage jedes Flugzeugs neu zu ermitteln, entweder durch Wägung oder Berechnung, wenn der Luftfahrtunternehmer nachweisen kann, dass die gewählte Berechnungsmethode geeignet ist.

2. Flottenmasse und Flottenschwerpunktlage:
   - Für eine Flotte oder Gruppe von Flugzeugen derselben Baureihe und Ausstattung darf eine mittlere Betriebsleermasse und Schwerpunktlage als Flottenmasse und Flottenschwerpunktlage verwendet werden, vorausgesetzt, die Betriebsleermassen und Schwerpunktlagen der einzelnen Flugzeuge entsprechen den nachfolgend aufgeführten Toleranzen. Darüber hinaus sind die nachfolgend aufgezeigten und festgelegten Kriterien anzuwenden.

   Toleranzen:

   - Weicht die durch Wägung ermittelte oder die berechnete Betriebsleermasse eines Flugzeuges einer Flotte um mehr als ± 0,5 % der höchstzulässigen Landemasse von der festgelegten Betriebsleermasse der Flotte oder die Schwerpunktlage um mehr als ± 0,5 % der mittleren Tragflächentiefe von der Schwerpunktlage der Flotte ab, ist das Flugzeug aus dieser Flotte herauszunehmen. Es können getrennte Flotten mit jeweils eigener mittlerer Flottenmasse gebildet werden.
   - Liegt die Flugzeugmasse innerhalb der Betriebsleermassentoleranz der Flotte, die Schwerpunktlage jedoch außerhalb der zulässigen Flottentoleranz, darf das Flugzeug weiterhin mit der Betriebsleermasse der Flotte betrieben werden, jedoch mit einem eigenen Wert für die Schwerpunktlage.
   - Unterscheidet sich ein Flugzeug von anderen Flugzeugen der Flotte durch bestimmte Merkmale, für die eine genaue Berechnung möglich ist, z. B. Küchen- oder Sitzanordnung, und führen diese Unterschiede zu einer Überschreitung der Flottentoleranzen, darf das Flugzeug in der Flotte verbleiben, wenn die Angaben über seine Masse u./o. Schwerpunktlage entsprechend berichtigt werden.
   - Flugzeuge, für die die mittlere Tragflächentiefe nicht bekannt ist, müssen mit den Werten ihrer individuellen Masse und Schwerpunktlage betrieben werden oder einem besonderen Untersuchungs- und Genehmigungsverfahren unterzogen werden.

   Verwendung von Flottenwerten:

   - Nach der Wägung des Flugzeuges oder wenn die Ausrüstung oder die Ausstattung des Flugzeuges verändert worden ist, hat der Luftfahrtunternehmer zu überprüfen, ob das Flugzeug innerhalb der festgelegten Toleranzen liegt.
   - Flugzeuge, die seit der letzten Flottenmassenbestimmung nicht gewogen worden sind, können in der Flotte verbleiben und mit Flottenwerten betrieben werden, wenn die einzelnen Werte rechnerisch angepasst worden sind und innerhalb der festgelegten Toleranzen liegen. Liegen diese Werte nicht innerhalb dieser Toleranzen, muss der Luftfahrtunternehmer entweder neue Flottenwerte ermitteln,

oder die Flugzeuge, die nicht innerhalb der Grenzen liegen, mit ihren individuellen Werten betreiben.
- Ein Flugzeug darf in eine mit Flottenwerten betriebene Flotte nur aufgenommen werden, wenn der Luftfahrtunternehmer durch Wägung oder Berechnung festgestellt hat, dass die tatsächlichen Werte des Flugzeugs innerhalb der festgelegten Toleranzen liegen.

3. Anzahl der Flugzeuge, die gewogen werden müssen, um Flottenwerte aufrecht zu erhalten:
   - Der Luftfahrtunternehmer hat zwischen zwei Flottenmassenbestimmungen Flugzeuge in einer Mindestanzahl entsprechend der Tab. 11.4 zu wiegen, wobei "n" die Anzahl der Flugzeuge in einer Flotte ist. für die Flottenwerte verwendet werden.
   - Für die Wägung sollen aus der Flotte die Flugzeuge ausgewählt werden, deren Wägung am längsten zurückliegt.
   - Der Zeitraum zwischen zwei Flottenmassebestimmungen darf 48 Monate nicht überschreiten.
4. Wägung:
   - Die Wägung ist entweder vom Hersteller oder von einem genehmigten Instandhaltungsbetrieb durchzuführen.
   - Es sind die üblichen Vorkehrungen in Übereinstimmung mit bewährten Verfahren zu treffen, insbesondere sind Flugzeug und Ausrüstung auf Vollständigkeit zu prüfen, sind Flüssigkeiten ordnungsgemäß zu berücksichtigen, ist sicherzustellen, dass das Flugzeug sauber ist und es ist sicherzustellen, dass die Wägung in einem geschlossenen Gebäude durchgeführt wird.
   - Wiegeeinrichtungen sind ordnungsgemäß zu kalibrieren, auf Null einzustellen und in Übereinstimmung mit den Anweisungen des Herstellers einzusetzen. Innerhalb von 2 Jahren oder einer vom Hersteller der Wiegeeinrichtung festgelegten Frist, maßgebend ist der kürzere der beiden Zeiträume, sind die Anzeigeskalen vom Hersteller, von einer öffentlichen Eichstelle oder von einer dafür anerkannten Organisation zu kalibrieren. Mit der Einrichtung muss sich die Flugzeugmasse hinreichend genau ermitteln lassen.

Es gelten weiterhin spezielle Standardmassen für die Nutzlast. Zusätzlich zu den Standardmassen für Fluggäste und aufgegebenes Gepäck kann der Luftfahrtunternehmer bei der Luftfahrtbehörde für andere Teile der Ladung Standardmassen genehmigen lassen.

Tab. 11.4 Flottenmassenbestimmung

Anzahl Flugzeuge in der Flotte ("n")	Mindestanzahl der Wägungen
2 oder 3	N
4–9	(n + 3)12
10 oder mehr	(n + 51)10

Beladung des Flugzeuges:

- Der Luftfahrtunternehmer muss sicherstellen, dass die Beladung seiner Flugzeuge unter Aufsicht qualifizierten Personals erfolgt.
- Der Luftfahrtunternehmer muss sicherstellen, dass das Laden der Fracht in Übereinstimmung mit den für die Berechnung der Flugzeugmasse und Flugzeugschwerpunktlage verwendeten Daten erfolgt.
- Der Luftfahrtunternehmer hat die zusätzlichen strukturellen Belastungsgrenzen, wie etwa die Festigkeitsgrenzen der Kabinen- und Frachtraumböden, die höchst zulässige Beladung pro laufendem Meter, die höchstzulässige Zuladungsmasse pro Frachtabteil u./o. die höchstzulässige Sitzplatzkapazität, zu beachten.

Grenzen der Schwerpunktlagen:

- Betriebsschwerpunktbereich (Operational CG Envelope): Werden Sitzplätze nicht zugewiesen und werden Auswirkungen der Fluggastanzahl pro Sitzreihe, der Frachtmasse in den einzelnen Frachtabteilen und der Kraftstoffmasse in den einzelnen Kraftstofftanks für die Berechnung der Schwerpunktlage nicht genau berücksichtigt, ist der zulässige Schwerpunktbereich mit Betriebssicherheitsreserven zu versehen. Bei der Ermittlung dieser Reserve für die Schwerpunktlage sind mögliche Abweichungen von der angenommenen Verteilung der Ladung zu berücksichtigen. Ferner hat der Luftfahrtunternehmer Verfahren festzulegen, die sicherstellen, dass bei extremer Sitzplatzwahl in Längsrichtung korrigierende Maßnahmen durch die Besatzung ergriffen werden. Die Reserve für die Schwerpunktlage mit den dazugehörigen Betriebsverfahren, einschließlich der Annahmen für die Verteilung der Fluggäste in der Kabine, müssen den behördlichen Anforderungen genügen.
- Schwerpunktlage im Fluge: Zusätzlich hat der Luftfahrtunternehmer nachzuweisen, dass die Verfahren der ungünstigsten Veränderung der Schwerpunktlage im Fluge durch Ortsveränderungen der Insassen und den Verbrauch oder das Umpumpen von Kraftstoff Rechnung tragen.

Werden die Unterlagen über Masse und Schwerpunktlage rechnergestützt erstellt, hat der Luftfahrtunternehmer die Integrität der Ausgabedaten zu überprüfen. Er hat ein Verfahren festzulegen, mittels dessen geprüft wird, ob Änderungen der eingegebenen Grunddaten richtig in das System eingehen und ob die Anlage fortlaufend ordnungsgemäß arbeitet, indem die Ausgabedaten spätestens alle 6 Monate überprüft werden.

Die Verwendung einer bordseitigen Rechneranlage als Hauptquelle zur Bestimmung von Masse und Schwerpunktlage für die Flugvorbereitung bedarf der Genehmigung durch die Luftfahrtbehörde.

Werden die Angaben über Masse und Schwerpunktlage über Datenverbindung an Bord des Flugzeugs übermittelt, ist eine Kopie der endgültigen Unterlagen über Masse und Schwerpunktlage in der vom Kommandanten bestätigten Fassung am Boden aufzubewahren.

11.6.1 Aerodynamische Kräfte

- **Auftrieb und Widerstand**

Die Polare eines Flugzeuges beschreiben den Zusammenhang zwischen Auftrieb und Widerstand bzw. den Auftriebsbeiwert C_L und Widerstandsbeiwert C_D (Abb. 11.13).

Beide Werte beeinflussen maßgeblich das aerodynamische Verhalten eines Flugzeuges. Um Auftrieb zu bekommen, muss eine Tragfläche von der Luft so umströmt werden, dass über der Tragfläche ein Unterdruck relativ zum Umgebungsdruck entsteht, der die Tragfläche quasi nach oben saugt. Zur Erzeugung dieses Unterdrucks muss nach dem Gesetz von Bernoulli die Luft beschleunigt werden, d. h., die Luft strömt über die Tragflächenoberseite schneller als die Tragfläche bzw. das Flugzeug fliegt. Die Strömung über der Tragfläche kann (obwohl das Flugzeug noch im Unterschallbereich fliegt) die Schallgeschwindigkeit (Mach = 1.0) überschreiten. Die Verzögerung der Luftströmung aus dem Überschall- in den Unterschallbereich in Richtung Tragflächenhinterkante erfolgt dann schlagartig in Form einer widerstandserhöhenden Stoßwelle. Abbildung 11.14 zeigt die Druck- bzw. Geschwindigkeitsverteilung um ein Tragflächenprofil bei niedriger und hoher Unterschallgeschwindigkeit. Durch verschiedene konstruktive Maßnahmen kann dieser Widerstandsanstieg zu höheren Fluggeschwindigkeiten hin verschoben werden, jedoch haben alle diese „Kunstgriffe“ gewisse Nachteile. So resultiert eine Verringerung der Tragflächendicke „i“ in einer Reduktion des Tankvolumens, eine Pfeilung der Tragfläche in einer schwereren Tragfläche mit kleinerem Maximalauftrieb. Somit stellt jede ausgeführte Tragfläche einen Kompromiss für sein spezifisches Einsatzspektrum dar.

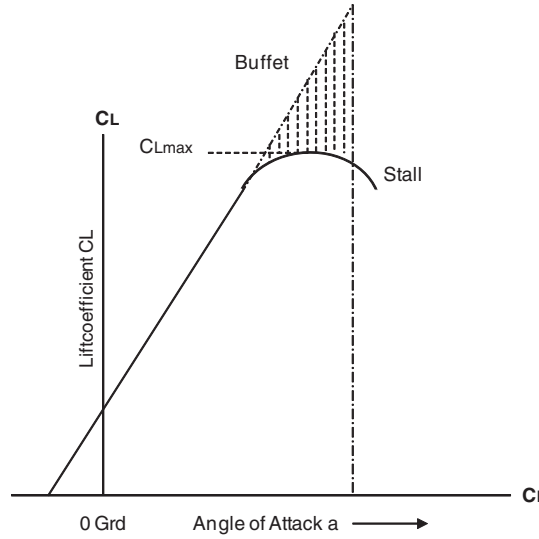


Abb. 11.13 Zusammenhang zwischen Auftriebsbeiwert C_L und Widerstandsbeiwert C_D

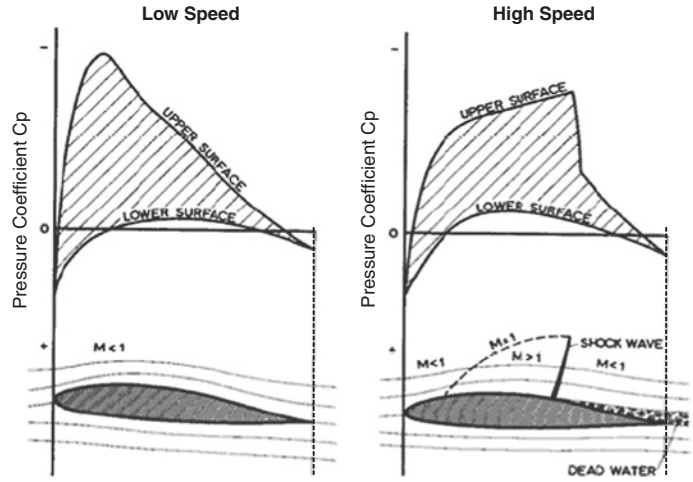


Abb. 11.14 Druck- bzw. Geschwindigkeitsverteilung um ein Tragflächenprofil bei niedriger und hoher Unterschallgeschwindigkeit

Mit den Auftriebs- und Widerstandsbeiwerten (C_L und C_P) lassen sich Auftrieb und Widerstand aus den entsprechenden Gleichungen nach folgenden Formeln 11.1 und 11.2 berechnen:

$$L = \text{Lift (Auftrieb)} = L/\delta = K * C_L * v^2 * A \tag{11.1}$$

mit:
K = Konstante
δ = p/p_o= Verhältnis von statischem Luftdruck in Flughöhe zu dem in Meereshöhe
C_L = Auftriebsbeiwert
V = Geschwindigkeit
A = Fläche der Tragfläche

$$D = \text{Drag (Widerstand)} = D/\delta = K * C_D * v^2 * A \tag{11.2}$$

mit:
K = Konstante
δ = p/p_o= Verhältnis von statischem Luftdruck in Flughöhe zu dem in Meereshöhe
C_D = Widerstandsbeiwert
v = Geschwindigkeit
A = Fläche der Tragfläche

- **Auftrieb der Tragfläche**

Der aerodynamische Auftrieb der Tragfläche ist ebenfalls eine Einzelkraft, welche aus der Addition aller über die gesamte Tragfläche verteilten, unterschiedlich großen Druckkräfte resultiert. Betrachtet man nur ein Tragflächensegment (Profil), so greift der Auftrieb des Segments im so genannten Druckpunkt, auch als Center of Pressure (CP) bezeichnet, an. Die Lage des Punktes wird in Prozent der Profilsehne (Chord), von der Profilnase aus gemessen, angegeben (Abb. 11.15). Da eine Rechtecktragfläche aus gleichen Tragflächensegmenten besteht, ist somit auch die Lage des Gesamtauftriebes der Tragfläche bekannt.

Eine Pfeilflügel-Tragfläche weist verschieden große Segmente und häufig verschiedene Profilformen auf. Man kann jedoch auf jeder Tragflächenhälfte einen Profilschnitt finden, welcher als Profilschnitt einer Rechtecktragfläche zu gleichen flugmechanischen Verhältnissen wie die der tatsächlichen Tragfläche führt.

Die Sehne dieses repräsentativen Profils nennt man Mean Aerodynamic Chord (MAC). Die Lage der Gesamtauftriebskraft (x) und des Schwerpunktes (a) werden in % MAC, gemessen von der MAC-Vorderkante, angegeben (Abb. 11.16).

- **Auftrieb des Höhenleitwerks**

Der „Auftrieb" des Höhenleitwerks kann auf- oder abwärtsgerichtet sein. Lage und Größe sind bekannt (Abb. 11.17).

- **Gleichgewichtsbedingung**

Ein stationärer Horizontalflug ist nur dann möglich, wenn die vertikalen Kräfte im Gleichgewicht stehen, d. h. wenn deren Summe gleich Null ist. Weiterhin müssen

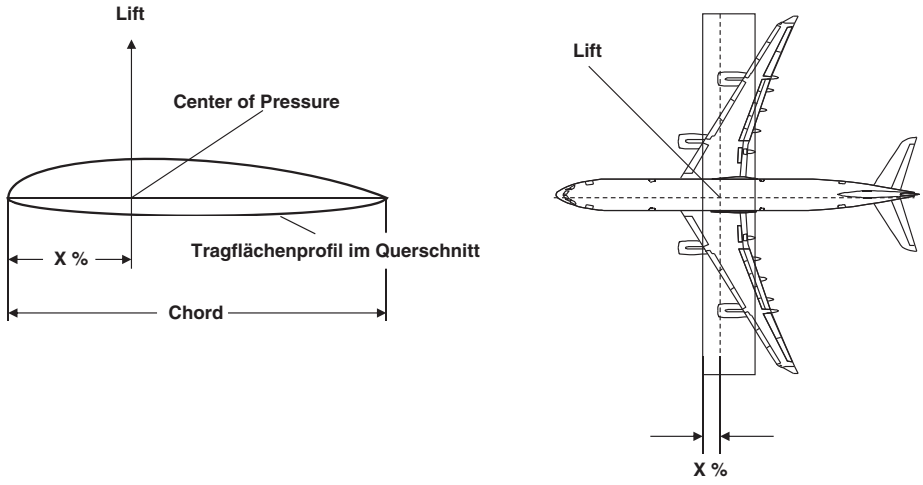


Abb. 11.15 Center of Pressure

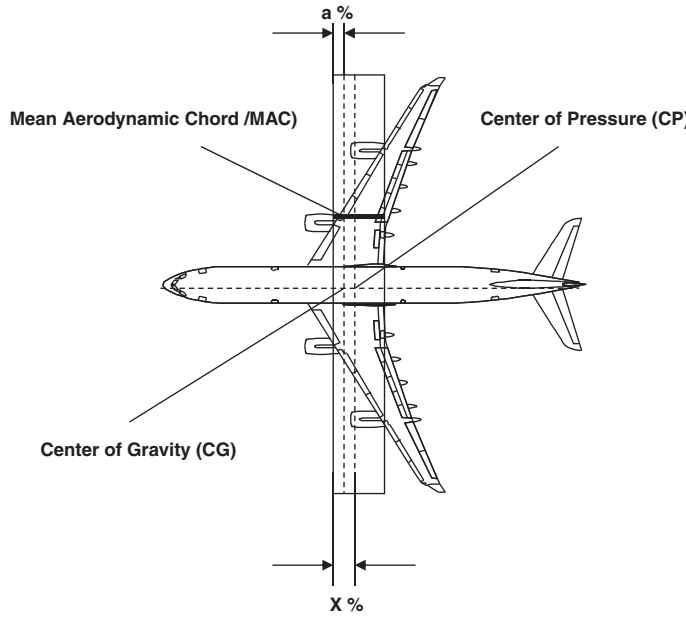


Abb. 11.16 Mean Aerodynamic Chord / Center of Gravity

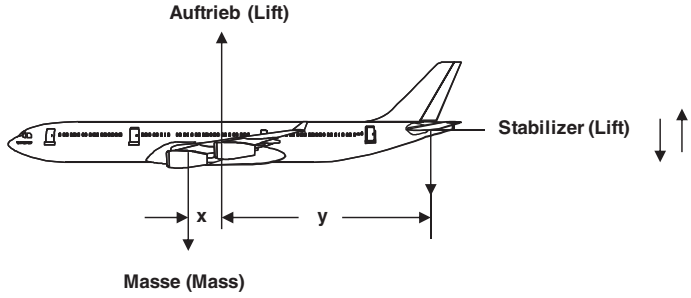


Abb. 11.17 Gleichgewichtsbedingungen für den stationären Horizontalflug

auch die von jeder Kraft um eine beliebige Drehachse (CP) erzeugten Momente im Gleichgewicht stehen. Für Abb. 11.17 bedeutet das:

1. Kräfte: Auftriebskraft (Lift) - Masse (Mass) - Kraft des Stabilizers = 0 (11.3)

2. Momente: Masse $*$ Abstand X (m) = Abstand y (m) $*$ Kraft des Stabilizers (11.4)

Im Allgemeinen werden die Momente nicht auf den Druckpunkt CP, sondern auf eine bestimmte Balance-Station bezogen und in der Einheit Kilogramm angegeben. Da sich

dann aber sehr große Zahlen ergeben, werden diese durch Division und Addition von Konstanten zu handlichen Werten umgeformt. Das Ergebnis hat dann zwar nicht mehr die Dimension „kg“, ist aber immer noch ein Moment und wird als Dry Operating Index (DOI) bezeichnet.

- **Bedeutung der Schwerpunktsgrenzen**

Mit Hilfe der „Balance Chart“ lassen sich aus der Schwerpunktslage des leeren Flugzeuges, der Kraftstoffverteilung in den Tanks und der Verteilung der Nutzlast die Lage des Gesamtschwerpunktes, bzw. das daraus resultierende Moment als Indexzahl bestimmen. Da der Schwerpunkt nicht beliebig weit vorne oder hinten liegen darf, wird ein zulässiger Bereich für die Schwerpunktlage festgelegt.

- **Vordere Schwerpunktsgrenze**

Durch die Auslegung des Höhenleitwerks ist die vertikale Kraft, die damit erzeugt werden kann, begrenzt. Am geringsten ist sie bei den niedrigen Start- und Landegeschwindigkeiten. Gerade hier aber benötigt das Flugzeug hohe Anstellwinkel, die nur durch ein ausreichendes Steuermoment erreicht werden können. Angenommen, in Abb. 11.18 sei die maximale Steuerkraft 20 to, dann liegt der eingezeichnete Schwerpunkt bei gegebener Masse zu weit vorne. Er müsste auf jeden Fall weniger als 4 m vor dem Momentenbezugspunkt (hier Angriffspunkt des Auftriebes) liegen, damit das Flugzeug steuerbar bleibt.

Die maximal zulässige vordere Schwerpunktlage ist also durch die Steuerbarkeit des Flugzeugs gegeben.

- **Hintere Schwerpunktsgrenze**

Analog zur vorderen Schwerpunktsgrenze gibt es eine hintere Schwerpunktsgrenze, welche in den meisten Fällen von der maximal möglichen, aufwärtsgerichteten Auftriebskraft am Höhenleitwerk abhängt. Neben diesem statischen gibt es jedoch noch ein dynamisches Kriterium:

Das Flugzeug soll stabil fliegen, d. h. nach einer äußeren Störung von selbst ohne Eingreifen der Flugzeugführer in den vorherigen Flugzustand zurückkehren. Wird das Flugzeug z. B. von einer Böe von unten getroffen, erhöht sich kurzzeitig der Anstellwinkel. Die Auftriebskräfte an Tragflächen und Leitwerk ändern sich linear mit dem Anstellwinkel, aber mit ungleichen Beträgen.

Während in Abb. 11.19 das rückführende Moment noch mit 36 mto überwiegt und das Flugzeug nach der Böe in die vorherige Fluglage zwingt, reicht in Abb. 11.20 das rückführende Moment nicht aus, das Flugzeug in die vorherige Lage zurückzuführen. Im Gegenteil, der Anstellwinkel wird noch größer werden und damit die Lage verschlechtern.

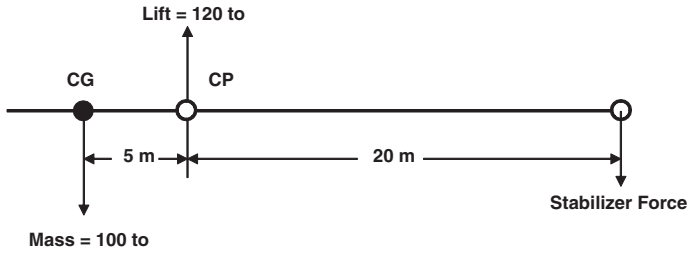


Abb. 11.18 Beispiel für die vordere Schwerpunktgrenze [50]

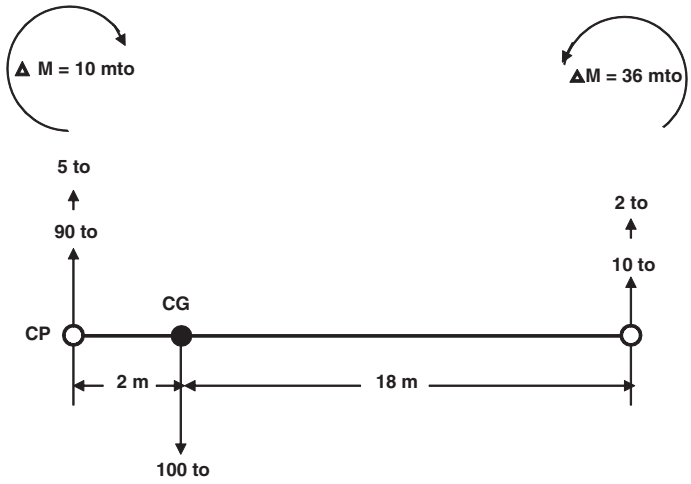


Abb. 11.19 Beispiel für ein ausreichendes rückführendes Moment (1) [50]

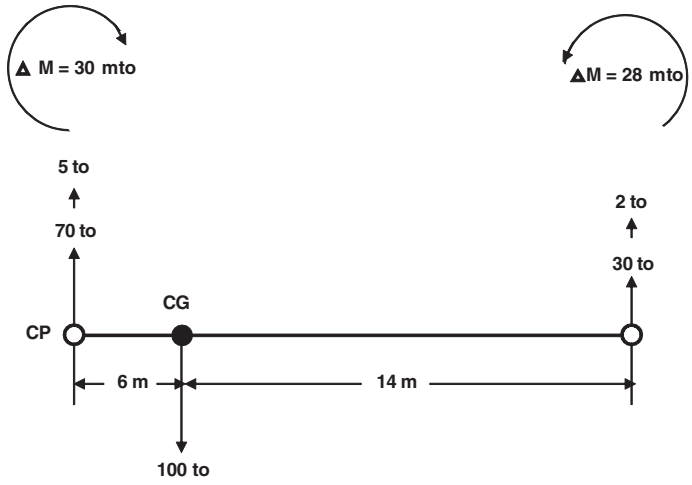


Abb. 11.20 Beispiel für ein *nicht* ausreichendes rückführendes Moment (2) [50]

Die maximal zulässige hintere Schwerpunktslage ist somit durch die Steuerbarkeit oder die statische Eigenstabilität des Flugzeuges gegeben.

Es wird in der praktischen Berechnung berücksichtigt, dass sich die Luftkräfte während der Anstellwinkelveränderung in Lage und Größe verändern.

Neben der flugsicherungsmäßigen und flugbetrieblichen Planung eines Flugereignisses muss auch für das spezielle Flugzeug selbst noch eine Planung der Beladung durchgeführt werden um die Schwerpunktlage im zulässigen Bereich während des gesamten Fluges sicherzustellen. Auch diese Planung obliegt dem Luftfahrtunternehmer. Die Verteilung der Ladung ist von besonderer Wichtigkeit, da die Schwerpunktlage unmittelbar die Steuerbarkeit und die Stabilität des Flugzeuges beeinflusst.

Auch für diesen Teil der Flugdurchführungsplanung wurde ein international gültiges, empfohlenes Standardformblatt entwickelt, das als „Load & Trim Sheet“ bezeichnet wird. Das Load & Trim Sheet vereinigt den Beladeplan (Loadsheet) und die Ermittlung der Schwerpunktlage (Balance Chart) in einem Formblatt. Ausgehend von den Basismassen eines Flugzeuges, wie der Betriebsleermasse (DOM), und unter Berücksichtigung der im Operational Flight Plan (OFP) ermittelten Kraftstoffmassen erfolgt die Ermittlung der maximal möglichen Nutzlast durch Gegenüberstellung der maximal zulässigen und der tatsächlichen Massen.

In der Mitte der linken Seite des Formblattes werden die Passagiere nach Anzahl und unter Berücksichtigung der durch den Gesetzgeber festgelegten Standardmassen eingetragen. Ferner werden die Masseanteile von Fracht, Gepäck und Post aufgeführt. Eine weitere Massekalkulation im unteren Teil des Blattes zeigt dann, ob die maximal zulässigen Betriebsmassen auch unter Berücksichtigung der gewünschten Nutzlast nicht überschritten werden.

Eine Überschreitung der Massegrenzen hat eine Reduzierung der Nutzlast zur Folge, freie Nutzlastkapazitäten (Underload) können kurzfristig (Last Minute Change, LMC) genutzt werden.

Auf der rechten Seite des Formblattes, der Balance Chart, erfolgt die Ermittlung der Lage des Schwerpunktes des Flugzeuges (Trim Sheet).

Dazu wird das Flugzeug in so genannte „Compartments“ eingeteilt, für die sowohl die max. zulässige Gesamtmasse, als auch die Flächenbelastung bekannt sind. Ausgehend von dem Dry Operating Index (DOI), der als Index die Schwerpunktlage der Betriebsleermasse repräsentiert, erfolgt dann die Ermittlung der Schwerpunktlage manuell auf graphischem Wege (oder rechnergestützt), indem nach vorgegebenem Schema die Nutzlast pro Compartment aufgetragen wird.

Anschließend wird über den Kraftstoff-Index (Fuel Index) der Bereich der durch Kraftstoffverbrauch maximal auftretenden Schwerpunktwanderung berücksichtigt. Im unteren Teil des „Sheet“ ergibt sich dann die Schwerpunktlage in % der Bezugstragflächentiefe (% – Mean Aerodynamic Chord, MAC), (vgl. Abb. 11.16). Auch diese Berechnungen erfolgen heute größtenteils rechnergestützt. Abbildung 11.21 zeigt das Load & Trim Sheet eines Airbus A340-600.

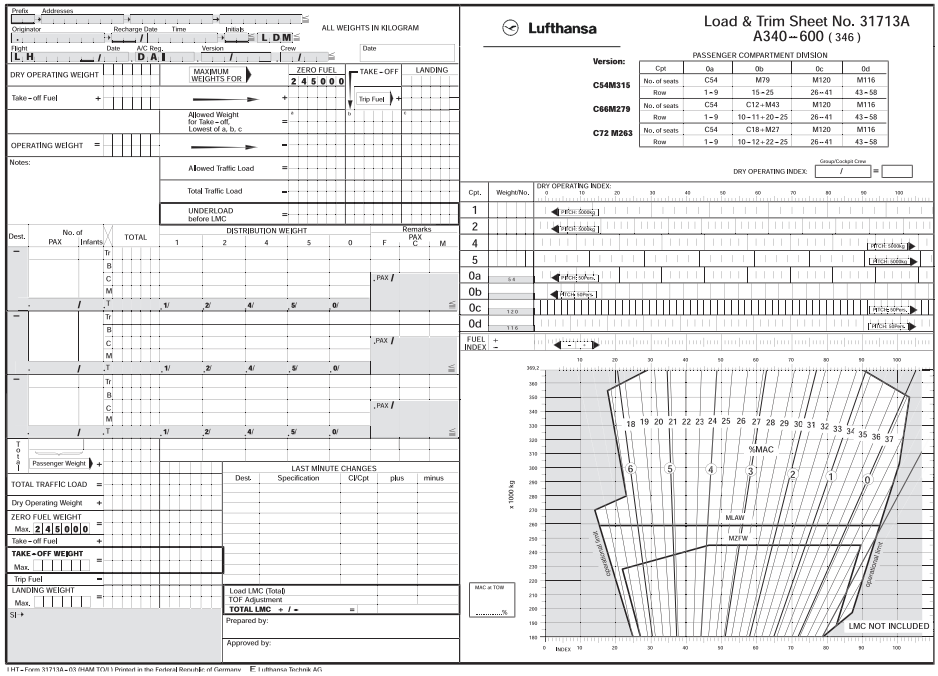


Abb. 11.21 Load & Trim Sheet eines Airbus A340-600 [49]

Abbildung 11.22 zeigt das Load & Trim Sheet des Frachtflugzeuges MD11. Das Sheet wird entsprechend der geschilderten Vorgehensweise ausgefüllt.

11.6.2 Schubkraft

Der Schub (Thrust) eines Strahltriebwerkes erklärt sich vereinfacht aus dem physikalischen Gesetz:

$$1.\quad \text{Kraft} = \text{Masse} * \text{Beschleunigung} \quad (K = m * b) \tag{11.5}$$

oder

$$2.\quad \text{Kraft} = \text{Masse/Zeit} * \text{Geschwindigkeit} \quad (K = m/t * v) \tag{11.6}$$

Im zweiten Fall spricht man von der Impulskraft. Für ein einfaches, fanloses Triebwerk kann man somit zwei Impulskräfte definieren, den „Gross Thrust“ (F_G) an der Düse und den „Ram Drag“ (F_R) am Einlauf (nicht zu verwechseln mit dem „Ram Effect“). Nach Gl. 11.5, bzw. 11.6 entsteht „Ram Drag“, sobald sich das Triebwerk in Vortriebsrichtung durch die Luft bewegt. Die Differenz $F_G - F_R$ wird vereinfacht als „Net Thrust“ bezeichnet und ist der Schub, den das Triebwerk an das Flugzeug „überträgt“. Bei einem

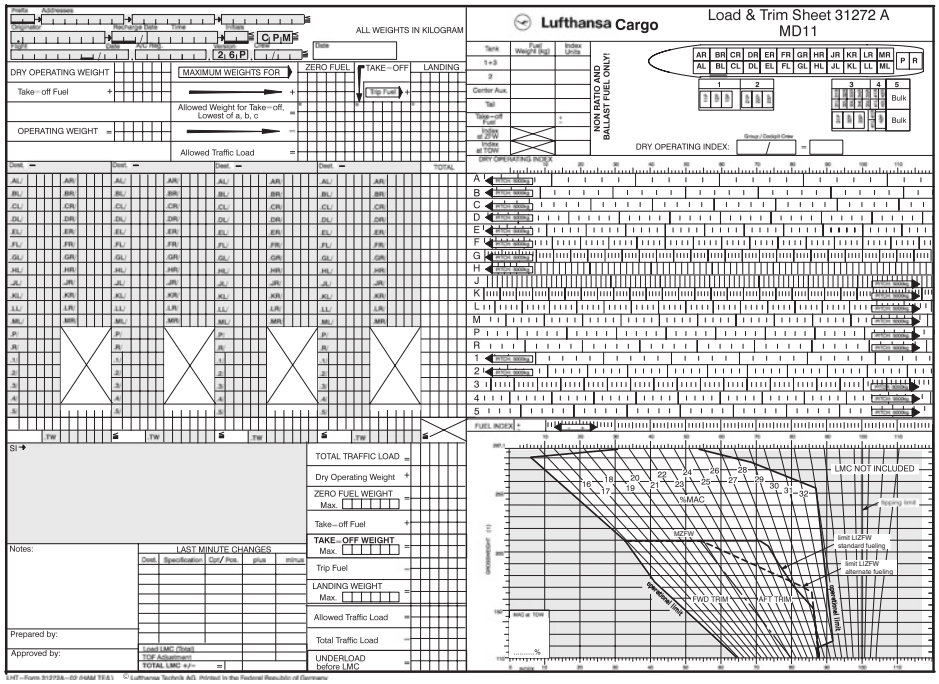


Abb. 11.22 Load & Trim Sheet einer MD11 [49]

„Static Take-off" ist der „Gross Thrust" identisch mit dem „Net Thrust", während z. B. im Flug der „Gross Thrust" immer größer als der „Net Thrust" ist. Daher spricht man beim „Ram Drag" auch von Impulsverlust. Den Sachverhalt verdeutlicht Abb. 11.23.

Nimmt man an, dass die Druckverluste durch Bleed Air und Leckagen von der Kraftstoffzufuhr kompensiert werden, d. h., dass die angesaugte Luftmasse m_a und die ausgestoßene Gasmasse m_j, gleich groß sind, so lässt sich der reine Schub (F_N) vereinfacht darstellen als (11.7):

$$F_N = m * (v_j - v_a) \tag{11.7}$$

mit:

$$m_j = m_a = m$$

Bei einem Fan-Triebwerk gelten analoge Verhältnisse, jedoch müssen dann Fan und „Core Engine" getrennt betrachtet werden.

Im Flug lässt sich der Triebwerkschub praktisch nicht direkt messen. Man muss deshalb auf eindeutig messbare Größen ausweichen, die ein Maß für den Schub darstellen. Hier bieten sich zwei Werte an, das so genannte „Engine Pressure Ratio" (EPR) als Verhältnis von Turbinenaustritts- zu Kompressoreinlaufdruck und die „Low Pressure Rotor Speed" (N1). Beide Werte haben Vor- und Nachteile für die Schubmessung und werden je nach Hersteller verwendet.

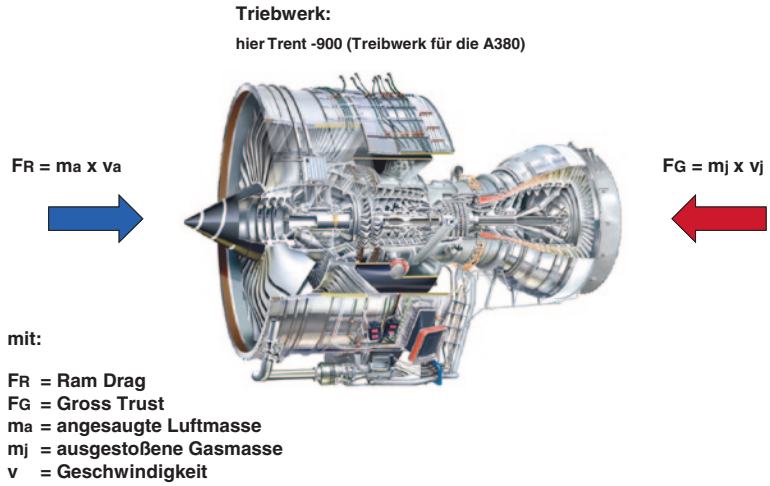


Abb. 11.23 Kräfte am Triebwerk (Schub), vereinfachte Darstellung

Der Fuel-Flow ist als Maß für den Schub vor allem zum „Thrust Setting" ungeeignet. Luftabzapfung (Airconditioning, Anti-Icing) und jede Verschlechterung des Wirkungsgrades (Leckagen an den Blattspitzen von Kompressor und Turbine, verformte oder beschädigte Triebwerksschaufeln, usw.) erhöhen den Fuel-Flow, obwohl der Schub konstant bleibt.

Obwohl das Naturgesetz mit der einfachen Formel actio = reactio schon seit Newton bekannt ist, hat die Entwicklung von Strahltriebwerken lange auf sich warten lassen. Nicht Unkenntnis des Prinzips, sondern fehlende Kenntnis noch besserer, temperaturbeständiger Werkstoffe setzten und setzen auch heute noch den Konstrukteuren von Triebwerken Grenzen. Selbst modernste Triebwerke wären bereits nach kurzer Laufzeit verschlissen, würde man sie über längere Zeit bei voller Leistung betreiben. Um eine annehmbare Lebensdauer auch der am höchsten beanspruchten Triebwerkskomponenten zu erzielen, muss man die Triebwerke drosseln. Die Drosselung, die man bei Triebwerken in Form von Drehzahl-, Temperatur-, Druck- und Betriebszeitgrenzen vornimmt, nennt man „**Rating**". Abbildung 11.24 zeigt qualitativ, wie die Lebensdauer eines Triebwerkes mit wachsender Belastung zunehmend abfällt.

Die höchsten Materialbelastungen im Triebwerk treten in der „Hot Section" am ersten Stator- und Rotorschaufelkranz der Hochdruckturbine auf. Erhöht man den Schub eines Triebwerkes durch Steigerung der Kraftstoffzufuhr, so treten folgende, wesentliche Veränderungen auf:

a) die Drehzahl der Turbine bzw. der Turbinen bei Mehrwellentriebwerken erhöht sich. Die Fliehkräfte an den Turbinenschaufeln steigen im Quadrat der Drehzahlerhöhung. Gleichzeitig wächst auch die aerodynamische Belastung der Leit- und Laufschaufeln.

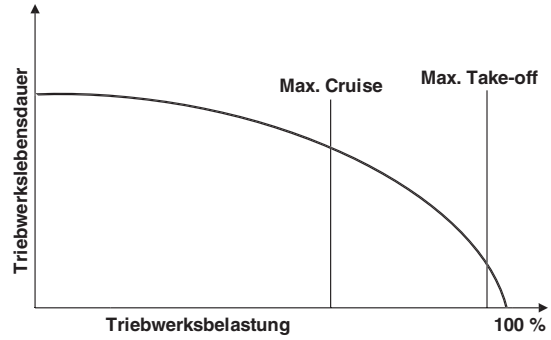


Abb. 11.24 Lebensdauer eines Triebwerks in Abhängigkeit der Belastung [50]

b) Die Gastemperatur, meist hinter der Turbine gemessen, steigt an. Dadurch kann sich die Materialfestigkeit soweit verringern, dass sich die Turbinenschaufeln bei langer, hoher Belastung bleibend verformen. Diesem so genannten „Kriechen" der Turbinenschaufeln folgt eine Verschlechterung des Wirkungsgrades der Turbine und damit eine weitere Temperaturerhöhung.

Die Turbine ist also strukturell dann am schwächsten, wenn sie die größte Leistung abgeben soll. Man muss deshalb für die Drehzahlen und für die Temperatur maximal zulässige Werte festlegen und einen höchstzulässigen Schub definieren.

Bei Strahltriebwerken kennt man folgende **Ratings**:

a) Take-off Thrust. Dieses Rating ist meist für eine Anwendungsdauer von 5 Minuten zugelassen. Bei Auftreten eines Triebwerksfehlers wird auf den verbleibenden Triebwerken häufig die Ausnutzung von 10 Minuten Startschubleistung zugelassen. Da die FAA prinzipiell auch im Triebwerksfehlerfall nur 5 Minuten Startschubleistung zulässt, haben die Flugzeuge amerikanischer Hersteller eine spezielle Genehmigung der EASA, wenn laut Flugbetriebshandbuch 10 Minuten Startschubleistung bei Triebwerksausfall zulässig sind.
b) Der Go Around Thrust ist das gleiche Rating wie Max. Take-off Thrust, jedoch korrigiert für die höheren Geschwindigkeiten während eines Go Around. Er ist auf die gleichen Zeiten wie der Startschub limitiert.
c) Der Maximum Continuous Thrust stellt den höchstzulässigen, zeitlich unbegrenzt anwendbaren Schub dar und soll nur im Notfall angewendet werden, wenn aufgrund der Zeit u./o. Höhenlimitierung nicht mehr Take-off oder Go Around Thrust gesetzt werden darf.

   Take-off, Go Around und Maximum Continuous Thrust sind „certified Ratings", d. h. sie müssen von den Zulassungsbehörden genehmigt werden.
d) Der Maximum Climb Thrust liegt in der Regel unter dem Schubniveau des Max. Continuous Ratings und soll nur für den Steigflug, für einen Step Climb und für die Beschleunigung auf Reiseflugeschwindigkeit verwendet werden.

e) Maximum Cruise Thrust. Dieses Rating gilt als die obere Schubgrenze für den normalen Reiseflug.

Die Schubsetzparameter (N1, EPR) werden bei modernen Flugzeugen nicht wie früher üblich aus Tabellen oder Diagrammen entnommen, sondern an Bord durch Rechner ermittelt und angezeigt.

Moderne Berechnungsmethoden ermöglichen es heutzutage, das Startverfahren zu ermitteln, bei dem in Abhängigkeit der Startmasse gerade so viel Schub erforderlich ist, dass ein sicherer Start unter realen Bedingungen möglich und gewährleistet ist (Flexible Thrust Procedure).

11.6.3 Einflussparameter auf die Ausprägungen des Schubs

- **Temperatur**

  Bewegt man sich entlang des „Full-Rated Thrust-Limits“, so kann man bei sinkenden Einlauftemperaturen immer mehr Kraftstoff verbrennen, ohne die zulässige Temperatur an der Turbine zu überschreiten. Es wird also mehr Schub erzeugt, zumal mit sinkender Außentemperatur auch der Luftmassendurchsatz steigt. Läuft ein Triebwerk bei beliebigen Temperaturen unterhalb des Schublimits, was im Reiseflug als Normalfall gilt, so fällt der Schub bei steigender Temperatur, wenn das Triebwerk nicht nachgeregelt wird. Weiterhin ist bemerkenswert, dass entlang des ansteigenden „Full-Rated“ Schubs bei sinkenden Temperaturen die EGT bzw. die Turbineneintrittstemperatur konstant bleiben, fallen diese im „Flat-Rated“ Bereich ab (Abb. 11.25).

- **Luftdruck**

  Mit abnehmender Höhe bzw. steigendem Luftdruck nimmt bei konstantem EPR oder N1 der Schub zu, da sich der Massendurchsatz erhöht. Da jedoch gleichzeitig der für die strukturelle Belastung des Triebwerks maßgebliche Differenzdruck zwischen Innenbereich und Außenbereich zunimmt, wird das EPR oder N1 (Drehzahl), abhängig von der Höhe limitiert, d. h. auf NN (Main Sea Level) darf weniger EPR bzw. N1 gesetzt werden als z. B. in 4.000 ft Höhe. Der „Gross Thrust“ bleibt hierbei konstant, während der „Net Thrust“ theoretisch sogar geringfügig mit zunehmender Höhe zunimmt, da der Impulsverlust im Einlauf durch die abnehmende Luftdichte kleiner wird. In der Praxis wird diese geringfügige Schubzunahme mit der Höhe in der Regel nicht genutzt.

- **Flughöhe**

  Der negative Einfluss des Luftdruckes auf den Schub wird nicht voll durch den positiven Einfluss der abnehmenden Temperatur kompensiert. Dadurch nimmt der Schub mit zunehmender Höhe ab.

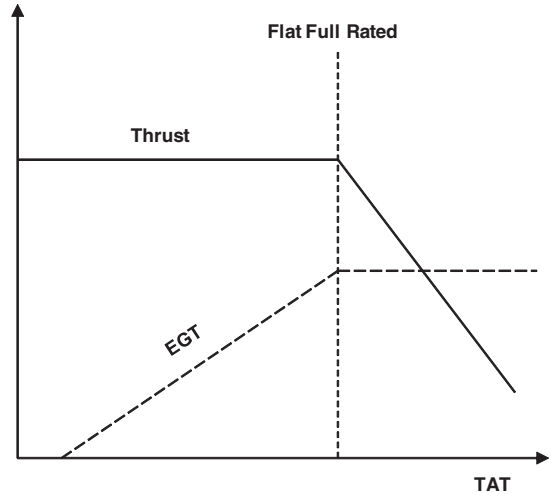


Abb. 11.25 Temperatureinfluss auf den Schub [50]

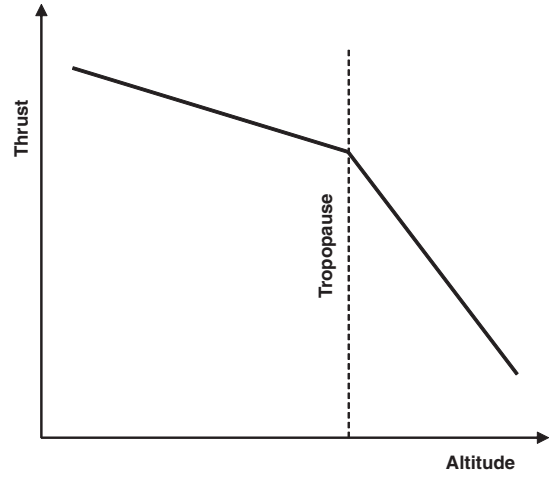


Abb. 11.26 Höheneinfluss auf den Schub [50]

Da oberhalb der Tropopause die Lufttemperatur bis zu einer Höhe von etwa 80.000 ft konstant bleibt, verringert sich dort der Schub schneller als in niedrigeren Flughöhen.

Bei diesen Betrachtungen wurden die Einflüsse von Temperatur und Luftdruck bewusst nicht zusammengefasst als Einfluss der Luftdichte, da auch beide Parameter einzeln den Wirkungsgrad des Triebwerkes und damit den Schub beeinflussen (Abb. 11.26).

- **Geschwindigkeit**

  Aus der Formel für den Schub $FN = (m_j * vj) - (ma * va)$ lässt sich erkennen, dass mit steigender Fluggeschwindigkeit, aber konstantem „throttle setting“ der Nettoschub abnimmt. Andererseits steigt mit dem Quadrat der Fluggeschwindigkeit der Staudruck am Triebwerkseinlauf, wodurch der Massedurchsatz und damit der

Schub erhöht werden. Steigender Staudruck bedeutet außerdem steigendes Pt2, so dass bei gleichem EPR = Pt7/Pt2 auch der Druck Pt7 wächst. Damit steht ein größeres Druckgefälle für die Expansion in der Turbine zur Verfügung. Eine erhöhte Strahlaustrittsgeschwindigkeit vj und damit mehr Schub sind die Folge.

Beide Effekte (Speed- und Ram-Effekt) zusammen ergeben bei konstantem EPR oder N1 einen Schubverlauf, wie er in Abb. 11.27 für den bei Verkehrsflugzeugen üblichen Geschwindigkeitsbereich dargestellt ist. Es ist zu beachten, dass ein konstantes EPR bei steigender Geschwindigkeit ein Nachregeln des Schubs erfordert. Setzt man z. B. bei Mach 0.84 ein EPR oder N1, welches für Mach 0.82 berechnet wurde und ändert dann nichts mehr am Schub, so wird sich die Fluggeschwindigkeit etwas oberhalb Mach 0.82 stabilisieren, da bei Mach 0.82 mehr Schub als berechnet vorhanden wäre.

Mit steigender Fluggeschwindigkeit erhöht sich die Stautemperatur (TAT). Das maximal zulässige EPR muss deshalb reduziert werden, damit das Temperaturlimit im „Full-Rated Bereich" nicht überschritten wird. Ein Teil des ansteigenden Kurvenastes in Abb. 11.27 kann deshalb bei manchen Triebwerken nicht genutzt werden. Bei Triebwerken mit hohem By-Pass-Verhältnis muss die Fluggeschwindigkeit auch beim „Flat-Rated Limit" berücksichtigt werden, da hier das „Fan Flow Limit" zum Tragen kommt, das den maximal möglichen Luftdurchsatz durch den Fan kennzeichnet. Eine Erhöhung der Fandrehzahl N1 über dieses Limit hinaus würde keinen nennenswerten Schubzuwachs mehr erzeugen.

- **Luftfeuchtigkeit**

  Wasserdampf hat nur etwa 60 % der Masse trockener Luft. Da somit auch feuchte Luft weniger als trockene Luft wiegt, sinkt mit steigender Luftfeuchtigkeit der Massedurchsatz am Triebwerk. Da für die Definition der Triebwerkratings jedoch bereits von einem bestimmten Feuchtigkeitsgehalt der Luft auszugehen ist, kann dieser Einfluss vernachlässigt werden.

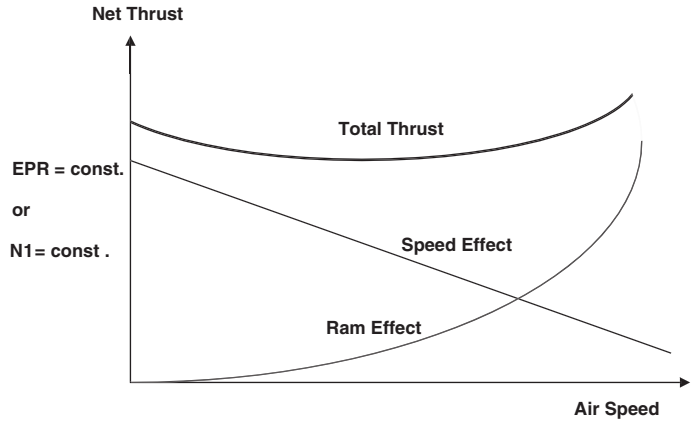


Abb. 11.27 Geschwindigkeitseinfluss auf den Schub [50]

- **Wassereinspritzung**

  Der Schub eines Triebwerkes kann während des Startvorganges kurzzeitig durch Wassereinspritzung erhöht werden. Das Wasser wird dabei entweder in den Kompressoreinlauf, in den Diffusor unmittelbar vor der Brennkammer oder direkt in die Brennkammer eingespritzt. Am häufigsten wird die zweite Methode angewandt. Infolge der Verdampfung des Wassers sinkt die Temperatur vor der Brennkammer, so dass mehr Kraftstoff verbrannt werden kann ohne Überschreitung der vorgegebenen Turbineneintrittstemperatur. Die Gasaustrittsgeschwindigkeit erhöht sich (mehr Volumendurchsatz bei gleichem Strömungsquerschnitt) und führt so zu höherem Schub. Der wegen der Wasserzuführung erhöhte Massedurchsatz erhöht ebenfalls, wenn auch nur gering, den Schub. Bei hoch belasteten Triebwerken wird mitunter die Wassereinspritzung nur zur Senkung der Turbinentemperatur angewendet.

  Wassereinspritzung darf nicht unter einer bestimmten Außentemperatur (meist nicht unter 0 °C) und nur mit entmineralisiertem Wasser angewendet werden. Ungleiche Abkühlung der einzelnen Bauteile des Motors kann bei Wassereinspritzung zu so genannten „Thermal Shocks", zu Wärmespannungsrissen und zu ungleicher Ausdehnung von Turbinengehäuse und -rotor führen. Vor- und Nachteile der Wassereinspritzung müssen deshalb sorgfältig gegeneinander abgewogen werden. Bei modernen Triebwerken wird diese Methode heute nicht mehr angewendet.

- **Druckluftentnahme**

  Wird dem Triebwerk aus dem Kompressorbereich, z. B. für Airconditioning oder zur Enteisung, Druckluft abgezapft, so ändert sich zwangsweise sein Betriebsverhalten.

  Das Druckverhältnis (EPR) sinkt, die Turbinentemperatur (EGT) steigt, die Drehzahlen N1 und N2 ändern sich je nach Triebwerkscharakteristik. Der Schub sinkt trotz steigender Wärmebelastung der Turbine. Wird für eine bestimmte Flugphase (z. B. für den Start) Maximalschub verlangt, so darf der EPR- bzw. Schubverlust in der Regel nicht durch „mehr Schub" kompensiert werden, sondern muss bei der Flugleistungsberechnung berücksichtigt werden. Lediglich bei einigen Triebwerksmustern wird während des Starts ein leichtes „Overboosten" der Triebwerke zugelassen, indem man bei eingeschalteter Triebwerksenteisung ein Nachschieben der Schubhebel gestattet.

- **Powerextraktion**

  Zum Antrieb von Pumpen und Generatoren wird jedem Triebwerk auf mechanischem Weg Leistung entnommen. Dieser relativ geringe Verlust ist bei der Angabe des Schubes sowie bei allen Flugleistungsrechnungen bereits berücksichtigt.

- **Kraftstofftemperatur**

  Die Kraftstofftemperatur hat einen vernachlässigbar kleinen Einfluss auf die Schuberzeugung eines Triebwerks. Bei niedrigen Kraftstofftemperaturen muss jedoch zeitweise die Kraftstoffheizung eingeschaltet werden, um die Kraftstofffilter frei von aus flockenden Paraffinen zu halten. Dies kann abhängig vom System der Heizung zu Schubverlust führen.

- **Bypass Ratio**

  Unter Bypass Ratio versteht man das Verhältnis der nur durch den Fan strömenden kalten Luftmasse zu der Luftmasse, welche den „heißen Weg“ durch die Turbine nimmt. Man verwendet heute bereits Triebwerke mit einem Verhältnis von mehr als 5:1, wobei der Fan dann bis zu 75 % des gesamten Schubs erzeugt.

  Das Fan-Triebwerk speziell mit hohen By-Pass Ratio vereinigt die Vorteile des Turboprop (hoher Gesamtwirkungsgrad, hoher Startschub) mit denen des reinen Turbojets (Eignung für hohe Geschwindigkeiten in großen Höhen).

  Die Überlegenheit des Fan-Triebwerks gegenüber dem Turboprop-Triebwerk bezüglich des Vortriebswirkungsgrades bei hohen Geschwindigkeiten liegt in der Ummantelung des Fan und dessen Integration in das Diffusor-Einlaufsystem des Triebwerks. Dadurch wird der Luftmassenstrom durch den Fan kaum von der Fluggeschwindigkeit beeinflusst und verliert deshalb nicht an Effektivität bei hohen Unterschallgeschwindigkeiten. Die wesentlich geringere Lärmentwicklung des Fan-Triebwerks gegenüber dem Turbojet liegt hauptsächlich in der geringeren Austrittsgeschwindigkeit, speziell des kalten Fan Luftstroms, da die Schallintensität sich etwa proportional zur fünften Potenz der Austrittsgeschwindigkeit verhält.

  Die wirtschaftliche Nutzung hoher By-Pass Ratios wurde erst durch die Entwicklung hochfester Werkstoffe für Fan (hohe Zentrifugal- und aerodynamische Kräfte) und Turbinen (hohe Warmfestigkeit) möglich.

- **Schubtoleranzen**

  Auch Triebwerke einer bestimmten Baureihe können trotz größter Anstrengungen baulich nicht hundertprozentig identisch ausgeführt werden. Dies hat zur Folge, dass zwei Triebwerke bei gleichen N1- oder EPR-Werten durchaus unterschiedliche Schubwerte aufzeigen. Aus diesem Grund kennt man zwei Schubdefinitionen, die des „Average Engine Thrust“ und die des „Minimum Engine Thrust“.

  Während der Average Thrust für alle Vorausberechnungen der Reiseflugleistungen benutzt wird, wird für Startleistungsberechnungen ausschließlich der vom Hersteller garantierte Minimum Engine Thrust benutzt.

11.6.4 Strukturelle Kräfte

Strukturtests sind ein unverzichtbarer Bestandteil in der Entwicklung und Zulassung von Flugzeugen, um einen effizienten und sicheren Betrieb im späteren Flugeinsatz zu gewährleisten. So kann bei neuen Flugzeugen schon sehr frühzeitig und zum Teil schon während der Fertigung der ersten Flugzeugmuster gezielt Einfluss auf die Produktion genommen werden, um strukturelle Fertigungsfehler und Überbelastung zu vermeiden.

Die Zielsetzung von Strukturversuchen ist ganz allgemein der Nachweis, dass die Flugzeugstruktur den statischen und dynamischen Belastungen im späteren Flugbetrieb standhält. Es muss für die Erlangung der Musterzulassung erwiesen werden, dass Rumpf

und Tragflächen ausreichend statische und dynamische Festigkeit besitzen, um den Anforderungen der Zulassungsbehörden gerecht zu werden.

Die Beweglichkeit und Funktion aller Steuerflächen muss unter Höchstbelastung nachgewiesen, die Festigkeit der Verbindungsstellen muss unter Beweis gestellt werden.

Es gilt aber auch Informationen über strukturelle Schwachstellen zu sammeln, um frühzeitig in der Produktion auf derartige Befunde zu reagieren, bzw. geeignete Maßnahmen an bereits ausgelieferten Flugzeugen zu ergreifen, um die Lufttüchtigkeit der Flugzeuge zu gewährleisten.

Die Erkenntnis über das Strukturverhalten von dynamisch belasteten Flugzeugstrukturen steht in den Ermüdungsversuchen an erster Stelle, hierbei soll möglichst frühzeitig erkannt werden wann und wo strukturelle Schäden auftreten und wie darauf reagiert werden kann. So sind beispielsweise am Airbus A380 schon vor Beginn der Testphase Reparaturen in die Struktur eingebracht worden, um den Einfluss auf die restliche Struktur zu untersuchen und das Verhalten der Reparatur unter Flugbedingungen zu erforschen. Zum fortgeschrittenen Versuchszeitpunkt werden dann zusätzlich künstliche Schäden in die Struktur eingebracht, um Aussagen darüber zu bekommen, wie schnell sich ein Schaden ausbreitet und welche Auswirkung dieser auf den Rissfortschritt der Struktur hat.

Die Umsetzung der aus den Versuchen erlangten Erkenntnisse findet dann Berücksichtigung in den Inspektionsprogrammen, dient der Erstellung von Reparaturanweisungen und ermöglicht Aussagen über die Schadenstoleranz des jeweiligen Bauteils.

Zusätzlich dienen die Ergebnisse der Versuche auch der Validierung der Computermodelle, in denen die Vereinfachungen und Annahmen der Statiker und Konstrukteure verifiziert werden müssen.

- **Statische Versuche**

Im statischen Versuchsaufbau wird die Struktur mit 15 verschiedenen Lastfällen auf ihre statische Belastungsgrenze hin untersucht. Der statische Versuch dient der Funktionsprüfung von Klappen und Steuersystemen, wobei unter Extrembedingungen nachgewiesen wird, dass das Flugzeug auch unter Maximalbelastungen noch kontrolliert steuerbar ist, und es zu keinem Verklemmen oder einem Totalausfall der Systeme kommt.

Geprüft wird jeder Lastfall bis zum Erreichen der „Limited Load Grenze“. Nach einem Limited Load Lastfall finden dann ausführliche Inspektionen statt, um den sicheren Testbetrieb zu gewährleisten und eventuelle Schäden oder Verformungen festzustellen.

In einem weiteren Durchlauf werden dann alle Lastfälle noch einmal bis zur berechneten „UItimate Load“ gefahren. Dabei darf es schon zu einer plastischen Verformung der Struktur kommen, die Versuchstruktur laut Definition aber noch nicht versagen. Nach Abschluss dieser Belastungen wird dann die Bruchfestigkeit der Struktur nach Überschreiten der „Ultimate Load Grenze“ ermittelt, um eine Aussage darüber zu bekommen mit welcher Sicherheit gegenüber dem Bruch das Flugzeug ausgelegt ist. Diese Tests, bei dem die Tragflächen bis zum Bruch durchgebogen werden, bilden den Abschluss der statischen Testserie.

Neben den Belastungstests dient die statische Versuchsstruktur allerdings auch zur Kalibrierung und Validierung des Flugversuchsmusters. Hierbei werden auf die

Flugversuchsmuster Belastungen aufgebracht und die Ergebnisse der Messfühler verglichen. Man hat dann Messwerte, die repräsentativ sind für eine bestimmte Belastung und kann somit Rückschlüsse auf die Belastungen im Flugversuch ziehen. Dieses Vorgehen ist notwendig, um nachzuweisen, dass die Flugversuchsmuster auch den vorhergesagten Belastungen ausgesetzt waren. Von großem Vorteil ist hierbei, dass man durch die Messtechnik an Bord der Flugversuchsmuster die Biege- und Torsionsmomente errechnen und direkt mit den Vorgaben aus den Versuchen vergleichen kann.

- **Ermüdungsversuche**

Im Ermüdungsfestigkeitsversuch werden die zu erwartenden unterschiedlichen Flugabläufe durch eine Aneinanderreihung von Lastfällen simuliert. Ein simulierter Flug dauert im Versuch nur wenige Minuten, da er im Zeitraffer stattfindet und nur diejenigen Belastungszustände simuliert werden, die sich schädigend auf die Flugzeugstruktur auswirken können (Abb. 11.28, 11.29).

Insgesamt wurden beim Airbus A380-800 47.500 „Flüge" getestet, wobei sich jeder „Flug" aus etwa 300 Einzellastfällen zusammensetzte. Ausgelegt ist die A380-800 auf 19.000 Flüge, womit sich eine Sicherheit von 2,5 gegenüber dem Auslegungsziel ergibt.

Die immer wiederkehrende Belastung, die einem Schwingen gleich kommt, führt zur Materialermüdung. Das Rollen auf der Startbahn mit starken Bodenunebenheiten wird ebenso simuliert wie alle Belastungen im tatsächlichen Flug. Dazu gehören der Kabinendifferenzdruck sowie die Aufbringung von Biege- und Torsionsmomenten, die sich für den Rumpf als schädigend erweisen, ebenso wie verschiedene Böen- und Flug-manöver. Die Lasten werden über 182 Hydraulikzylinder und Lastgeschirre in die Strukturkomponenten eingebracht und verteilt.

Abb. 11.28 Testanlage für Strukturtests (1) [2]

Abb. 11.29 Testanlage für Strukturtests (2) [2]

Um Schädigungen während der Tests feststellen zu können, wird der Testablauf, der bei der A380-800 normalerweise 24 Stunden andauert, alle 3.800 „Flüge“ unterbrochen. Dann werden am unbedruckten und unbelasteten System Inspektionen durchgeführt, bei denen die Flugzeugstruktur auf Risse oder andere Ermüdungserscheinungen hin untersucht und gegebenenfalls repariert bzw. weiterhin beobachtet werden. Nach einer definierten Versuchslaufzeit wird der Versuch dann unterbrochen und zusätzlich zu den gefundenen Schäden werden künstliche Risse und Beschädigungen in die Struktur eingebracht um das Verhalten unter definierten Bedingungen zu erforschen.

Über Drucksensoren sowie Dehnungsmessstreifen werden die Belastungen auf die Flugzeugstrukturen gemessen und mit den Daten aus den Finite Elemente Modellen, die zur Auslegung der Einzelteile benötigt wurden, verglichen. So können schon vor Auslieferung der ersten Flugzeugmuster bei neuen Flugzeugen Aussagen über entstehende Schädigungen und eventuelle Reparaturmaßnahmen getroffen werden.

11.7 Flugpläne

11.7.1 Flugdurchführungsplan

Zum Flugdurchführungsplan (Operational Flight Plan, OPS) OPS 1.1060 [98], führt der Gesetzgeber aus:

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass der Flugdurchführungsplan und die während des Fluges vorgenommenen Eintragungen folgende Punkte umfassen:

- Eintragungszeichen des Flugzeuges,
- Flugzeugmuster und Flugzeugbaureihe,
- Datum des Fluges,
- Flugnummer oder entsprechende Angabe,
- Namen der Flugbesatzungsmitglieder,
- Zuweisung der Aufgaben an die Flugbesatzungsmitglieder,

- Startflugplatz,
- Abflugzeit (tatsächliche Abblockzeit, Startzeit),
- Landeflugplatz (geplanter und tatsächlicher),
- Ankunftszeit (tatsächliche Landezeit und Anblockzeit),
- Betriebsart (ETOPS, Flug nach Sichtflugregeln/Instrumentenflugregeln, Überführungsflug usw.),
- Strecke und Streckenabschnitte mit Kontrollpunkten/Wegpunkten, Entfernungen,
- Zeiten und Kursen über Grund,
- geplante Reisegeschwindigkeit und Flugzeiten zwischen Kontrollpunkten / Wegpunkten; voraussichtliche und tatsächliche Überflugzeiten,
- Sicherheitshöhen und Mindestflugflächen,
- geplante Flughöhen und Flugflächen,
- Kraftstoffberechnungen und Aufzeichnungen der Kraftstoffmengenüberprüfungen während des Fluges,
- Kraftstoffmenge, die sich zum Zeitpunkt des Anlassens der Triebwerke an Bord befindet,
- Bestimmungsausweichflugplätze und gegebenenfalls Startausweichflugplätze und Streckenausweichflugplätze,
- ursprüngliche ATC-Flugplanfreigabe und nachfolgende geänderte Freigaben,
- Berechnungen im Fall von Umplanungen während des Fluges und einschlägige Wetterinformationen.

Angaben, die in anderen Unterlagen oder aus anderen annehmbaren Quellen schnell verfügbar sind oder für die Betriebsart ohne Belang sind, können im Flugdurchführungsplan weggelassen werden.

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass der Flugdurchführungsplan und dessen Gebrauch im Betriebshandbuch beschrieben sind.

Der Luftfahrtunternehmer hat sicherzustellen, dass alle Eintragungen im Flugdurchführungsplan unverzüglich erfolgen und dauerhaft sind.

Entsprechend der Vorgaben des Gesetzgebers ist für Flüge nach Instrumentenflugregeln oder für Streckenflüge von mehr als 100 km der Flugdurchführungsplan (Operational Flight Plan, OFP) zu erstellen, aus dem, wie beschrieben ersichtlich wird, ob die betriebliche Flugdurchführung ordnungsgemäß vorbereitet wurde. Die Erstellung des Flugdurchführungsplans obliegt dem Luftfahrtunternehmer.

Der OFP dient einer detaillierten navigatorischen Planung der Streckenführung vom Startflugplatz bis zum Zielflugplatz unter Berücksichtigung der meteorologischen Streckendaten.

So werden die geplanten Überflugzeiten (PLT TO) angegeben, die Positionen (POSITION), Steuerkurs (TRK), Windrichtung und -geschwindigkeit (W/V), Luvwinkel (WCA), Lufttemperatur (TEMP), Flugfläche (FL), das Reiseflugverfahren (CR PROC), wie z. B. M 0,82, die wahre Eigengeschwindigkeit (TAS), die Grundgeschwindigkeit (GS) und die Entfernung zwischen den einzelnen Positionen (DIST) in nautischen Meilen sowie die aus der Winddreiecksberechnung resultierenden zurückgelegten Entfernungen basierend auf der ruhenden Luft (Nautical Air Miles, NAM).

In einem zweiten Schritt erfolgt eine Zusammenfassung der einzelnen Positionen in Segmente, auf deren Grundlage die Kraftstoffkalkulation für das Flugereignis erfolgt. Bei der Einteilung der Segmente ist darauf zu achten, dass die den Kraftstoffverbrauch beeinflussenden Parameter, wie Flugfläche, Reiseflugverfahren etc. innerhalb des Segmentes konstant bleiben.

Ausgehend von der Startmasse lässt sich somit über die Kraftstoffkalkulation auch die am Zielflughafen zu erwartende Landemasse ermitteln. Im unteren Teil des OFP wird weiterhin die Ausweichflugplanung, d. h. die Flugplanung zu einem Ausweichflugplatz (ALTN) durchgeführt.

In einer letzten Tabelle sind dann die Kraftstoffanteile für den Reiseflug (TRIP), die Flugbetriebsreserve (CONT), die bei Flugzeugen mit Strahltriebwerken 5 % des Reiseflugkraftstoffs ausmacht, den Ausweichflug (ALTN) und für ein 30-minütiges Warteflugverfahren (HOLD) aufgelistet.

Aus der Summe der Einzelanteile ergibt sich die Mindestkraftstoffmenge (MIN T/O) für die Flugaufgabe. Eine weitere Zeile dient der Angabe von zusätzlichem Kraftstoff (EXTRA), der z. B. aufgrund günstigerer Preise am Startflughafen getankt werden kann, aber nicht für das anstehende Flugereignis benötigt wird.

Aus der Summe dieser beiden Anteile ergibt sich dann die Kraftstoffmasse, das beim Start zu berücksichtigen ist (T/O).

Zur Komplettierung der Kraftstoffkalkulation ist noch ein Anteil Kraftstoff für den Rollvorgang zur Startbahn (TAXI) hinzuzufügen, womit sich der „Blockfuel", d. h. die insgesamt zu tankende Kraftstoffmenge, ergibt. In den meisten Fällen wird der OFP heutzutage rechnergestützt erstellt (Abb. 11.30).

11.7.2 ATC Flugplan

Der Air Traffic Control (ATC) Flugplan ist eine Zusammenstellung der und die Flugsicherung zu übermittelnden vorgeschriebenen Angaben über den beabsichtigten Flug eines Flugzeuges. Diese Angaben dienen der Unterrichtung der zuständigen Flugverkehrskontrollstellen und ermöglichen die Überwachung des Fluges im Rahmen der Flugverkehrskontrolle sowie des Fluginformations- und des Flugalarmdienstes.

Es ist erforderlich, für jedes einzelne Flugereignis, für das ein Flugplan zu übermitteln ist, auch einen gesonderten Flugplan anzufertigen bzw. aufzugeben. Als einzelnes Flugereignis gilt auch ein Verbandsflug, an dem mehrere Flugzeuge teilnehmen, sowie jeder einzelne Flugabschnitt bei einem Flugereignis mit Zwischenlandungen.

Zur Vereinfachung genügt die Aufgabe lediglich eines Flugplanes in folgenden Fällen:

1. bei mehreren, mindestens aber zehn vom selben Luftfahrzeughalter beabsichtigten Flügen nach Instrumentenflugregeln, sofern diese Flüge regelmäßig, gleichartig und mindestens einmal in der Woche stattfinden sollen (Dauerflugplan);

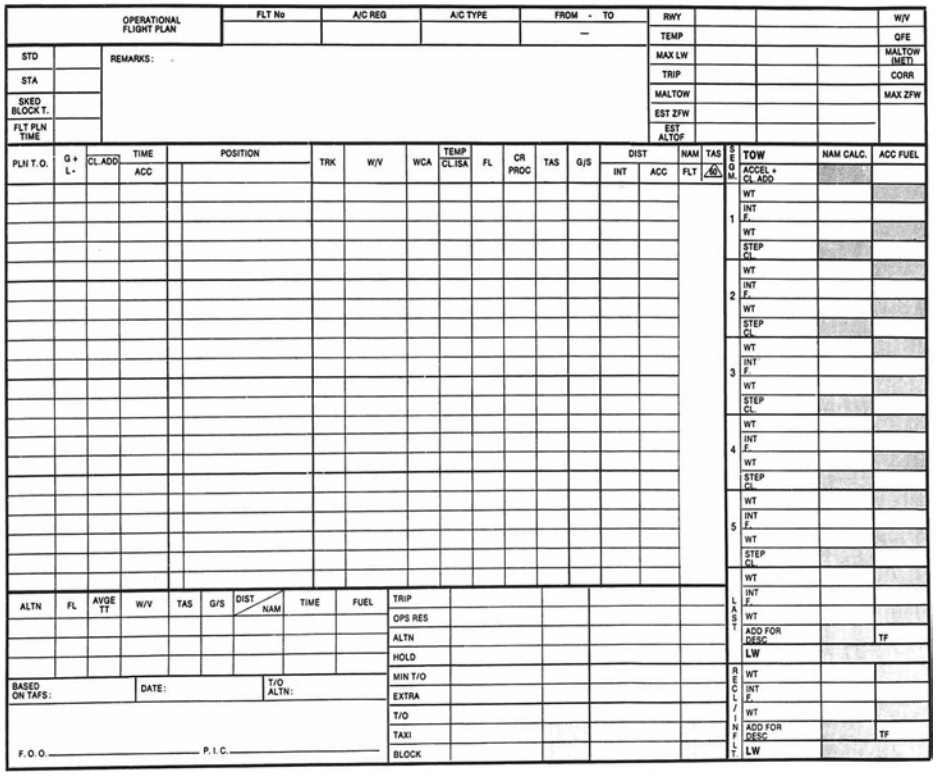


Abb. 11.30 Beispiel für das Formblatt eines Flugdurchführungsplanes (Operational Flight Plan, OFP)

2. bei aufeinander folgenden nach Sichtflugregeln durchzuführenden Flügen eines oder mehrerer Flugzeuge in der Nähe eines Flugplatzes (Sammelflugplan);
3. bei Verbandsflügen im Rahmen von Luftfahrtveranstaltungen;
4. bei Aufstiegen unbemannter Freiballone mit einer Gesamtmasse von Ballonhülle und Ballast von mehr als 0,5 kg sowie für Aufstiege gebündelter Freiballone und für Massenaufstiege unbemannter Freiballone, sofern mehrere gleichartige Ballone von demselben Aufstiegsort innerhalb von 24 Stunden aufgelassen oder Aufstiege derselben Ballonart vom gleichen Aufstiegsort regelmäßig wiederholt werden sollen.

Der Gesetzgeber legt fest, dass der Flugzeugführer der zuständigen Flugverkehrskontrollstelle einen Flugplan zu übermitteln hat, wenn:

1. der Flug nach Instrumentenflugregeln durchgeführt wird;
2. der Flug nach Sichtflugregeln bei Nacht, soweit sie über die Umgebung eines Flugplatzes hinausführen;
3. Kunstflüge im kontrollierten Luftraum und über Flugplätzen mit Flugverkehrskontrollstellen;

4. Wolkenflüge mit Segelflugzeugen;
5. Flüge in Gebieten mit Flugbeschränkungen, soweit dies ausdrücklich bei der Festlegung der Gebiete angeordnet ist;
6. Flüge nach Sichtflugregeln, grenzüberschreitend, aus der Bundesrepublik Deutschland oder in die Bundesrepublik Deutschland;

Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Wohnungswesen kann Ausnahmen zulassen, soweit die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere die Sicherheit des Luftverkehrs, dadurch nicht beeinträchtigt werden.

Der Flugzeugführer kann auch für andere Flüge der zuständigen Flugverkehrskontrollstelle einen Flugplan übermitteln, um die Durchführung des Such- und Rettungsdienstes für Flugzeuge zu erleichtern.

Einzelheiten über Arten, Form, Abgabe, Annahme, Aufhebung, Änderung und zulässige Abweichungen von Flugplänen werden von den Flugsicherungsunternehmen festgelegt und im Verkehrsblatt/Amtsblatt des Bundesministers für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen oder in den Nachrichten für Luftfahrer (DFS Deutsche Flugsicherung) bekannt gemacht [57].

Auch für die Aufgabe und Annahme eines Flugplanes hat der Gesetzgeber Vorschriften erlassen. Die wesentlichen Regeln sind nachfolgend vermerkt:

1. Der Flugplan ist grundsätzlich vor dem Start aufzugeben. Der Flugzeugführer kann den Flugplan während des Fluges aufgeben, wenn besondere, ihm vor dem Start nicht bekannte Umstände dies erforderlich machen. Bei kontrollierten Sichtflügen (CVFR) sollte der Flugplan während des Fluges aufgegeben werden, es sei denn, es besteht die Absicht, einen Flugregelwechsel (IFR) vorzunehmen oder ins Ausland zu fliegen, also bei Fällen, in denen die Aufgabe eines Flugplanes vorgeschrieben ist.
2. Der Flugplan ist zwischen 24 Stunden bis 30 Minuten vor Eintritt des Flugereignisses aufzugeben.
3. Bei Flügen mit Zwischenlandungen können die für die einzelnen Flugabschnitte erforderlichen Flugpläne am Start- bzw. Ausgangsflugplatz aufgegeben werden.
4. Für die Annahme des Flugplanes ist der Flugberatungsdienst zuständig. Wird der Flugplan während des Fluges übermittelt, so nimmt der Fluginformationsdienst den Flugplan entgegen. Für die Aufgabe eines CVFR-Flugplanes stehen festgelegte Funkfrequenzen zur Verfügung.
5. Auf Flugplätzen mit Flugberatungsstelle hat der Luftfahrzeugführer den Flugplan mittels des Flugplanformblattes in zweifacher Ausfertigung abzugeben. Der Flugplan gilt als angenommen, wenn die an den Luftfahrzeugführer auszuhändigende Flugplandurchschrift vom entsprechenden Flugberater unterschrieben und mit dem Zeitstempel versehen ist. Erfolgt die Aufgabe des Flugplanes fernmündlich, fernschriftlich oder mittels Datenübertragung, so gilt der Flugplan als angenommen, wenn kein Widerspruch erfolgt.
6. Auf Flugplätzen ohne Flugberatungsstelle erfolgt die Aufgabe des Flugplanes fernmündlich an die zuständige Flugberatungsstelle.

7. Mit der Annahme des Flugplanes bestätigt die Flugberatungsstelle, dass der Flugplan den Formalerfordernissen entspricht und gegen die Flugdurchführung keine Bedenken bestehen.
8. Für die Aufgabe eines Dauerflugplanes ist die das Formblatt „Dauerflugplan“ zu verwenden. Ein Dauerflugplan muss mindestens zwei Wochen vor Aufnahme der Flüge vorliegen. Auch ein Dauerflugplan gilt als genehmigt, wenn kein Widerspruch erfolgt. Dauerflugpläne sind befristet auf den „Sommerflugplan“, d. h. 1. April bis 31. Oktober bzw. den „Winterflugplan“, d. h. vom 1. November bis 31. März.

Um dem hohen Formalisierungsgrad der Flugplanung, der aus der Komplexität der Daten und der damit verbundenen Forderung nach sicherer und wirtschaftlicher Verarbeitung und Übertragung entstanden ist, gerecht zu werden, erfolgt das Ausfüllen eines Standardflugplanes weltweit nach gleichen Kriterien. Die Wahlfreiheit besteht in der Kennzeichnung des individuellen Flugereignisses.

Entsprechend des Formblattes (vgl. Abb. 11.31) sind die einzelnen Felder mit folgenden Informationen zu versehen:

Feld 7: Luftfahrzeugkennung

Als Luftfahrzeugkennung sind folgende, aus höchstens sieben alphanumerische Zeichen bestehende Angaben zulässig:

- Eintragungszeichen:
  a) Bei Flugzeugen, Drehflüglern, Luftschiffen, Motorseglern und bemannten Freiballonen, z. B. DMONA;
  b) Bei Segelflugzeugen mit der zugeteilten Kennzahl, z. B. D 1234;
  c) bei bemannten Freiballonen mit dem zugeteilten Namen, z. B. DLUDWIG;

Besteht die Luftfahrzeugkennung für einen bemannten Freiballon aus mehr als sieben Zeichen, ist eine Buchstabengruppe „ZZZZ“ anzugeben und die volle Luftfahrzeugkennung in Feld 18 mit der Kenngruppe „REG/“ aufzuführen.

- Die für das Luftfahrtunternehmen von der ICAO festgelegte Abkürzung in Verbindung mit der vom Luftfahrtunternehmen zugeordneten Kennzeichnung des Fluges, z. B. LH 123;
- Ein für militärische Luftfahrzeuge benutztes Funkrufzeichen, z. B. HAWK 33A;
- Bei mehreren Luftfahrzeugen ist die Luftfahrzeugkennung des führenden oder des zuerst startenden Luftfahrzeuges anzugeben, die Kennungen weiterer Luftfahrzeuge sind in Feld 18 mit der Kenngruppe „REG/“ aufzuführen.

Feld 8: Flugregeln und Art des Fluges

Für die Angaben der Flugregeln und der Art des Fluges sind höchstens zwei Buchstaben zulässig. Für die Angabe der Flugregel ist einer der folgernden Buchstaben zu verwenden:

- I für Flüge nach Instrumentenregeln;
- V für Flüge nach Sichtflugregeln;

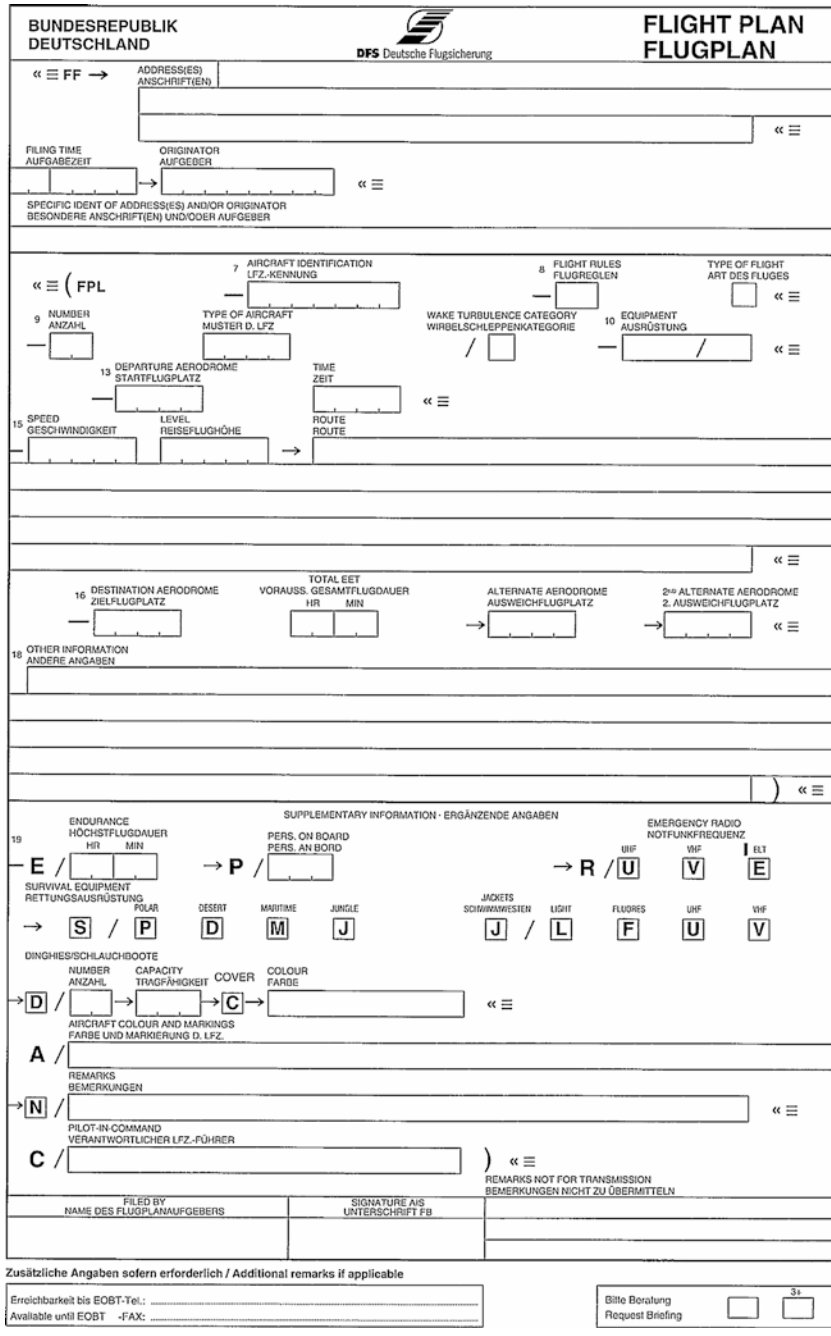


Abb. 11.31 Formblatt Flugplan für die Bundesrepublik Deutschland [58]

- Y für Flüge mit Flugregelwechsel, die nach Instrumentenflugregeln begonnen wurden;
- Z für Flüge mit Flugregelwechsel, die nach Sichtflugregeln begonnen wurden.

VFR-Flüge bei Nacht sind durch den Eintrag RMK/N zu kennzeichnen. Flüge des operationellen Luftverkehrs sind durch den Eintrag „RMK/OAT“ zu kennzeichnen.

Die Kennzeichnung der Art des Fluges erfolgt ebenfalls durch Buchstaben, wobei „S“ für planmäßige, „N“ für nichtplanmäßige, „G“ für Flüge der Allgemeinen Luftfahrt, „M“ für militärische Flüge und das „X“ für andere Flüge steht. Bei Verwendung des Buchstaben „X“ sind nähere Angaben zum Flugvorhaben zu machen, z. B. RMK/LIC TG („Touch-and- Go“) oder RMK/LIC LA („Low Approach“)

Staatsluftfahrzeuge, die Flüge im RVSM-Luftraum (FL 290 und darüber) durchzuführen beabsichtigen, müssen zur Kennzeichnung der Art des Fluges (Feld 8b) den Buchstaben „M“ angeben. Staatsluftfahrzeuge sind Luftfahrzeuge im Einsatz des Militärs, der Zollverwaltung oder der Polizei.

Feld 9: Anzahl und Muster der Luftfahrzeuge und Wirbelschleppenkategorie

Handelt es sich um mehr als ein Luftfahrzeug, ist die Anzahl der Luftfahrzeuge ein- bis zweistellig anzugeben. Das Luftfahrzeugmuster ist mit der von der ICAO festgelegten Abkürzung anzugeben. Ist für ein Luftfahrzeugmuster keine Abkürzung festgelegt, ist die Buchstabengruppe „ZZZZ“ anzugeben und das Luftfahrzeugmuster im Feld 18 mit der Kenngruppe „TYP/“ auf zuführen. Bei einem Flug mit Luftfahrzeugen verschiedener Luftfahrzeugmuster ist die Abkürzung des führenden oder zuerst startenden Luftfahrzeuges anzugeben. Die Muster der übrigen Luftfahrzeuge sind im Feld 18 mit der Kenngruppe „TYP/“ in der Reihenfolge der mit der Kenngruppe „REG/“ aufgeführten Luftfahrzeugkennungen anzugeben.

Die Wirbelschleppenkategorie eines Luftfahrzeuges ist mit einem der folgenden Buchstaben, von der Luftfahrzeugmusterkennung durch einen Schrägstrich getrennt, anzugeben. Es bedeuten:

H (Heavy) – zulässige Höchststartmasse > 136.000 kg,
M (Medium) – 136.000 kg > zulässige Höchststartmasse > 7.000 kg,
L (Light) – zulässige Höchststartmasse < 7.000 kg.

Feld 10: Ausrüstung des Luftfahrzeugs

Die Ausrüstung eines Luftfahrzeugs mit Funkgeräten, Funknavigationsgeräten für Strecken- und Anflugnavigation sowie, durch einen Schrägstrich getrennt, mit Sekundärantwortgeräten u./o. ADS-Ausrüstung ist wie folgt anzugeben:

Für die Ausrüstung mit Funkgeräten und Funknavigationsgeräten für die Strecken- und Anflugnavigation gilt ein „S“, wenn die Standardausrüstung (VHF, RTF, ADF, VOR und ILS) mitgeführt wird und betriebsbereit ist. Die Angabe eines „N“ bedeutet, dass keine Ausrüstung vorhanden ist, oder eine vorhandene Ausrüstung nicht betriebsbereit, oder eine vorhandene Ausrüstung vom Luftfahrzeugführer nicht genutzt werden darf. Folgende Buchstaben entsprechen der vorhandenen und benutzbaren Ausrüstung:

A = ADF; C = LORAN C; D = DME; E = Hight End FMS; F = Single FMS; G = GNSS; H = HF; I = INS; J = Data Link; K = MLS.

Für die Bezeichnung der Ausrüstung mit Transponder oder mit ADS sind ein oder zwei der nachfolgend aufgeführten Buchstaben entsprechend der vorhandenen Ausrüstung einzuführen. „N“, wenn ein Transponder nicht vorhanden oder nicht betriebsbereit ist; „A“, Mode A (4 Ziffern = 4096 Codes), „C“, Mode A und C (4 Ziffern = 4096 Codes), „X“, Mode S, ohne Übermittlung der Luftfahrzeugkennung und Höhe, „P“, Mode S, einschließlich Höhenübermittlung, „I“, Mode S, einschließlich Übermittlung der der Luftfahrzeugkennung, „S“, Mode S, einschließlich Übermittlung der Luftfahrzeugkennung und Höhe, „D“, ADS-Tauglichkeit.

Feld 13: Startflugplatz und voraussichtliche Off-Block-Zeit

Für die Bezeichnung des Startflugplatzes ist die Ortskennung im ICAO-Vierlettercode zu verwenden. Die voraussichtliche „Off-Block-Zeit“ (Beginn des Rollvorgangs) wird mit einer vierstelligen Zahl nach der Bezeichnung des Startflugplatzes angegeben. Bei Flugplänen, die während des Fluges aufgegeben werden, ist die voraussichtliche Überflugzeit über den Punkt der Flugstrecke anzugeben, von dem an der Flugplan gelten soll.

Feld 15: Geschwindigkeit und beantragte Reiseflughöhe, Flugstrecke

Die Angaben der wahren Eigengeschwindigkeit bzw. die geschätzte Geschwindigkeit über Grund bei bemannten Freiballonen, die beantragte Reiseflughöhe und die vorgesehene Flugstrecke sind in folgender Weise aufzuführen. Dem Buchstaben „N“ folgt eine vierstellige Zahl, die die Geschwindigkeit in Knoten angibt, dem Buchstaben „M“ eine dreistellige Zahl, die die Machzahl in Hundertsteln angibt. Wird der Buchstabe „K“ verwendet, so gibt die nachfolgende vierstellige Zahl die Geschwindigkeit in Kilometer pro Stunde (km/h) an. Nachfolgend zu den Angaben über die Geschwindigkeit ist die beantragte Reiseflughöhe anzugeben. Auch hier erfolgt die Angabe durch Buchstaben, verbunden mit einer Zahlenfolge, die die Flughöhe bzw. die Flugfläche beschreibt. Bei Flügen nach Instrumentenflugregeln ist die beantragte Reiseflughöhe in Flugflächen oder in Fuß MSL anzugeben.

Die Angaben zur beantragten Flugstrecke sind in der Zeile ROUTE aufzuführen. Werden Standard-Instrumenten- An- und -Abflugstreckenführungen u./o. ATS-Routen beantragt, so sind die festgelegten Kurzbezeichnungen zu verwenden. Ansonsten sind (Wende-) Punkte anzugeben, an denen Richtungsänderungen vorgesehen sind oder wenn eine Flugzeit von 30 Minuten oder eine Flugstrecke von 200 NM überschritten wird. Anzugeben ist auch, wenn die Geschwindigkeit u./o. Flughöhe geändert werden sollen. Für die Angabe der Streckenführung außerhalb der veröffentlichten Streckenführungen existieren weit reichende detaillierte Vorschriften, es sind die Anforderungen der CFMU zu beachten.

Feld 16: Zielflugplatz und voraussichtliche Gesamtflugdauer; Ausweichflugplätze

Der Zielflugplatz oder das voraussichtliche Landegebiet bei Fahrten bemannter Freiballone, die voraussichtliche Gesamtflugdauer und die Ausweichflugplätze sind im Feld 16 anzugeben. Auch hier werden die ICAO-Kurzbezeichnungen verwendet. Kann,

beispielsweise bei Freiballonen, das voraussichtliche Landegebiet nicht angegeben werden, so ist nach der Kenngruppe „DEST/“ das Wort „Unknown“ anzugeben.

Feld 18: Andere Angaben

Das Feld 18 dient dazu, ergänzende Angaben zu den Feldern 7–16 aufzuführen. Dabei bedeuten:

„REG/“ – Luftfahrzeugkennung,
„SEL/“ – SELCAL-Code,
„OPR/“ – Luftfahrzeughalter, sofern dieser aus der Luftfahrzeugkennung in Feld 7 des Flugplanformblattes nicht ersichtlich ist,
„STS/“ – Begründung für eine beantragte Vorrangbehandlung,
„TYP/“ – Luftfahrzeugmuster,
„PER/“ – Leistungsdaten des Luftfahrzeuges (z.B. Steiggeschwindigkeit),
„COM/“ – Angaben über die Sprechfunkausrüstung,
„NAV/“ – Angaben zur Funknavigationsausrüstung,
„DEP/“ – Startflugplatz,
„EET/“ – Streckenpunkte, Orte,
„RIF/“ – Streckenführung zum abgeänderten Zielflugplatz u./o. abgeänderter Zielflugplatz,
„DEST/“ – Zielflugplatz,
„ALTN/“ – Ausweichflugplätze,
„RMK/“ – Sonstige Angaben, die für die flugsicherungsmäßige Abwicklung des Fluges von Bedeutung sind.

Feld 19: Ergänzende Angaben

Als ergänzende Angaben sind beispielsweise die Höchstflugdauer anzugeben (Buchstabe „E/“), die Anzahl der Personen an Bord (Buchstabe „P/“) sowie die verfügbaren Notfrequenzen (Buchstabe „R/“).

Weiterhin sind unter Verwendung entsprechender Kennbuchstaben Angaben über die Art der mitgeführten Rettungsausrüstung und über die mitgeführten Schwimmwesten und Schlauchboote zu machen. In ähnlicher Weise ist auch ein Dauerflugplan aufgebaut.

11.8 DV-gestützte Flugplanung

Die Flugplanung wird heutzutage bei großen Luftverkehrsgesellschaften rechnergestützt durchgeführt. Nachfolgend werden zwei Beispiele aufgezeigt, die eine Kurz-/Mittelstreckenflugplanung und eine Langstreckenflugplanung darstellen. Die Begriffe Kurz-, Mittel- und Langstrecke sind abhängig vom Betrachtungsraum, und können regionsbedingt unterschiedliche Bedeutung haben. Unter einer Kurzstrecke versteht man in Europa eine Flugzeit von ca. 2 Stunden. Eine Mittelstrecke/Langstrecke zeichnet sich somit durch eine Flugzeit über 2 Stunden aus.

11.8.1 Kurzstreckenflugplanung

Die nachfolgend aufgezeigte Kurzstreckenflugplanung beschreibt den Flug mit einem Airbus A319 vom Verkehrsflughafen Frankfurt/Main (EDDF) zum Verkehrsflughafen Madrid Barajas (LEMD) anhand der rechnergestützten Dokumentation [45]. Der eigentliche Flugplan ist zum Zwecke der verbleibenden Dokumentation zweifach ausgeführt.

Die Flugplanung ist wie folgt aufgebaut:

Page 1 (oberer Teil) des Operational Flight plan (OFP):

Allgemeine Angaben wie: Flugnummer (LH116/27), Datum (27 Jun), Abflughafen, ICAO/IATA Code (EDDF/FRA), Zielflughafen, ICAO/IATA Code (LEMD/MAD), Höhe der Landebahnschwelle am Zielflughafen in ft (Elevation 1991), Registrierung des Flugzeuges (D-AILR), Abweichung von der Standard Performance, Zahlen über 100 = höherer Kraftstoffverbrauch, Zahlen unter 100 = niedrigerer Verbrauch (105,5), planmäßige Off-Block Zeit/angenommene „Airborne" Zeit (Off-Block + Taxi) (1340/1353), angenommene Landezeit/planmäßige On-Block Zeit (1603/1515), Flight Management System Company Route Designation (FMS), manuelle Eingabe für angenommene Zeiten (EST), Angabe des Kosten Index in Verbindung mit der ökonomischen Machzahl (COST INDEX 25), Kalkulierte Take-off Zeit (falls der Flug einen Slot benötigt) (CTOT), durchschnittliche Taxi-In Zeit am Zielflughafen in Minuten (TAXI-IN 12), Routen Code (Route FRAMAD2), manuelle Eingabe des Call Sign falls unterschiedlich von der OFP Flugnummer (ATS C/S DLH28 W), Eingabe für aktuelle Startzeit und Landezeit (ACT …/…), Gesamtdistance (TTL DIST 856), Reiseflugeschwindigkeit (Speed ECON), Beladung, angenommen/geplant (Load EST/PLN 14400/14400), Leertankmasse (hier als noch Gewicht bezeichnet) (ZFW EST 55740, PLN 55740), zusätzliche Kraftstoff (ADDFU 0L/0L), maximale Landemasse (hier noch als Gewicht bezeichnet) (LW MAL, maximal erlaubte Landemasse) 61000 PLN (geplante OFP Landemasse 58085), maximale Startmasse (hier noch als Gewicht bezeichnet, TOW), durchschnittlicher Kraftstoffffluss (AVGE FF 2545), durchschnittliche Windkomponente (AVGE M023, M = minus), manuelle Eingabe für aktuelle Leertankmasse und aktuelle Startmasse (ACT….), manuelle Eingabe für Take-off Alternative (TKOF ALTN ….), Flugplan Routing (Flight Plan Route, EDDF/18 – LEMD/18R), manuelle Notierung von Flugsicherungsfreigaben (CLEARANCES), RVSM = Reduced Vertical Separation Minima.

Page 1 (unterer Teil) des Operational Flight plan (OFP):

Daten zum Flugverlauf wie: Flugzeit in Minuten (TIME), kumulierte Flugzeit in Stunden und Minuten TTL), geplante/angenommene/tatsächliche Überflugzeiten (PTO, ETO, ATO) über Navigationsanlagen oder wichtige Punkte im Flugverlauf, wie „Top of Climb (TOC), Top of Descent (TOD)", Flugweg (Track), Flugfläche (Flight Level, LVL), Höhe der Tropopause (in 1.000 ft), Lufttemperatur (Outside Air Temperature, T), Mittlere Windrichtung/Windgeschwindigkeit (knots) (W/V), wahre Eigengeschwindigkeit (True Airspeed, TAS), Geschwindigkeit über Grund (Ground Speed, G/S), Flugverfahren

(Performance Proceduere, PRC), verbleibender Kraftstoff (Remaining Fuel, REFU), geplant (PLN) und aktuell (ACT), Startflughafen/Startbahn (EDDF/18), Daten zur Kalkulation des Flugweges zum Ausweichflughafen (ALTN), Ausweichflughafen mit geplanter Landebahn (LERL/10), Entfernung (DIST 128), Flugfläche (LVL 190), durchschnittliche Windkomponente (WC M022, M = minus), Flugzeit in Stunden und Minuten (TIME 0028), Kraftstoff (FUEL 1186), Routenbeschreibung vom Zielflughafen zum Ausweichflughafen (MONTO B42 ABEMO), Informationen für weitere Ausweichflughäfen (z. B. INFO/LEVC/12)

Page 2 des Operational Flight plan (OFP):

Bemerkungen (REMARKS), Reiseflugkraftstoff und Flugzeit (TRIP 5502 02.10), minimaler Reservekraftstoff und Zeit (MINCONT 171 00.04 LEZG), Kraftstoff, Zeit und ICAO Code für Ausweichflug (ALTN 1186 00.28 LERL), finaler Reservekraftstoff und Zeit (FINAL RES 988 00.30), geplanter Take-off Kraftstoff und Zeit (PLNOF 7847 03.12), manuelle Eingabe für zusätzlichen Kraftstoff und Zeit (EXTRA), manuelle Eingabe der Take-off Kraftstoff und Zeit (TOF), manuelle Eingabe für Rollkraftstoff (TAXI), manuelle Eingabe für Gesamtkraftstoff (BLOCK), Tankkapazität, basierend auf 0,8 Liter pro kg, manuelle Eingabe des verbleibenden Kraftstoffes am Zielflughafen (REM FUEL… AT….), Korrekturfaktor für Leertankmasse, angewandt auf den geplanten Take-off Kraftstoff, gültig für 1.000 kg der Differenz zwischen aktueller und geplanter Leertankmasse (ZFW CORR PS 1.000 PLNTOF PS 109 / MS 1.000 PLNTOF MS 105), Kraftstoffinformation/Zeit für Flug 2.000 ft unterhalb der geplanten Flugfläche (2.000 FT BELOW TRIP PS 40 / TIME 02.10), Kraftstoffinformation/Zeit für Flug 4.000 ft unterhalb der geplanten Flugfläche (2.000 FT BELOW TRIP PS 40 / TIME 02.10), ATS Flugplan korrespondiert mit OFP Routing (FF EUCHZMFP EUCBZMFP usw.)

Page 6/9 des Operational Flight plan (OFP):

Wetterinformationen für Start- und Zielflughafen (TAF's), für das Streckenwetter (SIGMET's), die Ausweichflughäfen (TAF's) am Zielort und die Ausweichflughäfen auf dem Flugweg (TAF's).

Page 10/11 des Operational Flight plan (OFP):

NOTAM (Notice to Airman). Anflugverfahren am Startflughafen (SID, STAR), Informationen über die Navigationsanlagen, Rollwege und Befeuerung des Start-/Landebahnsystem, DLH Company NOTAM.

Page 12/13 des Operational Flight plan (OFP):

NOTAM (Notice to Airman). Informationen über den Zielflughafen, Anflugverfahren, Fehlanflugverfahren, Navigationsanlagen, Anflugverfahren auf Ausweichflughäfen

Page 14/16 des Operational Flight plan (OFP):

NOTAM (Notice to Airman). Informationen über die Flughäfen auf dem Flugweg.

Page 17/20 des Operational Flight plan (OFP):

Informationen (Flugsicherungsinformationen) über Flugplätze in der Umgebung des Startflughafens, des Zielflughafens und der Ausweichflughäfen.

Die folgenden Seiten (Karten) dienen beispielhaft der Darstellung der *Wettersituation zwischen Start-/ und Zielflughafen*.

Die Abb. 11.32 und 11.33 zeigen die Significant Weather Chart's für FL 100 – FL 450, gültig für 12 Uhr (UTC) und 18 Uhr (UTC). Die Abb. 11.34, 11.35, 11.36 zeigen die Windfelder, d. h. Windrichtung und Windgeschwindigkeit in den Flugflächen FL 330, FL 370 und FL 410 zwischen EDDF und LEMD. Aus Abb. 11.37 sind die Verläufe der Isobaren (Hoch-/Tiefdruckgebiete) über Europa ersichtlich. Abbildung 11.38 zeigt das vertikale Flugprofil zwischen EDDF und LEMD, wobei den Flugflächen die Druckwerte (hPa) zugeordnet sind. Die Abb. 11.39, 11.40, 11.41, 11.42, 11.43 zeigen signifikante Wetter in den Flugflächen FL 250-630 sowie den Flugflächen FL100–FL 450 für das Fluggebiet EFFD-LEMD, jeweils für 12 Uhr und 18 Uhr (UTC).

LH1116/27/FRA/MAD/ Page 1

```
OFP      LH1116/27    27JUN EDDF/ FRA  LEMD/ MAD   ELEVATION    1991
8        DAILR  (105.5)     1340/1353  1603/1615   FMS
                      EST ..../....  ..../....   COST INDEX     25
                      CTOT     ....  TAXI IN 12  ROUTE     FRAMAD2
ATS C/S  DLH28W       ACT ..../....  ..../....   TTL DIST      856
                                                 SPEED        ECON
       LOAD     ZFW   ADDFU           LW     TOW   AVGE FF      2545
EST   14400   55740      0L   MAL  61000   70000   AVGE WC      M023
PLN   14400   55740      0L   PLN  58085   63587

ACT  ......  ......              ......  ......   TKOF ALTN .......
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
FLIGHT PLAN ROUTE
-EDDF/18 F370 SOBRA3S SOBRA Y180 NISIV UY180 DIK UN857 DIRMO UN10
 BAN LEMD/18R
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
CLEARANCES                                          RVSM ALT CHK



--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
TIME              TRK  DIST                          TAS  G/S  PRC  REFU
TTL   POSITION         TTL  LVL  TP  T   W/V                        PLN
PTO   ETO  ATO
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
....  EDDF/18                   37 P10 26/007                 .... ....
   8                    39  CLB
0008  SOBRA              0039       37 P06 27/019                    6.8
....  .... ....                                                .... ....
  15                    108                                   300
0023  T O C              0147  370  37 -38 26/025                780   5.8
....  .... ....                                                .... ....
   7            T254     48                          452  427  783
0030  GIMER             0195       37 -54 24/028                    5.5
....  .... ....                                                .... ....
  24             207     174                          453  432  781
0054  DIRMO             0369       36 -53 25/032                    4.6
....  .... ....                                                .... ....
  25             214     180                          454  428  783
0119  SAU               0549       36 -51 24/036                    3.6
....  .... ....                                                .... ....
  15             216     105                          456  422
0134  THUNE             0654       37 -50 24/038                    3.0
....  .... ....                                                .... ....
  14             201      96                          457  425  782
0148  T O D             0750       39 -49 23/025                    2.4
....  .... ....                                                .... ....
   4                     30  DES
0152  BAN               0780          P12 22/013                    2.4
....  .... ....                                                .... ....
  18                     76                                   760
0210  LEMD/18R          0856                                   280   2.2

--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------

      ALTN      DIST  LVL   WC TIME   FUEL VIA
      LERL/10    128  190 M008 0028   1186 MONTO B42 ABEMO
 INFO/LEVC/12    185  220 P004 0036   1499 NANDO W107 CLS DCT
                           P0008   P330
 INFO/LEZG/12L   217  240 P012 0040   1666 PINAR DCT TUMIL
                           P0012   P491
 INFO/LEZL/27    225  250 M016 0043   1820 MONTO UN857 HIJ
                           P0016   P652

--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
```

LH1116/27/FRA/MAD/ Page 2

```
REMARKS:
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------

TRIP        5502  02.10                .....  .....

MINCONT      171  00.04  LEZG          .....  .....

ALTN        1186  00.28  LERL          .....  .....  ....

FINAL RES    988  00.30                .....  .....

PLNTOF      7847  03.12                .....  ..... SEVEN EIGHT FOUR

DIFF       .....  .....

PLNTOF     .....  .....  (CORRECTED)

EXTRA      ......  .....  POSS   2915L .....  .....

TOF        ......  .....                .....  .....

TAXI        ....            156/00.13  .....

BLOCK      ......          TCAP  18728  .....  REM FUEL ...... AT ....

ZFW CORR PS 1000 PLNTOF PS  109 / MS 1000 PLNTOF MS 105
2000 FT BELOW     TRIP   PS 40   / TIME 02.10
4000 FT BELOW     TRIP   PS 138  / TIME 02.10
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
ANALYSED EXTRA FUEL SUMMARY
MEAN VALUE MS 65       EF90 PS 235         EF99 PS 477
                              CONSIDERED FLIGHTS 627
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------

NO TANKERING RECOMMENDED (P)

LOSS FOR EXTRA FUEL:   23 US$/TO

PREP BY  A.O.S.                COMMANDER ..........................
         (TEL.NR. 49 69 696 3142)
          SITA: FRAOWLH


FF EUCHZMFP EUCBZMFP
       EDDFDLHD
AD LEMDZPZX
(FPL-DLH28W-IS
-A319/M-SDIPRWY/S
-EDDF1340
-N0451F370 SOBRA3S SOBRA Y180 NISIV UY180 DIK UN857 DIRMO UN10 BAN
-LEMD0200 LERL
-EET/EDUU0011 EBUR0017 LFFF0022 LECM0134 REG/DAILR OPR/DLH
 DOF/110627 RVR/200 RMK/TCAS)
```

LH1116/27/FRA/MAD/ Page 3

```
OFP       LH1116/27    27JUN EDDF/ FRA  LEMD/ MAD   ELEVATION    1991
8         DAILR  (105.5)     1340/1353  1603/1615   FMS
                         EST ..../....  ..../....   COST INDEX     25
                         CTOT     ....  TAXI IN 12  ROUTE     FRAMAD2
ATS C/S  DLH28W          ACT ..../....  ..../....   TTL DIST      856
                                                    SPEED        ECON
        LOAD     ZFW   ADDFU           LW     TOW   AVGE FF      2545
EST   14400   55740      0L   MAL  61000   70000   AVGE WC      M023
PLN   14400   55740      0L   PLN  58085   63587

ACT  ......  ......              ......  ......   TKOF ALTN .......
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
FLIGHT PLAN ROUTE
-EDDF/18 F370 SOBRA3S SOBRA Y180 NISIV UY180 DIK UN857 DIRMO UN10
 BAN LEMD/18R
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
CLEARANCES                                          RVSM ALT CHK



--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
TIME              TRK  DIST                          TAS  G/S  PRC  REFU
TTL   POSITION         TTL  LVL  TP  T   W/V                        PLN
PTO   ETO  ATO
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
....  EDDF/18                   37 P10 26/007                 .... ....
   8                    39  CLB
0008  SOBRA              0039       37 P06 27/019                    6.8
....  .... ....                                                .... ....
  15                    108                                    300
0023  T O C              0147  370  37 -38 26/025              780   5.8
....  .... ....                                                .... ....
   7            T254     48                          452  427  783
0030  GIMER               0195       37 -54 24/028                    5.5
....  .... ....                                                .... ....
  24             207     174                          453  432  781
0054  DIRMO              0369       36 -53 25/032                    4.6
....  .... ....                                                .... ....
  25             214     180                          454  428  783
0119  SAU                0549       36 -51 24/036                    3.6
....  .... ....                                                .... ....
  15             216     105                          456  422
0134  THUNE              0654       37 -50 24/038                    3.0
....  .... ....                                                .... ....
  14             201      96                          457  425  782
0148  T O D              0750       39 -49 23/025                    2.4
....  .... ....                                                .... ....
   4                     30  DES
0152  BAN                0780           P12 22/013                   2.4
....  .... ....                                                .... ....
  18                     76                                     760
0210  LEMD/18R           0856                                   280   2.2

--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------

      ALTN       DIST  LVL   WC TIME   FUEL VIA
      LERL/10     128  190 M008 0028   1186 MONTO B42 ABEMO
 INFO/LEVC/12     185  220 P004 0036   1499 NANDO W107 CLS DCT
                           P0008   P330
 INFO/LEZG/12L    217  240 P012 0040   1666 PINAR DCT TUMIL
                           P0012   P491
 INFO/LEZL/27     225  250 M016 0043   1820 MONTO UN857 HIJ
                           P0016   P652

--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
```

LH1116/27/FRA/MAD/ Page 4

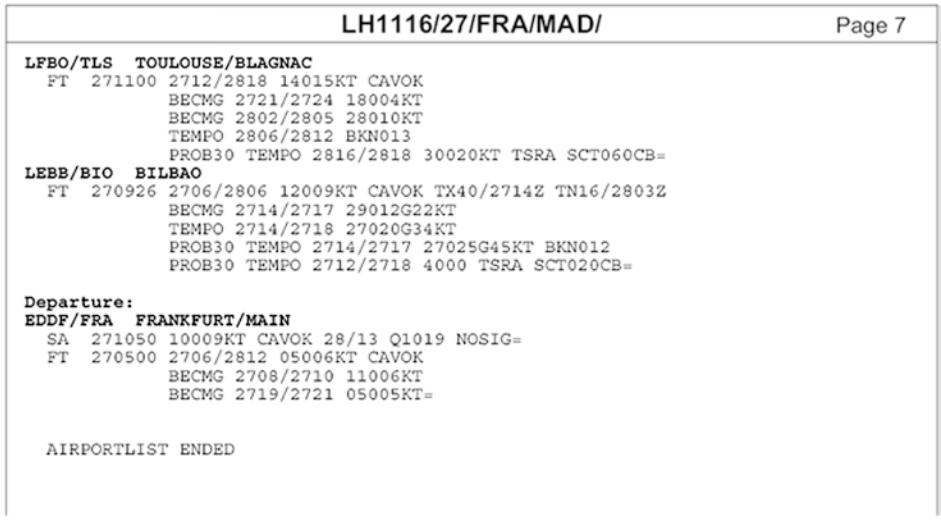
```
REMARKS:
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------

TRIP        5502  02.10                .....  .....

MINCONT      171  00.04  LEZG          .....  .....

ALTN        1186  00.28  LERL          .....  .....  ....

FINAL RES    988  00.30                .....  .....

PLNTOF      7847  03.12                .....  ..... SEVEN EIGHT FOUR

DIFF       .....  .....

PLNTOF     .....  .....  (CORRECTED)

EXTRA      ......  .....  POSS   2915L .....  .....

TOF        ......  .....                .....  .....

TAXI        ....            156/00.13  .....

BLOCK      ......          TCAP  18728  .....  REM FUEL ...... AT ....

ZFW CORR PS 1000 PLNTOF PS  109 / MS 1000 PLNTOF MS 105
2000 FT BELOW     TRIP   PS 40   / TIME 02.10
4000 FT BELOW     TRIP   PS 138  / TIME 02.10
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
ANALYSED EXTRA FUEL SUMMARY
MEAN VALUE MS 65      EF90 PS 235         EF99 PS 477
                            CONSIDERED FLIGHTS 627
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------

NO TANKERING RECOMMENDED (P)

LOSS FOR EXTRA FUEL:   23 US$/TO

PREP BY  A.O.S.                COMMANDER ..........................
         (TEL.NR. 49 69 696 3142)
          SITA: FRAOWLH


FF EUCHZMFP EUCBZMFP
       EDDFDLHD
AD LEMDZPZX
(FPL-DLH28W-IS
-A319/M-SDIPRWY/S
-EDDF1340
-N0451F370 SOBRA3S SOBRA Y180 NISIV UY180 DIK UN857 DIRMO UN10 BAN
-LEMD0200 LERL
-EET/EDUU0011 EBUR0017 LFFF0022 LECM0134 REG/DAILR OPR/DLH
 DOF/110627 RVR/200 RMK/TCAS)
```

LH1116/27/FRA/MAD/ Page 5

```
--- ATS-FPL

FF EUCHZMFP EUCBZMFP
       EDDFDLHD
AD LEMDZPZX
(FPL-DLH28W-IS
-A319/M-SDIPRWY/S
-EDDF1340
-N0451F370 SOBRA3S SOBRA Y180 NISIV UY180 DIK UN857 DIRMO UN10 BAN
-LEMD0200 LERL
-EET/EDUU0011 EBUR0017 LFFF0022 LECM0134 REG/DAILR OPR/DLH
 DOF/110627 RVR/200 RMK/TCAS)
```

LH1116/27/FRA/MAD/ Page 6

```
--- Airport WX List

EDDF --> LEMD    LH  1116
LIDO/WEATHER SERVICE       DATE :             TIME :

AIRMETs:
  No Wx data available

SIGMETs:
  No Wx data available

Canadian Domestic SIGMETs:
  No Wx data available

US Convective SIGMETs:
  No Wx data available

Tropical Cyclone SIGMETs:
  No Wx data available

Volcanic Ash SIGMETs:
  No Wx data available

Volcanic Ash Advisories:
  No Wx data available

Tropical Cyclone Advisories:
  No Wx data available

Destination:
LEMD/MAD  MADRID/BARAJAS
  SA  271100 16004KT 080V230 CAVOK 33/12 Q1019 NOSIG=
  FT  270500 2706/2806 17007KT CAVOK TX39/2715Z TN21/2805Z=

Destination Alternates:
LERL/CQM  CIUDAD REAL/CENTRAL
  SA  271100 21005KT 100V260 CAVOK 33/07 Q1019=
  FC  270800 2709/2718 VRB05KT CAVOK=
LEVC/VLC  VALENCIA/MANISES
  SA  271100 14007KT 080V170 CAVOK 29/17 Q1019 NOSIG=
  FT  270500 2706/2806 VRB03KT CAVOK TX29/2710Z TN19/2706Z
             BECMG 2710/2712 12010KT
             BECMG 2719/2721 VRB03KT=
LEZG/ZAZ  ZARAGOZA
  SA  271100 09011KT 050V140 CAVOK 32/13 Q1017=
  FT  270500 2706/2806 11010KT CAVOK TX38/2716Z TN20/2706Z
             PROB30 TEMPO 2712/2720 11010G20KT FEW040TCU=
LEZL/SVQ  SEVILLE/SAN PABLO
  SA  271100 VRB02KT CAVOK 33/09 Q1015 NOSIG=
  FT  270500 2706/2806 24006KT CAVOK TX40/2716Z TN24/2806Z=

Enroute Alternates:
EDFH/HHN  FRANKFURT/HAHN
  FT  270500 2706/2806 13010KT CAVOK=
LFPG/CDG  PARIS/CHARLES DE GAULLE
  FT  271100 2712/2818 12007KT CAVOK
             PROB30 TEMPO 2720/2815 VRB05G35KT -TSRA BKN050CB
             BECMG 2806/2808 30005KT TX35/2715Z TN22/2804Z=
LFPO/ORY  PARIS/ORLY
  FT  271100 2712/2818 16007KT CAVOK
             BECMG 2718/2720 SCT060TCU
             PROB30 TEMPO 2720/2801 12017G32KT 6000 TSRA SCT012
             BKN035CB
             BECMG 2801/2803 SCT060TCU
             BECMG 2807/2809 33008KT
             TEMPO 2807/2818 30020G35KT 6000 SHRA BKN040TCU
             PROB40 TEMPO 2808/2816 TS BKN035CB=
```

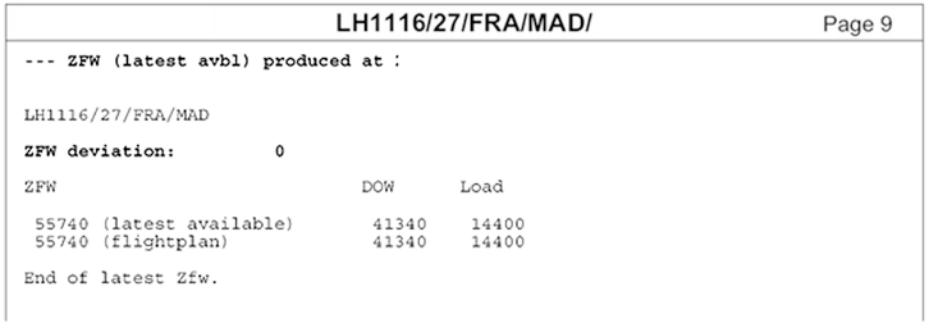


LH1116/27/FRA/MAD/ Page 7

```
LFBO/TLS  TOULOUSE/BLAGNAC
  FT  271100 2712/2818 14015KT CAVOK
             BECMG 2721/2724 18004KT
             BECMG 2802/2805 28010KT
             TEMPO 2806/2812 BKN013
             PROB30 TEMPO 2816/2818 30020KT TSRA SCT060CB=
LEBB/BIO  BILBAO
  FT  270926 2706/2806 12009KT CAVOK TX40/2714Z TN16/2803Z
             BECMG 2714/2717 29012G22KT
             TEMPO 2714/2718 27020G34KT
             PROB30 TEMPO 2714/2717 27025G45KT BKN012
             PROB30 TEMPO 2712/2718 4000 TSRA SCT020CB=

Departure:
EDDF/FRA  FRANKFURT/MAIN
  SA  271050 10009KT CAVOK 28/13 Q1019 NOSIG=
  FT  270500 2706/2812 05006KT CAVOK
             BECMG 2708/2710 11006KT
             BECMG 2719/2721 05005KT=


  AIRPORTLIST ENDED
```

LH1116/27/FRA/MAD/ Page 8

```
--- Dispatch Info

D I S P A T C H  B R I E F I N G  I N F O    LH1116    EDDF/LEMD
```



LH1116/27/FRA/MAD/ Page 9

```
--- ZFW (latest avbl) produced at :


LH1116/27/FRA/MAD

ZFW deviation:          0

ZFW                              DOW       Load

 55740 (latest available)         41340     14400
 55740 (flightplan)               41340     14400

End of latest Zfw.
```

LH1116/27/FRA/MAD/ Page 10

```
--- NOTAM produced at                  UTC ---

LIDO-NOTAM-BULLETIN INCLUDES NOTAM, COMP NOTAM AND AIP-REGULATION
VALID: 1106271340 - 1106271930  STD(EOBT)+TRIP+ALTN+3HRS
DLH1116 /27JUN      OFP-NR: 08
ROUTE:    EDDF - LEMD   ALTN: LERL LEVC LEZG LEZL
N0451F370 SOBRA3S SOBRA Y180 NISIV UY180 DIK UN857 DIRMO UN10 BAN


================================
DEPARTURE AIRPORT - DETAILED INFO
================================

EDDF /FRA   FRANKFURT/MAIN
-------------------------

++++++++++++++++++++++ APPROACH PROCEDURE ++++++++++++++++++++++++

1A1092/11                                  VALID: 23-MAR-11 1232 - UFN
  OCA(H) CHANGED AS FOLLOWS:
  ILS/DME RWY 25L CAT II, ACFT CAT C 444 (82), D 457 (95), DL 457
  (95)FT. AIP AD 2 EDDF 4-2-2 REFERS.
1A972/10                                   VALID: 30-MAR-10 0542 - UFN
  LO FRANKFURT FR 297 KHZ, COVERAGE REDUCED 13NM SECTOR 060-210 DEG,
  14NM SECTOR 210-280 DEG, 16NM SECTOR 280-060 DEG.
1A275/10                                   VALID: 01-FEB-10 0839 - UFN
  ILS 25L LIMITED USE IN NORTHERN SECTOR BELOW 5000FT. ONLY USABLE
  UP TO 23 DEG.

++++++++++++++++++++++++++++ AIRPORT ++++++++++++++++++++++++++++

1I344/11                     VALID: 27-JUN-11 1632 - 28-JUN-11 1636
  GPS RAIM UNAVAILABLE FOR APPROACH AND DEPARTURE PROCEDURES
   06271632 TIL 06271640
   06281628 TIL 06281636
1A2358/11                                  VALID: 24-JUN-11 0804 - UFN
  OBSTACLE CLEARANCE SURFACE PENETRATED BY CONSTRUCTION EQUIPMENT.
  CONSTRUCTION EQUIPMENT IN DEPARTURE SECTOR.
  POSITION 1020M BEHIND DEPARTURE END OF RWY 25R AND 185M SE OF EXTD
  RCL. 500139N 0083117E ELEV 378FT/52FT GND. NOT
  MARKED/LIGHTED.
  ******** LIDO PERFORMANCE REMARK ********
  OBST IN TKOF SECTOR OF EOSID RWY 25R DISTANCE FROM B/R 5020M, ELEV
  378FT MSL. SEE NTM CASE A1121/11 IN EFB TILL NEXT UPDTE
1A2326/11                                  VALID: 22-JUN-11 1316 - UFN
  PARKING PSN F237 RELOCATED ON NEW COORDINATES:
  N 50 02 15,5637 E 008 31 38,9873. ALL ACFT HAVE TO BE GUIDED IN BY
  MARSHALLER.
1A1992/11                    VALID: 31-MAY-11 1000 - 11-JUL-11 1000
  TWY N8 NORTH OF TWY N RESTRICTED TO ACFT WITH MAX WINGSPAN OF 36M.
  ACFT WITH WINGSPAN GREATER THAN 36M OPERATING TO AND FROM PARKING
  PSN A94, A92, A22, A18 AND A16 HAVE TO FOLLOW MARSHALLER.
1A1991/11                    VALID: 31-MAY-11 1000 - 11-JUL-11 1000
  TWY N8 AND TWY N7 NORTH OF TWY N RESTRICTED TO USE WITH MARSHALLER
  ONLY DURING NIGHT AND CAT 2/3 OPERATION.
1A1996/11                                  VALID: 31-MAY-11 0840 - UFN
  MOBILE CRANE ERECTED IN DEPARTURE SECTOR 25R.
  POSITION 1130M IN FRONT OF THR 07L AND 100M SE OF EXTENDED RCL.
  MAX ELEV 378FT/53FT AGL. NOT MARKED AND NOT LIGHTED.
  *** LIDO PERFORMANCE RMK ***
  OBST IN TKOF SECTOR OF EOSID RWY 25R:
  TKOF 25R: DISTANCE FROM B/R 5130M, ELEV 378FT MSL.
  COVERED BY A2358/11 WHICH IS AVBL IN EFB
1A1990/11                                  VALID: 31-MAY-11 0534 - UFN
  SEVERAL CRANES IN DEP SECTOR RWY 07R ERECTED. PSN 4580M BEHIND DER
  RWY 07R AND 310M SE EXT RCL. ELEV 583FT/214FT AGL. NOT MARKED AND
  LIGHTED.
  ***** LIDO PERFORMANCE REMARK *****
  OBST IN TKOF SECTOR OF EOSID RWY 07R DISTANCE FROM B/R 8580M, ELEV
  583FT MSL.DATA AVBL IN EFB.
```

LH1116/27/FRA/MAD/ Page 11

```
++++++++++++++++++++++++++ COMPANY NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CO97/11                        VALID:
  DLH COMPANY NOTAM C/O/0097/11
  **********FMS INFO**********
  EDDF/FRANKFURT-MAIN PSA TRANSITION 07
  DUE TO LEGAL BINDING THE DIFFERENCE BETWEEN CHART AND TEXT
  DESCRIPTION OF THE PSA TRANSITION TO RWY 07 IN OFFICIAL
  PUBLICATIONS CHARLIE VOR CHA 115.50 IS NOT MENTIONED IN THE FMS
  SEQUENCE OF PSN07N AND PSN07S.
CO59/11                        VALID: 15-MAR-11 1433 - 29-JUN-11 2359
  DLH COMPANY NOTAM C/O/0059/11
  **********FMS-INFO**********
  REF FMS NAVDB WEF 10MAR11
  EDDF/FRANKFURT
  ALL STARS + TRANSITIONS WITH NEW CODED PROCEDURES HAVE NO SPEED
  LIMIT POINT ANY MORE. THEREFORE CHECK SPEED IN FMS ALONG RNAV
  ROUTE FOR APPROPRIATE TURN RADIUS.
  ALSO THE CROSSING ALTITUDES FOR SPECIFIC POINTS IN THE TRANSITION
  ROUTES ARE NO LONGER IN USE. MINIMUM IFR CRUISING ALTITUDES FOR
  THE ROUTE SEGMENTS ARE PUBLISHED AND CODED.

++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CC104/11 - CHART NOTAM         VALID: 23-JUN-11 0000 - 29-JUN-11 2359
  AMDB STAND F237:
  PARKING PSN F237 RELOCATED ON NEW COORDINATES:
  N 50 02 15,5637 E 008 31 38,9873
CC103/11 - CHART NOTAM                 VALID: 20-JUN-11 0000 - UFN
  AMDB WIP AREA WEST OF RWY 18:
  WIP WEST OF RWY 18 FINISHED,
  DE-ICING PADS DP1 AND DP2 WEST, DP2 CENTER, DP2 EAST ESTABLISHED
  DE-ICING PADS DP EAST AND DP WEST NOT PERMITTED FOR A388,
  A346 AND B773.
  TWY W AND W3 IN OPERATION
CC102/11 - CHART NOTAM                 VALID: 16-JUN-11 0000 - UFN
  AMDB TWY S3:
  TWY S3 LINKING TWY S AND R EAST OF R3 IN OPERATION
CC101/11 - CHART NOTAM                 VALID: 16-JUN-11 0000 - UFN
  AMDB TWY S4:
  TWY S4 LINKING TWY S AND R SOUTH OF R3 IN OPERATION
CC100/11 - CHART NOTAM         VALID: 15-JUN-11 0000 - 29-JUN-11 2359
  AOI ARRIVAL NAP:
  PROCEDURE TEXT 2200-0400 CHANGED:
  CORRSPONDING FMS POINTS ARE DF622/DF652 ISO DF022/DF052.
CC99/11 - CHART NOTAM          VALID: 15-JUN-11 0000 - 29-JUN-11 2359
  AOI ARRIVAL:
  NOISE ABATEMENT PROCEDURE:
  WPTS ON SECOND PARAGRAPH SHOULD READ,
  DF622/DF652 ISO DF022/DF052.
CC98/11 - CHART NOTAM          VALID: 15-JUN-11 0000 - 29-JUN-11 2359
  AOI OPERATION:
  TWY RESTRICTIONS:
  A340-600, B777-300, A380-800: TWY N-EAST NOW ALSO PERMITTED.
CC90/11 - CHART NOTAM          VALID: 10-MAY-11 0000 - 13-JAN-12 2359
  AOI TRIAL NAP DEP:
  DEDICATED RWY OPS
  - IN USE ON ODD DAYS BETWEEN 2300-0500 LT.
  - RWY 25 IN USE: ALLOCATION OF SIDS 25L/R , NO TKOF 18.
  - RWY 07 IN USE: ALLOCATION OF SIDS S/L/U/R OF RWY 18.
  NO TKOF 07.
  - EXCEPTIONS BY ATC.
  - IN ORDER TO ACHIEVE GREATER HEIGHT ON THE FIRST MILES AFTER
  TKOF SEE SID/SIDPT FOR ADDITIONAL SPEED/ALT RESTRICTIONS.
CC81/11 - CHART NOTAM                  VALID: 15-DEC-10 0000 - UFN
  AGC WIP NEW RWY:
  NEW RWY/TWY SYSTEM UNDER CONSTRUCTION APPROX. 900M NORTH
  OF THR 18.
```

LH1116/27/FRA/MAD/ Page 12

```
CC83/11 - CHART NOTAM                    VALID:
  AOI ARRIVAL SPEED RESTRICTION:
  IN ORDER TO REDUCE NOISE BETWEEN 2300-0500 LT:
  MAX IAS 250 KT IN TMA FRANKFURT BELOW FL100.
  REGULATION WILL BE SUSPENDED IF HIGHER SPEED REQUIRED FOR
  SAFETY OR TRAFFIC HANDLING.
  INFORM ATC ABOUT SPEED DEVIATIONS.

==================================
DESTINATION AIRPORT - DETAILED INFO
==================================

LEMD /MAD   MADRID/BARAJAS
--------------------------

++++++++++++++++++++++++++++++ RUNWAY ++++++++++++++++++++++++++++++

1B3694/11                                VALID: 24-MAY-11 0859 - UFN
  REF AD 2-LEMD IAC/10, ILS RWY33R, AND AD 2-LEMD IAC/11, LOC
  RWY33R, INCLUDE IN FIRST AND SECOND TURN OF THE MISSED APPROACH
  TEXT THE SPEED RESTRICTION -TURNING IAS MAX 185KT- TO READ:
  MISSED APPROACH: CONTACT ATC BEFORE REACH 4000FT AND CONTINUE
  ACCORDING TO THE INSTRUCTIONS.
  CLIMB ON RUNWAY HEADING TO 3.8 DME ILS. TURN RIGHT (TURNING IAS
  MAX 185KT) TO FOLLOW MAGNETIC HEADING 347 DEG TO 6.7 DME ILS.
  TURN LEFT (TURNING IAS MAX 185KT) TO FOLLOW R-322 SSY TO 6.8 DME
  SSY. TURN LEFT (TURNING IAS MAX 210KT) TO INTERCEPT AND FOLLOW
  R-234 CNR TO 10.2 DME CNR. TURN LEFT DIRECT TO NDB GE TO JOINING
  THE HOLDING PATTERN AT 6000FT.

++++++++++++++++++++++ APPROACH PROCEDURE ++++++++++++++++++++++

1E1652/11                                VALID: 08-MAY-11 2009 - UFN
  RWY33L ILS LOC SIGNAL OSCILLATIONS BEYOND 31 DEG AT RIGHT OF RCL
  BTN 7NM AND 17NM AT 3000FT AMSL OR BLW.
1E1360/11                     VALID: 14-APR-11 1440 - 14-JUL-11 1200
  DVOR RBO 113.950MHZ COVERAGE RESTRICTIONS RDL012 AWY B-11
  FL100 COVERAGE 54NM
  FL110 COVERAGE 60NM
  FL120 COVERAGE 64NM

================================
DESTINATION ALTERNATE AIRPORT(S)
================================

LERL /CQM   CIUDAD REAL/CENTRAL
-------------------------------

++++++++++++++++++++++ APPROACH PROCEDURE ++++++++++++++++++++++

1E560/11                                 VALID: 16-FEB-11 0937 - UFN
  RWY10 ILS CAT III DOWNGRADED TO CAT I.

LEVC /VLC   VALENCIA/MANISES
----------------------------

++++++++++++++++++++++ APPROACH PROCEDURE ++++++++++++++++++++++

1E2132/11                                VALID: 10-JUN-11 1245 - UFN
  RESTRICTIONS TO VOR/DME CLS 117.550MHZ/CH122Y:
  - RDL-350 VOR COVERAGE AT FL085 BTN 31NM AND 27NM DME, AT FL100 FM
    43NM AND 32NM DME (AWY R-29)
  - RDL-169 NOT AVBL BLW FL100 (AWY R-29)
  - RDL-301 VOR COVERAGE AT FL075 FM 22NM AND AT FL085 FM 25NM
    (AWY A-33)
1B4023/11                                VALID: 06-JUN-11 1535 - UFN
  REF AD 2-LEVC IAC/9, L RWY30
  IN TABLA OCA/H:
  MODIFY IN STA 2.5 PER CENT TO READ 600 (430)
  (SEE NOTAM B4021/11)
```

LH1116/27/FRA/MAD/ Page 13

```
1E1312/11                                VALID: 12-APR-11 0913 - UFN
  RWY30 LM B: POSSIBLE OSCILATIONS +/-6 DEGREES BTN IF AND 3NM DME
  VLC (SEE AD 2-LEVC IAC/9, L RWY30)
SX6/11                                   VALID: 10-MAR-11 0000 - UFN
  SX006/11 SUPPLEMENT RESTRICTION
  VALENCIA TMA - VOR/DME VLC OTS.
  VALIDITY: 10MAR11/30JUN11 EST.
  THE FOLLOWING PROC WILL BE AFFECTED:
  AWY: VOR/DME VLC WILL BE REPLACED BY THE REPORTING POINT VALEB
  WITH THE SAME COORDINATES THAN THE VOR/DME VLC.
  ATS AWY (A33, A34,B28, G30, G850, W850) ONLY WILL BE USED BY ACFT
  WITH B-RNAV APPROVAL.
  LEVC/VLC/VALENCIA/MANISES AD:
  - SID, STAR, ILS AND LOC RWY 12/30 PROC WILL BE CHANGED.
  - PROC NOT AVBL: RWY 12: VOR A, VOR Z. RWY 30: VOR AND L.
  LEAL/ALC/ALICANTE AD:
  - PROC NOT AVBE:SID RWY 10: VLC3A. SID RWY 28: VLC2D.
  FOR SID SOPET1G RWY10 AND SOPET1F RWY28, THE POINT SOPET WILL BE
  DEFINED AS 045O SGO / 46.0 DME CLS.
  - THE STAR PROC WILL BE CHANGED.
  LEIB/IBZ/IBIZA AD:
  - FOR STAR NINOT4V, IN THE SEGMENT DELIMITED BETWEEN NINOT
  AND 30.9 DME IBA RADAR SURVEILLANCE WILL BE PROVIDED.

++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CC29/11 - CHART NOTAM                    VALID: 06-JUN-11 0000 - UFN
  ALL TEMPO CHARTS:
  CHECK TEMPO CHARTS DISTRIBUTED FOR THIS AD.
CC15/11 - CHART NOTAM                    VALID: 07-APR-11 0000 - UFN
  AGC STOPBARS:
  NEW STOPBAR INSTALLED ON TWY M4 W OF GATE J
CC14/11 - CHART NOTAM                    VALID: 07-APR-11 0000 - UFN
  AGC TWYDESG:
  APRON R4 ALSO CALLED TWY M4.
  TWY TO APRON N OF M4 (PROLONGATION OF M3 NOW CALLED M5.
CC34/10 - CHART NOTAM                    VALID: 18-NOV-10 0000 - UFN
  AGC APC WIP:
  EXTENSION OF APRON NORTH AND SOUTH. WIP NORMALLY OUTSIDE
  OPERATING HOURS. FOR EXACT DATE,TIME AND OPERATIONAL
  OCURRENCE CHECK NOTAM.
  WIP ESTIMATED UNTIL 31 JUL 2011.

LEZG /ZAZ   ZARAGOZA
--------------------

++++++++++++++++++++++ APPROACH PROCEDURE ++++++++++++++++++++++

1B3377/11                                VALID: 10-MAY-11 0920 - UFN
  RWY12L GCA PAR NOT AVBL

++++++++++++++++++++++++++++ AIRPORT ++++++++++++++++++++++++++++

1B4255/11                                VALID: 17-JUN-11 0823 - UFN
  MIL FIRE FIGHTING AND RESCUE SERVICE DOWNGRADED
  TO CAT 7

++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CC1/11 - CHART NOTAM                     VALID: 07-APR-11 0000 - UFN
  SID STAR VOR/DME CALAMOCHA:
  VOR/DME CMA U/S.
  RAD MONITORING PROVIDED FOR AFFECTED SID/STAR.
  ESTIMATED UNTIL 25 AUG 2011.
CC24/10 - CHART NOTAM                    VALID: 26-AUG-10 0000 - UFN
  AFC IAC RWY 12L/30R:
  PAPI SUPPLEMENTED ON BOTH SIDE OF RWY.
```

LH1116/27/FRA/MAD/ Page 14

LEZL /SVQ SEVILLE/SAN PABLO

NIL

==========
ENROUTE AIRPORT(S)
==========

EDFH /HHN FRANKFURT/HAHN

++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++

CC3/11 - CHART NOTAM VALID: 05-MAY-11 0000 - UFN
AGC INT. TKOF:
INT. TKOF POSITION D: **TORA** CHANGED TO 1900M / 6230FT.

LFPG /CDG PARIS/CHARLES DE GAULLE

++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++

CC105/11 - CHART NOTAM VALID: 23-JUN-11 0000 - UFN
SID, SIDPT ALL RANUX AND EVX SIDS:
ALL RANUX AND EVX SIDS INITIAL FREQ READ: 124.350
CC102/11 - CHART NOTAM VALID: 22-JUN-11 0000 - 06-JUL-11 2359
AOI TAXI PARKING:
THE SENTENCE:
... MUST NEVER CROSS **RWY 08L/27R**...
SHOULD READ:
... MUST NEVER CROSS 08L/26R...
CC97/11 - CHART NOTAM VALID: 22-JUN-11 0000 - UFN
IAC EU OPS MINIMA NOTE:
-AMEND TIMING NA-
IF SHOWN IN REMARKS LINE OF MINIMA BOX TO READ:
-TIMING TO DETERMINATE MAPT NA-
CC76/11 - CHART NOTAM VALID: 20-JUN-11 0000 - 25-JUL-11 2359
AGC APC WIP TWY:
PHASE 1 UNTIL JUL 10:
- **TWY UC4**, UC5 AND C (BETWEEN UC3 AND UC6 EXCLUDED) **CLSD**.
PHASE 2 JUL 11 - JUL 25:
- **TWY U** (BETWEEN UC5 AND UC6 EXCLUDED) **CLSD**.
CC72/11 - CHART NOTAM VALID: 02-JUN-11 0000 - UFN
APC TERMINAL S3:
STANDS L01 - L23 **WITHDRAWN** AND REPLACED BY K53, K59, K65 AND
K71 (FROM NORTH TO SOUTH).
CC62/11 - CHART NOTAM VALID: 05-MAY-11 0000 - 18-NOV-11 2359
AGC WIP TWY:
WORK AT DEFROSTING AREA THR 27L:
PHASE 1: MAY 05 0000 TO AUG 14 2359: **TWY BD18** AND **TWY B** BETWEEN
TWY BD 14 AND BD 19 (EXCL) **CLOSED**
PHASE 2: AUG 15 0000 TO NOV 18 1700: **TWYS** Y10, K6 (N AND S),
BD 18 AND D BETWEEN BD14 AND K7 (EXCL) **CLOSED**
PHASE CHANGE ANNOUCED BY NOTAM
CC53/11 - CHART NOTAM VALID: 07-APR-11 0000 - UFN
APC APRON K:
ADD STANDS K61 AND K67 FACING WEST.
CC42/11 - CHART NOTAM VALID: 07-APR-11 0000 - 16-DEC-11 2359
APC WIP APRON I FEDEX:
TWY AXIS EM5 REMOVED 30M TO THE WEST. USE OF **TWY EM5** EAST OF
STANDS I20-I27 **LIMITED** TO ACFT **CAT D**.
CC35/11 - CHART NOTAM VALID: 26-JAN-11 0000 - UFN
ALL NDBS **WITHDRAWN**:
FOLLOWING **NDB** ARE **WITHDRAWN**: CGO, CGZ, RSO AND RSY.

LFPO /ORY PARIS/ORLY

++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++

LH1116/27/FRA/MAD/ Page 15

```
CC51/11 - CHART NOTAM         VALID: 20-JUN-11 0000 - 06-JUL-11 2359
  AOI TKOF20:
  TKOF RWY 20: DUE TO LACK OF VIS MEASUREMENT UP TO THE PILOT TO
  ESTIMATE RVR AT THR.
CC50/11 - CHART NOTAM         VALID: 20-JUN-11 0000 - 06-JUL-11 2359
  AOI COM:
  ARRIVAL/DEPARTURE PROC CHANGED:
  REPORT TYPE OF ACFT AT INITIAL CONTACT WITH WINGSPAN ABOVE
  63M ISO 60M.
CC46/11 - CHART NOTAM                     VALID: 01-JUN-11 0000 - UFN
  APC CARGO APRON:
  - STANDS G30/40/50 WITHDRAWN.
  - STANDS G74/75 NOW FACING EAST.
CC35/11 - CHART NOTAM                     VALID: 07-APR-11 0000 - UFN
  APC STAND:
  PARKING P02 WITHDRAWN
CC34/11 - CHART NOTAM                     VALID: 07-APR-11 0000 - UFN
  AOI AGC A380OPS:
  A380 OPS
  OPS OF A380 APPROVED FOR DIVERSIONS FROM LFPG:
  RWY 08/26 AND 06/24 AND TWYS COMPLY.
  OPS ON RWY 02/20 PROHIBITED
  WEIGHT LIMITATION 391 T. TAXI COMPULSORY WITH OUTER ENGINES AT
  GROUND IDLE POWER. CAUTION WHEN ENTERING STAND N28, AVOID BLAST.
  USE OVERSTEERING TECHNIQUE IN CURVES.

LFBO /TLS   TOULOUSE/BLAGNAC
----------------------------

++++++++++++++++++++++++++++++ RUNWAY ++++++++++++++++++++++++++++++

1A3435/11                     VALID: 27-JUN-11 0800 - 01-JUL-11 1400
  JUN 27 0800-1400, 28 0500-1400, JUL 01 0500-1400
  AERODROME USING RESTRICTIONS :
  RWY 14R/32L CLOSED BETWEEN  S10/M10 AND S11/M11
  DISTANCES MODIFIED LIKE THAT:
  QFU 32:
  ARR 32L ONLY WITH VOR/DME
  DISTANCES RWY 32L:
  TORA 3000M, TODA 3000M, ASDA 3000M, LDA 3000M
  QFU 14:
  ARR 14R FORBIDDEN
  TAKE OFF FROM M10/S10
  DISTANCES RWY 14R:TORA 3000M, TODA 3060M, ASDA 3000M
1A3435/11                     VALID: 27-JUN-11 0800 - 01-JUL-11 1400
  JUN 27 0800-1400, 28 0500-1400, JUL 01 0500-1400
  AERODROME USING RESTRICTIONS :
  RWY 14R/32L CLOSED BETWEEN  S10/M10 AND S11/M11
  DISTANCES MODIFIED LIKE THAT:
  QFU 32:
  ARR 32L ONLY WITH VOR/DME
  DISTANCES RWY 32L:
  TORA 3000M, TODA 3000M, ASDA 3000M, LDA 3000M
  QFU 14:
  ARR 14R FORBIDDEN
  TAKE OFF FROM M10/S10
  DISTANCES RWY 14R:TORA 3000M, TODA 3060M, ASDA 3000M
  *** LIDO PERFORMANCE RMK ***
  PLS MODIFY DATA IN EFB AS FOLLOWS:
  TKOF 14R: TORA 3500M DISPLACED 500M AT RWY BEGIN = TORA 3000M.
  TKOF 32L: TORA 3500M REDUCED 500M AT RWY END = TORA 3000M.

++++++++++++++++++++++++ APPROACH PROCEDURE ++++++++++++++++++++++++
```

LH1116/27/FRA/MAD/ Page 16

```
1A3455/11                      VALID: 24-JUN-11 1325 - 30-SEP-11 2359
  APP LIGHTS RWY 14R WITHDRAWN AD MINIMA CHANGED:
  IAC04: ILS ALL CATEGORIES RVR 1200 M
         ILS CAT2 UNUSABLE
         LOC 14R CATEGORIES A AND B 1500 M
                            C AND D 1700 M
  IAC06: VOR 14R CATEGORIES A AND B 1500 M
                            C AND D 2100 M

++++++++++++++++++++++++++++++ AIRPORT ++++++++++++++++++++++++++++++

1A3411/11                      VALID: 22-JUN-11 1502 - 30-JUN-11 1200
  REFUELLING DISRUPTIONS DUE TO STRIKE : ACFT OPERATORS SHOULD
  GET INFORMATION FROM THEIR ASSISTANT AND DOUBLE FUEL LOAD IS
  ADVISED

++++++++++++++++++++++++++ COMPANY NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CO126/11                                VALID: 23-MAY-11 1649 - UFN
  DLH COMPANY NOTAM C/O/0126/11
  **********************
  LFBO / TLS
  DUE TO GENERAL FUEL PROBLEM, RETURN FUEL MANDATORY FOR LFBO
  WITH PAYLOAD RESTRICTION

LEBB /BIO   BILBAO
------------------

++++++++++++++++++++++ APPROACH PROCEDURE ++++++++++++++++++++++++

1E2220/11                               VALID: 17-JUN-11 0931 - UFN
  RESTRICTIONS TO DME BLV CH106X:
  - NOT AVBL BTN RDL-355/RDL-085 FM 40NM BLW FL110
  - NOT AVBL BTN RDL-085/RDL-265 FM 40NM BLW FL130
  - NOT AVBL BTN RDL-265/RDL-355 FM 40NM BLW FL090

++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++++++++++++++++++++

CC35/10 - CHART NOTAM                   VALID: 22-SEP-10 0000 - UFN
  IAC/AFC-MINIMA VOR 30:
  VALID ACCORDING TO EU OPS!
  IF A CIRCLING MINIMUM IS LOWER THAN STRAIGHT-IN MINIMUM,
  USE STRAIGHT-IN MINIMUM
CC34/10 - CHART NOTAM                   VALID: 22-SEP-10 0000 - UFN
  IAC/AFC-MINIMA VOR 28:
  VALID ACCORDING TO EU OPS!
  IF A CIRCLING MINIMUM IS LOWER THAN STRAIGHT-IN MINIMUM,
  USE STRAIGHT-IN MINIMUM
CC33/10 - CHART NOTAM                   VALID: 22-SEP-10 0000 - UFN
  IAC/AFC-MINIMA VOR 12:
  VALID ACCORDING TO EU OPS!
  IF A CIRCLING MINIMUM IS LOWER THAN STRAIGHT-IN MINIMUM,
  USE STRAIGHT-IN MINIMUM
CC32/10 - CHART NOTAM                   VALID: 22-SEP-10 0000 - UFN
  IAC/AFC-MINIMA LOC 12:
  VALID ACCORDING TO EU OPS!
  IF A CIRCLING MINIMUM IS LOWER THAN STRAIGHT-IN MINIMUM,
  USE STRAIGHT-IN MINIMUM

==============================
EXTENDED AREA AROUND DEPARTURE
==============================
```

LH1116/27/FRA/MAD/ Page 17

```
            M0894/11
--------------------
1M894/11                        VALID: 27-JUN-11 0600 - 28-JUN-11 1800
  DAILY 0600-1800
  PJE VMC 2NM AROUND PSN 493400N 0070400E IN THE VICINITY OF
  BOSTALSEE
  (22NM WNW RAMSTEIN TACAN RMS). ALL AIR TRAFFIC IS REQUESTED TO
  AVOID
  THIS AREA UNLESS APV BY ATC.
  F)SFC G)FL120

HDL         HEIDELBERG
----------------------
1M938/11                        VALID: 24-JUN-11 1315 - 01-JUL-11 1900
  AD ETOR: HEIDELBERG NDB HDL 417KHZ UNUSABLE BTN 040-100 DEG BEYOND
  15NM, ALL ALT.

CC68/11 (EU2H) - CHART NOTAM
  UL610: CHANGED ROUTING LOHRE(N50/E009)-284 106NM 103-
  ADKUV(N51/E007)-282 23NM 102-LAMLA(N51/E006)-282 15NM 102-
  BATTY(N51/E006)-296 70NM 115-NIK(N51/E004)-282 20NM 102-
  DENUT(N51/E004)-282 10NM 102-LUMEN(N51/E003)-282 25NM 102-
  BULAM(N51/E003)-282 19NM 102-DIBLI(N51/E002)-282 10NM 101-
  RAPIX(N51/E002)-282 15NM 101-TEBRA(N51/E002)-281 18NM 101-
  KOPUL(N52/E001)-281 21NM 101-GILDA(N52/E001)-281 16NM 101-
  LAM(N52/E000)-296 23NM 116-HEMEL(N52/W000) ISO LOHRE-ESAMA-TESGA-
  MONAX-MAKOB-LENDO-BATTY

====================================
AREA ENROUTE DEPARTURE - DESTINATION
====================================

SPA         SPANGDAHLEM
-----------------------
1M944/11                        VALID: 25-JUN-11 0835 - 20-DEC-11 2359
  AD ETAD: TACAN CHECKPOINT SIGN
  LOCATED AT INTERSECTION OF TWY GOLF AND TWY ECHO SHOULD READ: SPA
  TACAN CH 32, BRG - 242, DIST - 0.7 MI ELEV 1197FT
1M943/11                        VALID: 25-JUN-11 0835 - 20-DEC-11 2359
  AD ETAD: TACAN CHECKPOINT SIGN
  LOCATED AT INTERSECTION OF TWY PAPA AND TWY ALPHA SHOULD READ: SPA
  TACAN CH 32, BRG - 041, DIST - 0.9 MI ELEV 1128FT
1M942/11                        VALID: 25-JUN-11 0835 - 20-DEC-11 2359
  AD ETAD: TACAN CHECKPOINT SIGN
  LOCATED AT INTERSECTION OF TWY PAPA AND TWY ECHO SHOULD READ: SPA
  TACAN CH 32, BRG - 231, DIST - 0.7 MI  ELEV 1197FT

CC59/11 (EUINSET) - CHART NOTAM
  Y863: CHANGED ROUTING ETENO(N50/E006)-084 17NM 264-
  OGLOR(N50/E007)-084 8NM 264-ROPUV(N50/E007) ISO ETENO-ROPUV

CC54/11 (EUINSET) - CHART NOTAM
  OGLOR: AT N50 12.6 E006 38.6 ADDED

            D04 ELSENBORN 01
----------------------------
1B1234/11                       VALID: 27-JUN-11 0600 - 30-JUN-11 1500
  JUN 27-30 0600-1500
  EBD04-ELSENBORN 01 ACT
  F)GND G)FL170

PESOV       PESOV
-----------------
1A1667/11                                VALID: 05-MAY-11 0916 - UFN
  RNAV-ROUTE T180:
  SUBSTITUTE FIR BDRY BY WP PESOV
  PESOV: N 50 22 39 E 006 20 54
  AIP AIRAC AMDT 1/2011 EFF 10 MAR 2011, ENR 3.3-T-9 REFERS.
```

LH1116/27/FRA/MAD/ Page 18

```
NISIV       NISIV
-----------------
1A1668/11                                VALID: 05-MAY-11 0918 - UFN
  RNAV-ROUTE Y180:
  SUBSTITUTE FIR BDRY BY WP NISIV
  NISIV: N 49 53 34 E 006 14 35
  AIP AIRAC AMDT 1/2011 EFF 10 MAR 2011, ENR 3.3-Y-7 REFERS.

CC58/11 (EUINSET) - CHART NOTAM
  Y180: CHANGED ROUTING ASMOX(N50/E006)-244 1NM 064-
  NISIV(N50/E006) ISO ASMOX-FIR02

CC57/11 (EUINSET) - CHART NOTAM
  UY180: CHANGED ROUTING NISIV(N50/E006)-246 5NM 066-DIK(N50/E006)
  ISO FIR02-DIK

CC56/11 (EUINSET) - CHART NOTAM
  UT180: CHANGED ROUTING SPI(N51/E006)-106 29NM 286-
  PESOV(N50/E006) ISO SPI-UIR04

CC55/11 (EUINSET) - CHART NOTAM
  T180: CHANGED ROUTING PESOV(N50/E006)-106 3NM 286-
  VABUX(N50/E006) ISO UIR04-VABUX

CC53/11 (EUINSET) - CHART NOTAM
  UIR04: (N50/E006) IDENT CHANGED TO PESOV ISO UIR04

CC52/11 (EUINSET) - CHART NOTAM
  FIR02: (N50/E006) IDENT CHANGED TO NISIV ISO FIR02

            TSA26A
------------------
1A1152/11                    VALID: 27-JUN-11 1300 - 30-JUN-11 1350
  DAILY 1300-1350
  TSA26A-TSA ARDENNES 01 ACT.
  GENERAL AIR TFC IS ALLOWED TO CROSS TSA26A ON THE TRACK MATIX-MMD
  ON
  A FIXED FL AFTER COOR BTN BELGA RADAR AND CRNA/NORD.
  THE TFC WILL REMAIN BELOW FL195.
  F)FL095 G)UNL

            CBA 16B - CROSS BORDER AREA 16
-----------------------------------------
1A3451/11                    VALID: 27-JUN-11 0630 - 27-JUN-11 1530
  AREA CBA16B ACTIVATED
  F)FL065 G)UNL

CC65/11 (EU2H) - CHART NOTAM
  UN491: CHANGED ROUTING TAKAS(N49/W008)-093 20NM 273-
  ALUTA(N49/W007)-093 11NM 273-MOSIS(N49/W007)-093 51NM 274-
  DEKOR(N49/W006)-094 51NM 274-NERLA(N49/W005)-094 33NM 275-
  RUSIB(N49/W004)-095 27NM 275-BETUV(N49/W003)-093 7NM 273-
  BASIK(N49/W003)-095 51NM 275-KOKOS(N49/W002)-095 57NM 276-
  GALBO(N49/W000)-096 31NM 277-LGL(N49/E001)-102 15NM 282-
  DITAL(N49/E001)-102 18NM 282-PIGOP(N49/E001)-102 13NM 282-
  TABOV(N49/E002)-102 22NM 282-RESMI(N49/E002)-093 22NM 273-
  TEPRI(N49/E003)-093 51NM 274-GELTA(N49/E004)-117 29NM 297-
  MELKO(N48/E005)-087 19NM 267-LUVAL(N48/E005)-087 26NM 267-
  LANVI(N48/E006)-087 11NM 267-EPL(N48/E006)-110 27NM 290-
  LASAT(N48/E007)-111 39NM 292-BEGAR(N48/E008)-109 30NM 289-
  UIR07(N48/E008)-111 7NM 292-TRA(N48/E008)-119 20NM 299-
  KUDES(N48/E009)-113 15NM 293-DEGES(N47/E009) ISO LGL-GALBO-KOKOS-
  BASIK-BETUV-RUSIB-NERLA-DEKOR-MOSIS-ALUTA-TAKAS

CC59/11 (EU2H) - CHART NOTAM
  UL851: DELETED ROUTING LGL(N49/E001)-DEGES(N47/E009)

================================
EXTENDED AREA AROUND DESTINATION
================================
```

LH1116/27/FRA/MAD/ Page 19

NVS NAVAS DEL REY

1E1558/11 VALID: 03-MAY-11 1038 - 03-AUG-11 1200
RESTRICTIONS TO **DVOR/DME** NVS 114.950MHZ/CH96Y RDL-281 (AWY B-47):
-FL100 COVERAGE 65NM
-FL110 COVERAGE 70NM
-FL120 COVERAGE 80NM
-FL140 COVERAGE 90NM

VGE MADRID/GETAFE

1E1737/11 VALID: 13-MAY-11 0929 - UFN
VOR/TACAN VGE 112.050MHZ/CH57Y **OUT OF SERVICE**

==========
AREA ENROUTE DESTINATION - DESTINATION ALTERNATE(S)
==========

CC123/11 (AT3H) - CHART NOTAM
UN747: CHANGED ROUTING BLN(N38/W004)-249 44NM 069-
KUKAL(N38/W004)-249 16NM 069-VULPE(N38/W005)-249 24NM 068-
AMOTA(N38/W005)-249 27NM 068-SVL(N37/W006) ISO BLN-VULPE-SVL

==========
EXTENDED AREA AROUND DESTINATION ALTERNATE AIRPORT(S)
==========

R63/MURCIA

1B2778/11 VALID: 15-APR-11 0957 - 29-JUN-11 2359
REF AIRAC AMDT 3/11 WEF 05-MAY-11:
- CANCEL PAGE ENR 5.1-5 WEF 05-MAY-11 (LATERAL LIMITS
MODIFICATION OF LER63 ZONE) AND REMAIN IN FORCE PAGE
ENR 5.1-5 WEF 20-NOV-08.
- CANCEL PAGE ENR 5.1-8 WEF 05-MAY-11 (LATERAL LIMITS
MODIFICATION OF LER110 ZONE AND LATERAL AND **VERTICAL**
LIMITS OF LER111 ZONE) AND REMAIN IN FORCE PAGE
ENR 5.1-8 WEF 17-DEC-09
- CANCEL PAGE ENR 5.1-12 WEF 05-MAY-11 (MODIFICATION
REMARKS OF LER164 ZONE) AND REMAIN IN FORCE PAGE
ENR 5.1-12 WEF 15-FEB-07

CC132/11 (AT3H) - CHART NOTAM
UM445: NEW ROUTING PIMOS(N36/W005)-049 50NM 229-RAKOR(N37/W004)-
047 38NM 227-PEPAS(N37/W004)-047 36NM 228-ARPEX(N38/W003)-048
15NM 228-KOSEL(N38/W003)-048 19NM 228-BUDIT(N38/W003)-048 21NM
228-ETURA(N38/W002)-053 15NM 233-TOSTO(N38/W002)-053 35NM 233-
OLPOS(N39/W001)-053 34NM 233-BEGOX(N39/W001)

CMA CALAMOCHA

SX7/11 VALID: 07-APR-11 0000 - UFN
SX0007/11 AIP SUPPLEMENT
MADRID/BARCELONA FIR/UIR - TEMPORARY WITHDRAWAL OF **VOR/DME** CMA.
UNTIL AUGUST 25TH 2011 ESTIMATED, **VOR/DME** CMA WILL BE OUT OF
SERVICE. RADAR MONITORING WILL BE PROVIDED IN TP AND SEGMENTS OF
AWY AFFECTED, BY THE CORRESPONDING ATC SERVICE.
THE FOLLOWING PROCEDURES AND AIRWAYS WILL BE AFFECTED:
-AWY R29, W1, W96, W851, UH120, UM176, UW96
-LEBL SID: LOTOS1E/2B/1G/1A, SENIA3E/1K/4B/3M/1G/3R/3A/3L
-LERS SID: CRETA2S
-LEZG SID: CMA1D/1E, STAR: CMA1A/1B/1C.

MNF MORON

1E2145/11 VALID: 13-JUN-11 0654 - 13-SEP-11 1200
NDB MNF 428.000KHZ **U/S**

LH1116/27/FRA/MAD/ Page 20

```
            D120/ARENOSILLO NORTE INFERIOR
----------------------------------------
1D1348/11                       VALID: 27-JUN-11 1400 - 01-JUL-11 1800
  1400-1800
  LED120 ACTIVATED. UPPER VERTICAL LIMIT MODIFIED
  F)SFC G)FL100

            D121/ARENOSILLO NORTE INFERIOR
----------------------------------------
1D1303/11                       VALID: 27-JUN-11 1845 - 27-JUN-11 2245
  LED121 ACTIVATED. LOWER VERTICAL LIMIT MODIFIED
  F)FL110 G)FL245
1D1144/11                       VALID: 01-JUN-11 0700 - 30-JUN-11 2245
  01 02 07-09 0700-1400 1845-2245, 03 06 10 27 0700-1400, 13 17 20
  24 0700-1200, 14-16 21-23 0700-1200 1845-2245, 28-30 0700-1400
  1845-2245
  LED121 ACTIVATED. LOWER VERTICAL LIMIT MODIFIED
  F)FL110 G)FL245

MAR         MARTIN
------------------
1E1672/11                                 VALID: 09-MAY-11 1520 - UFN
  RESTRICTIONES TO DVOR MAR 112.600MHZ:
  - SIGNAL OSCILATIONS IN RDL-120 BTN 10NM AND 20NM AND
    IN RDL-046 BTN 30NM AND 50NM

            D129/ARENOSILLO CENTRO
---------------------------------
1D1305/11                       VALID: 27-JUN-11 1845 - 27-JUN-11 2245
  LED129 ACTIVATED. LOWER AND UPPER VERTICAL LIMITS MODIFIED
  F)FL110 G)FL245
1D1243/11                       VALID: 27-JUN-11 0600 - 29-JUN-11 1800
  27 29 0600-1800
  LED129 ACTIVATED. UPPER VERTICAL LIMIT MODIFIED
  F)SFC G)FL100
1D1146/11                       VALID: 01-JUN-11 0700 - 30-JUN-11 2245
  01 02 07-09 0700-1400 1845-2245, 03 06 10 27 0700-1400, 13 17 20
  24
  0700-1200, 14-16 21-23 0700-1200 1845-2245, 28-30 0700-1400
  1845-2245
  LED129 ACTIVATED. LOWER AND UPPER VERTICAL LIMITS MODIFIED
  F)FL110 G)FL245


==========
CREW ALERT
==========
NIL


=============
CREW BULLETIN
=============

NIL


==================== END OF LIDO-NOTAM-BULLETIN ====================
```

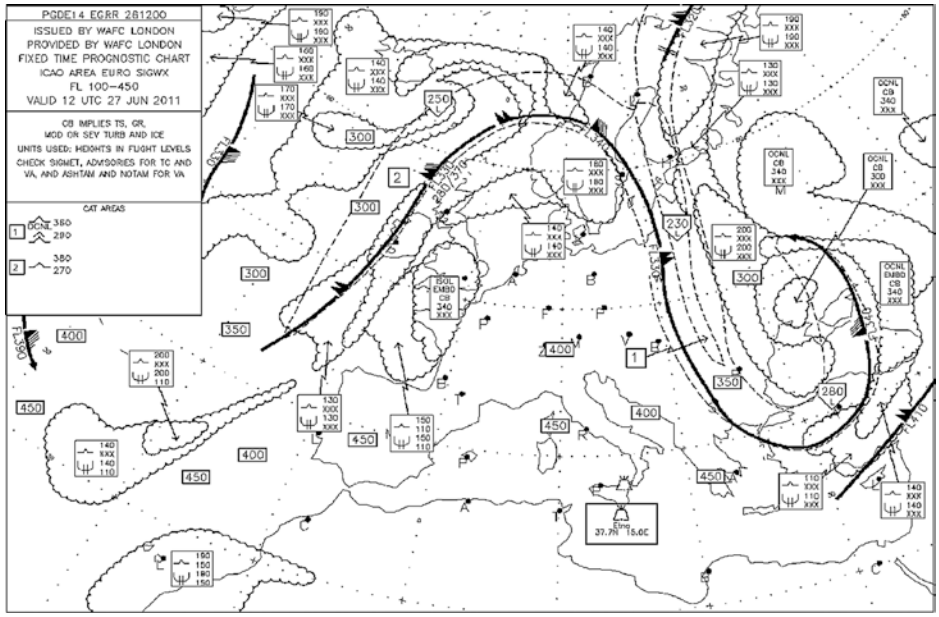


Abb. 11.32 Significant Weather Chart für FL 100 – FL 450 (12 UTC)

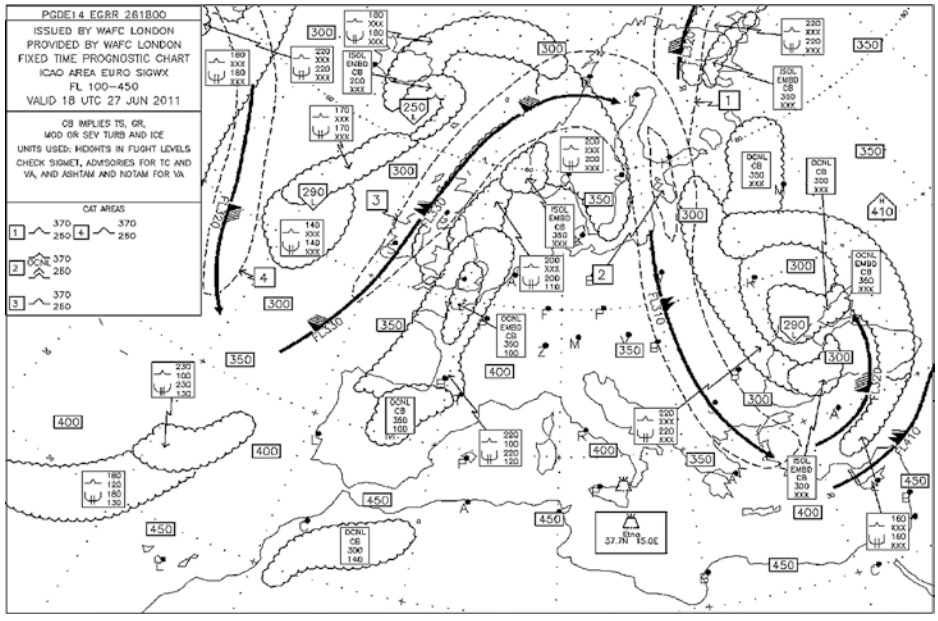


Abb. 11.33 Significant Weather Chart für FL 100 – FL 450 (18 UTC)

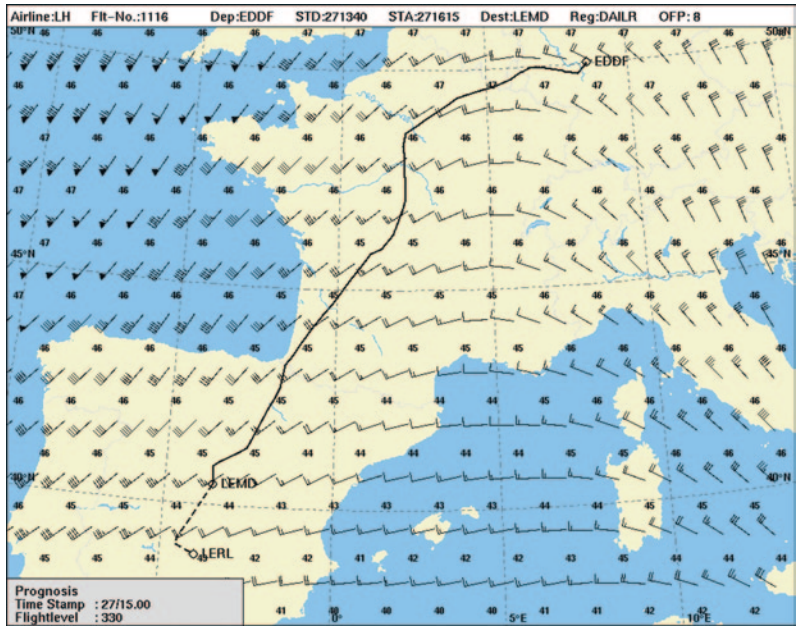


Abb. 11.34 Windrichtung und Windgeschwindigkeiten in FL 330 (EDDF-LEMD)

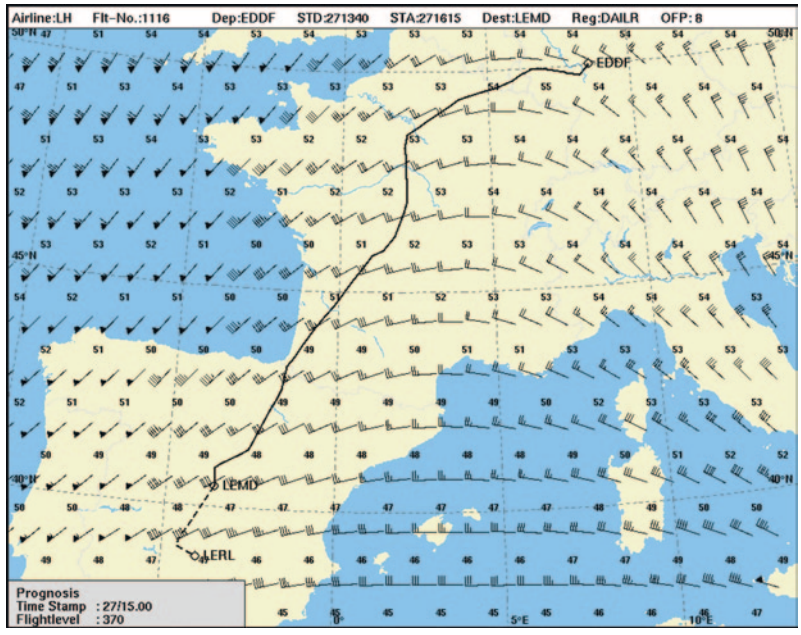


Abb. 11.35 Windrichtung und Windgeschwindigkeiten in FL 370 (EDDF-LEMD)

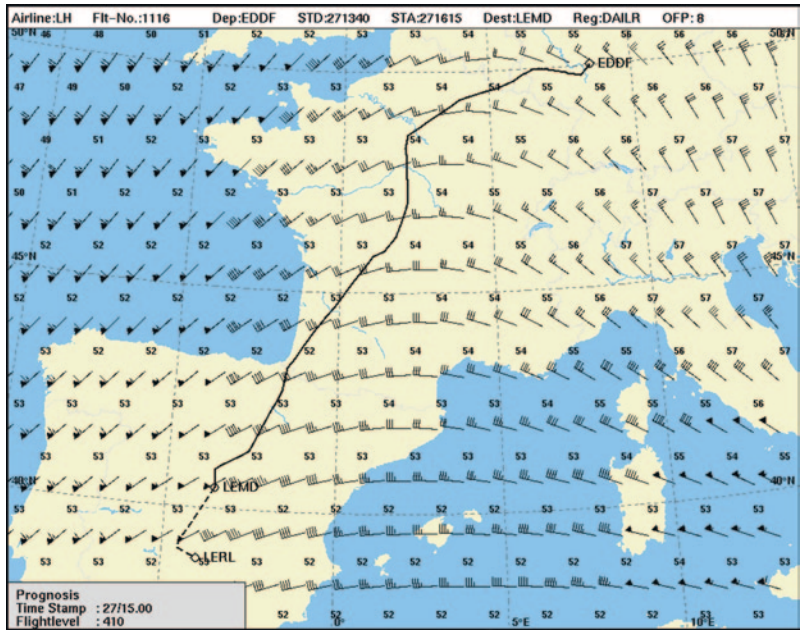


Abb. 11.36 Windrichtung und Windgeschwindigkeiten in FL 410 (EDDF-LEMD)

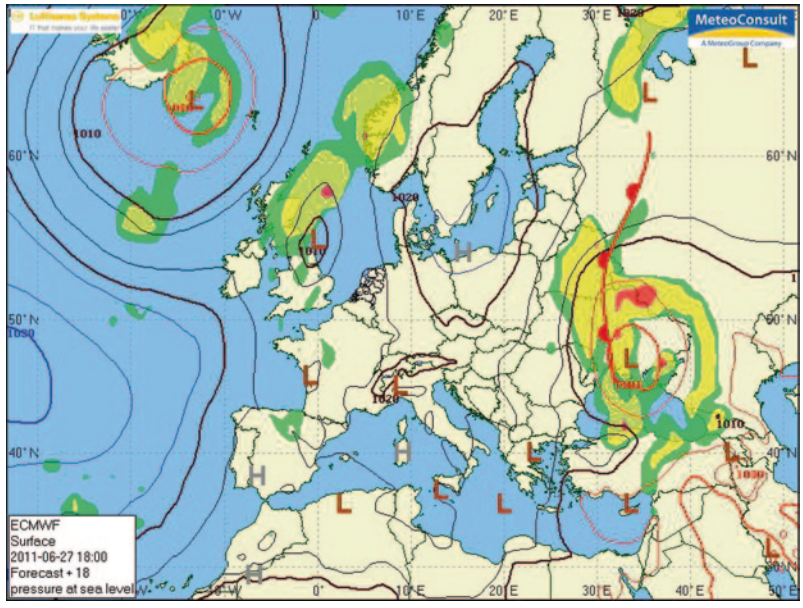


Abb. 11.37 Verläufe der Isobaren (Hoch-/ Tiefdruckgebiete)

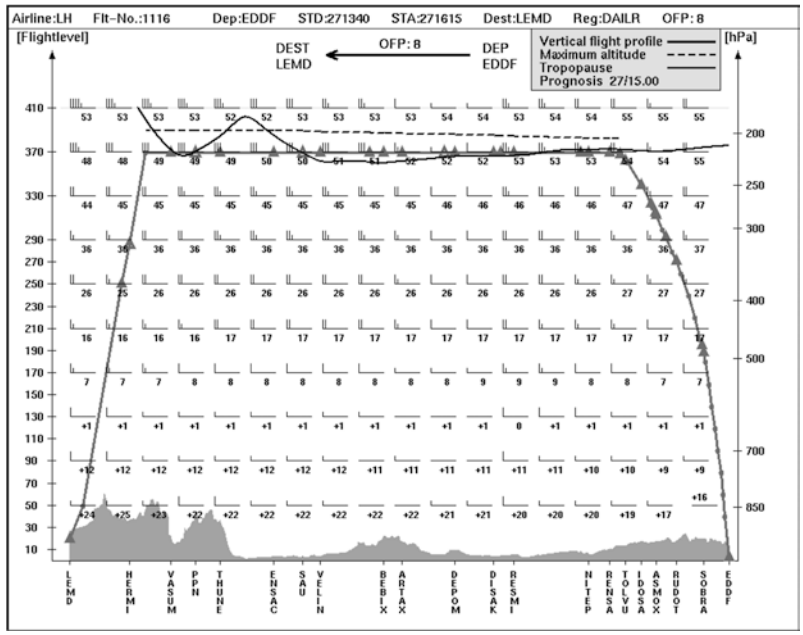


Abb. 11.38 Vertikales Flugprofil (Flugflächen, Luftdruck)

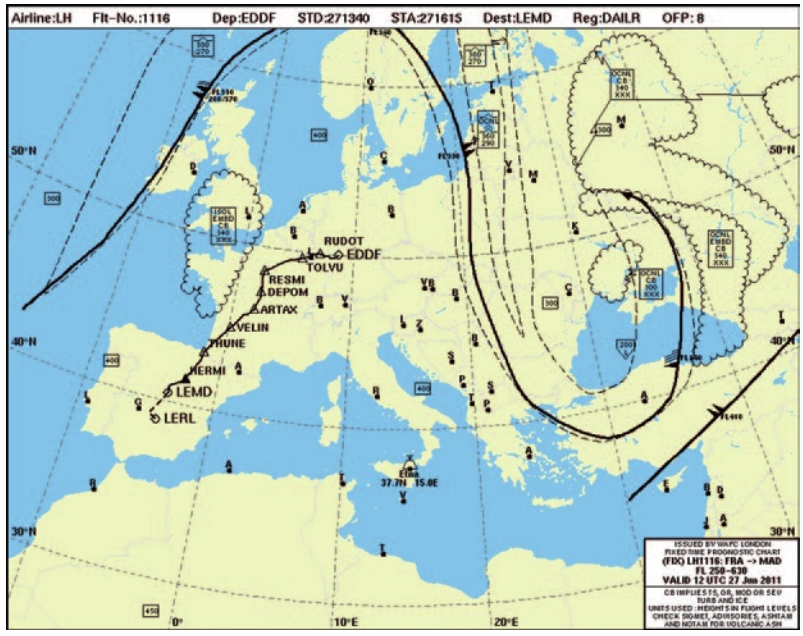


Abb. 11.39 Signifikante Wettererscheinungen FL 250-630, 12 UTC (EDDF-LEMD)

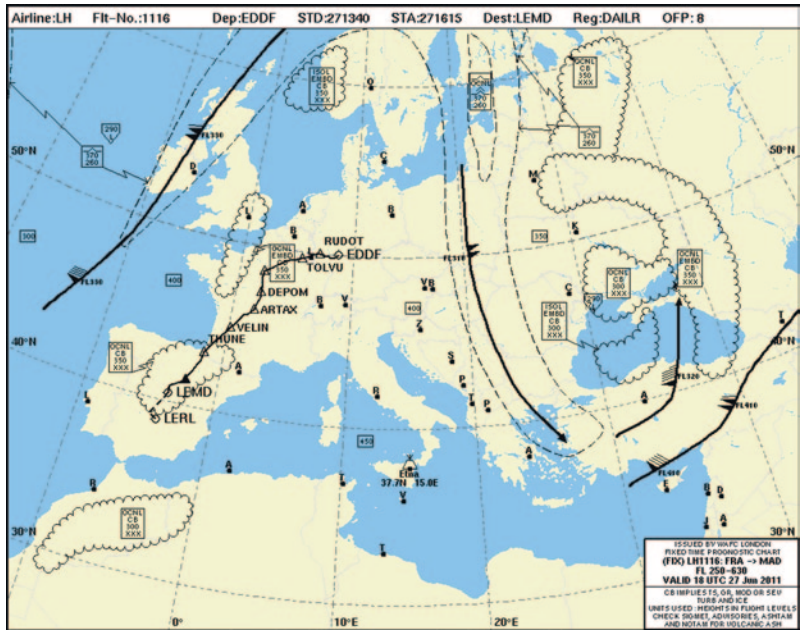


Abb. 11.40 Signifikante Wettererscheinungen FL 250-630, 18 UTC (EDDF-LEMD)

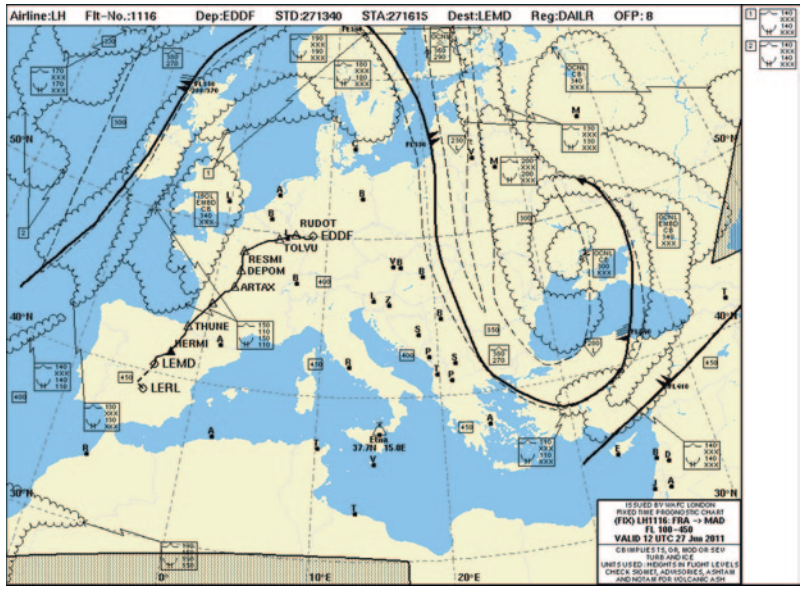


Abb. 11.41 Signifikante Wettererscheinungen FL 100-450, 12 UTC (EDDF-LEMD)

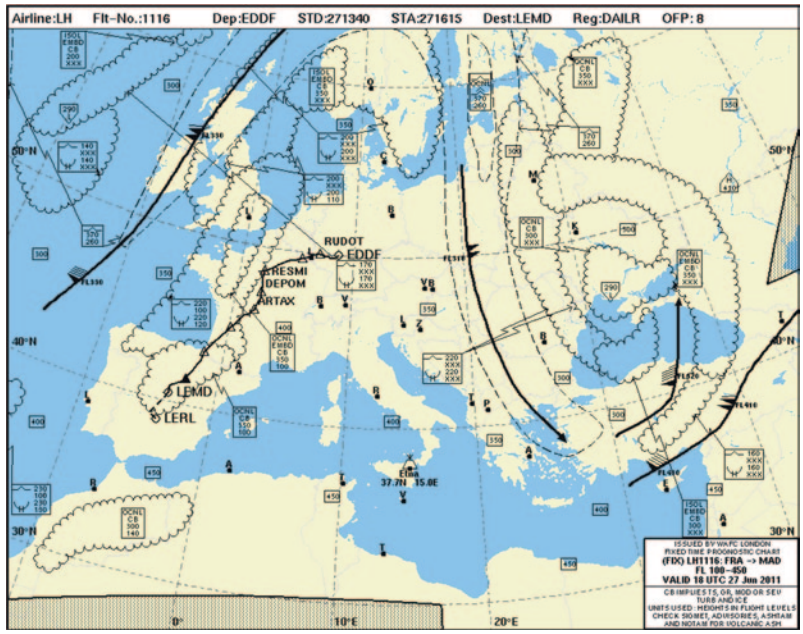


Abb. 11.42 Signifikante Wettererscheinungen FL 250-630, 18 UTC (EDDF-LEMD)

11.8.2 Langstreckenflugplanung

Die nachfolgend aufgezeigte Langstreckenflugplanung beschreibt den Flug mit einem Boeing B747-400 vom Verkehrsflughafen Frankfurt/Main (EDDF) zum Verkehrsflughafen John F. Kennedy, New York (KJFK) an der Ostküste der USA anhand der Dokumentation [45]. Der eigentliche Flugplan ist zum Zwecke der verbleichenden Dokumentation doppelt ausgeführt.

Flüge über den Nordatlantik (Westbound/Eastbound) werden auf dem so genannten „Nord Atlantik Track System“ durchgeführt.

Die Flugplanung ist wie folgt aufgebaut:

Page 1 (oberer Teil) des Operational Flight plan (OFP):

Allgemeine Angaben wie: Flugnummer (LH400/27), Datum (27Jun), Abflughafen, ICAO/IATA Code (EDDF/FRA), Zielflughafen, ICAO/IATA Code (KJFK/JFK), Höhe der Landebahnschwelle am Zielflughafen in ft (Elevation 13), Registrierung des Flugzeugs (D-ABVM), Abweichung von der Standard Performance, Zahlen über 100 = höherer Kraftstoffverbrauch, Zahlen unter 100 = niedrigerer Verbrauch (104,0), planmäßige Off-Block Zeit / angenommene „Airborne“ Zeit (Off-Block + Taxi) (0825/0842), angenommene Landezeit / planmäßige On- Block Zeit (1612/1645), Flight Management System, Company Route Designation (FMS), Manuelle Eingabe für angenommene Zeiten (EST),

Angabe des Kosten Index (Cost Index 70), Kalkulierte Take-off Zeit (falls der Flug einen Slot benötigt) (CTOT 0925), durchschnittliche Taxi-in Zeit am Zielflughafen in Minuten (TAXI-IN 15), Routen Code (Route DEFRTE = defined Route by F.O.O.), manuelle Eingabe des Call Sign falls unterschiedlich von der OFP Flugnummer (ATS C/S DLH400), Eingabe für aktuelle Startzeit und Landezeit (ACT …/…), Gesamtdistance (TTL DIST 3460), Reisefluggeschwindigkeit (Speed VRBL = indicating that the cruise portion is calculated with more flexibility), Beladung, angenommen/geplant (Load EST/PLN 54300/54300), Leertankmasse (hier noch als Gewicht bezeichnet) (ZFW 240800/24800), zusätzliche Kraftstoff (ADDFU 0L/0L), Landemasse (hier noch als Gewicht bezeichnet) (LW) maximal erlaubte Landemasse (MAL 285763), geplante Landemasse, entsprechend der OFP Kalkulation (PLN 250640), maximal erlaubte Startmasse (hier noch als Gewicht bezeichnet) (TOW, MAL 394625, PLN 328683), durchschnittlicher Kraftstofffluss, einschließlich Steig- und Sinkflug (AVGE FF 10398), durchschnittliche Windkomponente, einschließlich Steig- und Sinkflug (AVGE WC M017, M = minus), manuelle Eingabe für aktuelle Leertankmasse und aktuelle Startmasse (ACT….), manuelle Eingabe für Take-off Alternative (TKOF ALTN ….), Flugplan Routing (Flight Plan Route, EDDF …… KJFK/22L), manuelle Notierung von Flugsicherungsfreigaben (CLEARANCES), RVSM = Reduced Vertical Separation Minima.

Page 1 (unterer Teil) des Operational Flight plan (OFP):

Daten zum Flugverlauf wie: Flugzeit in Minuten (TIME), kumulierte Flugzeit in Stunden und Minuten TTL), angenommene/tatsächliche Überflugzeiten (ETO, ATO) über Navigationsanlagen oder wichtige Punkte im Flugverlauf (POSITION), wie „Top of Climb (TOC), Top of Descent (TOD)“, Flugweg (Track), Flugfläche (Flight Level, LVL), Höhe der Tropopause (in 1.000 ft) (TP), Lufttemperatur (Outside Air Temperature, T), Mittlere Windrichtung/Windgeschwindigkeit (knots) (W/V), wahre Eigengeschwindigkeit (True Airspeed, TAS), Geschwindigkeit über Grund (Ground Speed, G/S), Flugverfahren (Performance Procedure, PRC), verbleibender Kraftstoff (Remaining Fuel, REFU), geplant (PLN) und aktuell (ACT), Startflughafen/Startbahn (EDDF/07L), Daten zur Kalkulation des Flugweges (Tabelle) (CLB = climb).

Page 2 des Operational Flight plan (OFP):

Daten zur Kalkulation des Flugweges zum Ausweichflughafen (ALTN), Ausweichflughafen mit geplanter Landebahn (KSWF/09), Entfernung (DIST 88), Flugfläche (LVL 100), durchschnittliche Windkomponente (WC M001, M = minus), Flugzeit in Stunden und Minuten (TIME 0020), Kraftstoff (FUEL 3441), Routenbeschreibung vom Zielflughafen zum Ausweichflughafen (DCT HAAYS V273 HUO DCT), Informationen für weitere Ausweichflughäfen (z. B. INFO/KPHL/27R .. usw.)

Page 3 des Operational Flight plan (OFP):

Bemerkungen (REMARKS), Reiseflugkraftstoff und Flugzeit (TRIP 78043 07.30), Reservekraftstoff und Zeit für Ausweichflughafen (CONT 3 % 2341 00.14 KBGR =

Ausweichflughafen), Kraftstoff, Zeit und ICAO Code für Ausweichflug (ALTN 3441 00.20 KSWF), finaler Reservekraftstoff und Zeit (FINAL RES 4058 00.30), geplanter Take-off Kraftstoff und Zeit (PLNOF 87883 08.34), manuelle Eingabe, falls Änderung der Daten bei Wechsel des Ausweichflughafens (DIFF), manuelle Eingabe zur Korrektur des Take-off Kraftstoffs bei Wechsel des Ausweichflughafens (PLNTOF …… (CORRECTED)), manuelle Eingabe für zusätzlichen Kraftstoff und Zeit (EXTRA … POSS = possible), manuelle Eingabe der Take-off Kraftstoff und Zeit (TOF), manuelle Eingabe für Rollkraftstoff und Zeit (TAXI… 765/00.17..), manuelle Eingabe für Gesamtkraftstoff (BLOCK), Tankkapazität, basierend auf 0,8 Liter pro Kg (TCAP 172750..), manuelle Eingabe des verbleibenden Kraftstoffes am Zielflughafen (REM FUEL… AT….), Leertankmasse Korrekturfaktor, angewandt auf den geplanten Take-off Kraftstoff, gültig für 1.000 kg der Differenz zwischen aktueller und geplanter Leertankmasse (ZFW CORR PS 1.000 PLNTOF PS 325 / MS 1.000 PLNTOF MS 339), Kraftstoffinformation/Zeit für Flug 2.000 ft unterhalb der geplanten Flugfläche (2.000 FT BELOW TRIP PS 104 / TIME 07.33), Kraftstoffinformation/Zeit für Flug 4.000 ft unterhalb der geplanten Flugfläche (4.000 FT BELOW TRIP PS 879 / TIME 07.37), ATS Flugplan korrespondiert mit OFP Routing (FF EUCHZMFP EUCBZMFP usw.)

Page 8/10 des Operational Flight plan (OFP):

Wetterinformationen für das Streckenwetter (SIGMETs), den Zielflughafen JKFK (TAF), die Ausweichflughäfen (TAF's), die Ausweichflughäfen auf dem Flugweg (TAF's) sowie für den Startflughafen EDDF (TAF).

Page 11/13 des Operational Flight plan (OFP):

Dispatch Briefing Informationen, segmentierte Streckenbeschreibung (vgl. Page 1-3)

Page 14 des Operational Flight plan (OFP):

Zusammenfassung des Operational Flight Plan sowie Routenführung für die Nutzung des Nord Atlantic Tracks B (NAT B)

Zusammenfassung des Operational Flight Plan sowie Routenführung für die Nutzung des Nord Atlantic Tracks D (NAT D)

Beschreibung der Nord Atlantik Tracks (A bis G), Flugrichtung Ost -West (Europa – USA) für die Flugflächen 31.000–39.000 ft, mit Zeitangabe für die Gültigkeit. (NAT WESTBND TRACKS FL 310/390 (1130-1900 Z)). Die Tracks selbst sind durch Ein-/Ausflugpunkte, Koordinaten und mögliche Flugflächen beschrieben.

Page 15 /17 des Operational Flight plan (OFP):

Bemerkungen die für die Nutzung der Tracks von Wichtigkeit sind (NOTES/REMARKS).

Wegpunktliste für die zu nutzenden Flugflächen entsprechend dem Operational Flight Plan (im Beispiel OFP NO 8).

Page 18/29 des Operational Flight plan (OFP):

NOTAM (Notice to Airman). Anflugverfahren am Startflugplatz, Informationen über die Navigationsanlagen und das Start-/Landebahnsystem, DLH Company NOTAM.

NOTAM (Notice to Airman). Detaillierte Informationen zum Zielflughafen, Informationen über die Befeuerung, Beschilderung und die Navigationsanlagen, Rollwege, Company NOTAM.

NOTAM (Notice to Airman). Informationen zum Ausweichflughafen, wie Landebahnsystem, Anflugverfahren (SID/STAR), RNAV Verfahren etc., sowie entsprechend zu den Ausweichflughäfen auf dem Flugweg.

Page 30/32 des Operational Flight plan (OFP):

NOTAM (Notice to Airman). Informationen (Verkehrsinformationen) über die Gebiete im Nahbereich des Start-/Zielflughafens und des Ausweichflughafens.

Die folgenden Seiten (Karten) dienen der Darstellung der Wettersituation zwischen Start-/ und Zielflughafen.

Die Abb. 11.43, 11.44, 11.45 und 11.46 zeigen die Significant Weather Chart's für die Flugflächen FL 100 – FL 450, gültig für 6 Uhr (UTC), FL 100 – FL 450, gültig für 12 Uhr (UTC), FL 250 – FL 630, gültig für 12 Uhr (UTC) und für FL 250 – FL 630, gültig für 18 Uhr (UTC). Die Abb. 11.47, 11.48 und 11.49 zeigen die Windfelder, d. h. Windrichtung und Windgeschwindigkeit in den Flugflächen FL 330, FL 370 und FL 410 zwischen Start- und Zielflughafen (EDDF und KJFK). Die Abb. 11.50, 11.51 und 11.52 zeigen die Verläufe der Isobaren (Hoch-/Tiefdruckgebiete) über Nordamerika (6 UTC), über Europa und dem östlichen Teil des Nordatlantiks (6 UTC) und über Nordamerika (18 UTC). Die Abb. 11.53 zeigt das vertikale Flugprofil zwischen EDDF und KJFK, wobei den Flugflächen die Druckwerte (hPa) zugeordnet sind. Die Abb. 11.54, 11.55, 11.56, 11.57, 11.58 und 11.59 zeigen Signifikante Wetter in FL 250-630 (Entwicklung, 6 UTC), FL 250-630 (Entwicklung, 12 UTC), in FL 250-630 (Entwicklung, 18 UTC), in FL 250-630 (Fix, 12 UTC), in FL 100-450 (Fix, 12 UTC) und in FL 100-450 für das letzte Streckensegment vor dem Zielflughafen, ARR = Arrival, (ARR, 18 UTC).

LH400/27/FRA/JFK/ Page 1

```
--- OFP

OFP       LH400/27     27JUN EDDF/ FRA  KJFK/ JFK   ELEVATION      13
8         DABVM  (104.0)     0825/0842  1612/1645   FMS
                        EST ..../....  ..../....   COST INDEX     70
                        CTOT     0925  TAXI IN 15  ROUTE      DEFRTE
ATS C/S  DLH400         ACT ..../....  ..../....   TTL DIST     3460
                                                   SPEED        VRBL
       LOAD     ZFW   ADDFU           LW     TOW   AVGE FF     10398
EST   54300  240800      0L   MAL 285763  394625   AVGE WC      M017
PLN   54300  240800      0L   PLN 250640  328683

ACT  ......  ......               ......  ......   TKOF ALTN .......
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
FLIGHT PLAN ROUTE
-EDDF/07L F340 BIBTI3D BIBTI UZ29 TORNU UZ291 BREDA UZ292 RAVLO
 UY70 OTBED UL26 PENIL UL70 BAGSO DCT REVNU/F360 DCT RESNO/F370
 NATC REDBY/F380 DCT MIILS DCT ENE PARCH1 KJFK/22L
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
CLEARANCES                                          RVSM ALT CHK




--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
TIME              TRK  DIST                        TAS  G/S  PRC  REFU
TTL   POSITION         TTL  LVL  TP  T   W/V                       PLN
PTO   ETO  ATO                                                    ACT
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
....  EDDF/07L                    38 P08 28/015             .... ....
  17                   110  CLB
0017  BIBTI             0110       38 P03 28/026                  78.2
....  .... ....                                                 .... ....
   1                      8                                     330
0018  T O C            0118  340  38 -48 28/027             850  78.0
....  .... ....                                                 .... ....
   4              T285    32                        494  467  846
0022  TINIK            0150       37 -49 27/028                  77.2
....  .... ....                                                 .... ....
   1               285    10                        494  465
0023  TORNU            0160       37 -49 27/031                  77.0
....  .... ....                                                 .... ....
   6               302    43                        494  468
0029  BREDA            0203       37 -50 25/037                  75.9
....  .... ....                                                 .... ....
  13               322   104                        492  478  844
0042  RAVLO            0307       37 -50 24/048                  73.5
....  .... ....                                                 .... ....
  15               281   115                        494  457  846
0057  OTBED            0422       38 -50 22/057                  70.7
....  .... ....                                                 .... ....
  17               278   133                        494  458  845
0114  PENIL            0555       37 -49 21/074                  67.5
....  .... ....                                                 .... ....
   9               273    66                        494  453
0123  BAGSO            0621       37 -49 21/098                  66.0
....  .... ....                                                 .... ....
  22               286   169                        492  467  843
0145  REVNU            0790  CLB  35 -49 20/070                  62.1
....  .... ....             360                               .... ....
  21               281   172                        502  480  850
0206  RESNO            0962  CLB  29 -45 21/027                  58.0
....  .... ....             370                               .... ....
  22               290   181                        503  498
0228  N56W020          1143       29 -42 33/018                  53.9
....  .... ....                                                 .... ....
  41               270   335                        500  492
0309  N56W030          1478       32 -45 32/052                  46.7
....  .... ....                                                 .... ....
  45               260   345                        488  461
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 2

```
0354  N55W040          1823       38 -56 29/026                 39.2
....  .... ....                                                .... ....
  46              260   354                        486  463
0440  N54W050          2177       37 -58 23/015                 31.8
....  .... ....                                                .... ....
  20              249   156                        488  472
0500  CARPE            2333       35 -57 23/017                 28.7
....  .... ....                                                .... ....
  13              241   104                        490  474
0513  REDBY            2437  CLB  36 -54 25/027                 26.6
....  .... ....          380                                   .... ....
  66              232   519                        494  468  848
0619  MIILS            2956       36 -50 30/058                 16.1
....  .... ....                                                .... ....
  33              216   256                        486  478  845
0652  ENE              3212       41 -55 30/036                 11.3
....  .... ....                                                .... ....
  15              220   124                        484  476  844
0707  T O D            3336       42 -56 29/017                  9.0
....  .... ....                                                .... ....
  23                    124  DES                              850
0730  KJFK/22L         3460                                   330   7.5

--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------

      ALTN      DIST  LVL   WC TIME   FUEL VIA
      KSWF/09     88  100 M001 0020   3441 DCT HAAYS V273 HUO DCT
 INFO/KPHL/27R   105  100 M005 0023   3929 DCT ARD V147 MAZIE DCT
                          P0003   P501
 INFO/KEWR/22R   111  100 M002 0024   4072 DCT JFK DCT DIXIE V276
                          P0004   P642 RBV DCT OWBIE DCT
 INFO/KBDL/24    117  110 P004 0024   4097 DCT MERIT DCT HFD DCT
                          P0004   P665

--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
REMARKS:
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
```

```
                          LH400/27/FRA/JFK/                          Page 3

TRIP       78043  07.30                .....  .....

CONT 3%     2341  00.14  KBGR          .....  .....

ALTN        3441  00.20  KSWF          .....  .....  ....

FINAL RES   4058  00.30                .....  .....

PLNTOF     87883  08.34                .....  ..... EIGHT SEVEN EIGHT

DIFF       .....  .....

PLNTOF     .....  .....  (CORRECTED)

EXTRA      ......  .....  POSS  35123L .....  .....

TOF        ......  .....                .....  .....

TAXI        ....            765/00.17  .....

BLOCK      ......          TCAP 172750  .....  REM FUEL ...... AT ....

ZFW CORR PS 1000 PLNTOF PS  325 / MS 1000 PLNTOF MS 339
2000 FT BELOW     TRIP   PS 104  / TIME 07.33
4000 FT BELOW     TRIP   PS 879  / TIME 07.37
--------- --------- --------- --------- --------- ---------
ANALYSED EXTRA FUEL SUMMARY
MEAN VALUE MS 1960    EF90 PS 23          EF99 PS 1622
                              CONSIDERED FLIGHTS 856
--------- --------- --------- --------- --------- ---------

NO TANKERING RECOMMENDED (P)

LOSS FOR EXTRA FUEL:  225 US$/TO

PREP BY  S.BUENZOW             COMMANDER ..........................
         (TEL.NR. 49 69 696 91806)
          SITA: FRAOWLH

                               S.F.O. ............... .....-.....HRS
                                           NAME     FROM    UNTIL


FF EUCHZMFP EUCBZMFP
       EDDFDLHD
AD EGGXZOZX EGGXZQZX CZQXZQZX CZULZQZX CYQXYFYX CZQMZQZX CZQMZQZR
AD KZNYZQZX
(FPL-DLH400-IS
-B744/H-SGHIJPRXWYZ/SD
-EDDF0825
-N0493F340 BIBTI3D BIBTI UZ29 TORNU UZ291 BREDA UZ292 RAVLO UY70
 OTBED UL26 PENIL UL70 BAGSO DCT REVNU/M085F360 DCT RESNO/M085F370
 NATC REDBY/N0494F380 DCT MIILS DCT ENE PARCH1
-KJFK0720 KSWF
-EET/EDVV0013 EHAA0022 EGTT0042 EISN0123 EGGX0147 RESNO0206
 56N020W0228 CZQX0309 55N040W0354 54N050W0439 CARPE0459 CZUL0517
 CZQM0607 KZBW0626 REG/DABVM SEL/RSBQ OPR/DLH DOF/110627 RVR/200
 RMK/TCAS DAT/SV NAV/RNAV1 RNAV5 RNP10 RNVD1E2A1)
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 4

```
--- OFP

OFP      LH400/27     27JUN EDDF/ FRA  KJFK/ JFK   ELEVATION      13
8        DABVM  (104.0)     0825/0842  1612/1645   FMS
                      EST ..../....  ..../....   COST INDEX     70
                      CTOT     0925  TAXI IN 15  ROUTE      DEFRTE
ATS C/S  DLH400       ACT ..../....  ..../....   TTL DIST     3460
                                                 SPEED        VRBL
       LOAD     ZFW   ADDFU            LW     TOW   AVGE FF     10398
EST   54300  240800     0L   MAL 285763  394625   AVGE WC      M017
PLN   54300  240800     0L   PLN 250640  328683

ACT  ......  ......               ......  ......   TKOF ALTN .......
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
FLIGHT PLAN ROUTE
-EDDF/07L F340 BIBTI3D BIBTI UZ29 TORNU UZ291 BREDA UZ292 RAVLO
 UY70 OTBED UL26 PENIL UL70 BAGSO DCT REVNU/F360 DCT RESNO/F370
 NATC REDBY/F380 DCT MIILS DCT ENE PARCH1 KJFK/22L
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
CLEARANCES                                          RVSM ALT CHK




--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
TIME              TRK  DIST                        TAS  G/S  PRC  REFU
TTL   POSITION         TTL  LVL  TP  T   W/V                     PLN
PTO   ETO  ATO                                                  ACT
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
....  EDDF/07L                  38 P08 28/015            .... ....
  17                  110  CLB
0017  BIBTI             0110       38 P03 28/026                78.2
....  .... ....                                                .... ....
   1                     8                                     330
0018  T O C             0118  340  38 -48 28/027            850  78.0
....  .... ....                                                .... ....
   4              T285    32                        494  467  846
0022  TINIK             0150       37 -49 27/028                77.2
....  .... ....                                                .... ....
   1               285    10                        494  465
0023  TORNU             0160       37 -49 27/031                77.0
....  .... ....                                                .... ....
   6               302    43                        494  468
0029  BREDA             0203       37 -50 25/037                75.9
....  .... ....                                                .... ....
  13               322   104                        492  478  844
0042  RAVLO             0307       37 -50 24/048                73.5
....  .... ....                                                .... ....
  15               281   115                        494  457  846
0057  OTBED             0422       38 -50 22/057                70.7
....  .... ....                                                .... ....
  17               278   133                        494  458  845
0114  PENIL             0555       37 -49 21/074                67.5
....  .... ....                                                .... ....
   9               273    66                        494  453
0123  BAGSO             0621       37 -49 21/098                66.0
....  .... ....                                                .... ....
  22               286   169                        492  467  843
0145  REVNU             0790  CLB  35 -49 20/070                62.1
....  .... ....                360                             .... ....
  21               281   172                        502  480  850
0206  RESNO             0962  CLB  29 -45 21/027                58.0
....  .... ....                370                             .... ....
  22               290   181                        503  498
0228  N56W020           1143       29 -42 33/018                53.9
....  .... ....                                                .... ....
  41               270   335                        500  492
0309  N56W030           1478       32 -45 32/052                46.7
....  .... ....                                                .... ....
  45               260   345                        488  461
```

LH400/27/FRA/JKF/ Page 5

```
0354  N55W040          1823       38 -56 29/026                39.2
....  .... ....                                               .... ....
  46              260   354                        486  463
0440  N54W050          2177       37 -58 23/015                31.8
....  .... ....                                               .... ....
  20              249   156                        488  472
0500  CARPE           2333       35 -57 23/017                28.7
....  .... ....                                               .... ....
  13              241   104                        490  474
0513  REDBY           2437  CLB  36 -54 25/027                26.6
....  .... ....           380                                 .... ....
  66              232   519                        494  468  848
0619  MIILS           2956       36 -50 30/058                16.1
....  .... ....                                               .... ....
  33              216   256                        486  478  845
0652  ENE             3212       41 -55 30/036                11.3
....  .... ....                                               .... ....
  15              220   124                        484  476  844
0707  T O D           3336       42 -56 29/017                 9.0
....  .... ....                                               .... ....
  23                    124  DES                              850
0730  KJFK/22L        3460                                    330   7.5

--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------

      ALTN      DIST  LVL   WC TIME   FUEL VIA
      KSWF/09     88  100 M001 0020   3441 DCT HAAYS V273 HUO DCT
 INFO/KPHL/27R   105  100 M005 0023   3929 DCT ARD V147 MAZIE DCT
                          P0003   P501
 INFO/KEWR/22R   111  100 M002 0024   4072 DCT JFK DCT DIXIE V276
                          P0004   P642 RBV DCT OWBIE DCT
 INFO/KBDL/24    117  110 P004 0024   4097 DCT MERIT DCT HFD DCT
                          P0004   P665

--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
REMARKS:
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
```

```
                              LH400/27/FRA/JFK/                    Page 6

TRIP        78043  07.30                .....  .....

CONT 3%      2341  00.14  KBGR          .....  .....

ALTN         3441  00.20  KSWF          .....  .....  ....

FINAL RES    4058  00.30                .....  .....

PLNTOF      87883  08.34                .....  ..... EIGHT SEVEN EIGHT

DIFF         .....  .....

PLNTOF       .....  .....  (CORRECTED)

EXTRA       ......  .....  POSS  35123L .....  .....

TOF         ......  .....                .....  .....

TAXI         ....            765/00.17  .....

BLOCK       ......          TCAP 172750  .....  REM FUEL ...... AT ....

ZFW CORR PS 1000 PLNTOF PS  325 / MS 1000 PLNTOF MS 339
2000 FT BELOW     TRIP   PS 104  / TIME 07.33
4000 FT BELOW     TRIP   PS 879  / TIME 07.37
--------- --------- --------- --------- --------- ---------
ANALYSED EXTRA FUEL SUMMARY
MEAN VALUE MS 1960    EF90 PS 23          EF99 PS 1622
                              CONSIDERED FLIGHTS 856
--------- --------- --------- --------- --------- ---------

NO TANKERING RECOMMENDED (P)

LOSS FOR EXTRA FUEL:  225 US$/TO

PREP BY  S.BUENZOW              COMMANDER ..........................
         (TEL.NR. 49 69 696 91806)
          SITA: FRAOWLH

                                S.F.O. ............... .....-.....HRS
                                            NAME     FROM    UNTIL


FF EUCHZMFP EUCBZMFP
       EDDFDLHD
AD EGGXZOZX EGGXZQZX CZQXZQZX CZULZQZX CYQXYFYX CZQMZQZX CZQMZQZR
AD KZNYZQZX
(FPL-DLH400-IS
-B744/H-SGHIJPRXWYZ/SD
-EDDF0825
-N0493F340 BIBTI3D BIBTI UZ29 TORNU UZ291 BREDA UZ292 RAVLO UY70
 OTBED UL26 PENIL UL70 BAGSO DCT REVNU/M085F360 DCT RESNO/M085F370
 NATC REDBY/N0494F380 DCT MIILS DCT ENE PARCH1
-KJFK0720 KSWF
-EET/EDVV0013 EHAA0022 EGTT0042 EISN0123 EGGX0147 RESNO0206
 56N020W0228 CZQX0309 55N040W0354 54N050W0439 CARPE0459 CZUL0517
 CZQM0607 KZBW0626 REG/DABVM SEL/RSBQ OPR/DLH DOF/110627 RVR/200
 RMK/TCAS DAT/SV NAV/RNAV1 RNAV5 RNP10 RNVD1E2A1)
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 7

```
--- ATS-FPL

FF EUCHZMFP EUCBZMFP
       EDDFDLHD
AD EGGXZOZX EGGXZQZX CZQXZQZX CZULZQZX CYQXYFYX CZQMZQZX CZQMZQZR
AD KZNYZQZX
(FPL-DLH400-IS
-B744/H-SGHIJPRXWYZ/SD
-EDDF0825
-N0493F340 BIBTI3D BIBTI UZ29 TORNU UZ291 BREDA UZ292 RAVLO UY70
 OTBED UL26 PENIL UL70 BAGSO DCT REVNU/M085F360 DCT RESNO/M085F370
 NATC REDBY/N0494F380 DCT MIILS DCT ENE PARCH1
-KJFK0720 KSWF
-EET/EDVV0013 EHAA0022 EGTT0042 EISN0123 EGGX0147 RESNO0206
 56N020W0228 CZQX0309 55N040W0354 54N050W0439 CARPE0459 CZUL0517
 CZQM0607 KZBW0626 REG/DABVM SEL/RSBQ OPR/DLH DOF/110627 RVR/200
 RMK/TCAS DAT/SV NAV/RNAV1 RNAV5 RNP10 RNVD1E2A1)
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 8

```
--- Airport WX List

EDDF --> KJFK    LH   400 / 27JUN2011
LIDO/WEATHER SERVICE       DATE : 27Jun2011   TIME : 11:16 UTC

AIRMETs:
  No Wx data available

SIGMETs:
EGTT  LONDON UIR
  WS  SIGMET 01 VALID 270900/271200 EGRR- EGTT LONDON FIR
              EMBD TS FCST S OF LINE N4930 W00500 - N4945 W00500 -
              N4945 W00330 TOP FL350 MOV NE 30KT NC=

Canadian Domestic SIGMETs:
  No Wx data available

US Convective SIGMETs:
  No Wx data available

Tropical Cyclone SIGMETs:
  No Wx data available

Volcanic Ash SIGMETs:
  No Wx data available

Volcanic Ash Advisories:
  No Wx data available

Tropical Cyclone Advisories:
  No Wx data available

Destination:
KJFK/JFK  NEW YORK/JOHN F KENNEDY INTL
  SA  271051 05003KT 10SM FEW150 SCT250 22/16 A3003
             RMK AO2 SLP169 T02170161=
  FT  270825 2708/2812 34005KT P6SM SKC
             FM271100 01005KT P6SM SKC
             FM271600 19011KT P6SM SCT040
             FM280100 19007KT P6SM SCT250
             FM280600 VRB04KT P6SM SCT040 BKN250=

Destination Alternates:
KSWF/SWF  NEWBURGH/STEWART INTL
  SA  271045 00000KT 20SM FEW005 17/16 A3006=
  FT  271001 2710/2812 00000KT P6SM SKC
             FM271100 VRB03KT P6SM SKC
             FM271800 18005KT P6SM SCT040 AMD NOT SKED=
KPHL/PHL  PHILADELPHIA INTL
  SA  271054 36004KT 10SM BKN110 BKN200 22/16 A3004
             RMK AO2 SLP171 T02220156=
  FT  270521 2706/2812 33004KT P6SM BKN060 OVC200
             FM271300 01005KT P6SM FEW050
             FM271800 15007KT P6SM SCT060
             FM280000 14004KT P6SM SKC=
KEWR/EWR  NEWARK/LIBERTY INTL
  SA  271051 01005KT 10SM FEW110 SCT150 SCT250 21/16 A3003
             RMK AO2 SLP167 T02110161=
  FT  270825 2708/2812 VRB03KT P6SM SKC
             FM271100 01005KT P6SM SKC
             FM271800 15009KT P6SM SCT040
             FM280000 20008KT P6SM SCT250
             FM280600 VRB04KT P6SM SCT040 BKN250=
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 9

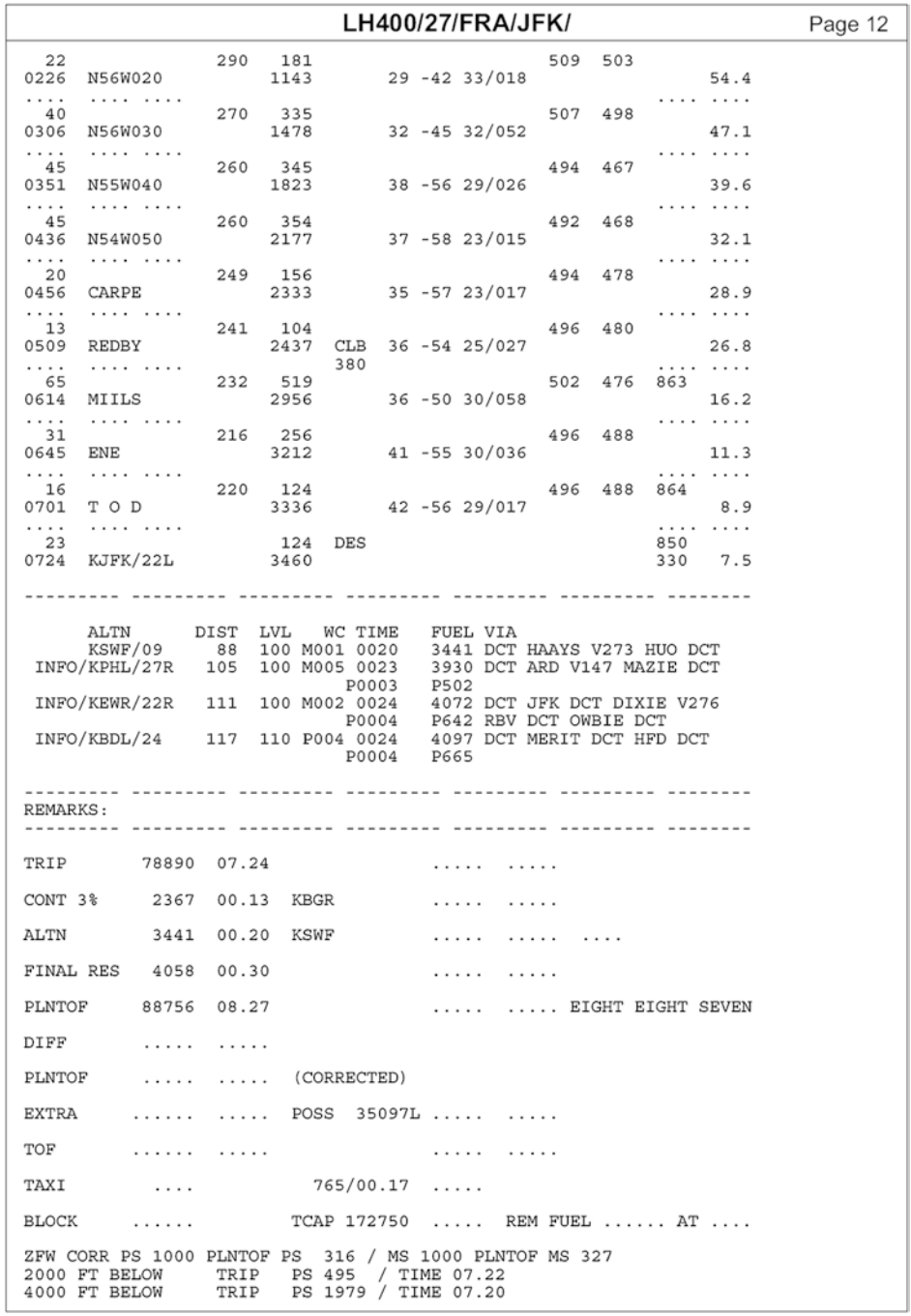
```
KBDL/BDL  WINDSOR LOCKS/BRADLEY INTL
  SA  271051 01003KT 10SM FEW030 18/15 A3002
             RMK AO2 SLP165 T01780150=
  FT  270830 2709/2812 VRB03KT P6SM SCT200
             FM271700 VRB03KT P6SM BKN050
             FM272200 21006KT P6SM SCT050
             FM280600 VRB03KT P6SM FEW250
             FM280900 00000KT 3SM BR FEW250=

Enroute Alternates:
KBGR/BGR  BANGOR INTL
  FT  270936 2710/2806 30004KT 2SM BR OVC003
             FM271000 29003KT 3SM BR SCT003
             FM271300 33005KT P6SM FEW003=
EDDK/CGN  COLOGNE/BONN
  FT  270500 2706/2812 12007KT CAVOK=
EBBR/BRU  BRUSSELS/BRUSSELS NATIONAL
  FT  270500 2706/2812 13006KT CAVOK
             PROB30 TEMPO 2809/2812 20020G35KT 3500 SHRA TSRA=
EHAM/AMS  AMSTERDAM/SCHIPHOL
  FT  270417 2706/2812 12008KT CAVOK
             BECMG 2709/2712 15013KT
             BECMG 2717/2720 11007KT
             BECMG 2722/2801 14008KT=
EINN/SNN  SHANNON
  FT  270500 2706/2806 32005KT 9999 SCT010 BKN040
             TEMPO 2708/2712 DZ BKN010=
EGCC/MAN  MANCHESTER
  FT  271057 2712/2818 19006KT 9999 FEW035
             BECMG 2712/2715 30010KT
             PROB30 TEMPO 2714/2720 7000 TSRA BKN014 BKN040CB=
  FT  270500 2706/2812 VRB04KT 9999 FEW035
             BECMG 2710/2713 30010KT
             PROB30 TEMPO 2715/2720 7000 TSRA BKN014CB=
EIDW/DUB  DUBLIN INTL
  FT  270500 2706/2806 33008KT 9999 SCT007 BKN012
             BECMG 2706/2708 BKN020=
BIKF/KEF  KEFLAVIK
  FT  271043 2712/2812 02025KT 9999 SCT050
             TEMPO 2712/2812 02025G35KT=
  FT  270744 2709/2809 02025KT 9999 SCT050
             TEMPO 2709/2809 02025G35KT=
CYYT/YYT  ST JOHNS INTL
  FT  270717 2707/2806 18015G25KT 1/4SM -DZ FG VV001
             TEMPO 2707/2712 1SM -RA BR OVC004
             FM271200 20010KT 1SM -DZ BR OVC003
             TEMPO 2712/2716 3SM BR OVC008
             FM271600 23010KT 3SM BR OVC008
             TEMPO 2716/2803 6SM BR OVC012
             FM280300 24008KT 2SM BR OVC005
             RMK NXT FCST BY 271200Z=
CYQX/YQX  GANDER INTL
  FT  270553 2706/2806 14010KT 3/4SM -RA BR OVC001
             TEMPO 2706/2714 3SM -DZ BR OVC003
             FM271400 22005KT P6SM OVC006
             TEMPO 2714/2724 6SM -SHRA BR OVC012
             FM280000 30005KT 3SM -DZ BR OVC004
             FM280300 33005KT 1/2SM -RA FG VV003
             RMK NXT FCST BY 271200Z=
CYYR/YYR  GOOSE BAY
  FT  271032 2710/2806 04005KT P6SM -SHRA SCT003 OVC025
             TEMPO 2710/2715 3SM -DZ BR BKN003 OVC010
             FM271500 04010KT P6SM OVC020
             TEMPO 2715/2806 5SM -SHRA BR OVC012
             RMK NXT FCST BY 271200Z=
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 10

```
CYHZ/YHZ  HALIFAX/STANFIELD INTL
  FT  270950 2709/2806 20006KT 3/4SM BR VV001
             TEMPO 2709/2711 3SM BR OVC004
             FM271100 22006KT 2SM BR OVC004
             BECMG 2711/2713 6SM BR SCT004 BKN015
             FM271300 26005KT P6SM BKN015
             TEMPO 2713/2714 BKN005
             BECMG 2714/2716 30012KT
             FM271700 30012KT P6SM SCT030
             BECMG 2800/2802 VRB03KT
             FM280400 VRB03KT P6SM SCT050
             PROB30 2804/2806 1SM BR
             RMK NXT FCST BY 271200Z=
KBOS/BOS  BOSTON/GENERAL EDWARD L.LOGAN
  FT  270830 2709/2812 28008KT P6SM SCT200
             FM271100 33006KT P6SM FEW250
             FM271400 06007KT P6SM FEW250
             FM271600 10007KT P6SM SCT050
             FM280000 17007KT P6SM SCT050
             FM280900 21004KT P6SM FEW250=

Departure:
EDDF/FRA  FRANKFURT/MAIN
  SA  271050 10009KT CAVOK 28/13 Q1019 NOSIG=
  FT  270500 2706/2812 05006KT CAVOK
             BECMG 2708/2710 11006KT
             BECMG 2719/2721 05005KT=


  AIRPORTLIST ENDED
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 11

```
--- Dispatch Info

D I S P A T C H  B R I E F I N G  I N F O    LH400     EDDF/KJFK

FOR INFORMATION ONLY
********************

INFO M.86

OFP       LH400/27     27JUN EDDF/ FRA  KJFK/ JFK   ELEVATION      13
12        DABVM  (104.0)     0825/0842  1606/1645   FMS
                        EST ..../....  ..../....   COST INDEX    300
                        CTOT     ....  TAXI IN 15  ROUTE      DEFRTE
ATS C/S  DLH400         ACT ..../....  ..../....   TTL DIST     3460
                                                   SPEED         VRBL
       LOAD     ZFW   ADDFU           LW     TOW   AVGE FF     10665
EST   54300  240800      0L   MAL 285763  394625   AVGE WC      M017
PLN   54300  240800      0L   PLN 250666  329556

ACT  ......  ......              ......  ......   TKOF ALTN .......
-------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
FLIGHT PLAN ROUTE
-EDDF/07L F340 BIBTI3D BIBTI UZ29 TORNU UZ291 BREDA UZ292 RAVLO
 UY70 OTBED UL26 PENIL UL70 BAGSO DCT REVNU/F360 DCT RESNO/F370
 NATC REDBY/F380 DCT MIILS DCT ENE PARCH1 KJFK/22L
-------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
CLEARANCES                                        RVSM ALT CHK




-------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
TIME              TRK  DIST                       TAS  G/S  PRC  REFU
TTL   POSITION         TTL  LVL  TP  T   W/V                    PLN
PTO   ETO  ATO                                                  ACT
-------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
....  EDDF/07L                  38 P08 28/015                 .... ....
  16                    105  CLB                             330
0016  T O C             0105  320  38 -15 29/023             850  79.2
....  .... ....                                             .... ....
   1             T315     5                            507  486  862
0017  BIBTI             0110  CLB  38 -44 28/026                  79.1
....  .... ....               340                           .... ....
   5              285    40                            502  476  861
0022  TINIK            0150       37 -48 27/028                  78.0
....  .... ....                                             .... ....
   1              285    10                            502  474  862
0023  TORNU            0160       37 -49 27/031                  77.7
....  .... ....                                             .... ....
   6              302    43                            502  476  861
0029  BREDA            0203       37 -50 25/037                  76.7
....  .... ....                                             .... ....
  13              322   104                            502  488
0042  RAVLO            0307       37 -50 24/048                  74.2
....  .... ....                                             .... ....
  14              281   115                            502  467  862
0056  OTBED            0422       38 -50 22/057                  71.4
....  .... ....                                             .... ....
  17              278   133                            503  469
0113  PENIL            0555       37 -49 21/074                  68.2
....  .... ....                                             .... ....
   9              273    66                            503  463  863
0122  BAGSO            0621       37 -49 21/098                  66.6
....  .... ....                                             .... ....
  21              286   169                            503  478  862
0143  REVNU            0790  CLB  35 -49 20/070                  62.6
....  .... ....               360                           .... ....
  21              281   172                            507  486  860
0204  RESNO            0962  CLB  29 -45 21/027                  58.5
....  .... ....               370                           .... ....
```



```
                          LH400/27/FRA/JFK/                          Page 12

  22              290   181                          509  503
0226  N56W020          1143       29 -42 33/018                        54.4
....  .... ....                                                  .... ....
  40              270   335                          507  498
0306  N56W030          1478       32 -45 32/052                        47.1
....  .... ....                                                  .... ....
  45              260   345                          494  467
0351  N55W040          1823       38 -56 29/026                        39.6
....  .... ....                                                  .... ....
  45              260   354                          492  468
0436  N54W050          2177       37 -58 23/015                        32.1
....  .... ....                                                  .... ....
  20              249   156                          494  478
0456  CARPE            2333       35 -57 23/017                        28.9
....  .... ....                                                  .... ....
  13              241   104                          496  480
0509  REDBY            2437  CLB  36 -54 25/027                        26.8
....  .... ....          380                                     .... ....
  65              232   519                          502  476  863
0614  MIILS            2956       36 -50 30/058                        16.2
....  .... ....                                                  .... ....
  31              216   256                          496  488
0645  ENE              3212       41 -55 30/036                        11.3
....  .... ....                                                  .... ....
  16              220   124                          496  488  864
0701  T O D            3336       42 -56 29/017                         8.9
....  .... ....                                                  .... ....
  23                    124  DES                                850
0724  KJFK/22L         3460                                     330   7.5

--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------

      ALTN      DIST  LVL   WC TIME   FUEL VIA
      KSWF/09     88  100 M001 0020   3441 DCT HAAYS V273 HUO DCT
 INFO/KPHL/27R   105  100 M005 0023   3930 DCT ARD V147 MAZIE DCT
                            P0003    P502
 INFO/KEWR/22R   111  100 M002 0024   4072 DCT JFK DCT DIXIE V276
                            P0004    P642 RBV DCT OWBIE DCT
 INFO/KBDL/24    117  110 P004 0024   4097 DCT MERIT DCT HFD DCT
                            P0004    P665

--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
REMARKS:
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------

TRIP       78890  07.24                .....  .....

CONT 3%     2367  00.13  KBGR          .....  .....

ALTN        3441  00.20  KSWF          .....  .....  ....

FINAL RES   4058  00.30                .....  .....

PLNTOF     88756  08.27                .....  ..... EIGHT EIGHT SEVEN

DIFF        .....  .....

PLNTOF      .....  .....  (CORRECTED)

EXTRA      ......  .....  POSS  35097L .....  .....

TOF        ......  .....                .....  .....

TAXI         ....            765/00.17  .....

BLOCK      ......          TCAP 172750  .....  REM FUEL ...... AT ....

ZFW CORR PS 1000 PLNTOF PS  316 / MS 1000 PLNTOF MS 327
2000 FT BELOW     TRIP   PS 495  / TIME 07.22
4000 FT BELOW     TRIP   PS 1979 / TIME 07.20
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 13

```
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------
ANALYSED EXTRA FUEL SUMMARY
MEAN VALUE MS 1960    EF90 PS 23          EF99 PS 1622
                              CONSIDERED FLIGHTS 856
--------- --------- --------- --------- --------- --------- --------

NO TANKERING RECOMMENDED (P)

LOSS FOR EXTRA FUEL:  222 US$/TO

PREP BY  S.BUENZOW             COMMANDER .........................
         (TEL.NR. 49 69 696 91806)
          SITA: FRAOWLH

                               S.F.O. ............... .....-.....HRS
                                           NAME     FROM    UNTIL

FF EUCHZMFP EUCBZMFP
       EDDFDLHD
AD EGGXZOZX EGGXZQZX CZQXZQZX CZULZQZX CYQXYFYX CZQMZQZX CZQMZQZR
AD KZNYZQZX
(FPL-DLH400-IS
-B744/H-SGHIJPRXWYZ/SD
-EDDF0825
-N0502F340 BIBTI3D BIBTI UZ29 TORNU UZ291 BREDA UZ292 RAVLO UY70
 OTBED UL26 PENIL UL70 BAGSO DCT REVNU/M086F360 DCT RESNO/M086F370
 NATC REDBY/N0502F380 DCT MIILS DCT ENE PARCH1
-KJFK0714 KSWF
-EET/EDVV0013 EHAA0022 EGTT0042 EISN0122 EGGX0145 RESNO0204
 56N020W0225 CZQX0306 55N040W0350 54N050W0436 CARPE0455 CZUL0512
 CZQM0602 KZBW0620 REG/DABVM SEL/RSBQ OPR/DLH DOF/110627 RVR/200
 RMK/TCAS DAT/SV NAV/RNAV1 RNAV5 RNP10 RNVD1E2A1)
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 14

```
OFP SUMMARY
**********

NAT B

OFP     ROUTE      CP      TRIP    TIME   ETOPS   PLNTOF TAXI     EZFW
11      NAT B      VRBL    78.3   07:32     0.0     88.1  0.8    240.8
        DIST   WC    ALTN
        3485   M016 KSWF
ROUTE   EDDF/07L N0493F340 BIBTI3D BIBTI UZ29 TORNU UZ291 BREDA
        UZ292 RAVLO UY70 OTBED UL26 PENIL UL70 BAGSO DCT
        REVNU/M085F360 DCT PIKIL/M085F370 NATB STEAM/N0494F380
        N224E TAFFY DCT ENE PARCH1 KJFK/22L


OFP SUMMARY
**********

NAT D

OFP     ROUTE      CP      TRIP    TIME   ETOPS   PLNTOF TAXI     EZFW
10      DEFRTE     VRBL    78.4   07:32     0.0     88.3  0.8    240.8
        DIST   WC    ALTN
        3452   M021 KSWF
ROUTE   EDDF/07L N0494F320 BIBTI3D BIBTI UZ29 TORNU UZ291 BREDA
        UZ292 KUDAD/N0491F340 UZ292 RAVLO UY70 OTBED UL26 PENIL
        UL70 BAGSO DCT CON/N0498F360 DCT DOGAL/M085F360 NATD
        HECKK/M085F380 NATD YAY/N0492F380 N184B TOPPS DCT ENE
        PARCH1 KJFK/22L


NAT WESTBND TRACKS FL 310/390 INCLUSIVE 27JUN1130-27JUN1900Z
************************************************************
A     SUNOT 58N020W 58N030W 57N040W 56N050W SCROD VALIE
      LVLS WB 310 320 330 340 350 360 370 380 390
      LVLS EB NIL
      EUR RTS WEST NIL
      NAR N242B N248C N250F N254A N258A N260A

B     PIKIL 57N020W 57N030W 56N040W 55N050W OYSTR STEAM
      LVLS WB 310 320 330 340 350 360 370 380 390
      LVLS EB NIL
      EUR RTS WEST NIL
      NAR N224E N228B N230E

C     RESNO 56N020W 56N030W 55N040W 54N050W CARPE REDBY
      LVLS WB 310 320 330 340 350 360 370 380 390
      LVLS EB NIL
      EUR RTS WEST NIL
      NAR N202B N206C

D     DOGAL 55N020W 55N030W 54N040W 53N050W HECKK YAY
      LVLS WB 310 320 330 340 350 360 370 380 390
      LVLS EB NIL
      EUR RTS WEST NIL
      NAR N184B N188B

E     MALOT 54N020W 54N030W 53N040W 52N050W CRONO DOTTY
      LVLS WB 310 320 330 340 350 360 370 380 390
      LVLS EB NIL
      EUR RTS WEST NIL
      NAR N160C N164B

F     LIMRI 53N020W 53N030W 52N040W 51N050W DENDU CYMON
      LVLS WB 310 320 330 340 350 360 370 380 390
      LVLS EB NIL
      EUR RTS WEST NIL
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 15

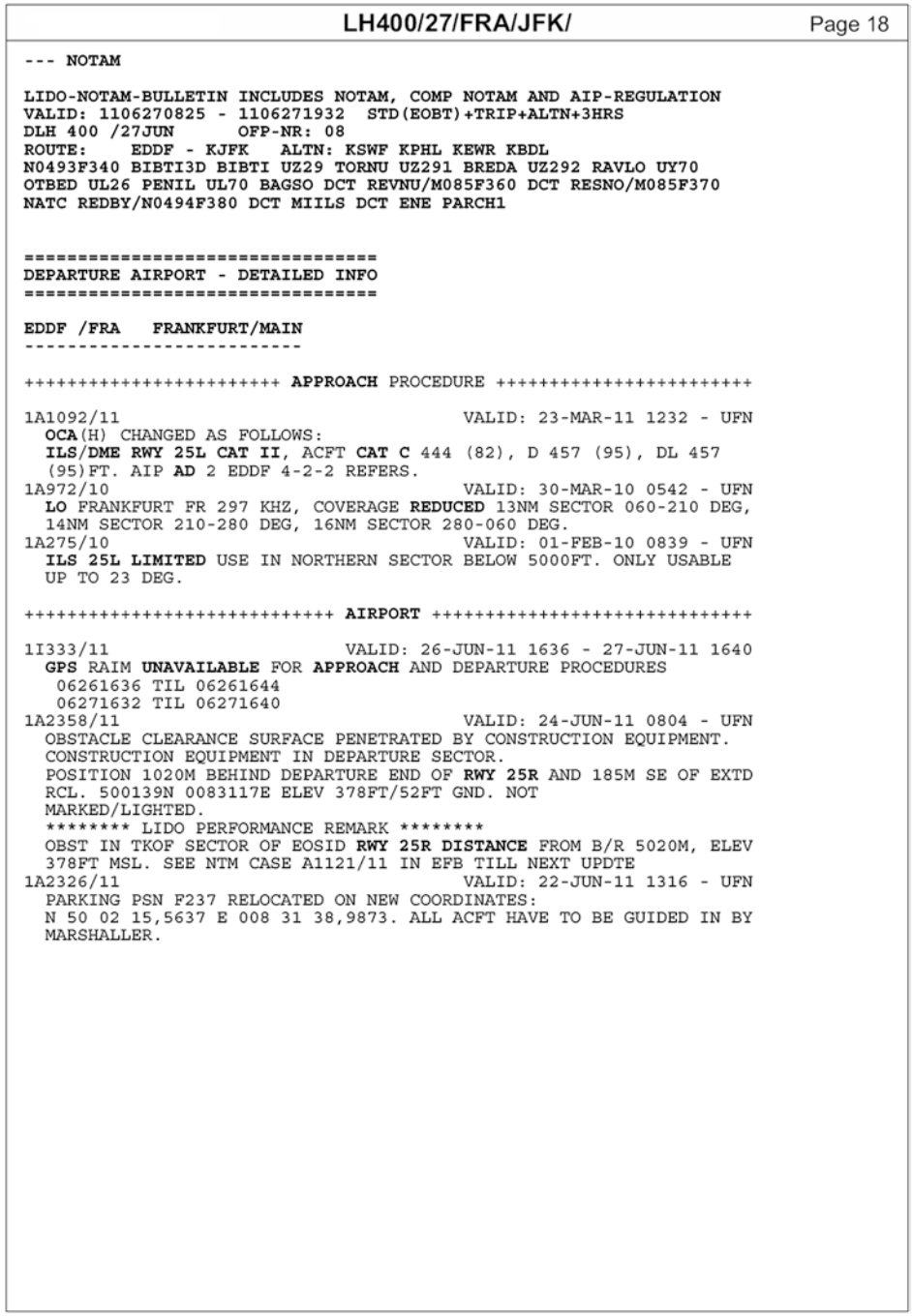
```
     NAR N142B N148B

G    46N040W 42N050W 36N060W BALOO
     LVLS WB 320 340 360 380
     LVLS EB NIL
     EUR RTS WEST NIL
     NAR NIL

NOTES:
REMARKS.
1.TMI IS 178 AND OPERATORS ARE REMINDED TO INCLUDE THE TMI NUMBER AS
  PART OF THE OCEANIC CLEARANCE READ BACK.
2.FOR STRATEGIC LATERAL OFFSET AND CONTINGENCY PROCEDURES RELATED TO
  OPS IN NAT FLOW PLEASE REFER TO THE NAT PROGRAMME COORDINATION WEB
  SITE AT WWW.PARIS.ICAO.CREWS ARE REMINDED TO OFFSET AT AND NOT
  BEFORE THE OCEANIC ENTRY POINT AND MUST RETURN TO THE CENTRELINE
  PRIOR TO THE OCEANIC EXIT POINT.
3.EIGHTY PERCENT OF GROSS NAVIGATION ERRORS RESULT FROM POOR COCKPIT
  PROCEDURES. ALWAYS CARRY OUT PROPER WAY POINT CHECKS.
4.OPERATORS ARE REMINDED THAT THE CLEARANCE MAY DIFFER FROM YOUR
  FLIGHT PLAN, FLY YOUR CLEARANCE.
5.UKAIP.ENR2.2.4.2 PARA5.2 STATES THAT NAT OPERATORS SHALL FILE
  PRMS.
6.FLIGHTS REQUESTING WESTBOUND OCEANIC CLEARANCE VIA ORCA DATALINK
  SHALL INCLUDE IN THE RMK/ FIELD THE HIGHEST ACCEPTABLE FLIGHT
  LEVEL WHICH CAN BE MAINTAINED AT THE OAC ENTRY POINT.
7.DUE TO REYJKJAVIK REQUIREMENTS, DURING THE PERIOD OF VALIDITY OF
  THE WESTBOUND OTS, FLIGHT LEVEL 340 IS NOT AVAILABLE TO TRAFFIC
  TRANSITING THE SHANWICK OCA WHICH HAS A LANDFALL OF PRAWN KENKI
  INCLUSIVE.
8.OPERATORS ARE REMINDED THAT RLONGSM WAS INTRODUCED INTO SERVICE ON
 THE EVENING OF 30 MARCH 2011. AIC Y006/11 AND NOTAM G0086/11 REFER.




WAYPOINT-LIST FOR OFP NO 8
--------------------------

CLIMB           T_O_C           TINIK           TORNU
100 231/007 P7  N5100.1         N5108.4         N5111.0
150 268/013 -4  E00654.8        E00606.0        E00550.0
200 278/019 -14 390 284/025 -56 390 274/026 -56 390 270/026 -56
310 280/024 -42 340 284/026 -49 340 275/028 -49 340 272/029 -49
350 285/027 -51 310 280/024 -42 310 270/025 -42 310 267/026 -42

BREDA           KUDAD           RAVLO           KUBAX
N5133.6         N5140.0         N5255.0         N5256.6
E00451.2        E00434.1        E00308.9        E00257.2
390 259/028 -56 390 257/029 -55 390 244/035 -55 390 243/035 -55
340 261/033 -50 340 258/034 -50 340 245/042 -50 340 244/043 -50
310 257/030 -42 310 255/031 -42 310 245/040 -42 310 245/041 -42

BEKMO           SONOL           BODSO           SUPEL
N5259.2         N5300.1         N5303.1         N5313.7
E00237.2        E00230.0        E00205.7        E00035.5
390 241/036 -55 390 241/037 -55 390 239/038 -55 390 233/045 -54
340 242/044 -50 340 241/045 -50 340 239/046 -50 340 233/052 -49
310 243/043 -42 310 243/043 -42 310 241/046 -42 310 233/053 -42

OTBED           ARTIX           MAMUL           ADELU
N5317.3         N5323.7         N5325.1         N5326.5
E00001.9        W00102.2        W00116.8        W00132.2
390 231/047 -54 390 228/052 -54 390 227/053 -54 390 226/055 -54
340 231/053 -49 340 226/055 -49 340 225/056 -49 340 224/056 -49
310 230/056 -42 310 224/060 -42 310 223/061 -42 310 222/062 -42
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 16

```
BOLBI            SONEX            PENIL            BABRA
N5328.0          N5329.9          N5337.0          N5337.7
W00148.8         W00210.4         W00339.8         W00356.7
390 225/056 -54 390 223/058 -54 390 218/067 -54 390 217/069 -54
340 223/057 -49 340 221/058 -49 340 215/066 -49 340 214/068 -49
310 221/062 -42 310 220/063 -42 310 215/069 -41 310 214/071 -41

SOPAX            RAMOX            BAGSO            REVNU
N5338.8          N5339.6          N5340.8          N5428.0
W00427.1         W00450.4         W00530.0         W01007.0
390 216/071 -54 390 215/073 -53 390 214/076 -53 390 207/072 -46
340 213/073 -49 340 212/077 -49 340 210/083 -49 340 202/102 -48
310 213/073 -41 310 212/074 -41 310 210/079 -42 310 201/106 -43

RESNO            5620N            5630N            5540N
N5500.0          N5600.0          N5600.0          N5500.0
W01500.0         W02000.0         W03000.0         W04000.0
390 207/042 -42 390 222/014 -42 390 333/032 -48 390 305/037 -59
360 207/046 -42 370 231/012 -42 370 334/041 -49 370 304/039 -58
310 206/056 -44 350 244/010 -42 350 336/052 -50 350 303/037 -54

5450N            CARPE            REDBY            MIILS
N5400.0          N5305.0          N5215.0          N4652.4
W05000.0         W05405.0         W05636.1         W06702.9
390 251/017 -57 390 246/018 -54 390 240/020 -53 430 287/040 -51
370 245/015 -58 370 227/016 -55 370 234/020 -54 380 295/054 -52
350 237/013 -54 350 199/015 -54 350 233/020 -53 350 299/067 -50

ENE              T_O_D            DESCENT
N4325.5          N4202.6          390 299/036 -58
W07036.8         W07213.8         350 303/034 -49
430 293/047 -59 430 288/043 -62 310 303/031 -39
380 303/051 -57 380 301/036 -56 200 290/018 -12
350 304/050 -50 350 303/034 -49 100 275/012 P6
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 17

```
--- ZFW (latest avbl)


LH400/27/FRA/JFK

ZFW deviation:      1719

ZFW                              DOW      Load

242519 (latest available)      186460     56059
240800 (flightplan)            186500     54300

End of latest Zfw.
```



LH400/27/FRA/JFK/ Page 18

--- NOTAM

LIDO-NOTAM-BULLETIN INCLUDES NOTAM, COMP NOTAM AND AIP-REGULATION
VALID: 1106270825 - 1106271932 STD(EOBT)+TRIP+ALTN+3HRS
DLH 400 /27JUN OFP-NR: 08
ROUTE: EDDF - KJFK ALTN: KSWF KPHL KEWR KBDL
N0493F340 BIBTI3D BIBTI UZ29 TORNU UZ291 BREDA UZ292 RAVLO UY70
OTBED UL26 PENIL UL70 BAGSO DCT REVNU/M085F360 DCT RESNO/M085F370
NATC REDBY/N0494F380 DCT MIILS DCT ENE PARCH1

==========
DEPARTURE AIRPORT - DETAILED INFO
==========

EDDF /FRA FRANKFURT/MAIN

++++++++++ APPROACH PROCEDURE ++++++++++

1A1092/11 VALID: 23-MAR-11 1232 - UFN
OCA(H) CHANGED AS FOLLOWS:
ILS/DME RWY 25L CAT II, ACFT CAT C 444 (82), D 457 (95), DL 457 (95)FT. AIP AD 2 EDDF 4-2-2 REFERS.
1A972/10 VALID: 30-MAR-10 0542 - UFN
LO FRANKFURT FR 297 KHZ, COVERAGE REDUCED 13NM SECTOR 060-210 DEG, 14NM SECTOR 210-280 DEG, 16NM SECTOR 280-060 DEG.
1A275/10 VALID: 01-FEB-10 0839 - UFN
ILS 25L LIMITED USE IN NORTHERN SECTOR BELOW 5000FT. ONLY USABLE UP TO 23 DEG.

++++++++++ AIRPORT ++++++++++

1I333/11 VALID: 26-JUN-11 1636 - 27-JUN-11 1640
GPS RAIM UNAVAILABLE FOR APPROACH AND DEPARTURE PROCEDURES
06261636 TIL 06261644
06271632 TIL 06271640
1A2358/11 VALID: 24-JUN-11 0804 - UFN
OBSTACLE CLEARANCE SURFACE PENETRATED BY CONSTRUCTION EQUIPMENT.
CONSTRUCTION EQUIPMENT IN DEPARTURE SECTOR.
POSITION 1020M BEHIND DEPARTURE END OF RWY 25R AND 185M SE OF EXTD RCL. 500139N 0083117E ELEV 378FT/52FT GND. NOT MARKED/LIGHTED.
******** LIDO PERFORMANCE REMARK ********
OBST IN TKOF SECTOR OF EOSID RWY 25R DISTANCE FROM B/R 5020M, ELEV 378FT MSL. SEE NTM CASE A1121/11 IN EFB TILL NEXT UPDTE
1A2326/11 VALID: 22-JUN-11 1316 - UFN
PARKING PSN F237 RELOCATED ON NEW COORDINATES:
N 50 02 15,5637 E 008 31 38,9873. ALL ACFT HAVE TO BE GUIDED IN BY MARSHALLER.

LH400/27/FRA/JFK/ Page 19

```
1A2246/11                                   VALID: 20-JUN-11 0855 - UFN
  CUTOVER NEW FRANKFURT ATC TOWER
  THE CUTOVER FROM THE OLD TOWARDS THE NEW ATC TOWER FRANKFURT TOOK
  PLACE DURING THE NIGHT OF MONDAY 13TH TO TUESDAY 14TH OF JUNE.
  DUE TO THE NEW LOCATION OF THE ATC TOWER AND THE IMPLEMENTATION OF
  SEVERAL NEW TECHNICAL SYSTEMS AN IMPLEMENTATION PHASE FROM 14TH
  TILL
  26TH OF JUNE IS FORESEEN.
  TO ENSURE OPERATIONAL SAFETY EDDF TRAFFIC WILL BE REGULATED
  PRE-TACTICAL DURING THE IMPLEMENTATION PHASE AND MINIMUM INBOUND
  SPACING REQUIREMENTS WILL BE ENLARGED.
  AFTCM REGULATIONS WILL BE PUBLISHED VIA REGULAR CFMU CHANNELS.
  ADDITIONALLY AN ATFCM INFORMATION MESSAGE (AIM) IS PUBLISHED.
  AIRCRAFT OPERATORS ARE REQUESTED TO ADHERE STRICTLY TO CTOT FROM
  OUT
  STATIONED DEPARTURE AERODROMES.
  AS WELL ALL NECESSARY ATC FPL UPDATES OR CANCELLATIONS SHALL BE
  EXECUTED AS SOON AS POSSIBLE FOR ALL IN- AND OUTBOUND FLIGHTS TO
  AND
  FROM FRANKFURT.
  ACCORDING TO THE PUBLISHED AIRPORT CDM PROCEDURE AIRCRAFT
  OPERATORS
  AND GROUND HANDLERS ARE REQUESTED TO KEEP THE TOBT FOR FRANKFURT
  DEPARTURES UPDATED.
1A1992/11                       VALID: 31-MAY-11 1000 - 11-JUL-11 1000
  TWY N8 NORTH OF TWY N RESTRICTED TO ACFT WITH MAX WINGSPAN OF 36M.
  ACFT WITH WINGSPAN GREATER THAN 36M OPERATING TO AND FROM PARKING
  PSN A94, A92, A22, A18 AND A16 HAVE TO FOLLOW MARSHALLER.
1A1991/11                       VALID: 31-MAY-11 1000 - 11-JUL-11 1000
  TWY N8 AND TWY N7 NORTH OF TWY N RESTRICTED TO USE WITH MARSHALLER
  ONLY DURING NIGHT AND CAT 2/3 OPERATION.
1A1996/11                                   VALID: 31-MAY-11 0840 - UFN
  MOBILE CRANE ERECTED IN DEPARTURE SECTOR 25R.
  POSITION 1130M IN FRONT OF THR 07L AND 100M SE OF EXTENDED RCL.
  MAX ELEV 378FT/53FT AGL. NOT MARKED AND NOT LIGHTED.
  *** LIDO PERFORMANCE RMK ***
  OBST IN TKOF SECTOR OF EOSID RWY 25R:
  TKOF 25R: DISTANCE FROM B/R 5130M, ELEV 378FT MSL.
  COVERED BY A2358/11 WHICH IS AVBL IN EFB
1A1990/11                                   VALID: 31-MAY-11 0534 - UFN
  SEVERAL CRANES IN DEP SECTOR RWY 07R ERECTED. PSN 4580M BEHIND DER
  RWY 07R AND 310M SE EXT RCL. ELEV 583FT/214FT AGL. NOT MARKED AND
  LIGHTED.
  ***** LIDO PERFORMANCE REMARK *****
  OBST IN TKOF SECTOR OF EOSID RWY 07R DISTANCE FROM B/R 8580M, ELEV
  583FT MSL.DATA AVBL IN EFB.

++++++++++++++++++++++++++ COMPANY NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CO97/11                         VALID: 11-MAY-11 1021 - 11-AUG-11 0000
  DLH COMPANY NOTAM C/O/0097/11
  **********FMS INFO**********
  EDDF/FRANKFURT-MAIN PSA TRANSITION 07
  DUE TO LEGAL BINDING THE DIFFERENCE BETWEEN CHART AND TEXT
  DESCRIPTION OF THE PSA TRANSITION TO RWY 07 IN OFFICIAL
  PUBLICATIONS CHARLIE VOR CHA 115.50 IS NOT MENTIONED IN THE FMS
  SEQUENCE OF PSN07N AND PSN07S.

++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CC104/11 - CHART NOTAM          VALID: 23-JUN-11 0000 - 29-JUN-11 2359
  AMDB STAND F237:
  PARKING PSN F237 RELOCATED ON NEW COORDINATES:
  N 50 02 15,5637 E 008 31 38,9873
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 20

```
CC103/11 - CHART NOTAM                    VALID: 20-JUN-11 0000 - UFN
  AMDB WIP AREA WEST OF RWY 18:
  WIP WEST OF RWY 18 FINISHED,
  DE-ICING PADS DP1 AND DP2 WEST, DP2 CENTER, DP2 EAST ESTABLISHED
  DE-ICING PADS DP EAST AND DP WEST NOT PERMITTED FOR A388,
  A346 AND B773.
  TWY W AND W3 IN OPERATION
CC102/11 - CHART NOTAM                    VALID: 16-JUN-11 0000 - UFN
  AMDB TWY S3:
  TWY S3 LINKING TWY S AND R EAST OF R3 IN OPERATION
CC101/11 - CHART NOTAM                    VALID: 16-JUN-11 0000 - UFN
  AMDB TWY S4:
  TWY S4 LINKING TWY S AND R SOUTH OF R3 IN OPERATION
CC100/11 - CHART NOTAM          VALID: 15-JUN-11 0000 - 29-JUN-11 2359
  AOI ARRIVAL NAP:
  PROCEDURE TEXT 2200-0400 CHANGED:
  CORRSPONDING FMS POINTS ARE DF622/DF652 ISO DF022/DF052.
CC99/11 - CHART NOTAM           VALID: 15-JUN-11 0000 - 29-JUN-11 2359
  AOI ARRIVAL:
  NOISE ABATEMENT PROCEDURE:
  WPTS ON SECOND PARAGRAPH SHOULD READ,
  DF622/DF652 ISO DF022/DF052.
CC98/11 - CHART NOTAM           VALID: 15-JUN-11 0000 - 29-JUN-11 2359
  AOI OPERATION:
  TWY RESTRICTIONS:
  A340-600, B777-300, A380-800: TWY N-EAST NOW ALSO PERMITTED.
CC90/11 - CHART NOTAM           VALID: 10-MAY-11 0000 - 13-JAN-12 2359
  AOI TRIAL NAP DEP:
  DEDICATED RWY OPS
  - IN USE ON ODD DAYS BETWEEN 2300-0500 LT.
  - RWY 25 IN USE: ALLOCATION OF SIDS 25L/R , NO TKOF 18.
  - RWY 07 IN USE: ALLOCATION OF SIDS S/L/U/R OF RWY 18.
  NO TKOF 07.
  - EXCEPTIONS BY ATC.
  - IN ORDER TO ACHIEVE GREATER HEIGHT ON THE FIRST MILES AFTER
  TKOF SEE SID/SIDPT FOR ADDITIONAL SPEED/ALT RESTRICTIONS.
CC81/11 - CHART NOTAM                     VALID: 15-DEC-10 0000 - UFN
  AGC WIP NEW RWY:
  NEW RWY/TWY SYSTEM UNDER CONSTRUCTION APPROX. 900M NORTH
  OF THR 18.
CC83/11 - CHART NOTAM                     VALID: 05-FEB-10 0000 - UFN
  AOI ARRIVAL SPEED RESTRICTION:
  IN ORDER TO REDUCE NOISE BETWEEN 2300-0500 LT:
  MAX IAS 250 KT IN TMA FRANKFURT BELOW FL100.
  REGULATION WILL BE SUSPENDED IF HIGHER SPEED REQUIRED FOR
  SAFETY OR TRAFFIC HANDLING.
  INFORM ATC ABOUT SPEED DEVIATIONS.

==================================
DESTINATION AIRPORT - DETAILED INFO
==================================

KJFK /JFK   NEW YORK/JOHN F KENNEDY INTL
---------------------------------------

++++++++++++++++++++++++++++++ RUNWAY ++++++++++++++++++++++++++++++

1A3382/11                       VALID: 27-JUN-11 1400 - 27-JUN-11 1700
  RWY 13L/31R CLSD
1A3317/11                       VALID: 27-JUN-11 1100 - 28-JUN-11 2130
  1100-2130
  RWY 13L APPROACH LIGHT SYSTEM TEST MODE ONLY
1A3316/11                       VALID: 27-JUN-11 1100 - 28-JUN-11 2130
  1100-2130
  RWY 13L SEQUENCED FLASHING LIGHT ON TEST MODE ONLY
1A3384/11                                VALID: 26-JUN-11 2128 - UFN
  RWY 31L 12000 FT DISTANCE REMAINING SIGN U/S
1A3383/11                                VALID: 26-JUN-11 2128 - UFN
  RWY 13R 2000 FT DISTANCE REMAINING SIGN U/S
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 21

```
1A3368/11                                VALID: 25-JUN-11 2124 - UFN
  RWY 04L/22R ELEVATED GUARD LGTS AT TWY F EAST SIDE U/S
1A3366/11                                VALID: 25-JUN-11 1803 - UFN
  RWY 13L/31R MANDATORY SIGN AT INT TWY D MISSING
1A3041/11                                VALID: 09-JUN-11 2017 - UFN
  RWY 13L/31R OPEN EXCAVATION IN SAFETY AREA 750 NNW
  AER 31L LIGHTED AND BARRICADED
1A3040/11                                VALID: 09-JUN-11 2015 - UFN
  RWY 13R/31L OPEN EXCAVATION IN SAFETY AREA 1400 NNW
  AER 31L LIGHTED AND BARRICADED
1A2961/11                                VALID: 05-JUN-11 0929 - UFN
  RWY 04L/22R MANDATORY HOLD SHORT SIGN AT RWY 13R/31L
   SOUTHWEST UNLIGHTED
1A2825/11                                VALID: 26-MAY-11 1000 - UFN
  RWY 04L/22R LEAD OFF LGTS AT TWY J WEST U/S
1A2824/11                                VALID: 26-MAY-11 1000 - UFN
  RWY 04L/22R LEAD OFF LGTS AT TWY FB WEST U/S
1A1531/11                                VALID: 17-MAR-11 1534 - UFN
  RWY 13L ALS U/S
1A4873/10                                VALID: 16-NOV-10 1628 - UFN
  RWY 31L TORA 14511/TODA 14511/ASDA 14511/LDA 11248
1A3949/10                                VALID: 14-SEP-10 2057 - UFN
  RWY 13R PAPI COMMISSIONED. A STRAIGHT-IN AND OFFSET PAPI IS
  USED FOR THIS VISUAL APPROACH.  THE STRAIGHT-IN SYSTEM CONSISTS OF
  ONE BAR OF LIGHTS LOCATED ON THE LEFT SIDE OF THE RUNWAY
  CENTERLINE
  AS VIEWED FROM THE APPROACH DIRECTION.  THE SECOND SINGLE BAR OF
  LIGHTS IS AIMED 22 DEGREES WEST OF THE EXTENDED RUNWAY CENTERLINE
  IS
  LOCATED ON THE RIGHT SIDE OF THE RUNWAY AS VIEWED FROM THE
  APPROACH
  DIRECTION.  THE VISUAL GLIDE PATH IS 3.00 DEGREES. THE THRESHOLD
  CROSSING HEIGHT (TCH) IS 73 FEET FOR THE STRAIGHT IN APPROACH.
  THE
  SYSTEM IS CONTROLLED BY THE TWR. THE PAPI IS MONITORED
1A2907/10                                VALID: 30-JUN-10 2006 - UFN
  RWY 13R DISPLACED THRESHOLD 2043FT

++++++++++++++++++++++++ APPROACH PROCEDURE ++++++++++++++++++++++++

1A1408/11                                VALID: 10-MAR-11 0904 - UFN
  RNAV (GPS) Y RWY 4R, AMDT 1B...
     LNAV VISIBILITY CAT C RVR 5000, CAT D RVR 6000.
1A3237/10                                VALID: 30-JUL-10 1743 - UFN
  ILS OR LOC RWY 13L, AMDT 16B...
   ILS RWY 13L (CAT II), AMDT 16B...
   DME REQUIRED.

++++++++++++++++++++++++++++ AIRPORT ++++++++++++++++++++++++++++

1A3381/11                    VALID: 27-JUN-11 1100 - 27-JUN-11 1800
  TWY B CLSD BTN TWY L AND TWY KK
1A3364/11                                VALID: 25-JUN-11 1408 - UFN
  TWY P CLSD BTN TWY MC,MD
1A2960/11                                VALID: 05-JUN-11 0929 - UFN
  TWY K MANDATORY HOLD SHORT SIGN AT RWY 13R/31L SOUTHEAST
   UNLIGHTED
1A2930/11                                VALID: 03-JUN-11 0941 - UFN
  TWY B BTN TWY K AND TWY KK NORTH SHOULDER TRENCHES
  AND OPEN EXCAVATION LGTD AND BARRICADED
1A15/11                                  VALID: 01-JAN-11 1031 - UFN
  H2 UNLIGHTED
1A4863/10                                VALID: 16-NOV-10 1219 - UFN
  TWY KD CMSND BTN RWY 13R/31L AND TWY B
1A1246/10                                VALID: 03-MAR-10 2347 - UFN
  1200-1500  1900-0300
  JFK HAS INSTITUTED METERING PROCEDURE CTC RAMP CTL PRIOR TO
  PUSHBACK
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 22

```
1A792/10                                VALID: 12-FEB-10 1740 - UFN
  PARCH1 RNAV TRACKS VIA CRAIL AND CAPIT WPS NOT AUTHORIZED.
  EXPECT RADAR VECTORS TO FINAL APPROACH COURSE PRIOR TO ROBER.

++++++++++++++++++++++++++ COMPANY NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CO204/07                                VALID: 05-JUL-07 0703 - UFN
  DLH COMPANY NOTAM C/O/0204/07
  **********FMS-INFO**********
  REF FMS NAVDB
  NEW YORK JOHN F KENNEDY INTL/KJFK/JFK
  REF VECTOR SID PROCEDURES. AS A CONSEQUENCE OF NAVDATA CODING
  RULES AND REGULATIONS, THE RUNWAY TRANSITIONS FOR THE FOLLOWING
  VECTOR SIDS HAVE BEEN WITHDRAWN FROM THE FMS DATABASES EFFECTIVE
  CYCLE 0707:SID BETTE3,SID GREKI3,SID HAPIE3,SID MERIT3.
  SID JFK1 HAS BEEN REMOVED COMPLETELY DUE TO NO COMMON POINT IN
  DEPARTURE ROUTE AVAILABLE AND NO ENROUTE TRANSITION CONNECTION.

++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CC52/11 - CHART NOTAM                   VALID: 20-APR-11 0000 - UFN
  IAC AFC MM:
  MM ILS/DME RWY04R WITHDRAWN

================================
DESTINATION ALTERNATE AIRPORT(S)
================================

KSWF /SWF   NEWBURGH/STEWART INTL
--------------------------------

++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CC14/11 - CHART NOTAM         VALID: 22-JUN-11 0000 - 06-JUL-11 2359
  AOI RWY 09:
  MID AND ROLLOUT RVR U/S UFN.
CC13/11 - CHART NOTAM         VALID: 22-JUN-11 0000 - 06-JUL-11 2359
  AOI TWY LIGHTS:
  TWYS L, M AND N EDGE LIGHTS U/S UFN
CC12/11 - CHART NOTAM         VALID: 22-JUN-11 0000 - 06-JUL-11 2359
  AOI AGC TWY RESTRICTION:
  TWY C PARTIALLY NOT AVBL. FOR ACFT WITH WINGSPAN ABOVE
  125FT/38.1M.

KPHL /PHL   PHILADELPHIA INTL
-----------------------------

++++++++++++++++++++++++++++++ RUNWAY ++++++++++++++++++++++++++++++

1A1648/11                     VALID: 27-JUN-11 0300 - 27-JUN-11 1000
  RWY 17/35 CLSD
1A1647/11                     VALID: 27-JUN-11 0300 - 27-JUN-11 1000
  RWY 09L/27R CLSD
1A3450/10                               VALID: 26-DEC-10 1812 - UFN
  RWY 08/26 CLSD
1A3380/10                               VALID: 14-DEC-10 1401 - UFN
  RWY 17 ALS U/S

++++++++++++++++++++++ APPROACH PROCEDURE ++++++++++++++++++++++

1A1642/11                     VALID: 27-JUN-11 1400 - 27-JUN-11 1500
  RWY 09L ILS LLZ U/S
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 23

```
1A1639/11                                VALID: 24-JUN-11 1753 - UFN
  ILS OR LOC RWY 9R, AMDT 9A...
   ILS OR LOC RWY 27L, AMDT 12B...
   ILS RWY 9R (CAT II), AMDT 9A...
   ILS RWY 9R (CAT III), AMDT 9A...
   ILS PRM RWY 27L (SIMULTANEOUS CLOSE PARALLEL), AMDT 3A...
   ILS RWY 26, AMDT 3...
   ILS PRM RWY 26 (SIMULTANEOUS CLOSE PARALLEL), AMDT 3A...
   ILS OR LOC RWY 9L, AMDT 4C...
     ALTERNATE MINIMUMS NA.
1A3355/10                                VALID: 10-DEC-10 1714 - UFN
  CONVERGING ILS RWY 17, AMDT 5...
   S-ILS 17 VIS CAT A/B/C 2 1/4, CAT D 2 1/2.
   DISREGARD NOTE:  INOPERATIVE TABLE DOES NOT APPLY.
1A1007/10                                VALID: 02-APR-10 1659 - UFN
  ILS RWY 27R (CAT II), AMDT 10C...
     PROCEDURE NA.

++++++++++++++++++++++++++++++ SID/STAR ++++++++++++++++++++++++++++++

1A999/10                                 VALID: 01-APR-10 1706 - UFN
  CEDAR LAKE 8 ARRIVAL - MINIMUM ENROUTE ALTITUDE (MEA)
  IS REVISED BETWEEN ROUTE SEGMENTS.  THE MEA BETWEEN BRIGS
  INTERSECTION AND CEDAR LAKE VOR (VCN) AND BETWEEN VCN AND
  WOODSTOWN
  VOR (OOD) IS REVISED FROM 1900 FEET MSL TO 2100 FEET MSL.

+++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM +++++++++++++++++++++++++++

CC24/11 - CHART NOTAM                    VALID: 12-MAY-11 0000 - UFN
  IAC DME US:
  ILS DME RWY27 I-PDP DME UNSERVICABLE WITHIN 0.3NM FROM THE
  THRESHOLD.
CC23/11 - CHART NOTAM                    VALID: 29-APR-11 0000 - UFN
  AOI WARNINGS:
  NOTE TWY S ROUGH AND UNEVEN WITHDRAWN.

KEWR /EWR   NEWARK/LIBERTY INTL
------------------------------

++++++++++++++++++++++ APPROACH PROCEDURE ++++++++++++++++++++++

1A628/11                                 VALID: 17-FEB-11 1542 - UFN
  RNAV (RNP) Z RWY 4R, ORIG-A...
     RNP 0.15 DA 364/HAT 353, VISIBILITY RVR 4000 ALL CATS.
     RNP 0.30 DA 490/HAT 479, VISIBILITY RVR 6000 ALL CATS.
     DISREGARD NOTE: FOR INOPERATIVE ALSF, INCREASE RNP 0.15
     VISIBILITY TO RVR 5000 ALL CATS AND RNP 0.30 VISIBILITY TO
     1 1/2 ALL CATS.
     NOTE: FOR INOPERATIVE ALSF, INCREASE RNP 0.15 VISIBILITY TO RVR
     6000 ALL CATS AND RNP 0.30 VISIBILITY TO 1 3/4 ALL CATS.
     MISSED APPROACH:  CLIMB TO 2500 DIRECT CANBO AND ON TRACK 073
     TO MOSME AND ON TRACK 025 TO TEB VOR/DME AND HOLD.
     WHEN AUTHORIZED BY ATC, CLIMB IN HOLDING TO 3000.
1A2001/10                                VALID: 23-NOV-10 1723 - UFN
  VOR RWY 11, AMDT 2B...
     PROCEDURE NA.
1A2193/08                                VALID: 17-NOV-08 1111 - UFN
  RWY 22L ILS LOCALIZER UNUSABLE BEYOND 30 DEGREES LEFT SIDE

++++++++++++++++++++++++++++++ AIRPORT ++++++++++++++++++++++++++++++

1A1161/11                                VALID: 04-MAY-11 1806 - UFN
  CHATHAM NDB CAT FREQ 254 KHZ OUT OF SERVICE

++++++++++++++++++++++++++++++ SID/STAR ++++++++++++++++++++++++++++++

1A1244/10                                VALID: 16-JUL-10 1416 - UFN
  HELON ONE ARRIVAL. MEA TALCO - WEETS 8000 FT DUE TO
  ALB VOR RESTRICTION. RADAR REQUIRED.
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 24

```
++++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++++++++++++++++++++

CC32/11 - CHART NOTAM          VALID: 23-JUN-11 0000 - 06-JUL-11 2359
  AOI ILS 22L:
  WARNING: LOC U/S BEYOND 25 DEG. LEFT OF COURSE.
CC26/11 - CHART NOTAM          VALID: 23-MAY-11 0000 - 29-JUN-11 2359
  AFC IAC ILS 04R:
  MM WITHDRAWN.
CC25/11 - CHART NOTAM          VALID: 23-MAY-11 0000 - 29-JUN-11 2359
  STAR SHAFF 6:
  READ WAYPOINT DEFINITION FOR WPT WEETS D56.2 ALB/R130 DNY
  (ISO D56.2 ALB/R096 DNY)
CC24/11 - CHART NOTAM          VALID: 23-MAY-11 0000 - 29-JUN-11 2359
  AFC IAC MM:
  ILS/DME RWY 04R MM WITHDRAWN
CC55/10 - CHART NOTAM          VALID: 03-MAY-10 0000 - 30-APR-12 2359
  AOI OPERATIONS:
  SIMULTANEOUS LANDING ON RWY 04R AND 29.

KBDL /BDL   WINDSOR LOCKS/BRADLEY INTL
-------------------------------------

++++++++++++++++++++++++++++++ RUNWAY ++++++++++++++++++++++++++++++

1A1323/11                      VALID: 26-JUN-11 0401 - 27-JUN-11 0930
  0401-0930
  RWY 06/24 CLSD
1A1321/11                                VALID: 23-JUN-11 1344 - UFN
  RWY 19 CLSD TKOF
1A1265/11                                VALID: 09-JUN-11 0509 - UFN
  RWY 06 RVR ROLLOUT U/S

++++++++++++++++++++++++ APPROACH PROCEDURE ++++++++++++++++++++++++

1A1266/11                                VALID: 09-JUN-11 0510 - UFN
  RWY 24 RVR TOUCHDOWN U/S
1A1101/11                                VALID: 21-APR-11 1602 - UFN
  ILS OR LOC RWY 24, AMDT 11...
   ILS RWY 24 (CAT II), AMDT 11...
     I-MYQ DME UNUSABLE INSIDE 0.4 DME.

++++++++++++++++++++++++++++++ AIRPORT ++++++++++++++++++++++++++++++

1A1575/09                                VALID: 15-JUL-09 2131 - UFN
  /PUT/ DME UNUSABLE 265-301 DEGREE RADIAL BEYOND 36NM BELOW 3000FT.

++++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++++++++++++++++++++

CC7/11 - CHART NOTAM           VALID: 15-JUN-11 0000 - 29-JUN-11 2359
  IAC MINIMA:
  ILS CAT 2 24
  NOTE CHANGED TO: SPECIAL OPSPEC APPROVAL AND AL OR HUD TO TDZ
  REQUIRED DUE TO NON-STANDARD APL

====================
FUEL ENROUTE AIRPORT
====================

KBGR /BGR   BANGOR INTL
-----------------------

++++++++++++++++++++++++ APPROACH PROCEDURE ++++++++++++++++++++++++

1A296/11                                 VALID: 26-JUN-11 0044 - UFN
  RWY 15 ILS DME U/S
1A287/11                                 VALID: 25-JUN-11 1628 - UFN
  RWY 15 ILS CAT 3 NOT AUTHORIZED
```

```
                    LH400/27/FRA/JFK/                          Page 25
1A184/11                                  VALID: 28-FEB-11 2147 - UFN
  ILS OR LOC RWY 33, AMDT 12...
     ZUMSI MINIMUMS:
     CIRCLING MDA 760/HAA 568 ALL CATS.
     TEMPORARY CRANE 400 MSL 4710 FT S OF RWY 15.
  *** LIDO PERFORMANCE RMK ***
  OBST IS NOT IN TKOF SECTOR OF EOSID.
1A183/11                                  VALID: 28-FEB-11 2146 - UFN
  VOR/DME RWY 33, AMDT 7...
   VOR/DME RWY 15, AMDT 4A...
   ILS OR LOC RWY 15, AMDT 6A...
   RNAV (GPS) RWY 33, ORIG...
   RNAV (GPS) RWY 15, ORIG-A...
   RADAR-1, AMDT 4C...
   VOR A, AMDT 3...
     CIRCLING MDA 760/HAA 568 ALL CATS.
     TEMPORARY CRANE 400 MSL 4710 FT S OF RWY 15.
  *** LIDO PERFORMANCE RMK ***
  OBST IS NOT IN TKOF SECTOR OF EOSID.

++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CC22/10 - CHART NOTAM                     VALID: 30-SEP-09 0000 - UFN
  IAC ILS 33:
  OM DECOMMISSIONED.
CC21/10 - CHART NOTAM                     VALID: 30-SEP-09 0000 - UFN
  IAC ILS 15:
  OM DECOMMISSIONED.

==================
ENROUTE AIRPORT(S)
==================

EDDK /CGN   COLOGNE/BONN
------------------------

++++++++++++++++++++++++++++++ RUNWAY ++++++++++++++++++++++++++++++

1A2328/11                      VALID: 27-JUN-11 0500 - 27-JUN-11 1600
  RWY 06/24 CLSD TO WIP.

++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CC3/11 - CHART NOTAM                      VALID: 20-APR-11 0000 - UFN
  ALL ATIS:
  SECONDARY FREQUENCY CHANGED: 132.125 ISO 124.200.

EBBR /BRU   BRUSSELS/BRUSSELS NATIONAL
--------------------------------------

++++++++++++++++++++++++ APPROACH PROCEDURE ++++++++++++++++++++++++

1A754/11                       VALID: 04-MAY-11 1800 - 10-OCT-11 1600
  DAILY 0400-1600
  ILS RWY 25R CAT III DOWNGRADED TO CAT I . PPR 1HR FOR CAT II/III
  OPS

++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CC7/11 - CHART NOTAM                      VALID: 05-MAY-11 0000 - UFN
  APC PARKING STANDS:
  APRON 1 NORTH:
  STAND 128 WITHDRAWN AND REPLACED BY 134 AND 136.
CC6/11 - CHART NOTAM                      VALID: 29-MAR-11 0000 - UFN
  AOI RWY 02/20:
  PCN CHANGED TO 67/F/A/W/T.
CC67/10 - CHART NOTAM                     VALID: 15-OCT-10 0000 - UFN
  AOI ARRIVAL NOTES:
  ARVOL AND TULNI 2B RENAMED TO 3B.
  TULNI 2A RENAMED TO 3A.
```

LH400/27/FRA/JKF/ Page 26

EHAM /AMS AMSTERDAM/SCHIPHOL

++++++++++++++++++++++++++++++ **RUNWAY** ++++++++++++++++++++++++++++++

1A545/11 VALID: 14-JUN-11 2016 - 10-JUL-11 0317
RWY 18L/36R CLSD BTN SS-SR AND/OR DURING LOW VISIBILITY
PROCEDURES.
1A546/11 VALID: 14-JUN-11 0300 - 10-JUL-11 2100
APCH AND **RWY** LIGHT **RWY 18L/36R NOT AVBL.**

++++++++++++++++++++++++ **APPROACH** PROCEDURE ++++++++++++++++++++++++

1A289/11 VALID: 08-APR-11 0943 - UFN
REF AIP NETHERLANDS CHANGE OPERATING MINIMA **OCA**(**OCH**) **RWY 18C:**
AD 2.EHAM-IAC-18C.1: GPINOP **CAT A**-DL 690(700).
AD 2.EHAM-IAC-18C.2: **NDB/DME CAT A**-D 690(700).
1A288/11 VALID: 08-APR-11 0932 - UFN
REF AIP NETHERLANDS CHANGE OPERATING MINIMA **OCA**(**OCH**) **RWY 22:**
AD 2.EHAM-IAC-22.1: **GP INOP CAT A**-D 540(550).

++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CC35/11 - CHART NOTAM VALID: 08-JUN-11 0000 - UFN
AOI ATIS:

EINN /SNN SHANNON

++++++++++++++++++++++++++++ **AIRPORT** ++++++++++++++++++++++++++++

1A991/11 VALID: 10-JUN-11 1824 - 10-SEP-11 1200
RESCUE LAUNCH **OUT OF SERVICE**

++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CC4/11 - CHART NOTAM VALID: 26-JAN-11 0000 - UFN
ALL OBST **WITHDRAWN**:
OBST 1109FT 6NM WEST OF **AD** IS REMOVED.

EGCC /MAN MANCHESTER

++++++++++++++++++++++++++++++ **RUNWAY** ++++++++++++++++++++++++++++++

1A1176/11 VALID: 04-MAY-11 0430 - UFN
DUE WIP **RWY 05L/23R** LIGHTING **REDUCED.**
THE FOLLOWING IS **NOT AVBL**, SUPPLEMENTARY **APCH**, TDZ AND RCL.
THE FOLLOWING IS AVBL, 5 BAR **APCH**, THR, EDGE (CODED), END, TWY
EXIT/ENTRANCE (**LIMITED** EXITS) AND HOLDING POINT STOPBARS (H24).
IN HN AND LVP PILOTS ARE TO ENTER/EXIT **RWY 05L/23R** ONLY AT LINKS
WHERE **TWY CL** LIGHTING IS PROVIDED

++++++++++++++++++++++++ **APPROACH** PROCEDURE ++++++++++++++++++++++++

1A1585/11 VALID: 20-JUN-11 1256 - 05-JUL-11 1230
ILS RWY 05L/23R DOWNGRADED TO **CAT 1**
1A1471/11 VALID: 13-JUN-11 0630 - 08-JUL-11 1600
MON-FRI 0630-1600
ACFT SHOULD EXPECT **VOR/DME APCH** TO **RWY 05L**, DUE WIP **RWY 05L**
LOCALISER RESCRICTED AREA. **RWY 23R ILS DOWNGRADED** TO **CAT 1**

++++++++++++++++++++++++++++++ **AIRPORT** ++++++++++++++++++++++++++++++

1A1175/11 VALID: 04-MAY-11 0430 - UFN
AD DOWNGRADED TO **CAT 1** LANDINGS, AND TO **RVR** GREATER THAN 400M FOR
TAKE-OFF. NO EXCEPTIONS BELOW THESE MINIMA WILL PERMITTED EXCEPT
IN
EMERGENCY

LH400/27/FRA/JKF/ Page 27

```
++++++++++++++++++++++++++ COMPANY NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CO168/09                                  VALID: 14-AUG-09 1242 - UFN
  DLH COMPANY NOTAM C/O/0168/09
  MANCHESTER/EGCC/MAN
  WHEN OPERATING RUNWAY 23R SINGLE RUNWAY OPS THE FINAL CLEARANCE
  LIMIT ISSUED BY THE GROUND MOVEMENT CONTROLLER (121.850) WILL
  ALWAYS BE THE J4 STOPBAR. THE OUTBOUND AIRCRAFT WILL THEN BE
  TRANSFERRED TO THE TOWER CONTROLLER FOR ONWARD CLEARANCE. OUTBOUND
  CREWS MUST HOLD AT J4 AND AWAIT FURTHER CLEARANCE FROM THE TOWER
  CONTROLLER ON 118.625.

++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CC36/11 - CHART NOTAM                     VALID: 31-MAY-11 0000 - UFN
  AGC RWY 23L:
  AT THE BEGINNING OF RWY 23L A 150M/492FT STARTER EXTENSION IS
  AVAILABLE.
CC21/11 - CHART NOTAM          VALID: 04-MAR-11 0000 - 02-SEP-11 2359
  ALL RWY 05L/23R:
  RWY 05L/23R CLSD DUE WIP AS FOLLOWS:
  UNTIL 25MAR:
  RWY CLSD SUN-THU EVERY NIGHT 2130-0630.
  27 MAR - 2 SEP:
  RWY CLSD SUN-WED EVERY NIGHT 2030-0530 AND EVERY THU 2130-0530.
  FLIGHT OPS DURING THESE TIMES ON RWY 05R/23L.
  EXPECT AIRBORNE AND GND DELAYS UP TO 15MIN DURING RWY
  TRANSITION.
  4 MAY - 2 SEP:
  CLL, TDZ AND SUPPLEMENTARY APL NOT AVBL.FOR RWY 05L/23R.
  RWY WILL REMAIN CAT 3B THROUGHOUT.
  OPERATORS WISHING TO OPERATE LOWER THAN CAT 1 DURING LIGHTING
  RESTRICTIONS CONTACT ATC OR AD OPS ASAP.

EIDW /DUB   DUBLIN INTL
-----------------------

++++++++++++++++++++++++++ COMPANY NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CO259/07                                  VALID: 26-SEP-07 0955 - UFN
  CO0259/07 DLH COMPANY NOTAM
  EIDW/DUB/DUBLIN INTL
  (NC/CF)APPROACH TO RWY 34:  LIGHTS FROM A BUILDING 1,5NM SW OF THE
  THR OF RWY 34 ARE SIMILAR TO THE ALS AND MAY BE MISTAKEN.

++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CC70/11 - CHART NOTAM                     VALID: 01-MAY-11 0000 - UFN
  AGC WIP:
  WIP IN 2 PHASES COMMENCING IN MAY FOR APPROX. 4 WEEKS.
  PHASE A DAILY 0800-1800 LT:
  - TWYS A,B2,B3 AND E2 CLSD.
  - RWY 16/34 NOT AVBL. FOR TKOF/LDG.
  PHASE B DAILY 2330-0530 LT:
  - TWYS B1, B2, E1 AND E2 CLSD.
  IF LOW VIS COND. OCCUR OR FORECASTED DURING WIP HRS, WIP WILL
  NOT TAKE PLACE AND TWYS REMAIN AVBL.
  FOR EXACT DATES AND TIMES CHECK NOTAM.
CC45/11 - CHART NOTAM                     VALID: 11-APR-11 0000 - UFN
  AOI TEMPO TKOF MIN:
  WIP PHASE 4 REFERS TO AIP SUPPLEMENT NR 02/11 EXPECTED START
  JAN11 FOR APPROXIMATELY 7 WEEKS
  AT ALL TIMES DURING PHASE 4:
  RWY 28 TKOF MIN RISES TO: 0 - 400R/400V
  RWY 34 NOT AVAILABLE FOR TKOF
  DURING WIP ONLY:
  RWY 10 TKOF MIN RISES TO: 0 - 400R/400V
  RWY 16 NOT AVAILABLE FOR TKOF
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 28

```
CC34/11 - CHART NOTAM                    VALID: 11-MAR-11 0000 - UFN
  AFC AGC IAC STAR AOI COM:
  ATIS CHANGED TO D-ATIS.

BIKF /KEF   KEFLAVIK
--------------------

++++++++++++++++++++++++ APPROACH PROCEDURE ++++++++++++++++++++++++

1A409/11                      VALID: 24-JUN-11 1355 - 01-JUL-11 1600
  RWY 29 DME IKW UNSERVICABLE
  REF AIP BIKF AD 2.24.10.4-1

++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CC5/11 - CHART NOTAM                     VALID: 14-JUN-11 0000 - UFN
  SID, SIDPT,EOSID VAR, QFU:
  VAR CHANGED TO 16DEG W, ALL QFU CHANGED 2DEG LESS.

CYYT /YYT   ST JOHNS INTL
-------------------------

++++++++++++++++++++++++++++++ RUNWAY ++++++++++++++++++++++++++++++

1A4184/11                     VALID: 24-JUN-11 0032 - 29-JUN-11 1900
  ALS 34 U/S

CYQX /YQX   GANDER INTL
-----------------------
NIL

CYYR /YYR   GOOSE BAY
---------------------

++++++++++++++++++++++++ APPROACH PROCEDURE ++++++++++++++++++++++++

1A3344/11                     VALID: 26-MAY-11 1908 - 26-AUG-11 2359
  PAR 08 U/S

CYHZ /YHZ   HALIFAX/STANFIELD INTL
----------------------------------
NIL

KBOS /BOS   BOSTON/GENERAL EDWARD L.LOGAN
-----------------------------------------

++++++++++++++++++++++++++++++ RUNWAY ++++++++++++++++++++++++++++++

1A2381/11                                VALID: 25-JUN-11 0511 - UFN
  RWY 14/32 CLSD EXC TAXI

++++++++++++++++++++++++ APPROACH PROCEDURE ++++++++++++++++++++++++

1A2375/11                     VALID: 27-JUN-11 1800 - 27-JUN-11 2300
  RWY 04R ILS LOCALIZER/GP OUT OF SERVICE
1A2374/11                     VALID: 27-JUN-11 1800 - 27-JUN-11 2300
  RWY 22L ILS LOCALIZER/GP U/S
1A170/11                                 VALID: 12-JAN-11 1054 - UFN
  /BOS/ VOR U/S
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 29

```
1A4707/10                                   VALID: 25-OCT-10 1513 - UFN
  ILS RWY 15R, AMDT 1B...
   ILS OR LOC RWY 4R, AMDT 9C...
   ILS OR LOC RWY 33L, AMDT 3A...
   ILS OR LOC RWY 22L, AMDT 7A...
   ILS OR LOC RWY 27, AMDT 2A...
     CIRCLING CAT A MDA 960/HAA 940, CAT B MDA 1000/HAA 980, CATS
     C/D MDA 700/HAA 680, VIS CAT A 1 1/4, CAT B 1 1/2, CAT C 2,
     CAT D 2 1/4.
     ALTERNATE MINIMUMS: ILS, LOC CATS A/B 1000-2.
     ILS CAT C 700-2. ILS CAT D 700-2 1/4. LOC CAT D 800-2 1/4.
     TEMPORARY CRANE 340 MSL 4824 FT N OF RWY 15R.
  *** LIDO PERFORMANCE RMK ***
  OBST IN TKOF SECTOR OF EOSID RWY 33L:
  TKOF 33L: DISTANCE FROM B/R 4275M, ELEV 340FT MSL.
1A4705/10                                   VALID: 25-OCT-10 1451 - UFN
  VOR/DME RWY 27, AMDT 2C...
   VOR/DME RWY 33L, AMDT 2D...
   VOR/DME OR GPS A, ORIG-B...
     CIRCLING CAT A MDA 960/HAA 940, CAT B MDA 1000/HAA 980, CATS
     C/D MDA 700/HAA 680, VIS CAT A 1 1/4, CAT B 1 1/2, CAT C 2,
     CAT D 2 1/4.
     ALTERNATE MINIMUMS: CATS A/B 1000-2, CAT D 800-2 1/4.
     TEMPORARY CRANE 340 MSL 4824 FT N OR RWY 15R.
  ************ LIDO PERFORMANCE RMK ***************
       OBST IS NOT IN TKOF SECTOR OF EOSID
1A4077/10                                   VALID: 23-SEP-10 1021 - UFN
  RNAV (GPS) RWY 33L, ORIG-C...
   LNAV/VNAV DA 556/HAT 540 ALL CATS.
   CIRCLING CAT A MDA 960/HAA 940, CATS C/D MDA 700/HAA 680.
   VISIBILITY CAT C 2, CAT D 2 1/4.
   TEMPORARY CRANE 340 MSL, 4824 FT N OF RWY 15R.
  *** LIDO PERFORMANCE RMK ***
  OBST IN TKOF SECTOR OF EOSID RWY 33L:
  TKOF 33L: DISTANCE FROM B/R 4275M, ELEV 340FT MSL.
1A1376/10                                   VALID: 26-MAR-10 1759 - UFN
  RNAV (GPS) RWY 4R, ORIG-D...
     LNAV/VNAV DA NOT AUTH.
     CIRCLING CAT A MDA 960/HAA 940, CAT B MDA 1000/HAA 980, CATS
     C/D MDA 700/HAA 680, VIS CAT A 1 1/4, CAT B 1 1/2, CAT C 2,
     CAT D 2 1/4.
     TEMPORARY CRANE 340 MSL 4824 FT N OR RWY 15R
  ******** LIDO PERFORMANCE RMK **********
  OBST IS NOT LIMITING TKOF PERFORMANCE.
1A3720/09                                   VALID: 21-OCT-09 1719 - UFN
  RWY 22L ILS DME UNUSBL .7 NM INBD TO THR

++++++++++++++++++++++++++ COMPANY NOTAM ++++++++++++++++++++++++++

CO169/09                                    VALID: 18-AUG-09 2045 - UFN
  CO169/09 COMPANY NOTAM
  KBOS RWY 09/27 CLOSED FOR DLH B744, A340-600 UND A388 DUE TO RWY
  LENGTH.
CO149/09                                    VALID: 15-JUL-09 0805 - UFN
  DLH C/O COMPANY NOTAM 149/09
  KBOS-BOS-BOSTON/GENERAL EDWARD L.LOGAN
  ON CUSTOMER REQ CAT II APPROACHES RWY 33L CLOSED DUE TO
  NON-STANDARD ALS AND MISSING REQUIRED SPECIAL PERMISSION

++++++++++++++++++++++++++ CHART NOTAM ++++++++++++++++++++++++++
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 30

```
CC11/11 - CHART NOTAM                    VALID: 03-JUN-11 0000 - UFN
  ALL RWY 15R/33L:
  UNTIL JUN 30:
  - RWY CLSD FROM 7 A.M. TILL 7 P.M.
  JUL 01 UNTIL OCT 01:
  - RWY CLSD H24
  OCT 02 UNTIL 2012 APR 30:
  - RWY CLSD FROM 7 A.M TILL 7 P.M.
  2012 MAY 01 UFN:
  - RWY CLSD H24
CC9/11 - CHART NOTAM                     VALID: 27-MAY-11 0000 - UFN
  APC PARKING STANDS:
  ADDED AT TERMINAL A. NUMBER 11 AND 12 EAST OF STAND 10.

==============================
EXTENDED AREA AROUND DEPARTURE
==============================

            M0894/11
--------------------
1M894/11                      VALID: 27-JUN-11 0600 - 28-JUN-11 1800
  DAILY 0600-1800
  PJE VMC 2NM AROUND PSN 493400N 0070400E IN THE VICINITY OF
  BOSTALSEE
  (22NM WNW RAMSTEIN TACAN RMS). ALL AIR TRAFFIC IS REQUESTED TO
  AVOID
  THIS AREA UNLESS APV BY ATC.
  F)SFC G)FL120

HDL         HEIDELBERG
----------------------
1M938/11                      VALID: 24-JUN-11 1315 - 01-JUL-11 1900
  AD ETOR: HEIDELBERG NDB HDL 417KHZ UNUSABLE BTN 040-100 DEG BEYOND
  15NM, ALL ALT.

CC68/11 (EU2H) - CHART NOTAM
  UL610: CHANGED ROUTING LOHRE(N50/E009)-284 106NM 103-
  ADKUV(N51/E007)-282 23NM 102-LAMLA(N51/E006)-282 15NM 102-
  BATTY(N51/E006)-296 70NM 115-NIK(N51/E004)-282 20NM 102-
  DENUT(N51/E004)-282 10NM 102-LUMEN(N51/E003)-282 25NM 102-
  BULAM(N51/E003)-282 19NM 102-DIBLI(N51/E002)-282 10NM 101-
  RAPIX(N51/E002)-282 15NM 101-TEBRA(N51/E002)-281 18NM 101-
  KOPUL(N52/E001)-281 21NM 101-GILDA(N52/E001)-281 16NM 101-
  LAM(N52/E000)-296 23NM 116-HEMEL(N52/W000) ISO LOHRE-ESAMA-TESGA-
  MONAX-MAKOB-LENDO-BATTY

====================================
AREA ENROUTE DEPARTURE - DESTINATION
====================================

            D04 ELSENBORN 01
----------------------------
1B1234/11                     VALID: 27-JUN-11 0600 - 30-JUN-11 1500
  JUN 27-30 0600-1500
  EBD04-ELSENBORN 01 ACT
  F)GND G)FL170

CC59/11 (EUINSET) - CHART NOTAM
  Y863: CHANGED ROUTING ETENO(N50/E006)-084 17NM 264-
  OGLOR(N50/E007)-084 8NM 264-ROPUV(N50/E007) ISO ETENO-ROPUV

EHAA        AMSTERDAM FIR
-------------------------
1A614/11                      VALID: 16-JUN-11 1218 - 14-JUL-11 1200
  CHANGED VOLCANIC ASH OPERATION PROCEDURES IN EHAA FIR.
  REF AIC-A 04/11 PUB DATE 25 MAY 11, AVBL ON
  WWW.AIS-NETHERLANDS.NL.
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 31

```
CC56/11 (EUINSET) - CHART NOTAM
  UT180: CHANGED ROUTING SPI(N51/E006)-106 29NM 286-
  PESOV(N50/E006) ISO SPI-UIR04

CC55/11 (EUINSET) - CHART NOTAM
  T180: CHANGED ROUTING PESOV(N50/E006)-106 3NM 286-
  VABUX(N50/E006) ISO UIR04-VABUX

FLO         FLORA
-----------------
1A1057/11                       VALID: 27-JUN-11 0530 - 01-JUL-11 1600
  DAILY 0530-1600
  FLORA DVOR/DME FLO FREQ 112.050MHZ CH57Y U/S

            D307/DONNA NOOK
---------------------------
1J912/11                        VALID: 27-JUN-11 0800 - 27-JUN-11 1530
  DANGER AREA EG D307 DONNA NOOK DEACTIVATED
  F)SFC G)20000FT AMSL

            G0228/11
--------------------
1G228/11                        VALID: 27-JUN-11 1113 - 27-JUN-11 1452
  AIRSPACE RESERVATION:
  TR1:MIMKU MOGLO ETARI 55N020W 54N030W
  TR2:ETARI MOGLO MIMKU
  THE FOLLOWING SEPARATIONS WILL BE PROVIDED IN OCEANIC AIRSPACE
  MNPS 60NM, NON MNPS 120NM
  F)FL240 G)FL270

CC95/11 (NA1H) - CC60/11 (NA2H) - CC44/11 (NA4H) - CC25/11 (NA9H) -
CHART NOTAM
  N210E: DELETED ROUTING REDBY(N52/W057)-YXU(N43/W081)


            A733 (M) GOOSE BAY
------------------------------
1A3426/11                                  VALID: 30-MAY-11 1422 - UFN
  CYA733(M) GOOSE BAY DE-ACTIVATED
  F)5000FT AMSL G)FL280

CC94/11 (NA1H) - CC43/11 (NA4H) - CC24/11 (NA9H) - CHART NOTAM
  N192C: DELETED ROUTING YAY(N51/W056)-YXU(N43/W081)

CC93/11 (NA1H) - CC42/11 (NA4H) - CC23/11 (NA9H) - CHART NOTAM
  N172C: DELETED ROUTING DOTTY(N51/W056)-YXU(N43/W081)

CC57/11 (NA10H) - CC48/11 (AT1H) - CC41/11 (AT2H) - CC23/11 (NA4H)
- CHART NOTAM
  VHF
  FREQUENCIES 132.200 AND 132.700 FOR MONCTON ACC IN NEW YORK
  OCEANIC FIR KZNY ADDED

CC17/11 (NA2L) - CHART NOTAM
  V39: CHANGED ROUTING NOLLI(N44/W070)-069 8NM 249-QUIPS(N44/W070)-
  069 11NM 249-AUG(N44/W070) ISO NOLLI-AUG
  V39: CHANGED ROUTING PQI(N47/W068)-015 31NM 180-GRINS(N47/W068)
  ISO PQI-RAWNE-GRINS

CC15/11 (NA2L) - CHART NOTAM
  V3: CHANGED ROUTING NOLLI(N44/W070)-069 8NM 249-QUIPS(N44/W070)-
  069 11NM 249-AUG(N44/W070)-068 11NM 248-VEEDA(N44/W070)-068 4NM
  248-YOSTT(N44/W070) ISO NOLLI-AUG-YOSTT

CC12/11 (NA2L) - CHART NOTAM
  VEEDA: AT N44 26.1 W069 35.8 ADDED

CC11/11 (NA2L) - CHART NOTAM
  QUIPS: AT N44 12.5 W070 00.0 ADDED
```

LH400/27/FRA/JFK/ Page 32

FOK THE FRANCIS S GABRESKI

1A54/11 VALID: 21-JAN-11 2130 - UFN
TACAN RWY 24, AMDT 2...
PROCEDURE NA

CC31/11 (NA4H) - CC22/11 (NA9H) - CHART NOTAM
J225: CHANGED ROUTING LUIGI(N40/W074)-050 30NM 231-
HNNAH(N40/W074)-065 16NM 245-JFK(N41/W074) ISO LUIGI-NICKG-JFK

EXTENDED AREA AROUND DESTINATION

W105A/NARRAGANSETT

1A278/11 VALID: 06-JUN-11 1020 - 30-JUN-11 2359
W105A ACTIVE
F)SFC G)10000FT AMSL

CC32/11 (NA4H) - CHART NOTAM
J95: CHANGED ROUTING GAYEL(N41/W074)-313 23NM 133-
STOMP(N42/W075) ISO GAYEL-MSLIN-STOMP

CC30/11 (NA4H) - CHART NOTAM
J174: CHANGED ROUTING EMJAY(N40/W073)-234 54NM 053-
YAZUU(N39/W074)-233 37NM 052-ZIZZI(N39/W075) ISO EMJAY-ZIZZI

CC24/11 (NA4H) - CC20/11 (NA9H) - CHART NOTAM
NICKG: (N40/W074) IDENT CHANGED TO HNNAH ISO NICKG

CC2/11 (NA16L) - CHART NOTAM
V252: CHANGED ROUTING SLYNG(N41/W075)-183 4NM 003-
JOKMI(N41/W075)-183 10NM 003-VANER(N41/W075) ISO SLYNG-VANER

CC1/11 (NA16L) - CHART NOTAM
JOKMI: AT N40 46.7 W074 37.1 ADDED

EXTENDED AREA AROUND DESTINATION ALTERNATE AIRPORT(S)

CC25/11 (NA4H) - CHART NOTAM
YAZUU: AT N39 24.7 W074 01.0 ADDED

CREW ALERT
NIL

CREW BULLETIN

NIL

END OF LIDO-NOTAM-BULLETIN

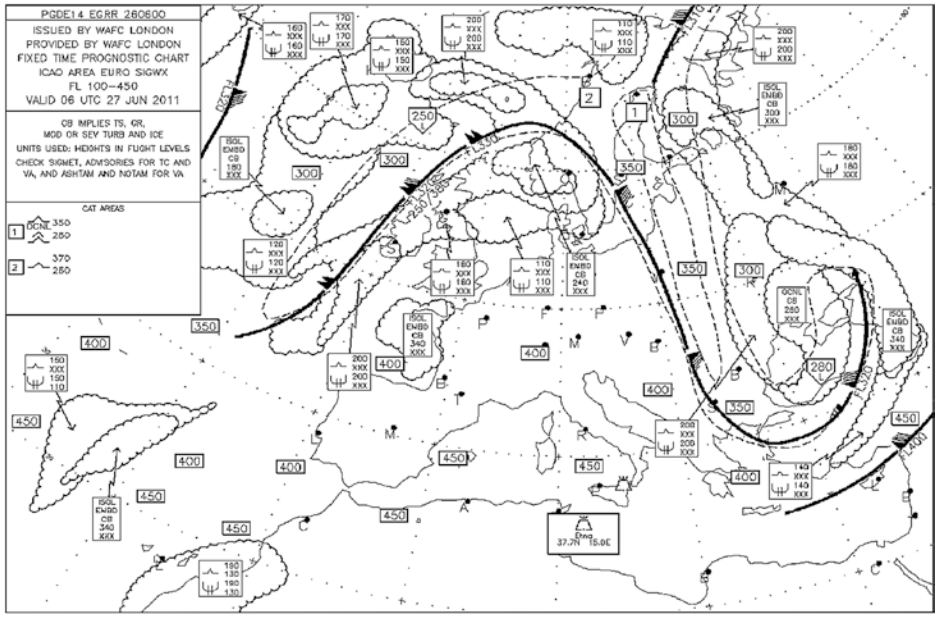


Abb. 11.43 Significant Weather Chart für FL 100 – FL 450, gültig für 6 Uhr (UTC)

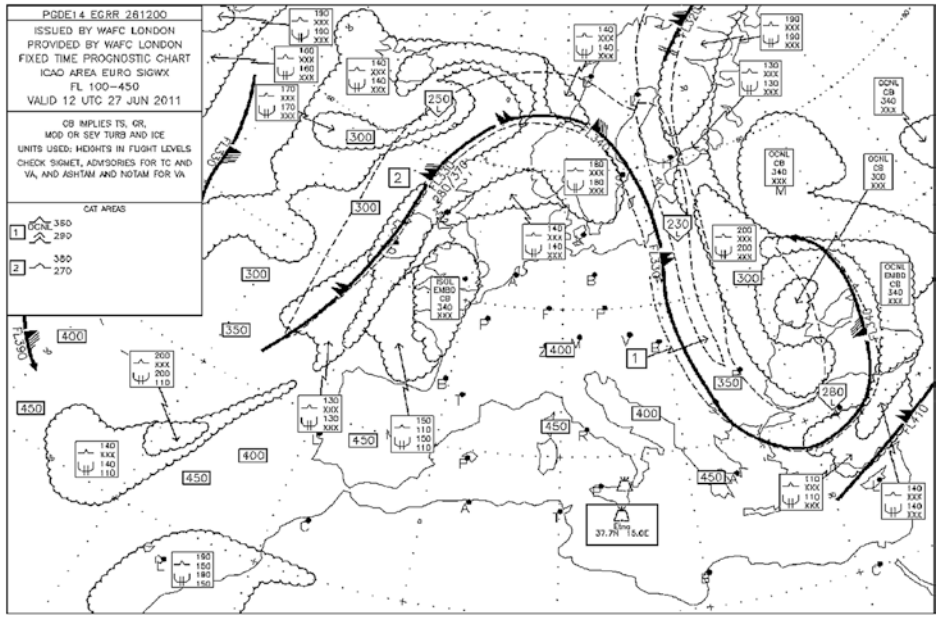


Abb. 11.44 Significant Weather Chart für FL 100 – FL 450, gültig für 12 Uhr (UTC)

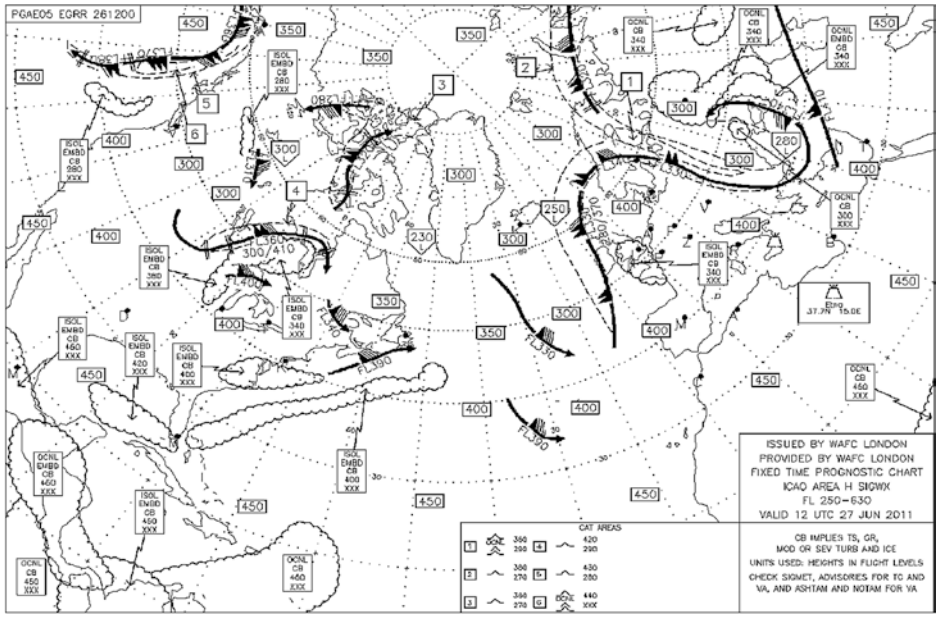


Abb. 11.45 Significant Weather Chart für FL 250 – FL 630, gültig für 12 Uhr (UTC)

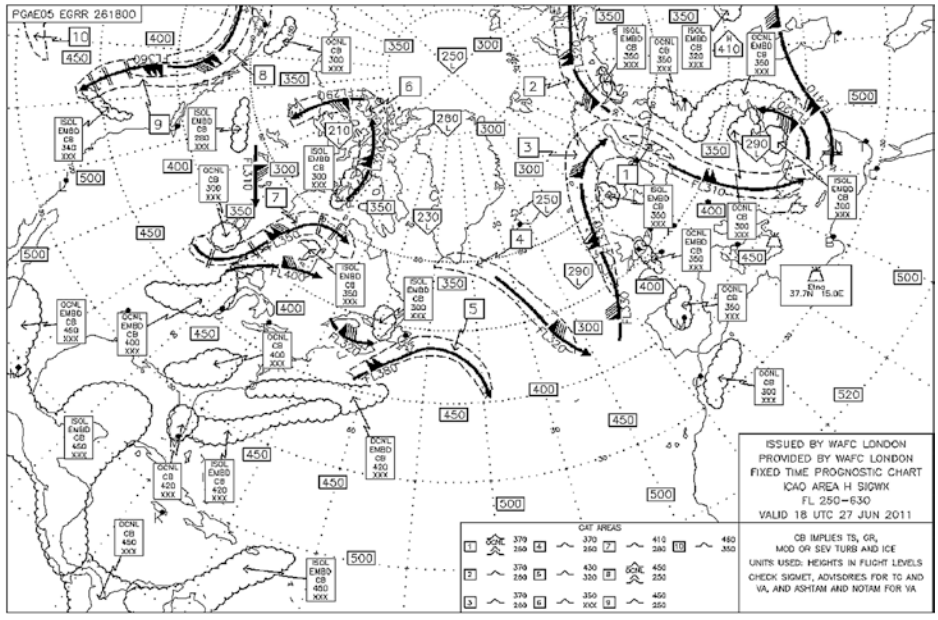


Abb. 11.46 Significant Weather Charts für FL 250 – FL 630, gültig für 18 Uhr (UTC)

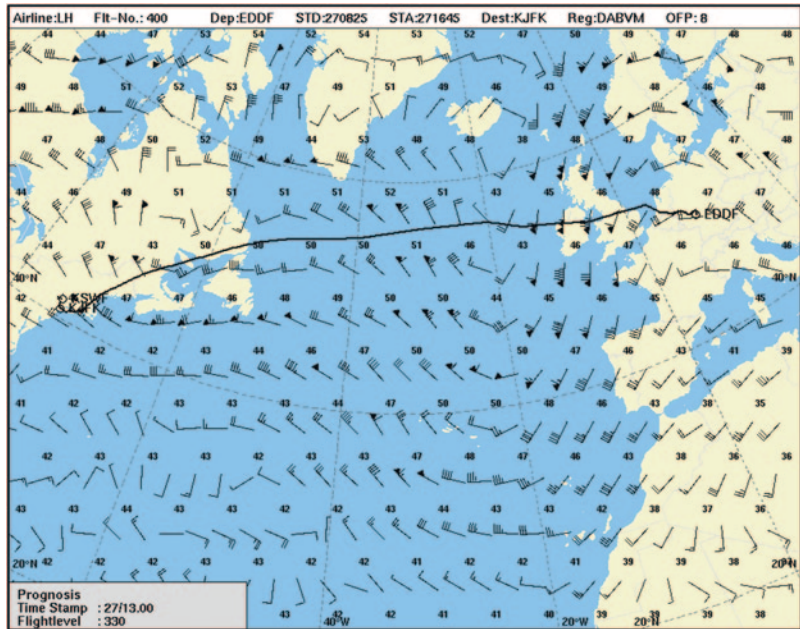


Abb. 11.47 Windrichtung und Windgeschwindigkeit in FL 330 zwischen EDDF und KJFK

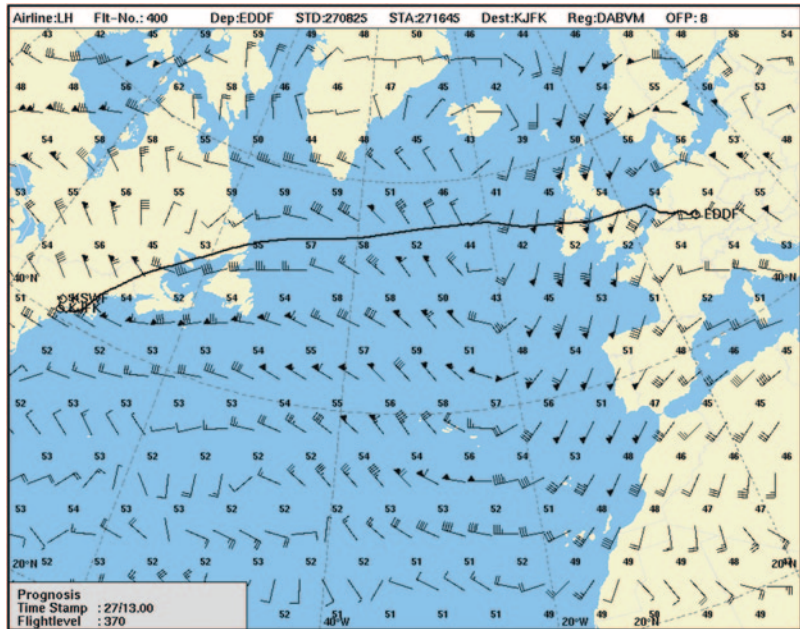


Abb. 11.48 Windrichtung und Windgeschwindigkeit in FL 370 zwischen EDDF und KJFK

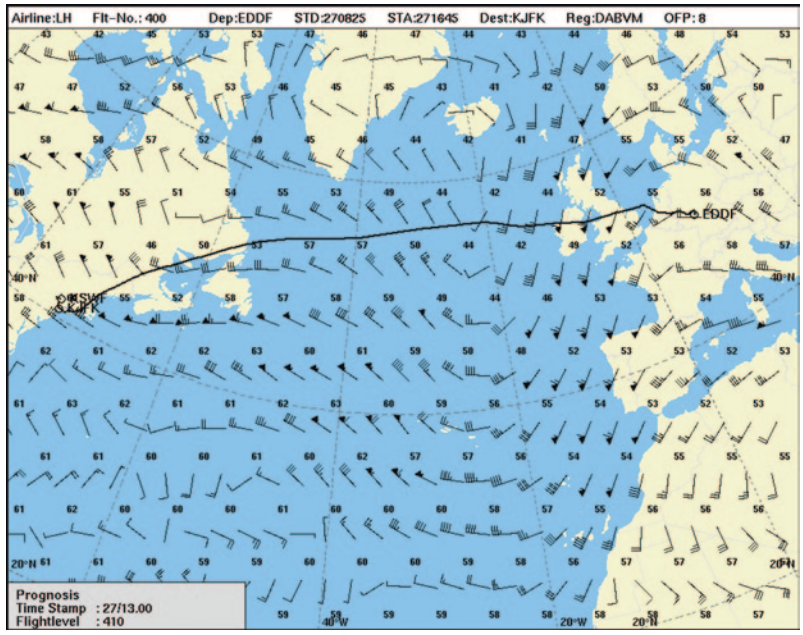


Abb. 11.49 Windrichtung und Windgeschwindigkeit in FL 410 zwischen EDDF und KJFK

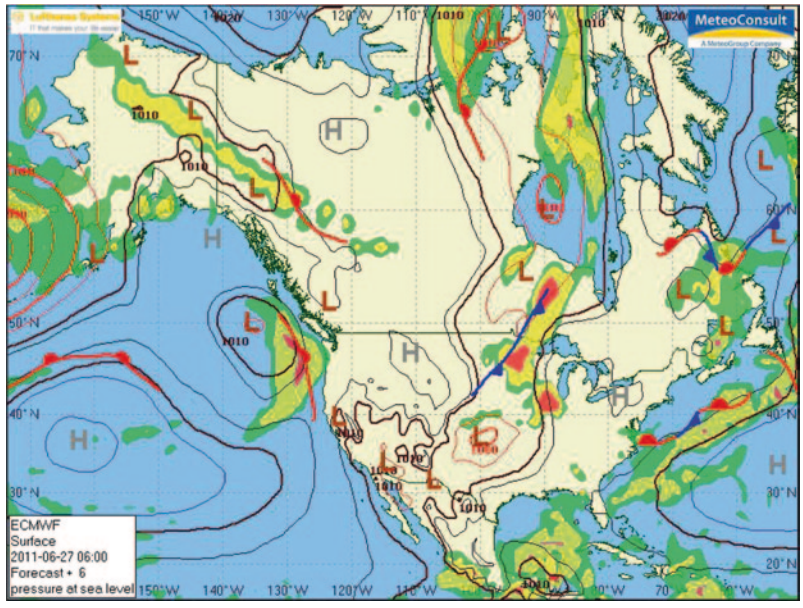


Abb. 11.50 Verläufe der Isobaren (Hoch-/Tiefdruckgebiete) über Nordamerika (6 UTC)

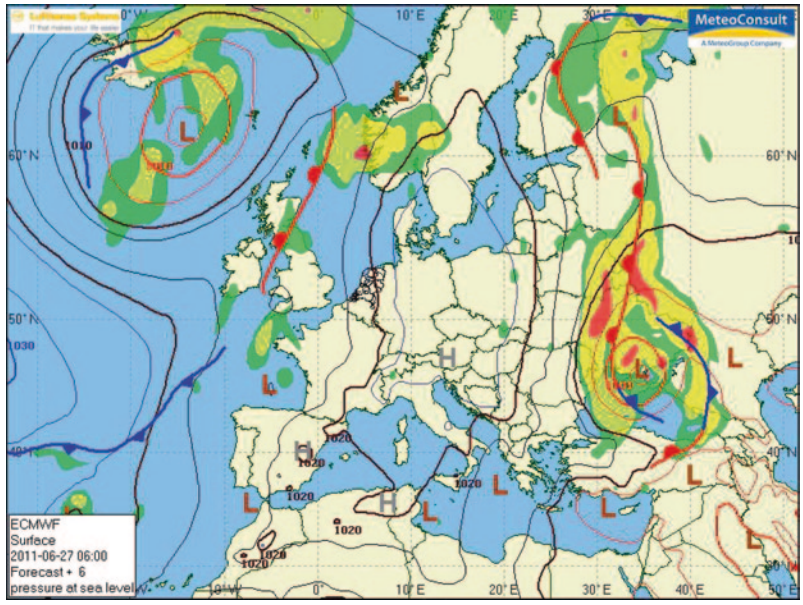


Abb. 11.51 Verläufe der Isobaren (Hoch-/ dem östlichen Teil des Nordatlantiks (6 UTC)

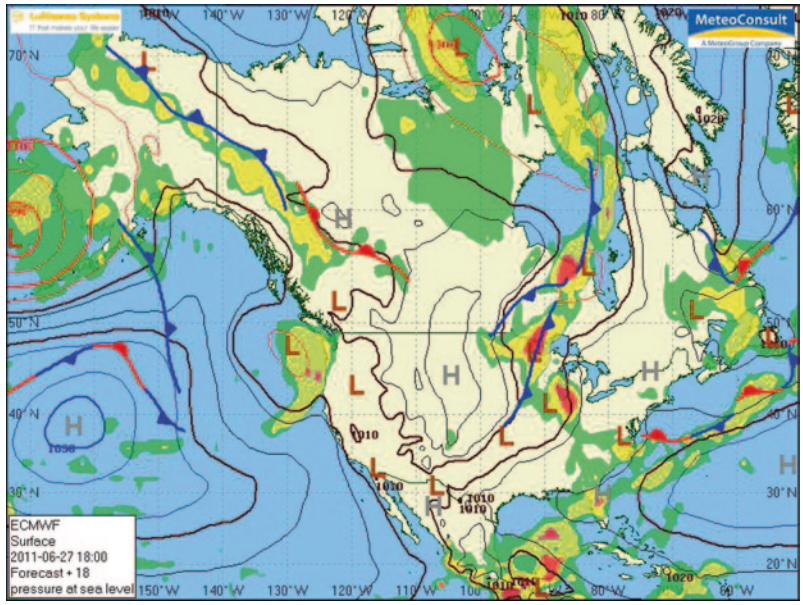


Abb. 11.52 Verläufe der Isobaren (Hoch-/Tiefdruckgebiete) über Nordamerika (18 UTC)

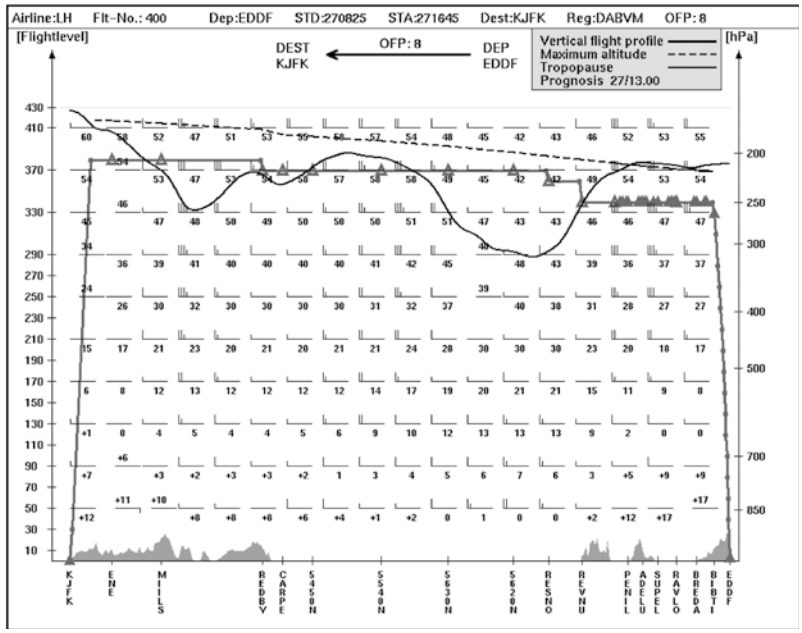


Abb. 11.53 Vertikales Flugprofil zwischen EDDF und KJFK (Flugflächen/Druckwerte)

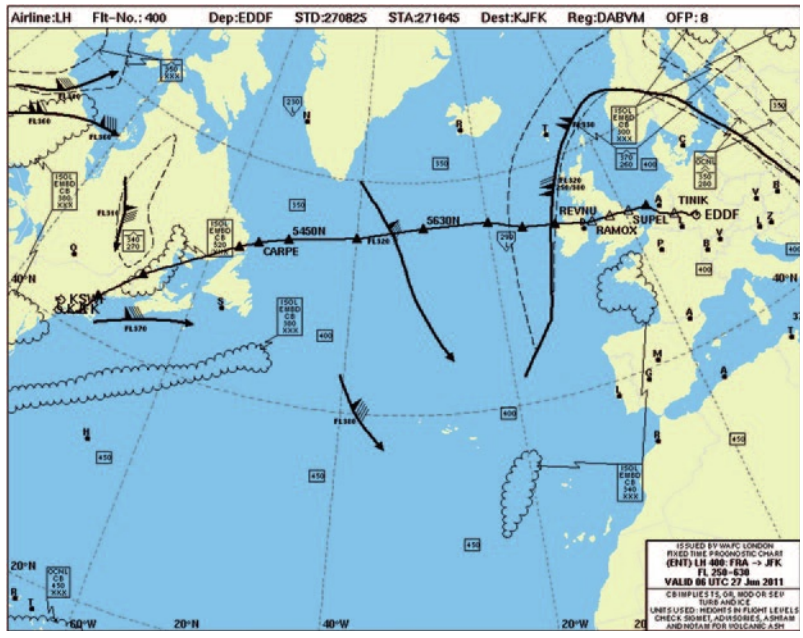


Abb. 11.54 Signifikante Wetter in FL 250-630 (ENT, 6 UTC)

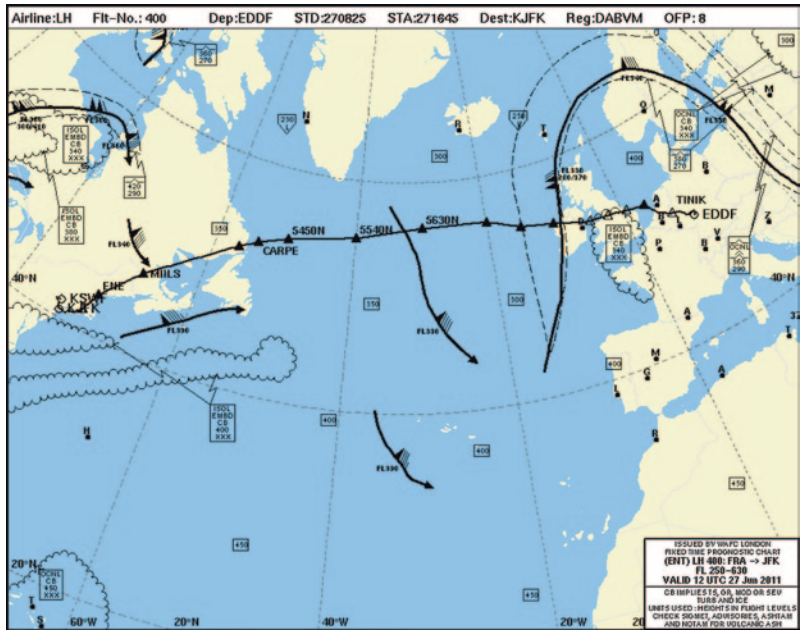


Abb. 11.55 Signifikante Wetter in FL 250-630 (ENT, 12 UTC)

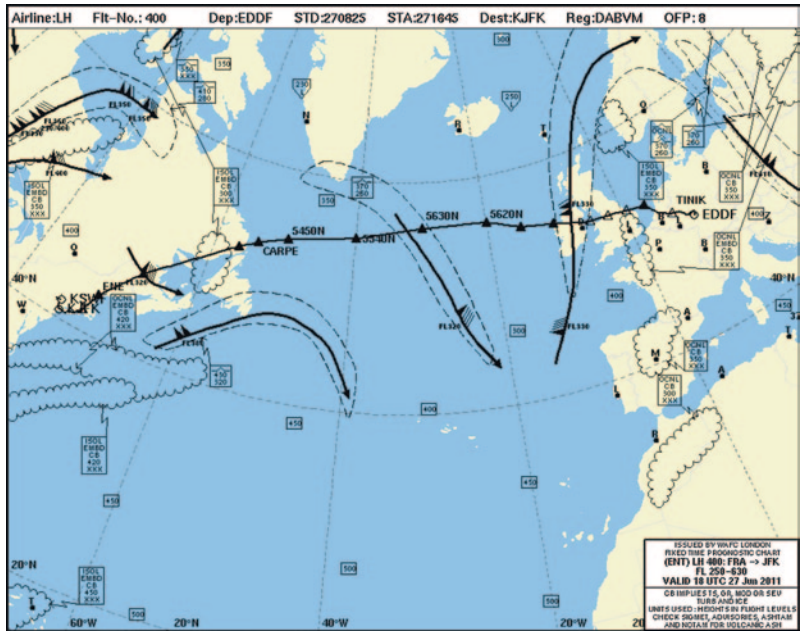


Abb. 11.56 Signifikante Wetter in FL 250-630 (ENT, 18 UTC)

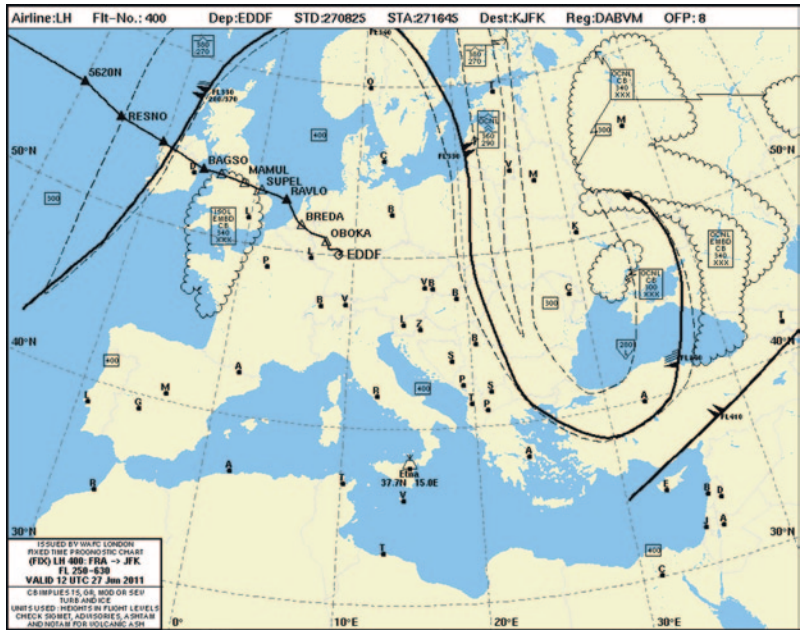


Abb. 11.57 Signifikante Wetter in FL 250-630 (FIX, 12 UTC)

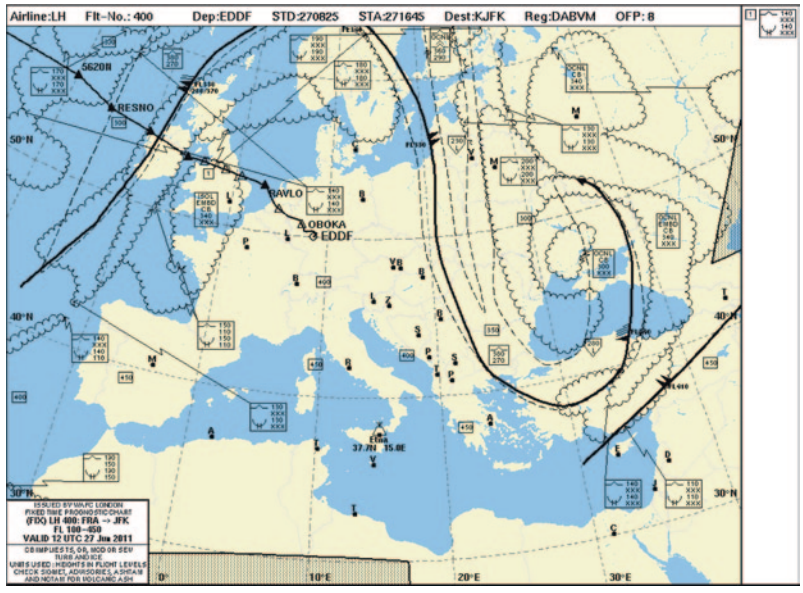


Abb. 11.58 Signifikante Wetter in FL 100-450 (FIX, 12 UTC)

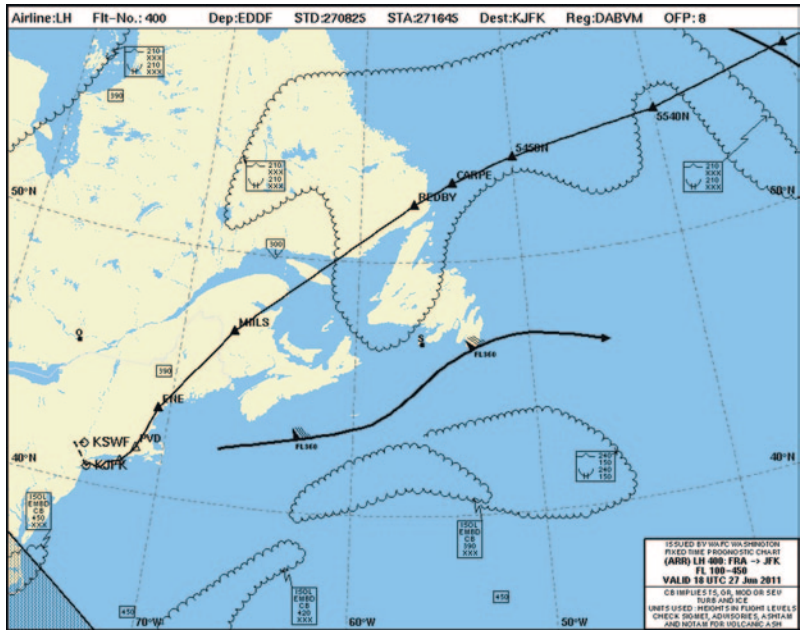


Abb. 11.59 Signifikante Wetter in FL 100-450 (ARR, 18 UTC)

Simulatoren

12

12.1 Flugsimulatoren

12.1.1 Generationen von Flugsimulatoren

Flugsimulatoren sind quasi parallel zur Entwicklung der Flugzeuge selbst entstanden und repräsentieren somit jeweils den entsprechenden Stand der Technik. Die maßgeblichen Entwicklungen sind nachfolgend aufgezeigt.

1910 Erste Entwürfe von Flugübungsmaschinen entstehen;
1930 Edwin Link entwickelt den ersten Flugsimulator. Mitte der 30er Jahre wurden die ersten sechs Geräte bei den amerikanischen Luftstreitkräften erfolgreich eingesetzt;
1940 Einsatz elektro-/mechanischer Flugsimulatoren bei der amerikanischen und englischen Luftwaffe;
1960 Einsatz der ersten Sichtsysteme (Eine Kamera wird synchron zu den Flugbewegungen über eine Modellandschaft geführt);
1965 Einsatz digitaler Computer für die Flugsimulation;
1970 Computergenerierte Sichtsysteme entstehen, allerdings zunächst nur in der Nachtdarstellung;
1980 Computergestützte Sichtsysteme generieren quasi-dreidimensionale Tageslichtdarstellungen;
2000 Erste elektrische Bewegungssysteme.

12.1.2 Aufgaben und physiologische Ausrichtung

Die Aufgabe eines Flugsimulators besteht darin, einen Flug (eine Mission) zu simulieren, d. h. das Verhalten (Fluglage und Flugzustand) eines bestimmten Luftfahrzeugmusters (Flugzeuges) über die einzelnen Flugphasen exakt nachzubilden.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_12,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Die nachfolgenden Ausführungen beschränken sich dabei auf Simulatoren für zivile Flächenflugzeuge (Verkehrsflugzeuge). Die Grundlagen der Flugsimulation gelten zwar auch für Drehflügler (Hubschrauber), militärische Flugzeuge und andere Luftfahrzeuge. Die Aufgaben und Anforderungen unterscheiden sich dabei aber zum Teil erheblich.

Physiologisch gesehen basiert die Simulation auf der Tatsache, dass der Mensch Informationen über seine verschiedenen Sinnesorgane aufnimmt. Die Menge der aufgenommen Informationen verteilt sich aber sehr unterschiedlich auf die Sinnesorgane des Menschen. Untersuchungen haben gezeigt, dass 75 % der Informationen über das Auge aufgenommen werden, 15 % der Informationen über die Muskeln und die Haut, und 10 % der Informationen über Geruch, Geschmack und Gehör. Das Auge ist das am weitesten entwickelte Sinnesorgan. Einem realistischen Sichtsystem, d. h. der Darstellung der Außenwelt aus der Sicht der Flugzeugführer (Insight out), kommt deshalb bei der Flugsimulation eine besondere Bedeutung zu. Für die Flugsimulation ist es darüber hinaus wichtig, Bewegungen bzw. Beschleunigungen realistisch zu simulieren. Menschen registrieren diese Zustandsänderungen über die folgenden Sinnesorgane:

- Das Vestibulärsystem im Innenohr registriert Beschleunigungen,
- Das Auge registriert Bewegungen und kann durch peripher vorbeiziehende Objekte Geschwindigkeiten abschätzen,
- Die Beschleunigung der Masse des menschlichen Körpers führt zu Drücken bzw. Andruckkräften, die der menschliche Tastsinn wahrnimmt.

12.1.3 Klassifizierung von synthetischen Flugübungsgeräten

Je nach Komplexität des „Flugübungsgerätes“ unterscheidet die JAA in ihrer JAR-STD (Joint Aviation Regulation – Synthetic Training Device) unterschiedliche Gruppen von Geräten (Tab. 12.1):

Innerhalb der Gruppe der „Flugübungsgeräte“ unterscheidet die JAA vier verschiedene „Güteklassen“ (Levels). Je nach „Güteklasse“ kann das „Flugübungsgerät“ dann für unterschiedliche Zwecke des Flugtrainings eingesetzt werden (Tab. 12.2).

12.1.4 Anforderungen an Flugsimulatoren

Die IATA (International Air Transport Association) hat in der Publikation “Flight Simulator Design and Performance Data Requirements” Empfehlungen herausgegeben die die Daten/Parameter benennen, die für erforderlich gehalten werden, um ein bestimmtes Flugzeugmuster so nachzubilden, dass der entsprechende Flugsimulator das Verhalten dieses Flugzeugmusters/-typs für das Flugzeugführertraining hinreichend realistisch nachbildet. Diese Daten werden in Flugtests mit dem realen Flugzeugmuster/-typ erflogen. Hinzu kommen Ergebnisse aus Rechnersimulationen und Systembeschreibungen.

Tab. 12.1 Einteilung von Flugübungsgeräten nach JAA

Bezeichnung	Technische Merkmale
Basic Instrument Training Device	Einfacher Instrumententrainer mit allgemeiner Darstellung der Cockpit Instrumente.
Flight and Navigation Procedure Trainer	Verfahrenstrainer mit allgemeiner Cockit Instrumentierung und einer für den Zweck ausreichenden Systemsimulation.
Flight Training Device	Flugübungsgerät mit originaler Cockpit Instrumentierung und mit realistischer Systemsimulation.
Flight Simulator	Flugsimulator mit dem Originalcockpit eines Flugzeugmusters, realistischer Systemsimulation sowie Sicht-, Geräusch- und Bewegungssimulation.

Tab. 12.2 Einsatzgebiete von „Flugübungsgeräten“

Klasse (Level)	Technische Anforderungen	Einsatzgebiet
A	Cockpitnachbildung im Maßstab 1:1 Simulation aller Systeme Instruktor Station Realistische Steuerkräfte Verwendung generischer Testdaten 45° × 30° Sichtsystem mit Nachtdarstellung Bewegungssystem, Geräuschsystem	Verfahrenstraining Instrumentenflug Wiederholungstraining Erstschulung (ohne Start und Landung)
B	wie Level A, jedoch Verwendung von Flugtestdaten anstelle generischer Daten	wie Level A, plus Erstschulung ohne Prüfung von Starts und Landungen
C	wie Level B, jedoch mit 180° × 40° Sichtsystem mit Tag, Dämmerung und Nachtdarstellung 6-Achsen-Bewegungsystem	wie Level A, plus Erstschulung und Prüfung von Starts und Landungen
D	wie Level C, jedoch mit realistischer Nachbildung von Geräuschen und Vibrationen	wie Level C, die Luftfahrtbehörde kann jedoch geringere Eingangsvoraussetzungen festlegen

Das entsprechende Datenpaket für ein Flugzeugmuster muss der Simulatorhersteller von Flugzeughersteller käuflich erwerben. Es liegt dann dem „Flugverhalten“ des Simulators zugrunde. Ferner hat der Simulatorhersteller beim Bau eines Simulators behördliche Auflagen (z. B. die JAR-STD 1A im europäischen Raum) und Nutzerwünsche zu erfüllen.

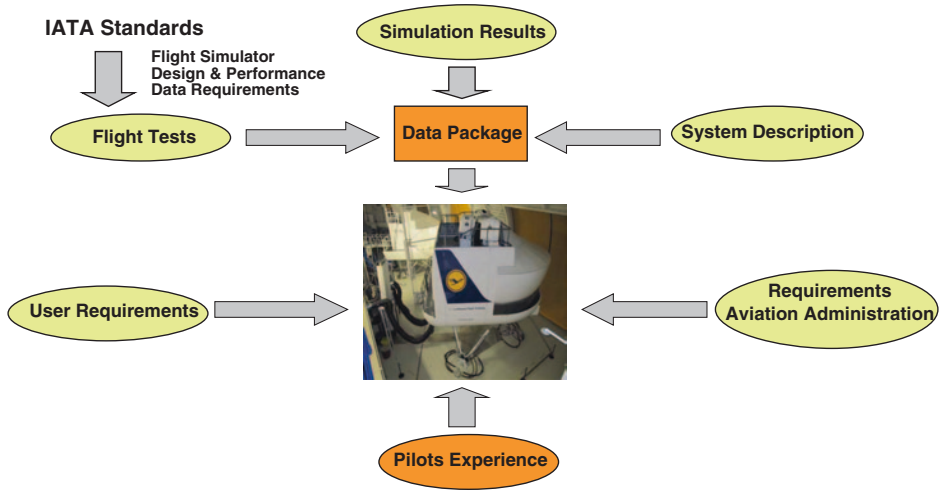


Abb. 12.1 Anforderungen an Flugsimulatoren [167]

Auch die Erfahrungswerte der Flugzeugführer die die Flugzeugmuster regelmäßig fliegen, sind wertvolle Informationen die dazu beitragen, einen Simulator so realistisch wie möglich zu konfigurieren (Abb. 12.1).

Aufbauend auf den internationalen IATA-Empfehlungen hat die JAA z. B. in ihrer JAR-STD 1A (Joint Aviation Regulation for Synthetic Training Devices) die Flugtests weiter präzisiert und wichtige Parameter mit Toleranzen versehen. Die JAR-STD 1A ist heutzutage die Grundlage für die luftfahrtbehördliche Zulassung von Flugsimulatoren in Europa.

12.1.5 Aufbau von Flugsimulatoren

Beim Aufbau eines modernen Flugsimulators sind die Bereiche Cockpitgestaltung, Sichtsystem, Bewegungssystem und Geräuschsystem zu unterscheiden. Weitere Komponenten sind das Rechnersystem, die Interfaces, die Bedienstation für den Instruktor sowie weitere Unterstützungseinrichtungen. Abbildung 12.2 zeigt den Aufbau eines modernen Flugsimulators.

12.1.5.1 Cockpitauslegung

Das Simulatorcockpit umfasst die möglichst naturgetreue Nachbildung des jeweiligen Flugzeugmustercockpits, d. h. aller Bedien- und Anzeigeelemente, Sitze, Notausstiege, Notausrüstung usw. sind vorhanden und voll funktionsfähig. Abbildung 12.3 zeigt beispielhaft die Instrumentierung im Simulatorcockpit, mit Sichtsimulation.

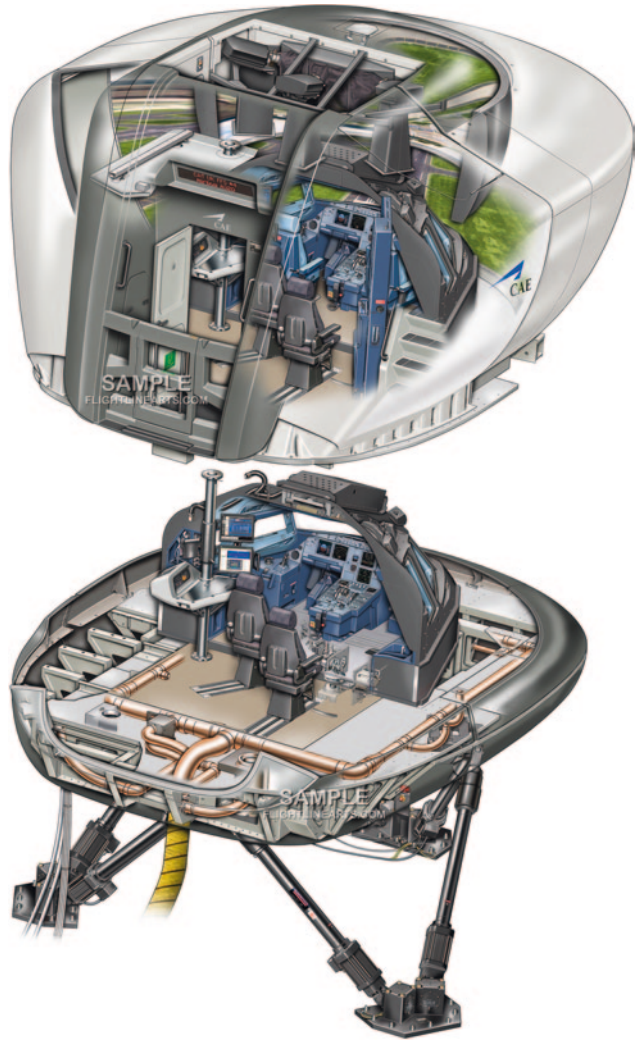


Abb. 12.2 Aufbau eines modernen Flugsimulators [39]

12.1.5.2 Sichtsystem

Das Sichtsystem bildet die Außenwelt visuell nach. In Abhängigkeit der Flugzeugbewegungen und der Umgebungsbedingungen, wie Tag, Nacht, Nebel, Regen usw. soll es dem Flugzeugführer eine möglichst realistische Darstellung der dreidimensionalen Außenwelt geben (Abb. 12.4). Mit Hilfe eines oder mehrerer Projektoren (Abb. 12.5) wird das Bild zunächst auf eine Zwischenprojektionsebene (Rear Projection Screen) projiziert. Der Flugzeugführer schaut dann über einen sphärisch geformten Spiegel auf die Vorderseite der Zwischenprojektionsebene. Durch diese indirekte Darstellung des Bildes

Abb. 12.3 Simulatorcockpit mit Sichtsimulation (Flugzeugmuster Airbus A380) [52]

Abb. 12.4 Funktionale Darstellung des Sichtsystems eines Flugsimulators [167]

wird ein räumlicher Effekt erzielt, da der Strahlengang durch die spezielle Wölbung von Zwischenprojektionsebene und sphärischem Spiegel annähernd parallelisiert wird (Abb. 12.6).

12.1.5.3 Bewegungssystem

Das Bewegungssystem dient der Nachbildung der in bestimmten Flugphasen (Start und Landung, einschließlich des Rollvorgangs) auftretenden Beschleunigungen. Der Simulator führt hierzu Bewegungen um seine Achsen aus, die nicht identisch mit den

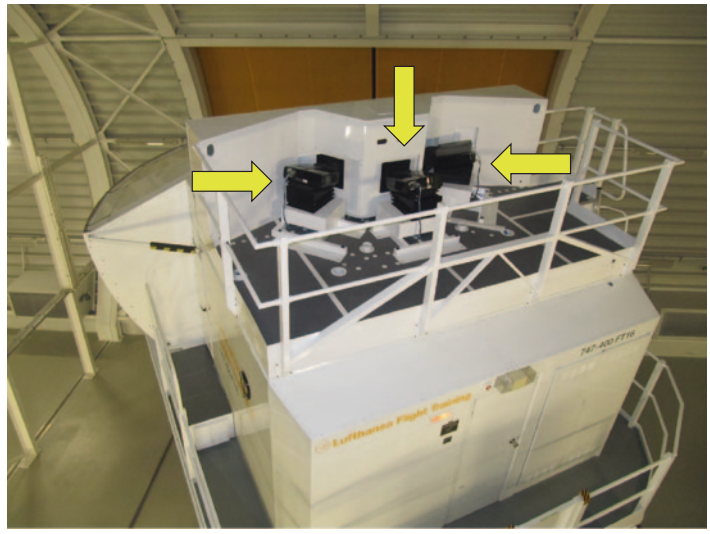


Abb. 12.5 Projektoren für Simulator Sichtsimulation (Flugzeugmuster Boeing B747- 400) [52]

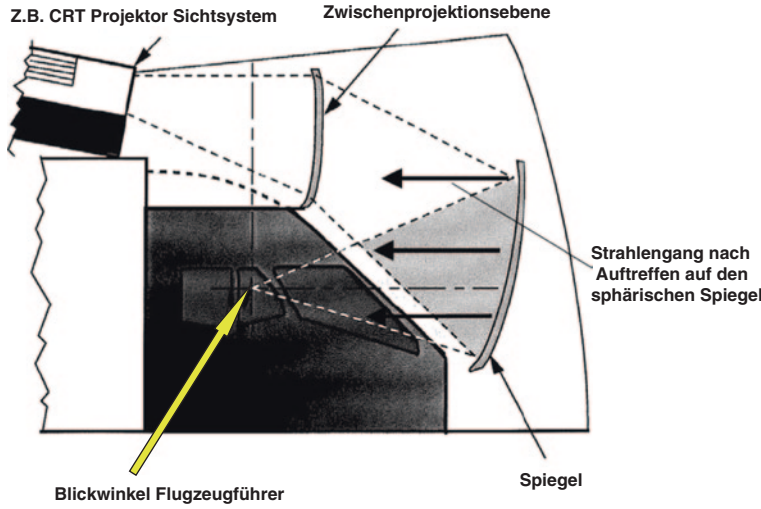


Abb. 12.6 Prinzip der Sichtsimulation

empfundenen Bewegungen des simulierten Flugzeugmusters sind. Abbildung 12.7 zeigt das hydraulische Bewegungssystem eines Simulators, Abb. 12.8 ein elektrisches Bewegungssystem (neuere Simulatoren).

12.1.5.4 Geräuschsystem

Mit Hilfe mehrerer im Simulator-Cockpit verteilter Geräuschsensoren und Lautsprechern werden die im Cockpit des simulierten Flugzeugmusters auftretenden Geräusche realistisch nachgebildet.

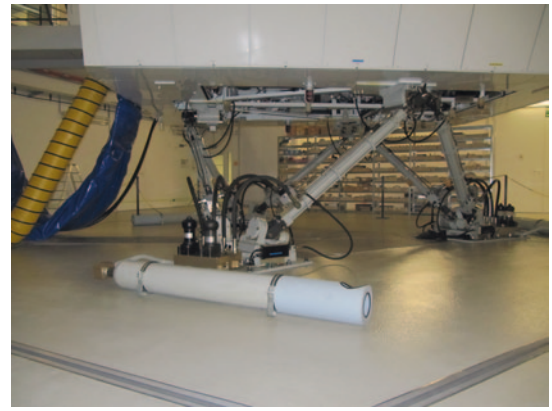


Abb. 12.7 Darstellung eines hydraulischen Bewegungssystems [52]

Abb. 12.8 Darstellung eines elektrischen Bewegungssystems [52]

12.1.5.5 Rechnersystem und Interfaces

Das Rechnersystem des Simulators führt, basierend auf entsprechenden Datenbasen, die Simulationsrechnungen für die Flugsimulation und die flugverlaufssynchrone Sichtsimulation durch. Ein Interface wandelt anschließend die im Rechnersystem ermittelten digitalen Informationen in das im simulierten Flugzeug-Cockpit benötigte Format um, wie z. B. analoge oder digitale Zeigerstellungen, bestimmte Drücke auf den Steuerorganen, akustische Signale etc.

12.1.5.6 Bedienstation für den Instruktor

An einer speziellen Bedienstation (Instruktor Station) kann der Instruktor die Abläufe des simulierten Fluges steuern, überwachen, die Umgebungsbedingungen verändern und Fehlfunktionen des Simulators (des simulierten Flugzeugmusters) erzeugen. Die

Abb. 12.9 Displays der Instruktorstation im Airbus A380 Simulator [52]

Instruktor Station befindet sich normalerweise im hinteren Teil des simulierten Flugzeug-Cockpits. Abbildung 12.9 zeigt die Displays der Instruktorstation im Airbus A380 Simulator (hinter den Sitzen der Flugzeugführer mittig angeordnet).

12.1.5.7 Unterstützungseinrichtungen

Ein Simulator benötigt für den einwandfreien Betrieb technische Unterstützungseinrichtungen, wie beispielsweise eine Klimaanlage zur Kühlung elektronischer Komponenten sowie zur Frischluftversorgung der Besatzungen im Simulator während des Trainings. Auch sind Transformatoren zur Bereitstellung der speziellen Bordspannungen und Frequenzen (z. B. 115 V/400 Hz) erforderlich. Eine Druckluftanlage versorgt die Sauerstoffmasken im simulierten Flugzeug-Cockpit.

12.1.6 Einsatz von Flugsimulatoren

12.1.6.1 Möglichkeiten und Grenzen von Flugsimulatoren

Bei der Flugzeugführerausbildung Flugsimulatoren anstelle realer Flugzeuge einzusetzen schont nicht nur die Umwelt, sondern ist auch mit weiteren Vorteilen wie geringeren Kosten, höherer Sicherheit, höherer Trainingseffizienz und einem flexibleren Betrieb (z. B. keine Nachflugbeschränkungen wie an realen Flughäfen) verbunden. Die höhere Trainingseffizienz wird unter anderem dadurch erreicht, dass der Flugsimulator Zusatzfunktionen erfüllt, die über die reine Nachbildung eines Flugzeugmusters hinausgehen, wie z. B.:

- Nachbildung von Fehlern und Notsituationen,
- Veränderung der meteorologischen Bedingungen,
- Einfrieren der gesamten Flugsimulation in bestimmten Situationen,

- Einfrieren einzelner Parameter (Kraftstoffmenge, Höhe, Position),
- Positionierung des Flugsimulators in jedem Punkt des Operationsgebietes des entsprechenden Flugzeugmusters,
- Überspringen von nicht trainingsrelevanten Flugphasen,
- beliebige Wiederholbarkeit von Ereignissen bzw. Trainingsphasen.

Die Grenzen der Flugsimulation sind dort zu sehen, wo es keine verlässlichen Daten gibt. Man kann mit einem Flugsimulator nur das Flugverhalten simulieren, das in Form von Flugtestdaten oder anderen zuverlässigen Daten (Performance Model) zur Verfügung steht. Gibt es für extreme Flugsituationen (Trudeln, Notwasserungen etc.) keine Daten, so kann auch der Simulator diese Flugsituationen nicht realistisch nachbilden. Bevor extreme Flugsituationen im Simulator unrealistisch dargestellt werden, verzichtet man auf das Training dieser Situationen, um kein „negatives Training" zu generieren.

Der größte Anteil der Flugsimulatornutzung fällt in den Bereich Flugzeugführertraining. Flugschulabsolventen mit einer Verkehrsflugzeugführerlizenz (ATPL, CTPL, Airline/Commercial Transport Pilot License) benötigen zum Führen eines Verkehrsflugzeuges zusätzlich noch die so genannte Musterberechtigung (Type Rating) für das entsprechende Flugzeugmuster, sowie eine Schulung zur Zusammenarbeit der Flugbesatzung (MCC, Multi-Crew Co-operation). Diese Schulungen werden fast ausschließlich auf Flugsimulatoren durchgeführt. Während der MCC-Kurs einmalig zu absolvieren ist, muss jeder Flugzeugführer halbjährlich Wiederholungsschulungen absolvieren, um die Musterberechtigung zu erhalten. Auch Techniker werden auf den Simulatoren geschult. Techniker lernen so die Funktionen wie auch die Fehlfunktionen eines Flugzeugsystems kennen und verstehen.

12.1.6.2 Generierung von Verkehrsszenarien

Unfalluntersuchungen zeigen, dass fast 90 % aller Unfälle beim Start oder bei der Landung passieren. Dem Training der Rollbewegungen und des An- bzw. Abfluges kommt so eine besondere Bedeutung zu. Aufgrund der Rechnerkapazität und der Komplexität der Verkehrsstruktur auf Verkehrsflughäfen lassen sich meistens nur wenige bewegte Fahrzeuge/Modelle im Sichtsystem darstellen. Der tatsächlichen Komplexität des Verkehrs auf Verkehrsflughäfen in Spitzenzeiten werden auch heutige, moderne Simulatoren noch nicht gerecht. Selbst wenn die Sichtsysteme kapazitiv in der Lage wären, mehrere Flugzeuge und Fahrzeuge auf einem Verkehrsflughafen individuell operieren zu lassen, müssten diese auch kontrollierbar, bzw. steuerbar sein. Dies übersteigt nicht zuletzt auch die Fähigkeiten des Instruktors im Simulator, der nicht gleichzeitig zum Trainingsprogramm auch noch Lotse und Führer für andere Flugzeuge und Fahrzeuge sein kann. Das automatische Rollen von Fahrzeugen und Flugzeugen auf festgelegten Flughafenversorgungsstraßen und Rollwegen ist unrealistisch und könnte auch zu Kollisionen der simulierten Fahrzeuge führen. Außerdem entsteht der Effekt, das der Flugschüler schnell erkennt, dass auf einem bestimmten Verkehrsflughafen, an einer bestimmten Stelle immer das gleiche

Flugzeug rollt. Hinzu kommt, dass der „andere“ Verkehr nicht nur im Sichtsystem des Simulators vorhanden sein muss, sondern auch mit anderen Systemen des Simulator-Cockpits elektronisch korrespondieren muss. Beispielsweise müssten die Fahrzeuge auch auf einem im Simulator-Cockpit vorhandenen TCAS Display dargestellt werden oder in den Funksprechverkehr mit einbezogen sein. So müssten die Anweisungen des Flugverkehrslotsen und die Rückmeldungen der „anderen“ Flugzeug-/Fahrzeugführer auch mit der Darstellung im Sichtsystem korreliert werden, damit ein realistisches Verkehrsszenario entstünde.

12.1.6.3 Standardisierung des Trainings

Um den Fluglehrer (Instruktor) bei seiner Arbeit zu entlasten, und um eine gleiche und somit gerechte Behandlung verschiedener Flugzeugbesatzungen zu erreichen, bieten neuere Simulatoren die Möglichkeit, bestimmte Trainingsszenarien vorab genau festzulegen. So kann der Instruktor auf Knopfdruck beispielsweise stets die gleichen Anfangsbedingungen für alle Flugzeugbesatzungen schaffen. Ereignisse im Flugablauf werden automatisch und abhängig von der Flugphase aktiviert, so entsteht beim Durchfliegen von 7.000 Fuß beispielsweise ein „PACK OVERHEAT“ an der Klimaanlage oder Minuten nach Erreichen der Reiseflughöhe kommt ein anderes Flugzeug bedrohlich nah und erzeugt eine Kollisions- (TCAS) Warnung.

12.1.6.4 Malfunctions

Unter „Malfunctions“ versteht man die im Flugzeug möglichen Fehlfunktionen der Flugzeugsysteme, die im Simulator nachgebildet werden und so von der Flugzeugbesatzung trainiert werden können. Der Flugzeughersteller gibt für jedes seiner Flugzeugmuster mögliche Fehlfunktionen bekannt und Anweisungen, wie die Besatzung hierauf zu reagieren hat. Üblicherweise werden hierbei zwei Kategorien unterschieden:

Abnormale Situationen (Abnormally) bezeichnen einen fehlerhaften Zustand, der durch Umschalten auf ein Ersatzsystem keine wesentliche Beeinträchtigung der Lufttüchtigkeit ergibt. Die dazugehörigen Fehlermeldungen (Caution Messages) werden im Cockpit bernsteinfarben (Amber) dargestellt, und der Besatzung verbleibt genügend Zeit, die Gegenmaßnahmen anhand der „Abnormal Checklist“ einzuleiten. Notsituationen (Emergencies) bezeichnen einen Zustand, in dem die Besatzung durch sofortiges und richtiges Handeln das Risiko einer Katastrophe drastisch reduzieren kann. Die dazugehörigen Warnmeldungen (Warning Messages) werden im Cockpit „rot“ dargestellt. Die Flugzeugführer müssen die richtigen Gegenmaßnahmen geübt haben und auch mental beherrschen.

12.1.7 Qualitätsmanagement

Mit der Einführung der europäischen „Joint Aviation Regulations (JAR)“ mussten Simulatorbetreiber, die ihre Simulatoren nach diesem Standard zertifizieren lassen wollten, über

ein Qualitätsmanagementsystem verfügen. So wird beispielsweise vom Simulatorbetreiber gefordert, ein Qualitätsmanagementsystem einzurichten, dessen Leiter zu benennen, sowie zu gewährleisten, dass ausreichend Personal und Räumlichkeiten für den Betrieb der Simulatoren zur Verfügung stehen. Das Qualitätsmanagementsystem muss (z. B. in einem Handbuch) beschrieben sein und eine Verpflichtung zur Einhaltung der geltenden Vorschriften enthalten. Das Handbuch beinhaltet die Prozessbeschreibungen, Aussagen zur Qualitätspolitik, Organisationsstruktur des Betriebes mit Aufgaben und Verantwortlichkeiten und den Schulungsplan für die Mitarbeiter. Das Qualitätsmanagementsystem muss regelmäßig in so genannten Audits überprüft werden. Es muss regelmäßig durch die Geschäftsführung auf seine Wirksamkeit hin bewertet werden. Ein Grundgedanke des Qualitätsmanagements ist es, alle Arbeitsschritte, die zur Erfüllung einer bestimmten Aufgabe notwendig sind, in einem Prozess zusammenzufassen und zu beschreiben. Hierzu gehört es auch festzulegen, wer für den einzelnen Arbeitsschritt verantwortlich ist, welche Personen/Abteilungen ggf. zu informieren sind und welche Dokumente ggf. benötigt werden. Sind die Prozesse hinreichend beschrieben und ggf. optimiert, und auch von der zuständigen Luftfahrtbehörde genehmigt worden, hat der Betrieb anschließend dafür Sorge zu tragen, dass sich jeder Mitarbeiter an die Prozessabläufe hält. Hierdurch wird gewährleistet, dass die Qualität eines Produktes oder einer Dienstleistung unabhängig von einer Person oder der Tagesform einer Person ist.

12.1.8 Entwicklungstendenzen in der Simulationstechnik

Flugsimulatoren haben die Aufgabe, einen Flug (eine Mission) bzw. das Verhalten eines bestimmten Flugzeugmusters zu simulieren. Hierdurch entfällt die Notwendigkeit, einen Flug im realen Flugzeug durchzuführen. Heutzutage sind Simulatoren als integraler Bestandteil der Flugzeugführerausbildung zu sehen. Im Vergleich zum realen Flugzeugmuster können auf Flugsimulatoren Übungsszenarien wesentlich kostengünstiger, sicherer, umweltschonender und effizienter durchgeführt werden. Gemäß JAA-Definition muss ein Flugsimulator über ein Originalflugzeugcockpit, eine realistische Systemsimulation, sowie Sicht-, Geräusch- und eine Bewegungssimulation verfügen. Je nach Güte dieser Komponenten kann ein Simulatorbetreiber seinen Simulator dann z. B. nach JAR-STD 1A in die Güteklasse A, B, C oder D einstufen lassen und ihn für unterschiedliche Arten des Flugtrainings einsetzen.

Zukünftige Entwicklungen werden bei der Bewegungssimulation erwartet. Die Entwicklung geht von hydraulischen Systemen hin zu elektrischen Bewegungssystemen. Bei der Sichtsimulation gehören im Bereich der Projektoren Kathodenstrahlröhren der Vergangenheit an. Die LCD-Technologie kommt uneingeschränkt zum Einsatz. Für die Nachbildung der Realität ist an erster Stelle die Simulation realistischer Verkehrsszenarien erforderlich, d. h. eine verbesserte und umfänglichere Simulation der Rollverkehre auf simulierten Verkehrsflughäfen, sowie die audiovisuelle Integration dieser Verkehrsstrukturen in die Sicht- und Cockpitgerätesimulation der Simulatoren.

Abbildung 12.10 zeigt einen Airbus A380 Full Flight Flugsimulator.

Abb. 12.10 Airbus A380 Full Flight Simulator (*links*), *rechts* das entsprechende Cockpit [52]

12.2 Flugsicherungssimulatoren

Bei Flugsicherungssimulatoren unter scheidet man zunächst Tower- und Radarsimulatoren. Sie dienen nicht nur der Ausbildung von Flugverkehrslotsen, sondern werden für eine Fülle von Aufgaben eingesetzt. Anwendungsbereiche sind u. a. Forschungs- und Entwicklungsprojekte sowie die unterschiedlichen Aspekte der Verfahrensplanung. Ein Entwicklungszyklus unterscheidet beispielsweise die Phasen Konzeptentwicklung, Machbarkeitsuntersuchungen, die Vorentwicklung, die Anforderungsanalyse, die Planung und Implementierung und die Betriebsphase.

12.2.1 Air Traffic Management Simulatoren

Im Air Traffic Management Bereich unterscheidet man makroskopische & mathematische Simulationen (MATLAB, MathCAD, analytische Modellierung), prozess-, ereignis- oder wahrscheinlichkeitsorientierte Simulationen (Monte-Carlo, Gaming etc.), sowie Echtzeitsimulationen (AFS, TOSIM) und Schnellzeitsimulatoren (TAAM).

Mit makroskopischen und mathematischen Simulationen lassen sich beispielsweise Verkehrsflüsse und Regelschleifen untersuchen, prozess-, ereignis- oder wahrscheinlichkeitsorientierte Simulationen werden zur Konzeptentwicklung, zur Untersuchung der Funkfeldbelastung, zu Rollenbeschreibungen der Operateure (FS-Lotsen) oder zur Ermittlung von Risikopotentialen benutzt. Schnellzeitsimulationen dienen der Untersuchung von Luftraumstrukturen, der Optimierung von Verkehrsabläufen, der Ermittlung von Kapazitäten oder auch der Bewertung von Konzepten und Kontrollmethoden. Echtzeitsimulationen werden zur Konzeptvalidierung, zur Luftraum- und Systementwicklung, zum Training, zur Ermittlung von Belastung und Beanspruchung der Operateure und zur Verifikation von Systemen verwendet.

12.2.2 Anwendungspotentiale von Air Traffic Management Simulatoren

Neben dem eigentlichen Training der Operateure lassen sich typischerweise Luftraumstudien durchführen. Dabei stehen die Ermittlungen der Flugsicherungssektorkapazitäten und die Optimierung von An-/Abflugrouten und An-/Abflugprofilen im Mittelpunkt der Betrachtung. Auch die Optimierung von ATS-Streckenführungen unter kapazitiven Gesichtpunkten ist von Bedeutung.

Die durchgeführten Szenarien werden einer abschließenden Bewertung unterzogen. Dazu dienen Parameter wie: Flugbewegungen im untersuchten FS-Sektor, Arbeitslast der Operateure, Verkehrsdichte, Verkehrsmix, Verkehrsflüsse, Kapazitätspotentiale, Anzahl potentieller Konflikte, betriebsinterne Produktivitätskennzahlen etc.

Die Arbeitslast der Operateure für einen Kontrollsektor wird mit Hilfe eines aufgabenbezogenen Arbeitslastmodells ermittelt. Die durchgeführten Aufgaben werden über zugeordnete Zeitbudgets erfasst. Die sektorspezifische Analyse erfolgt auf der Basis der durchschnittlichen und der maximalen Arbeitslast. Ausgewertet wird die Arbeitslast für den Planungs- und für den Radarlotsen. Die maximal mögliche Arbeitslast beträgt eine Zeitstunde. Die Obergrenze von 42 Minuten (70 % der Zeitstunde) sollte möglichst nicht überschritten werden.

Das aufgabenbasierte Arbeitslastmodell umfasst Aufgaben wie: Monitoring, Coordination, Radio Telephony, Conflict Detection, Conflict Resolution, Clearances, Sequencing. Die Zeitbudgets für die Aufgaben sind in der Regel sektorspezifisch. Die Erfassung der Zeitbudgets als Basis für die Modellierung erfolgt durch eine Aktivitätenanalyse in einer Echtzeitsimulation oder im aktuellen laufenden Betrieb.

Ein weiteres Anwendungsfeld ist im Bereich der Flughafensimulationen zu sehen. Bei Flughafenuntersuchungen ist es wichtig, sowohl die relevante Flughafeninfrastruktur, als auch die umgebenden Lufträume (FS-Sektoren) des Flughafens zu betrachten. Dabei sind beispielsweise von Interesse: Auswirkungen von Start-/Landebahnen, entsprechende Konfigurationen, Lage der Gates, Terminals, Enteisungsanlagen unter kapazitiven Gesichtspunkten, Fragen zur Flughafengesamtkapazität oder zur Start-/Landebahnkapazität, Optimierungspotentiale zu Rollverfahren und Vorfeldrollverkehren.

Auch zur Bewertung von Flughafensimulationen werden Bewertungskriterien herangezogen wie beispielsweise: Anzahl der Starts und Landungen pro Zeiteinheit, Start-/Landebahnbelegungszeiten, Verzögerungen jeglicher Art, Verwaltung der Vorfeldkapazitäten, Nutzung der Rollwege (Länge der Rollstrecken) etc.

12.2.3 Aufbau und Funktionen von Echtzeitsimulatoren

Echtzeitsimulatoren bestehen zunächst aus den simulatorspezifischen Kernkomponenten, der „Simulation Engine“, den Lotsenarbeitsplätzen für die Operateure (Controller Working Position), den Arbeitsplätzen für die Simulationspiloten (diese simulieren

(steuern) die virtuellen Flugzeuge), und den Arbeitsplätzen für den umgebenden, simulierten Luftraum. Als Unterstützungsfunktionen sind im Rahmen der simulierten Szenarien die umfangreiche Datenvorbereitung und die abschließende Datenauswertung zu sehen.

12.2.4 Aufbau und Funktionen von Schnellzeitsimulatoren

Im Aufbau vergleichbar mit dem beschriebenen Echtzeitsimulator stellt die Schnellzeitsimulation eine realitätsnahe Simulation des Verkehrsablaufs im Bereich En-Route (Luftraum), in der Terminal Maneuvering Area (TMA), auf dem Flughafen (Rollbewegungen) oder von Gate to Gate dar. Die Darstellung auf dem Radarbild ist der realen Bilddarstellung der Lotsenarbeitsplätze sehr ähnlich. Es lassen sich verschiedene Lotsenpositionen abbilden und verschiedene Stafflungsvorgaben überprüfen. Es sind Simulationen über einen kompletten Verkehrstag bis hin zu weniger als einer Zeitstunde möglich.

Funktional gesehen lassen sich auf der Anflugseite eine Flughafens das Sequencing (Einbahnsysteme, Mehrbahnsysteme, kreuzende Bahnsysteme) und Holdings abbilden. Auf der Abflugseite eines Flughafens lassen sich Regelwerke zur Separation und deren Variation abbilden. Die Interaktion von An-/Abflügen lässt auch die Simulation von Abhängigkeiten für Mehrbahnsysteme zu. Letztendlich lässt sich der zeitbezogene Durchsatz an Flugbewegungen durch das „System Flugplatz“ ermitteln. Die Bodenfunktionalität bildet realitätstreu Prozesse vom Push-back bis zum Take-off wie Rollführung mit Conflict Resolution von/zur Start-/Landebahn oder vom/zum Gate mit Runway Entry Selection, Gate Selection, Deicing etc. ab, bzw. berücksichtigt diese über implementierte Regelwerke.

Eine kapazitätsgerechte Steuerung der Anflüge berücksichtigt die Start-/Landebahnkapazität und das Verhältnis zwischen An-/Abflügen, wobei der Tower Lotse anhand der Nachfrage (An-/Abflüge) die Anflugstafflung festlegt. Der Feeder Lotse setzt die vorgegebene Anflugstafflung in eine Verkehrsmengensteuerung um und gibt sie an den vorgelagerten Anfluglotsen weiter. Ist die Anflugnachfrage höher als die Landebahnkapazität, so wird mit dem Instrumentarium „Radar Vectoring“ gearbeitet oder es werden Flugzeuge an Holding Positionen im Flughafennahbereich verzögert.

Innovative Luftverkehrsinfrastruktur und Flugzeugkonzepte

13

13.1 Europäischen Luftverkehrsinfrastruktur der Zukunft

Der Luftverkehr (die Flugbewegungen) soll sich in den nächsten Jahren verdoppeln bis verdreifachen. Bei den derzeitigen Engpässen im europäischen Luftraum und auf den europäischen Verkehrsflughäfen ist das praktisch nicht vorstellbar. In Kenntnis dieser Fakten hat die Europäische Union die Initiative ergriffen und im Rahmen eines europäischen Programms eine Rekonfigurierung des europäisch zersplitterten Luftraumes initiiert. Das Projekt hat den Oberbegriff „Single European Sky". Das heißt die derzeit nationalen Lufträume sollen in einen einzigen europäischen Luftraum überführt werden. Dieser europäische Luftraum der Zukunft wird aus so genannten „Functional Blocks of Airspace" bestehen, die sich nicht an Landesgrenzen, sondern sich an den maßgeblichen europäischen Verkehrsströmen orientieren. Dem Single European Sky Projekt ist ein Forschungs- und Entwicklungsprogramm unterlegt, das den Namen SESAR (Single European Sky Air Traffic Management Research) trägt. Das SESAR Programm ist eine konsequente Weiterentwicklung und Erweiterung des EATCHIP Programms (European Air Traffic Control Harmonisation and Integration Programme) der EUROCONTROL (Europäischen Organisation zur Sicherung der Luftfahrt) der 90er- Jahre, das die technologischen Fortschritte in den Bereichen Flugsicherung (Kommunikation, Navigation, und Überwachung) und der Flugführung (Automatisierung) in innovativer Weise berücksichtigt. Der europäische ATM Master Plan (ATM = Air Traffic Management) ist im Wesentlichen zu sehen im Kontext der Ziele der Vision 2020 und berücksichtigt die ATM 2000 + Strategie, den Mid-Term European Common Implementation Plan (ECIP) sowie die strategische Forschungsagenda des Advisory Council for Aeronautics Research in Europe (ACARE SRA), einschließlich der angedachten Konfiguration des Single European Sky (vgl. Abb. 13.1) [1,81].

Die Ziele des Single European Sky sind maßgeblich in der Liberalisierung der Flugverkehrskontrolle, der Neuordnung der Zuständigkeiten für die Luftraumstruktur, einschließlich der Gebühren- und Entgeltsysteme zu sehen.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_13,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

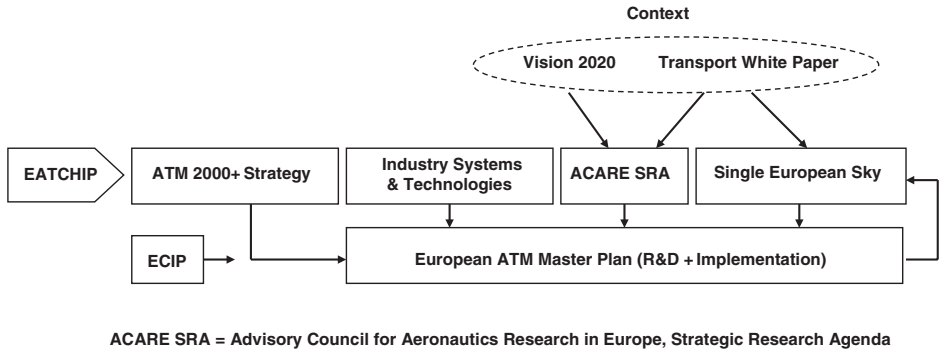


Abb. 13.1 Europäische Programme zur Realisation des Single European Sky [81]

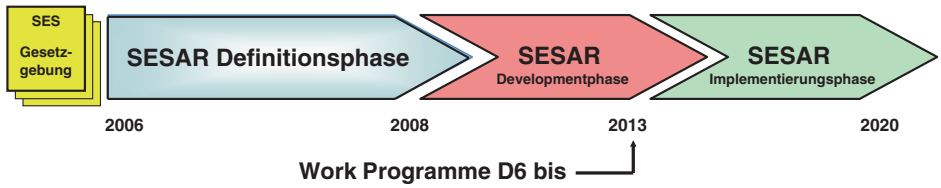


Abb. 13.2 Phasen des SESAR Programms [81]

SESAR selbst ist in drei Phasen eingeteilt. Die so genannte Definitionsphase umfasste den Zeitraum von 2006 bis 2008, die Development phase umfasst den Zeitraum von 2008 bis 2013, die Implementations phase ist ab dem Jahr 2020 vorgesehen (vgl. Abb. 13.2). Das SESAR Konsortium hat im Auftrag der EUROCONTROL sechs Meilensteindokumente als Grundlage für die Implementierung eines bedarfsgerechten ATM Systems erstellt. Die Meilensteindokumente D1 bis D6 (erstellt in der SESAR Definitionsphase) [81] umfassen:

D1 = Air Transport Framework (The Current Situation),
D2 = The Performance Target,
D3 = The ATM Target Concept,
D4 = The ATM Development Sequence,
D5 = SESAR Master Plan (SESAR Joint Undertaking (seit 2009)),
D6 = Work Programme 2008 – 2013

Das seit 2009 etablierte SESAR Joint Undertaking (SJU) hat die Aufgabe, die Projekte in der Entwicklungsphase (2008–2013), basierend auf dem SESAR Master Plan, zu koordinieren. Die Gründung erfolgte durch die europäische Kommission (EC) und EUROCONTROL am 27. Februar 2007. Neben dem Exekutiv Direktor sind im Verwaltungsrat die EC, EUROCONTROL, Repräsentanten von Stakeholdergruppen, sowie weitere Mitglieder vertreten.

Die flugbetrieblichen Potentiale (ATM Service Level) sollen in 5 Stufen realisiert werden. Stufe 5 (ab 2025) sieht ein voll realisiertes 4D Trajektorien Management, basierend auf bevorzugten nutzerorientierten Trajektorien, vor. Dynamische Luftraumsektorprofile und Separationen zwischen den Flugzeugen, die in der Verantwortlichkeit der Flugzeugführer liegen, führen dann zu nahezu autonomem Flugbetrieb. Abbildung 13.3 zeigt den stufenweisen Aufbau der ATM Servicelevel im Zeitablauf [81].

Die der Entwicklungsphase (Development phase) zugeordneten Arbeitspakete umfassen die Bereiche Validation Infrastructure Adaptation, Integration, En Route Operations, TMA Operations, Airport Operations, Network Operations, Information Management, Aircraft, En Route & Approach ATC Systems, Airport Systems, Network Information Management System, SWIM Technical Architecture, Non Avionic CNS Systems, R&D Transversal Areas, Target Concept and Architecture Maintenance, und Master Plan Maintenance.

Die maßgeblichen Technologien mit entsprechenden Applikationen sind auf der Bordseite im Bereich Kommunikation die Sprachkommunikation sowie die Datenkommunikation, der Controller Pilot Data Link (CPDLC) oder auch die Übertragung der Daten der 4D-Trajektorien. Im Bereich der Navigation sind die Satellitensysteme Global Navigation Satellite Systems (GNSS), die die 4D-Navigation ermöglichen, zu nennen, sowie die Bordsensorik für das satellitengestützte Landesystem GBAS (Ground Based Augmentation System). Im Bereich Überwachung (Surveillance) dominieren die Kollisionsverhütungssysteme wie ACAS/TCAS (Airborne Collision Avoidance System) und ASAS

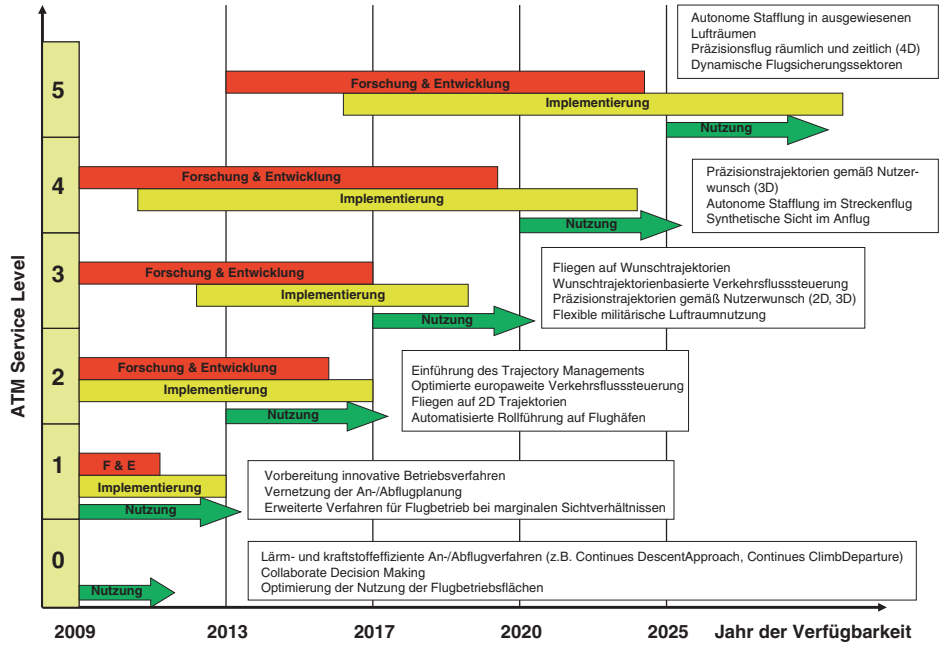


Abb. 13.3 ATM Servicelevel im Zeitablauf [81]

(Airborne Separation Assurance System). ADS-B (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast) bezeichnet die permanente Abstrahlung der 4D-Koordinaten der Flugzeuge an andere Flugzeuge zwecks Koordination sowie an Bodenstationen zwecks Überwachung. ADS-C (C = Contract) ist für Vereinbarungen zwischen Partnern im Luftraum vorgesehen. Das satellitenbasierte ADS befindet sich in der Entwicklung. Der Bereich Auch der Bereich Wartung, der die Betreiber von Luftfahrzeugen betrifft, ist gekennzeichnet durch den Datenfunk. Als Applikationen sind hier das On Condition Monitoring und die On Condition Maintenance (heute schon im Flugzeugtyp A380-800 realisiert) zu nennen. Ein ausgereiftes Informationsmanagement sowie die Bereitstellung von Kartenmaterial für die Flugführung (Moving Maps) sind als weitere Applikationen des Datenfunks zu werten. Diese Applikationen haben auch gravierende Auswirkungen auf die Mensch-Maschine-Schnittstelle (Human-Machine-Interface) im Cockpit der Zukunft. Für den Datenfunk selbst ist VDL Mode 2 (Very High Frequency Data Link Mode 2) vorgesehen.

Die bodengebundene Infrastruktur sieht zunächst die Bodennetzwerke ATN (Aeronautical Telecommunication Network) und OLDI (On-Line Data Interchage) zur konsistenten Unterstützung der 4D-Trajektorien vor. Weiterhin sind Bodenstationen für GBAS an Flugplätzen und Empfangsstationen für SSR Mode-S (Sekundär Radar Mode – Selective) und ADS-B Daten für die globale Infrastruktur erforderlich. Auch die operationellen Applikationen Collaborative Decision Making (CDM) und das Joint System Wide Information Management (SWIM) sind bord- und bodenseitig als globale Tools zu verstehen. Zum Bereich Flugsicherung (Air Traffic Control) zählen die Infrastrukturelemente der 4D Trajektorien, die Bedienung des Controller Pilot Data Links (CPDLC), sowie die Generierung dynamischer Luftraumsektorstrukturen. Mode-S und ADS-B Daten dienen der Überwachung der Flugzeuge. Der geplante Datenaustausch, verbunden mit einem hohen Automatisierungsgrad, wird die verbale Koordination (Bord-Boden) wesentlich reduzieren (Silent co-ordination). Die Flugplätze verfügen dann über Arrival- und Departure-Managementsysteme sowie Positionierungsplanungstools (z. B. „Sally“ am Verkehrsflughafen Frankfurt). Unter Arrival- und Departure- Managementsystemen sind Planungstools zu verstehen, die zeitgenau die Landezeiten der anfliegenden Flugzeuge, bzw. die Off-Block Zeiten der startbereiten Flugzeuge errechnen, um ein Höchstmaß an Kapazität und einen verzögerungsfreien Ablauf der Verkehre auf den Flugplätzen zu gewährleisten. Die Rollführung wird künftig automatisiert durchführbar sein (Advanced Surface Movement Guidance and Control System, A-SMGC). Eine Zusammenstellung der beschriebenen technologisch bedingte Funktionalitäten der künftigen Bord-/Bodeninfrastruktur zeigt Abb. 13.4 [167].

Die Technologieperspektiven und operationelle Szenarien bedeuten für die Flugführung (vgl. Abb. 13.5 mit 13.6) das Fliegen auf Trajektorien (2D, 3D, 4D) mit den Bahnparametern Flugbahngeschwindigkeit, Bahnneigungswinkel und Bahnazimut (4D zusätzlich mit Zeitbezug), ein Collaborative Decision Making (CDM), verbunden mit einem dynamischen Luftraummanagement sowie Gate to Gate Operations.

Für die Kommunikation stehen die Data Link Applikationen „Air to Ground“, „Ground to Air“ und „Air to Air“ sowie das System Wide Information Management (SWIM) zur Verfügung.

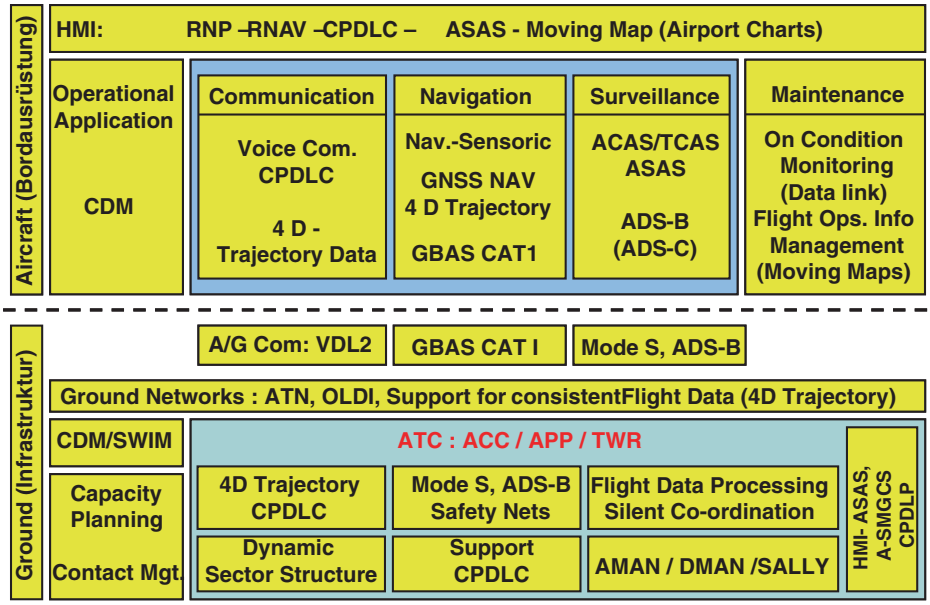
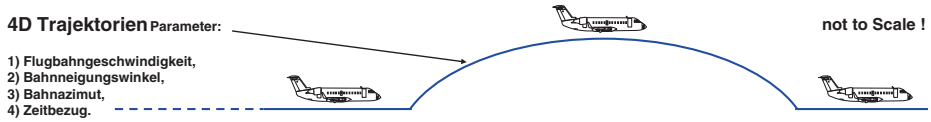
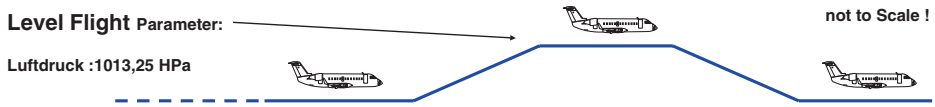


Abb. 13.4 Technologisch bedingte Funktionalitäten Bord-/Bodeninfrastruktur [167]



Flugphase	Flugplanung	Rollführung	Steigflug	Reiseflug	Sinkflug	Rollführung
Techn. Infrastruk.	ATFM/ASM	Virtueller ATC (TWR)	Virtueller ATC (APP)	ATC (ACC)	Virtueller ATC (APP)	Virtueller ATC (TWR)
C Kommuni-kation	CDM SWIM	Voice= Min. CPDLC Trajectory-Data	Voice= Min. CPDLC Trajectory-Data	Voice= Min. Air to Air Trajectory-Data	Voice= Min. CPDLC Trajectory-Data	Voice= Min. CPDLC Trajectory-Data
N Navigation	-------	Multilat. Multisensor-konzepte	4D Trajekt. SBAS GNSS	4D Trajekt. SBAS GNSS	4D Trajekt. SBAS GNSS	GBAS Multilat. Multisensor-konzepte
S Über-wachung	-------	Mode S ADS-B D-MAN	ACAS ASAS Mode S ADS-B	ACAS ASAS Mode S ADS-B	ACAS ASAS Mode S ADS-B A-MAN	Mode S ADS-B A-SMGCS
			Verantwortlichkeiten: Kollaborativ (CDM)			

Abb. 13.5 Künftige technologische Unterstützung in den einzelnen Flugphasen [167]



Flugphase	Flugplanung	Rollführung	Steigflug	Reiseflug	Sinkflug	Rollführung
Techn. Infrastruk.	ATFM/ASM CFMU	ATC (TWR)	ATC (APP)	ATC (ACC)	ATC (APP)	ATC (TWR)
C Kommuni-kation	Netzwerke AFTN Datenbanken	Sprechfunk VHF (Datenfunk)	Sprechfunk VHF (Datenfunk)	Sprechfunk VHF, HF (Datenfunk)	Sprechfunk VHF (Datenfunk)	Sprechfunk VHF (Datenfunk)
N Navigation	-------	nach Sicht	Funknav. IRS/FMS GPS	Funknav. IRS/FMS GPS	Funknav. IRS/FMS GPS ILS/MLS	nach Sicht Follow me Car
S Über-wachung	-------	nach Sicht Radar ASDE	Radar PSR/SSR	Radar PSR/SSR	Radar PSR/SSR	nach Sicht Radar ASDE

Verantwortlichkeiten: Flugverkehrslotse = Weisungsgeber – Luftfahrzeugführer = Weisungsempfänger

Abb. 13.6 Derzeitige technologische Unterstützung in den einzelnen Flugphasen [167]

Die Navigation basiert auf SBAS, GPS, GNSS, künftig Galileo (+ Augmentation Services) sowie dem satellitengestützten Landesystem GBAS (CAT I – III).

Für die Überwachung (Surveillance) sind ADS, ADC-B, (ABS-C), Multilaterationssysteme (Mode-S, Radar Sensorik) und SSR Mode-S vorgesehen.

Als Sicherheitsnetze dienen ASAS, ACAS, A-TCAS (Aircraft), MTCA/MTCD (ATC, Ground), STCA (ATC, Ground) sowie Runway Incursion Warning Systems.

Die Flugsicherung ist generell im Luftraum zuständig für die „Functional Blocks of Airspace“ (im Single European Sky), wobei die tatsächlichen Zuständigkeiten offen sind, da die Lufträume europäisch zur Kontrolle ausgeschrieben werden. Für Zentraleuropa wurde der Luftraum „FABEC“ (Functional Airspace Block Europe Central) definiert. Als Lokalitäten der Flugsicherung sind der Remote Tower, der virtuelle Tower oder auch virtuelle Kontrollzentralen denkbar. An den Flugplätzen dominieren die Koordinations-/Planungstools wie AMAN, DMAN, SMAN, A-SMGCS, eingebunden in SWIM-Netzwerke.

13.2 Anforderungen an den Flugbetrieb der Zukunft

Der Flugbetrieb der Zukunft wird sich mit der vollständigen Realisierung des Single European Sky (geplant ab 2025) einerseits in eine völlig neue Luftraumstruktur einpassen müssen, andererseits wird dieser Flugbetrieb Ausrüstungskomponenten an

Bord der Flugzeuge und am Boden erfordern, die eine fortgeschriebene Infrastruktur darstellen. Diese wird maßgeblich satellitengestützt und kommunikationsorientiert sein (vgl. Abb. 13.4). Die Flugzeughersteller werden Flugzeuge mit entsprechender Ausrüstung anbieten, ältere Flugzeuge bedürfen der Nachrüstung. Eine schematische Darstellung des Sachverhaltes zeigen generisch die Abb. 13.7 und 13.8.

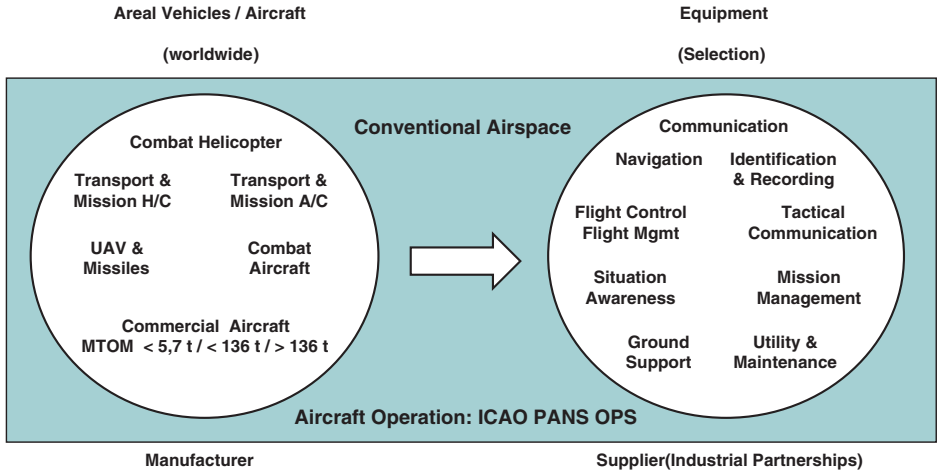


Abb. 13.7 Derzeitige technologische Unterstützung der Ausrüstung von Flugzeugen [167]

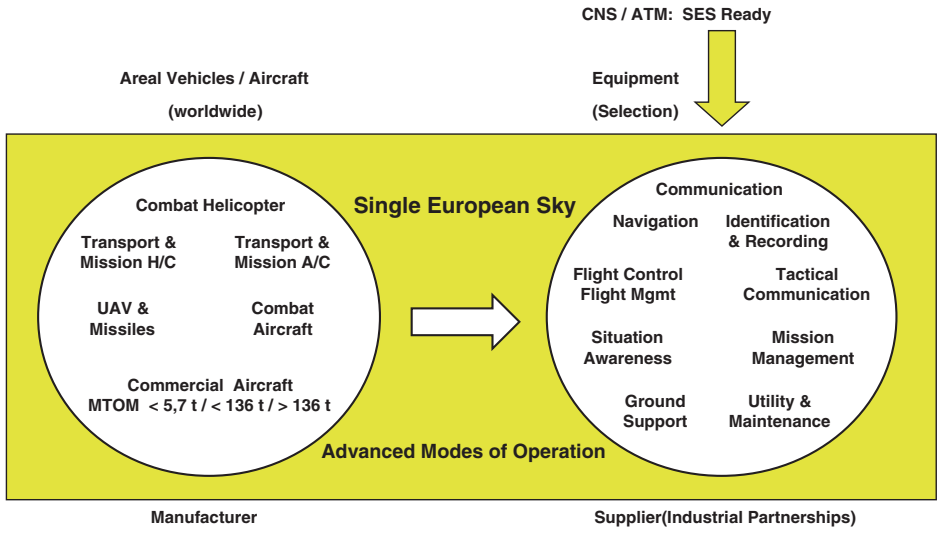


Abb. 13.8 Künftige technologische Unterstützung der Ausrüstung in Flugzeugen [167]

13.3 Flugzeugprogramme und -entwicklungen

Im SESAR Arbeitsprogramm sind die Anforderungen an die Flugzeuge der Zukunft wie folgt formuliert:

"The scope of the Aircraft System work package covers the required evolutions of the aircraft platform, in particular to progressively introduce 4D-Trajectory management functions in mainline, regional and business aircraft to provide very precise 4D-Trajectory management capabilities (3 spatial dimensions + time). The work will address as well the progressive development of Aircraft Separation Assurance and the aircraft components required for the improvement of surface movement operations" [81,94].

Die Planungen der Hersteller Airbus und Boeing sind zunächst darauf ausgerichtet, nach dem Airbus A350-800, A350 XWB (Abb. 13.9 und 13.10), der Boeing 747-8 I und B787 (Abb. 13.11) die Flugzeugmuster der Flugzeugfamilien Airbus A320 und Boeing B737 mit neuen Triebwerken auszustatten, um die Kraftstoffverbrauche weiter zu reduzieren und die Lärmbudgets noch einmal zu halbieren. Dazu wird Airbus ab Frühjahr 2016 die A320-Familie, bis auf die A318, dann als modifizierte A320neo bezeichnet, mit neuen, Kraftstoff sparenden Triebwerken unterschiedlicher Hersteller ausliefern. Dabei können Luftverkehrsgesellschaften zwischen dem LEAP-X Motor von CFM International und dem PurePower PW1100G Triebwerk von Pratt & Whitney wählen. Die so genannte A320neo (neo = new engine option) soll auch mit den neuen „Sharklets" ausgestattet werden. Die aerodynamisch deutlich weiterentwickelten Tragflächenenden tragen mit dazu bei, den Kraftstoffverbrauch im Reiseflug bis zu 15 % zu reduzieren. Dies entspricht einer jährlichen Umweltentlastung von ca. 3.600.000 kg Kohlendioxid pro Flugzeug. Auch die Stickoxid-Emissionen werden im zweistelligen Bereich reduziert. Überdies sollen A320neo-Betreiber von leiseren Triebwerken,

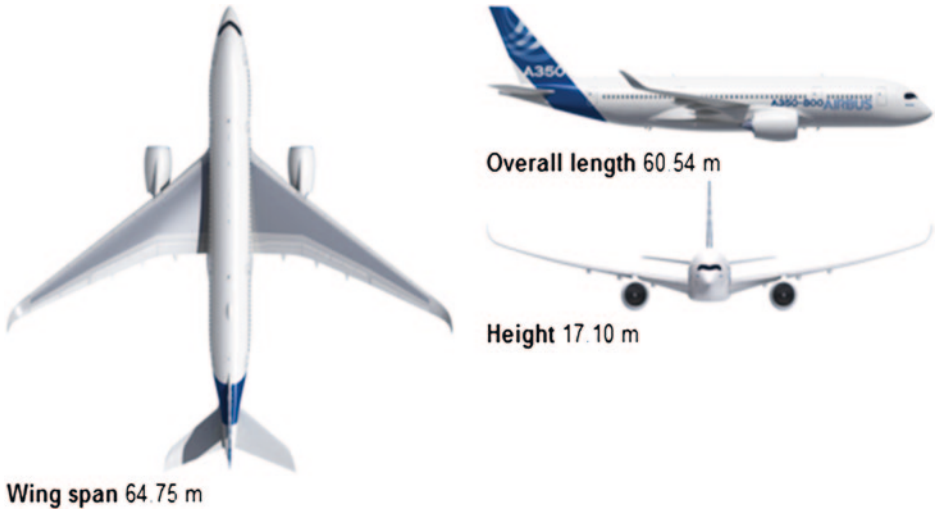


Abb. 13.9 Airbus A350-800 [4]

Abb. 13.10 Airbus A350 XWB [4]

Abb. 13.11 Boeing 787 [31]

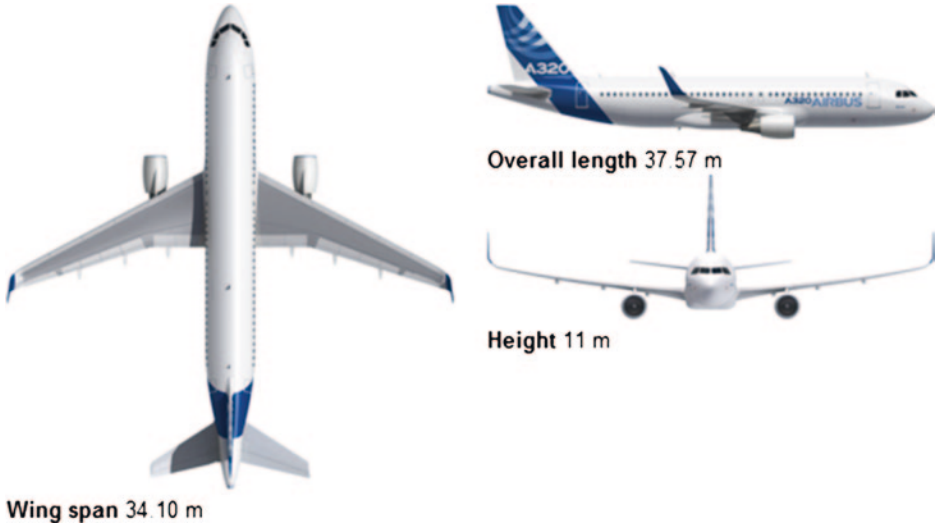


Abb. 13.12 Airbus A320neo [4]

Abb. 13.13 Airbus A320neo [3]

niedrigeren Betriebskosten und einer um bis zu 950 km (500 NM) größeren Reichweite oder 2.000 Kg höherer Nutzlast profitieren.

Der Hersteller Airbus sieht für die nächsten 15 Jahre ein Marktpotential von 4.000 Flugzeugen für die A320neo Familie. Die neuen Triebwerke werden für die Airbusmuster A319/A320/A321 angeboten. Die Flugzeugzelle der A320neo Familie wird gegenüber der A320-Standardfamilie eine Kommunalität von über 95 Prozent aufweisen (Abb. 13.12 und 13.13).

13.4 Innovative Flugzeugkonzepte

Innovative Flugzeugkonzepte der Zukunft sind angesiedelt im Spannungsfeld zwischen den künftigen Anforderungen kapazitiver und wirtschaftlicher Art des Passagier- und Frachtmarktes einerseits, steigenden Umweltanforderungen (Regularien, Restriktionen), verfügbaren bzw. begrenzten Ressourcen (fossile Brennstoffe), sowie konzeptionellen und technologischen Herausforderungen (Werkstoffe, Fertigungsverfahren), bedingt durch den technologischen Fortschritt andererseits. Die globalen Herausforderungen für die Flugzeughersteller sind zu sehen in einer weiteren Reduktion des Luftwiderstandes (Drag), der Masse und der Emissionen (Lärm und Schadstoffe) der Flugzeuge, bei gleichzeitiger Erhöhung der Wirtschaftlichkeit (Reduktion der direkten Betriebskosten), der Sicherheit, der Bedienbarkeit/Fliegbarkeit und des Komforts für die Passagiere. Der Automatisierungsgrad im Cockpit wird weiter zunehmen, Assistenzsysteme zur generellen Flugführung und Kollisionsvermeidung werden mittelfristig eine autonome Flugführung in einem rekonfigurierten Luftraum (z. B. Single European Sky) ermöglichen. Nicht unerheblich sind allerdings die sich ergebenden Problembereiche bei Betrieb von Großraumflugzeugen mit innovativen Flugzeugkonfigurationen im Flughafenbereich (Rollbewegungen, verkehrliche und betriebliche Abfertigung), wenn die Konfigurationen von den heutigen Standardkonfigurationen signifikant abweichen (z. B. Blended Wing Body). Abbildung 13.14 zeigt prinzipiell die Bereiche, die bei innovativen Flugzeugkonzepten maßgeblich betroffen sind.

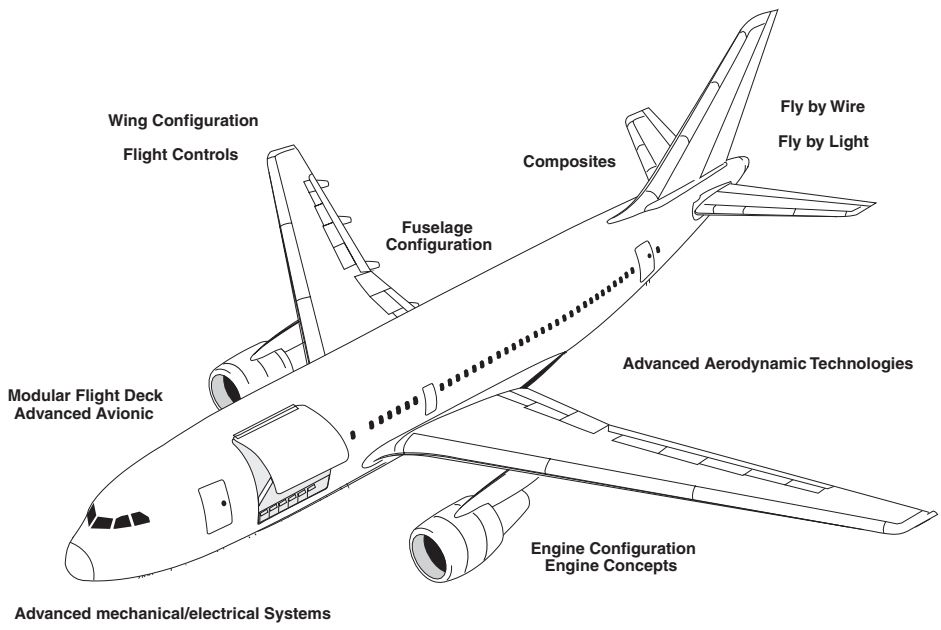


Abb. 13.14 Bereiche innovativer Flugzeugkonzepte [167]

Abb. 13.15 Airbus ConceptPlane [4]

Airbus zeigt mit seinem „ConceptPlane“ (Abb. 13.15) die denkbare Konfiguration eines modernen künftigen Verkehrsflugzeuges. Die Innovationen sind zu sehen in: (1) Längere und dünnere Spannweite der Tragflächen, d. h. optimierte Luftströmung über der Tragflächenoberseite, mit entsprechendem reduzierten Widerstand und entsprechend reduziertem Kraftstoffverbrauch; (2) „Intelligente“ Werkstoffe für ein leichteres, kraftstoffeffizienteres und emissionsärmeres Flugzeug; (3) U-förmiges Leitwerk, das aufgrund seiner Form u.a. Geräuschemissionen abschirmt; (4) Triebwerke teilweise in die Rumpfstruktur integriert: (5) Rumpf mit gewölbten Querschnitt aus Verbundwerkstoffen für verbesserte Aerodynamik und optimierten Auftrieb; (6) Schnelleres Boarding durch vergrößerte Türen; (7) Vermehrte Anwendung der Elektrik/Elektronik im Bereich Bordsysteme, Überwachung und Instandhaltung [4].

Abbildung 13.16 zeigt das so genannte „Oper Rotor“ Triebwerk Konzept. Dieses Konzept wird von den Herstellern Airbus wie auch Boeing gleichermaßen verfolgt. Die Abb. 13.17, 13.18, 13.19 zeigen verschiedene Studien des Bauhaus Luftfahrt e. V. München [23]. Ein besonderes Flugzeugkonzept der Zukunft aus dem Bauhaus Luftfahrt ist der „Claire Liner“ (Abb. 13.17), ein Flugzeug mit sauberem Antrieb (Claire = Clean Air Engine). Auch dieses Flugzeug kombiniert bekannte technische Teillösungen zu einem neuartigen Ansatz. Im Zentrum der Entwicklung stehen zwei ins Flugzeugheck integrierte Triebwerke, deren Fans in einer als „Boxwing“ bekannten Tragflächenanordnung montiert sind. Die externen Fans sind mittels Getriebe mit den Antrieben verbunden. Durch diese Entkoppelung können der Wirkungsgrad der Triebwerke gesteigert sowie der Kraftstoffverbrauch und Geräuschpegel gesenkt werden. Ein weiterer Vorteil des

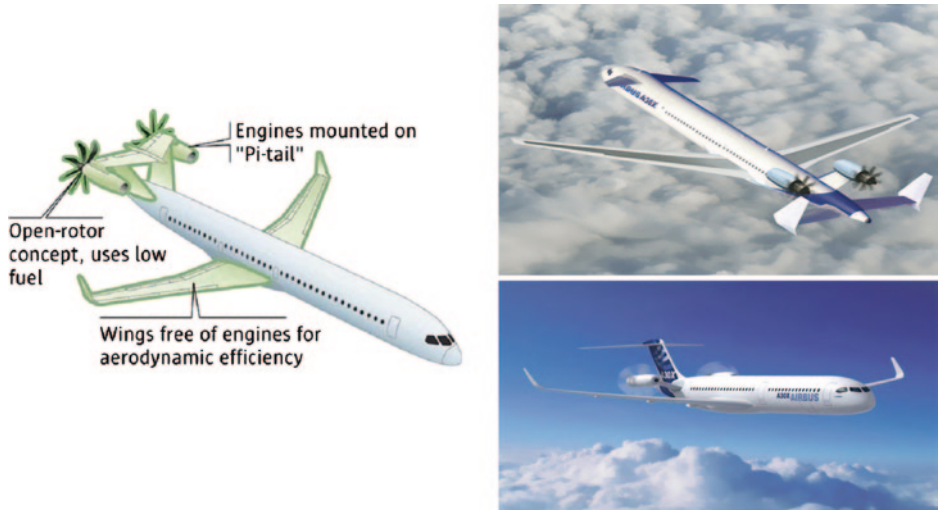


Abb. 13.16 Open Rotor Konzepte Boeing/Airbus [31,4]

Abb. 13.17 Claire Liner (Studie Bauhaus Luftfahrt e.V.) [23]

„Claire Liners“ ist in den Tragflächen der Boxwing-Konstruktion zu sehen. Sie verlaufen nicht mittig durch den Rumpf, sondern sind am Bug und Heck befestigt. Dies ermöglicht eine durchgängige, doppelstöckige Passagierkabine. Im vorderen, spitz zulaufenden Teil des Rumpfes befindet sich nur ein Kabinendeck für die z. B. Business-Class. Diese Geometrie hat den Vorteil, dass eine laminare Strömung am Rumpf ermöglicht wird. Dadurch gewinnt der „Claire Liner“ zusätzliche aerodynamische Effizienz. Die Innovation des „HyLiner ESTOL“ (Abb. 13.18) besteht darin, die auf der Oberseite der Tragflächen gleitende Luftströmung abzusaugen und im hinteren Teil beschleunigt wieder abzugeben.

Abb. 13.18 Hyperliner ESTOL (Studie Bauhaus Luftfahrt e.V.) [23]

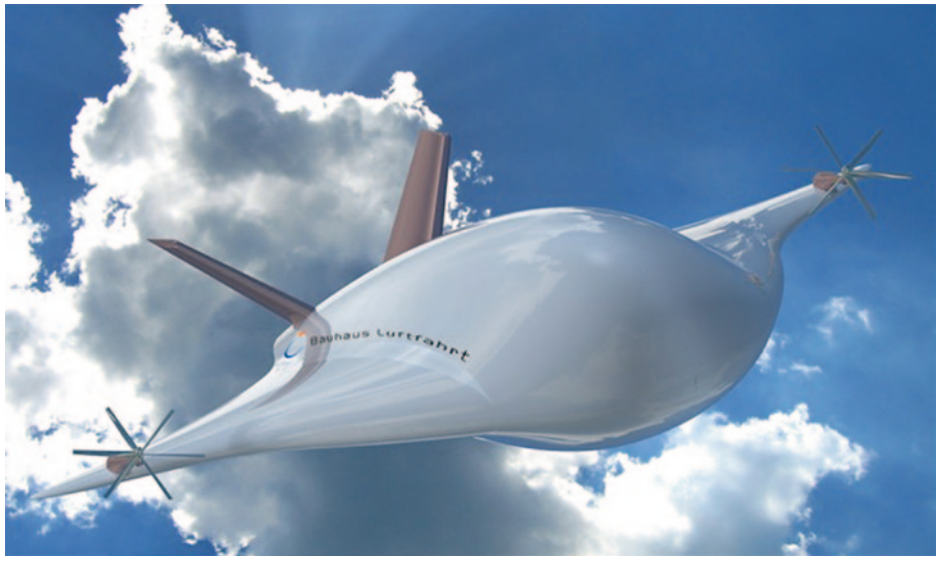


Abb. 13.19 VTOL Airship (Studie Bauhaus Luftfahrt e.V.) [23]

Auf diese Weise kann einerseits eine laminare Luftströmung auf der Tragflächenoberfläche entstehen, die die aerodynamische Güte erhöht. Andererseits wird an der hinteren Flügelkante zusätzlicher Schub erzeugt. Technisch wird dieses Powered-Lift-Prinzip durch im hinteren Drittel der Tragflächen integrierte Querstromgebläse realisiert, die fast über die komplette Tragflächenspannweite verlaufen. Sie werden durch die auf den Tragflächen montierten Triebwerke angetrieben. In der Konzeptidee sind die Fans nicht wie üblich vorne, sondern hinten an den Triebwerken angebracht (Pusher-Prinzip). Das VTOL Airship basiert auf den Erfolgen der Luftschifftechnik (Abb. 13.19). Das Luftschiff-Konzept

aus dem Bauhaus Luftfahrt begnügt sich jedoch nicht mit der Kombination aus durch Gas erzeugten Auftrieb in Kombination mit dem durch Propeller erzeugten Vortrieb. Vielmehr zeichnet es sich zusätzlich durch seine aerodynamische Geometrie aus, die weiteren Auftrieb erzeugt. Somit handelt es sich bei dieser Bauhaus-Konzeption um eine Mischung aus Luftschiff und Flugzeug, also um einen „hybriden Airliner“ (HyLiner) mit herausragenden VTOL-Eigenschaften (VTOL = Vertical Take-off and Landing). Der Auftrieb wird ähnlich wie beim Luftschiff von Gasen wie Helium oder Wasserstoff erzeugt. Im Reiseflug funktionieren der dynamische Auftrieb und die Steuerung wie beim Flugzeug [23].

Abbildung 13.20 zeigt die Boeing Studie eines „Blended Wing Body“ (Nurflügler Konfiguration). Abbildung 13.21 zeigt das Layout eines Airbus Überschallflugzeuges (Super Sonic Aircraft), das lt. einer Airbus Studie bis zum Jahr 2050 Realität werden könnte.

Alle derzeit angedachten Zukunftsprojekte stoßen allerdings in keine wirklich neuen technologischen Dimensionen vor. Optimierungen und die konsequente Nutzung bekannter

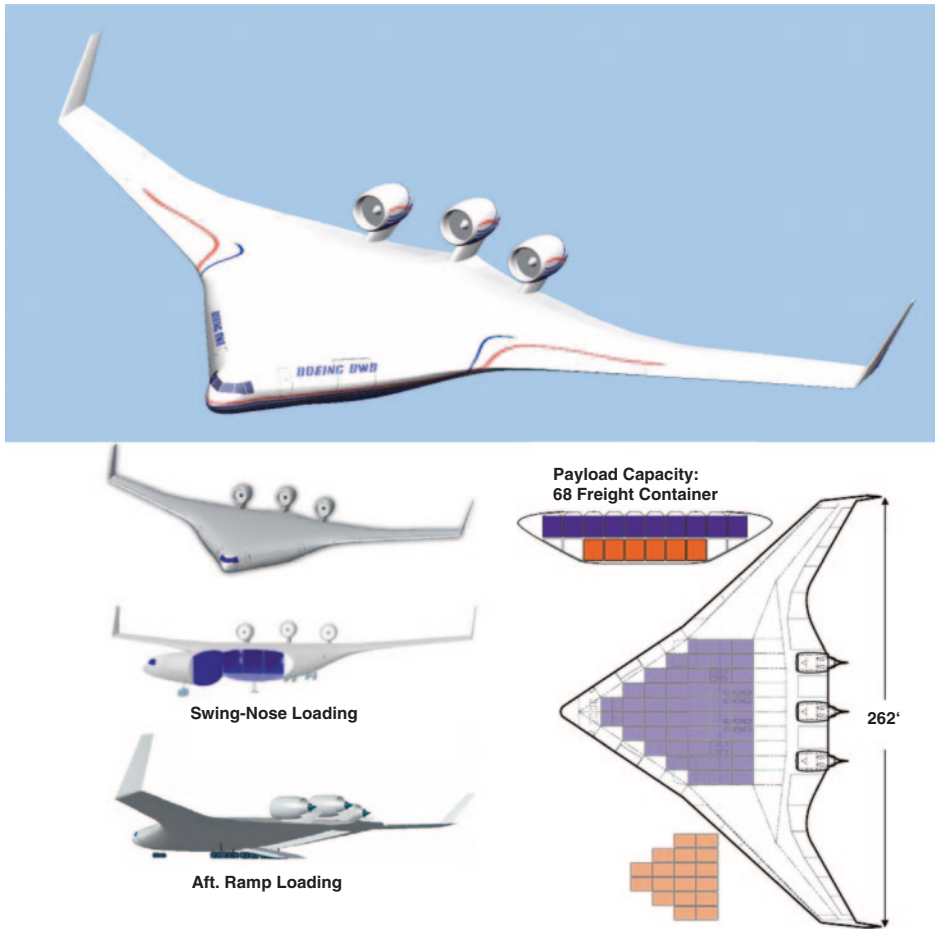


Abb. 13.20 Blended Wing Body (Nurflügler) [23]

Abb. 13.21 Airbus Super Sonic (Studie) [4]

Technologien oder Fertigungsverfahren dominieren. Die ferne Zukunft liegt möglicherweise in der Entwicklung und Konfiguration eines suborbitalen Fracht-/Passagiertransporters zur schnellen Überwindung großer Entfernungen. Ein solcher Transporter stellt allerdings hohe Anforderungen an den eigentlichen Flugkörper, aber auch an den Flugbetrieb und die Abfertigungssysteme. Die Ermittlungen der aerodynamischen Beiwerte für den Flugkörper stellen derzeit Forschungsschwerpunkte dar, da diese sowohl das Flugprofil, als auch die auftretende Lastverteilung und die daraus abgeleiteten Anforderungen an die Auslegung des Flugkörpers wesentlich beeinflussen. Darüber hinaus sind im Rahmen einer Missionsplanung die Entwicklung geeigneter Steuerungs- und Kontrollkonzepte sowie die Untersuchung von Abbruchszenarien und möglicher betrieblicher Risiken erforderlich (bei weiterer kommerzielle Nutzung von UAV's). Ein wirtschaftliches, suborbitales Flugsystem wird im Hochgeschwindigkeitsflug in der Atmosphäre extremen mechanischen und thermischen Belastungen ausgesetzt sein. Dabei können ungekühlte Oberflächen extrem hohe Temperaturen erreichen. Es werden daher sowohl neuartige Materialien, als auch innovative Kühl- und Thermalmanagementkonzepte benötigt. Die Antriebe des Flugkörpers müssen für Luftraum und Orbit geeignet sein. Letztendlich muss der Flugkörper (Transporter) über konventionelle Start- und Landeeigenschaften verfügen, um heutige Flugplätze flugbetrieblich und abfertigungstechnisch weiter nutzen zu können.

13.5 Innovative Triebwerkskonzepte

Im Bereich Triebwerkstechnik ist zunächst die Weiterentwicklung konventioneller Turbofan Triebwerke vorgesehen (einschließlich der Open Rotor Konzepte). In der mittleren Zukunft ist die Entwicklung auf Getriebefantriebwerke ausgerichtet. Für die ferne Zukunft sind

Forschung und Entwicklung fokussiert auf Triebwerke mit Wärmerückgewinnung, sowie auf Brennstoffzellen als Ersatz für die Hilfsturbine (APU).

Nach den Zielsetzungen aus ACARE Version 2020 (Basisjahr 2000) sollen die Emissionen gegenüber den heutigen Triebwerken wie folgt reduziert werden: NOx um 80 %, CO_2 um 50 %, und Lärm um 40 dB.

Die im Hinblick auf die genannten Umweltziele adressierten Forschungsbereiche sind in den Verbrennungsprozessen, dem Kraftstoffverbrauch, den Geräuscheigenschaften und der Triebwerksmasse zu sehen (vgl. Abb. 13.22).

Im Bereich Kraftstoffverbrauch und Lärm wurde in den letzten 30 Jahren bereits Reduktion von ca. 50 % bzw. 20 dB erzielt. Gleichzeitig ergibt sich ein weiteres hohes Potential, das mit neuen Technologien erschlossen werden kann (Abb. 13.23).

Die prinzipiellen Entwicklungsschritte im Hinblick auf Kraftstoffverbrauch, Lärm und Schadstoffe in naher und ferner Zukunft zeigt Abb. 13.24.

Abbildung 13.25 zeigt die funktionalen Bestandteile des so genannten Intercooled Recuperated Aeroengine (IRA) „Green Engine“ dessen Realisierung für das Jahr 2020 + vorgesehen ist.

Der Trend zum elektrischen Flugzeug (z. B. Boeing B787) erfordert einen Mehrbedarf an elektrischer Energie, der durch die Triebwerke bereitgestellt werden muss. Abbildung 13.26 zeigt den systembedingten elektrischen Energiebedarf künftiger Verkehrsflugzeuge. Abbildung 13.27 zeigt die konventionelle Triebwerkskonfiguration im Vergleich zum „More Electric Aircraft“.

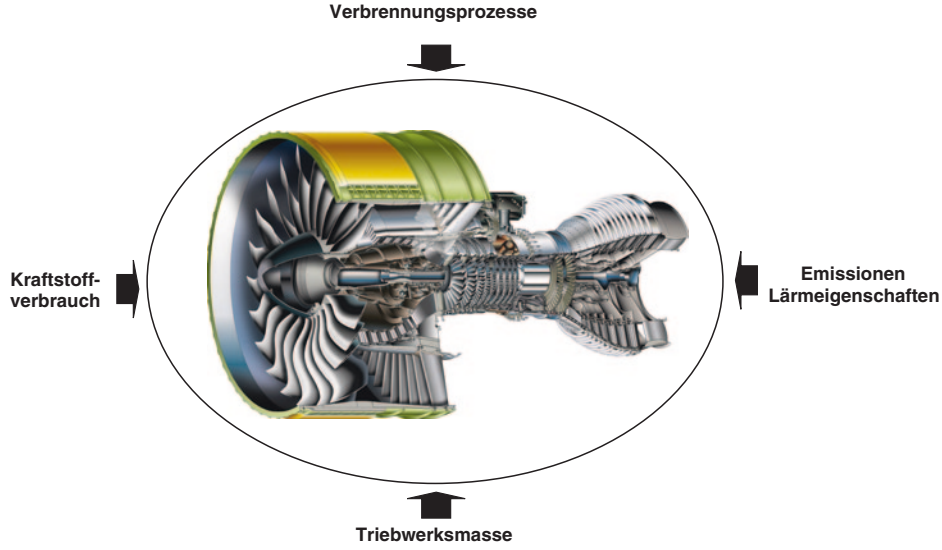


Abb. 13.22 Forschungs- und Entwicklungsbereiche bei Triebwerken [168]

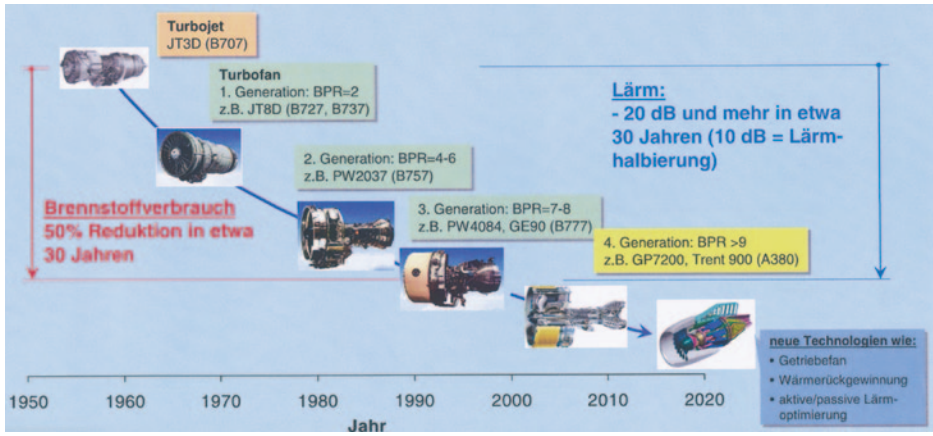


Abb. 13.23 Triebwerkentwicklung 1950–2020 [168]

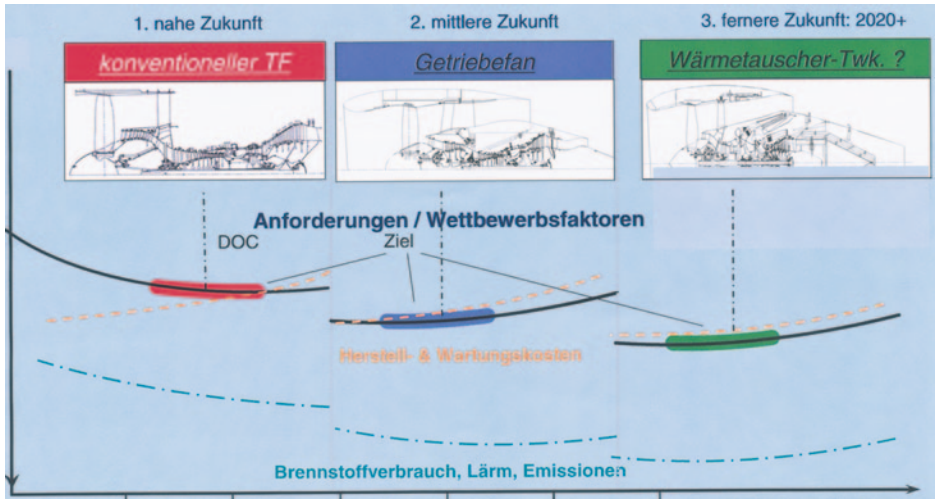


Abb. 13.24 Triebwerkstechnologien in naher, mittlerer und ferner Zukunft [168]

Zusammenfassend lassen sich folgende Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte im Bereich Triebwerkstechnik benennen:

Turbo-Komponenten:

- Fans mit niedrigen Blattspitzengeschwindigkeiten,
- aerodynamisch hoch belastete Komponenten (Verdichter, HDT, NDT),
- Reduzierung des Kühlluftbedarfs (kleinere Ringräume, weniger Stufen, höhere Gasgeneratorleistungen).

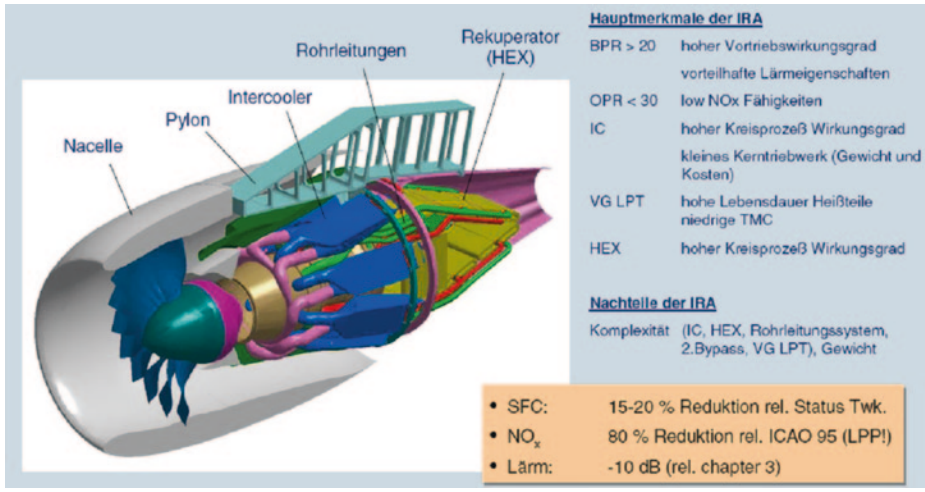


Abb. 13.25 Intercooled Recuperated Aeroengine „Green Engine“ [168]

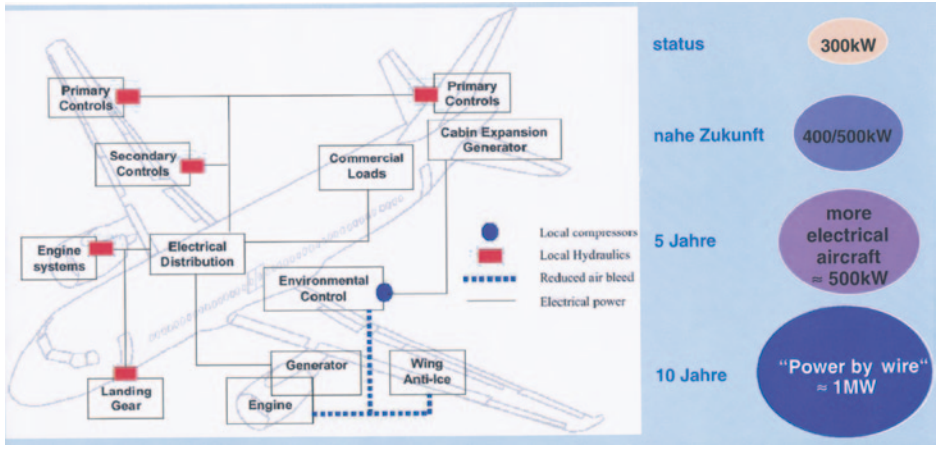


Abb. 13.26 Systembedingter elektrischer Energiebedarf künftiger Verkehrsflugzeuge [168]

Adressierte Zielgrößen:

SFC (Specific Fuel Consumption), Geräuschreduktion, Masse-, Kostenreduktion.

Werkstoffe und Bauweisen:

- Hochtemperaturwerkstoffe, Beschichtungen für reduzierten Kühlluftbedarf,
- Leichtbauweisen (Rotor, Containments etc.) und Leichtbauwerkstoffe.

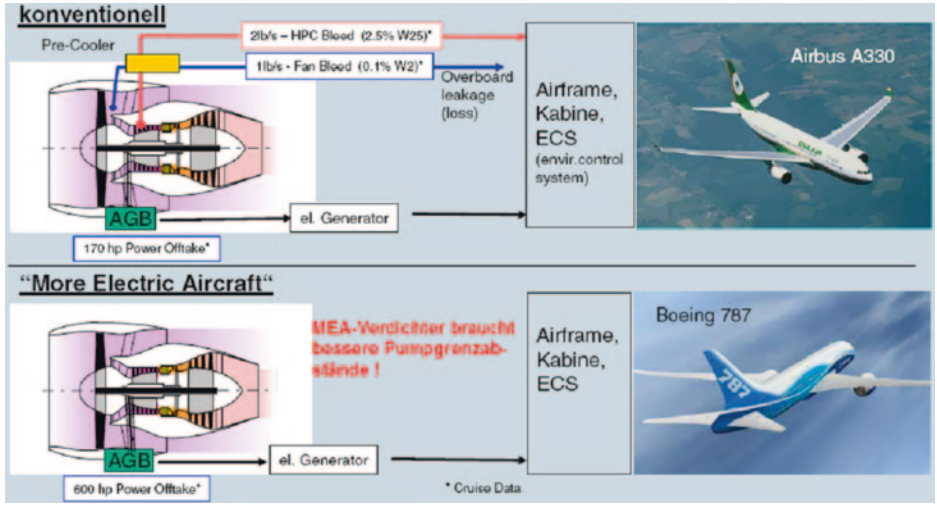


Abb. 13.27 Konventionelle Triebwerkskonfiguration im Vergleich zum „More Electric Aircraft" [168]

Adressierte Zielgrößen: SFC (Specific Fuel Consumption), Massereduktion.
Verbrennungsprozesse:

- Reduktion NO_X in der Brennkammer,
- Linearkonzepte für reduzierte Kühlluft.

Adressierte Zielgröße: NO_X Reduktion.
System/Integration:

- Technologien zur Ermöglichung hoher OPR (Overall Pressure Ratio) Kühlluftkühlung,
- Nacelle Leichtbauweisen.

Adressierte Zielgrößen: SFC (Specific Fuel Consumption), Massereduktion.
Innovative Konzepte:

- Getriebefan-Technologien (Getriebesystem & Kühlung),
- IRA (Intercooled Recuperated Aeroengine)-Technologien (Wärmetauscher, Hochtemperatur LPT mit VGV).

Adressierte Zielgrößen: SFC (Specific Fuel Consumption), CO_2 -, NO_X -, Geräuschreduzierung.

Pratt & Whitney bietet mit dem PW1100G einen Getriebefan der zweiten Generation an. Das PW1100G (Abb. 13.28) wird als Mitglied der PurePower-Familie den selben

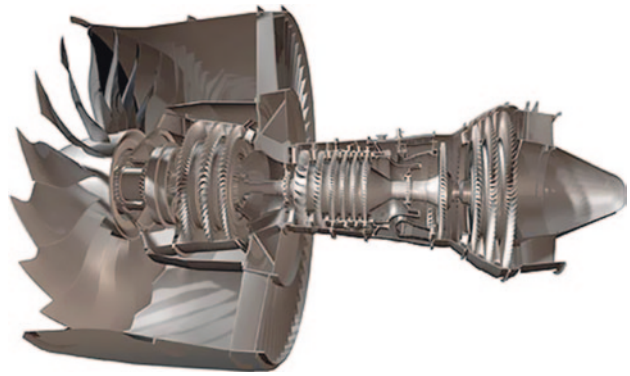


Abb. 13.28 Pratt & Whitney, PW1100G, Getriebefan der zweiten Generation

Abb. 13.29 LEAP-X (GE Aviation und Snecma)

grundlegenden Aufbau wie das PW1524G der CSeries von Bombardier haben und in der Größe entsprechend angepasst werden. Auf jeden Fall wird ein größerer Bläser zum Einsatz kommen. Die Schubbereich ist noch nicht definiert, dürfte sich aber am aktuellen Bereich der V2500-Familie orientieren. Derzeit befindet sich das PW1524G der Bombardier CSeries in der Erprobung. Bis zur Zulassung Ende 2012 will Pratt & Whitney insgesamt 16 Triebwerke testen (PW1524G und PW1217G). Vorausgegangen waren zahlreiche Komponentenversuche sowie Flugtests eines Demonstrators auf der Basis des PW6000. Am Getriebefan ist auch MTU Aero Engines beteiligt. Das Unternehmen aus München entwickelt und produziert die ersten vier Stufen des Hochdruckverdichters sowie die schnell laufende Niederdruckturbine. Der Anteil liegt bei rund 15 Prozent. In diesem Rahmen dürfte sich auch die Beteiligung am PW1100G bewegen. Pratt & Whitney und die MTU sind auch Partner im Konsortium International Aero Engines (IAE), welches das V2500 als Triebwerk der aktuellen A320-Familie produziert (in Konkurrenz zum CFM56). Die Firma Rolls-Royce, die ebenfalls mit IAE

kooperiert, hatte das Getriebefan-Konzept als Teil eines Nachfolgers des V2500 abgelehnt und ist zumindest an dem Airbus A320neo nicht beteiligt.

Das Gemeinschaftsunternehmen aus GE Aviation und Snecma bietet das LEAP-X für die neue A320-Familie an. CFM International will die angestrebte Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs von 15 Prozent mit einer Reihe von Maßnahmen erreichen. Die Schaufeln des Bläsers bestehen ebenso wie das Fan-Gehäuse aus Verbundwerkstoffen. Dabei führte CFM auch Seitenwindversuche und Lärmmessungen durch. Das LEAP-X verfügt über einen Aufbau wie die Widebody-Triebwerke GEnx und GE90 mit einem zehnstufigen Hochdruckverdichter und einer zweistufigen Hochdruckturbine. Das LEAP-X ist als Nachfolger des CFM56 konfiguriert und auch als Antrieb der chinesischen COMAC C919 vorgesehen (Abb. 13.29).

Teil III
Luftverkehrspolitik

Luftverkehrspolitische Ziele

14

Global gesehen verfolgt jede staatliche Luftverkehrspolitik prinzipiell das Ziel, ein leistungsfähiges, effizientes Luftverkehrssystem vorzuhalten, und dieses unter Berücksichtigung der Oberflächenverkehre (Schiene und Straße, Wasserwege), im Sinne des gesamtwirtschaftlichen Nutzens auszubauen.

Im einzelnen sind folgende Subziele (ohne Rangfolge) von Bedeutung:

- Gewährleistung der Sicherheit im Luftverkehr,
- Deckung des luftverkehrlichen Transportbedarfs,
- Angemessene Berücksichtigung des Umweltschutzes,
- Förderung der Internationalen Zusammenarbeit,
- Sicherstellung der Wirtschaftlichkeit / Produktivität,
- Sicherstellung der Leistungsfähigkeit / Zuverlässigkeit.

Bei den Zielen ergeben sich jeweils Zielkonflikte zwischen den Zielen Wirtschaftlichkeit, Sicherheit und Umweltschutz.

Die Ziele Wirtschaftlichkeit, Leistungsfähigkeit und Produktivität sind auch als einzelwirtschaftliche Ziele zu sehen und werden auch von den privatwirtschaftlich organisierten Trägern des Luftverkehrssystems angestrebt. Die Zielbeziehungen zeigt Abb. 14.1.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_14,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Dieses Ziel verhält sich zum Ziel	Zuverlässigkeit / Leistungsfähigkeit	Umweltschutz	Sicherheit	Wirtschaftlichkeit / Produktivität
Bedarfsdeckung	komplementär, neutral, konkurrierend	konkurrierend, antinom	neutral	komplementär, neutral, konkurrierend
Wirtschaftlichkeit / Produktivität	komplementär, neutral, konkurrierend	neutral, konkurrierend, antinom	neutral, konkurrierend	
Sicherheit	komplementär, neutral	neutral, konkurrierend		
Umweltschutz	neutral , konkurrierend, antinom			

Abb. 14.1 Zielbeziehungen im System Luftverkehr

Internationale Luftverkehrspolitik 15

Luftverkehr ist grenzüberschreitend und damit international. Um sicherzustellen, dass der Luftverkehr weltweit nach denselben Regeln durchgeführt werden kann und dass der Anlagentechnik und Infrastruktur sowie dem Betrieb dieselben Standards zugrunde liegen, sind die erforderlichen Rahmenbedingungen in internationalen Organisationen/Gremien zu erarbeiten und verbindlich für alle luftfahrtbetreibenden Staaten festzulegen.

Das Spektrum dieser Vereinbarungen ist vielfältig. Es umfasst Verkehrsrechte, Haftungsrichtlinien im Schadensfall, Regeln und Verfahren zur Verkehrsdurchführung, die Betriebsausrüstung der Luftfahrzeuge und korrespondierende bodengebundene Anlagentechniken, Kommunikationssysteme, Hilfsdienste etc, die die verschiedensten Rechtsgebiete betreffen.

15.1 Einteilung des Luftverkehrsrechts

Es ist generell zwischen privatem und öffentlichem Recht zu unterscheiden, das sich wiederum in nationales und internationales Recht aufteilen lässt.

Das Luftprivatrecht regelt maßgeblich Haftungs- und Versicherungsfragen, die aus dem Betrieb von Luftfahrzeugen resultieren. Dabei ist zwischen der Haftung aus dem Beförderungsvertrag und der Haftung für Drittschäden, verursacht durch Luftfahrzeuge (Kollisionen zwischen Luftfahrzeugen oder mit sonstigen Gegenständen wie Gebäuden etc.), zu unterscheiden.

Zum Luftprivatrecht gehören weiterhin Regelungen über Rechte an Luftfahrzeugen, die Benutzung der Flugplätze, nachbarschaftsrechtliche Fragen aus dem Verhältnis Anlieger-Flugplatz und Rechten des Grundstückseigentümers gegenüber überfliegenden Luftfahrzeugen.

Das öffentliche Luftverkehrsrecht ist aus hoheitlichen, d. h. staatlichen, und sicherheitstechnischen Gründen umfangreicher und vielgestaltiger als das Luftprivatrecht.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_15,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Es befasst sich mit der Zulassung und dem Betrieb von Luftfahrzeugen, den Erlaubnissen für Luftfahrtpersonal, der Genehmigung von Flugplätzen sowie mit ordnungspolitischen Regelungen, Tarifen und Luftverkehrsstatistiken.

Das nationale Luftrecht regelt innerdeutsche Vorgänge ohne Auslandsbezug. Das internationale Luftrecht regelt die Rechtsbeziehungen, die beim grenzüberschreitenden Luftverkehr auftreten. Diese können, wie bereits erwähnt, sowohl privater als auch öffentlicher Natur sein.

Die Erteilung von Verkehrsrechten und der Handlungsrahmen von Luftverkehrsgesellschaften ergeben sich, soweit nicht multilateral vereinbart, durch bilaterale Verträge und unter Berücksichtigung der jeweiligen luftverkehrspolitischen Interessen, zwischen den betroffenen Ländern. Die Grundlagen zum internationalen öffentlichen Luftrecht wurden im Vertragssystem von Chicago erarbeitet und festgelegt.

Ein Beispiel für ein Vertragswerk des internationalen Luftprivatrechts ist das Warschauer Abkommen inklusive seiner Folgeabkommen.

15.2 Internationales öffentliches Luftrecht

15.2.1 Vertragssystem von Chicago

15.2.1.1 Historische Entwicklung

In den zwanziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts begann die eigentliche Entwicklung des internationalen Luftverkehrs, d. h. der Einsatz von Flugzeugen als bedeutende Verkehrsmittel zur schnellen und sicheren Beförderung von Personen, Gütern und Post über größere Entfernungen. Bis zum Beginn des 2. Weltkrieges bildete sich bereits ein internationales Streckennetz aus.

Im Verlauf des 2. Weltkrieges kam der Personenverkehr in den Kriegsgebieten allerdings fast völlig zum Erliegen.

Zu Beginn der vierziger Jahre, d. h. noch vor Beendigung des Krieges, stellte sich aber heraus, dass die bis dahin vorhandenen rechtlichen Mittel zur Regelung von Fragen des grenzüberschreitenden Luftverkehrs nicht mehr ausreichten. Folgende Themen wurden diskutiert:

- Unter welchen Voraussetzungen ist grenzüberschreitender Luftverkehr überhaupt legitim?
- Welche technischen Standards sind zu befolgen?
- Durch welche Maßnahmen sind rechtliche und ökonomische Konflikte zu vermeiden?

Eine weitere Erkenntnis war die, dass Luftverkehr seine eigentliche Wirksamkeit erst unter der Voraussetzung der Internationalität entwickeln kann.

Ende 1944, während des 2. Weltkrieges, luden die USA die luftfahrtbetreibenden Länder zu einer Konferenz nach Chicago ein. Ziel war es, die internationale Zivilluftfahrt auf einer möglichst freiheitlichen Basis zu gestalten und Grundsätzliches verbindlich festzulegen. Geplant waren:

- die Anpassung der internationalen Luftverkehrsregeln an die Entwicklung des Luftverkehrs,
- die Institutionalisierung einer internationalen Luftfahrtorganisation,
- die Festlegung der Verkehrsrechte des internationalen Fluglinienverkehrs auf multilateraler Basis.

An der Konferenz nahmen Repräsentanten aus 52 Staaten teil. Es bildeten sich zwei verschiedene Ansätze heraus.

Die USA strebten eine möglichst freie Luftfahrt an (vor dem Hintergrund ihrer damaligen Überlegenheit im Luftverkehr).

Die Mehrzahl der Staaten, darunter das Vereinigte Königreich (Großbritannien), traten für ein System kontrollierter Zivilluftfahrt ein. Sowohl die völkerrechtliche Anerkennung des Luftfreiheitskonzepts, ähnlich der Freiheit der Weltmeere, als auch die internationale Verwaltung des Luftverkehrs erwiesen sich als nicht mehrheitsfähig. Von den Vereinigten Staaten von Amerika wurden daraufhin die folgenden, als die „5 Freiheiten der Luft“ bekannten Minimalforderungen für den planmäßigen internationalen Fluglinienverkehr erhoben:

1. Das Recht zum freien Überflug über das Hoheitsgebiet eines Staates ohne Landung.
2. Das Recht, in den Luftraum anderer Staaten zum Zwecke nichtgewerblicher, technischer Landungen (Tanken, Wechsel des Flugpersonals) einzufliegen und zu landen.
3. Das Recht, Passagiere, Post und Fracht aus dem Heimatstaat in einen anderen Vertragsstaat zu befördern.
4. Das Recht, aus einem anderen Vertragsstaat Passagiere, Post und Fracht in das eigene Staatsgebiet zu befördern.
5. Das Recht, in einem Vertragsstaat Passagiere, Post und Fracht für einen beliebigen Drittstaat aufzunehmen oder die aus einem beliebigen Drittstaat kommenden im Vertragsstaat abzusetzen, wobei der Flug entweder im Heimatstaat beginnen oder enden muss.
6. Die 6. Freiheit ist eine Kombination aus 3. und 4. Freiheit im Verhältnis zu zwei verschiedenen Vertragsstaaten (Beförderung von einem Vertragsstaat in den Heimatstaat und weiter in einen anderen Vertragsstaat und umgekehrt). Es besteht eine Ähnlichkeit zur 5. Freiheit.
7. Verkehr ausschließlich zwischen Drittstaaten ohne Verbindung mit dem Heimatstaat des Luftfahrzeuges.
8. Das recht, Fluggäste, Fracht und Post innerhalb eines Staates zu befördern (Kabotage).

Die 6., 7. und 8. Freiheit wurde erst später definiert und nur durch spezielle völkerrechtliche Verträge realisiert. Die Abb. 15.1, 15.2 und 15.3 zeigen die Freiheiten der Luft in schematischen Darstellung.

Beide Gruppen mussten ihre Forderungen reduzieren, woraus eine Kompromisslösung in Gestalt des Abschlusses des Grundabkommens und zweier Zusatzabkommen resultierte. Die Konferenz wurde am 7. Dezember 1944 mit der Unterzeichnung der Schlussakte beendet.

Gegenwärtig ist das Chicagoer Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt die wichtigste multilaterale völkerrechtliche Quelle des internationalen öffentlichen Luftrechts.

15.2.1.2 Ergebnisse der Chicagoer Konferenz

Das mittlerweile von 191 Mitgliedsstaaten (Stand 2012) ratifizierte Abkommen über die internationale Zivilluftfahrt (Convention on International Civil Aviation) geht von der

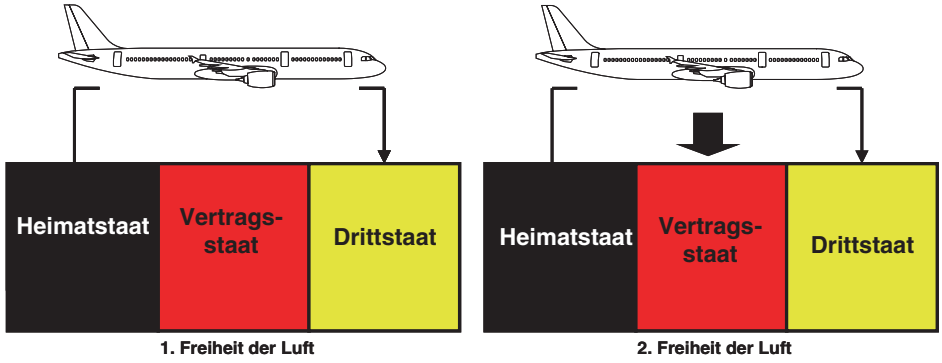


Abb. 15.1 1. und 2. Freiheit der Luft

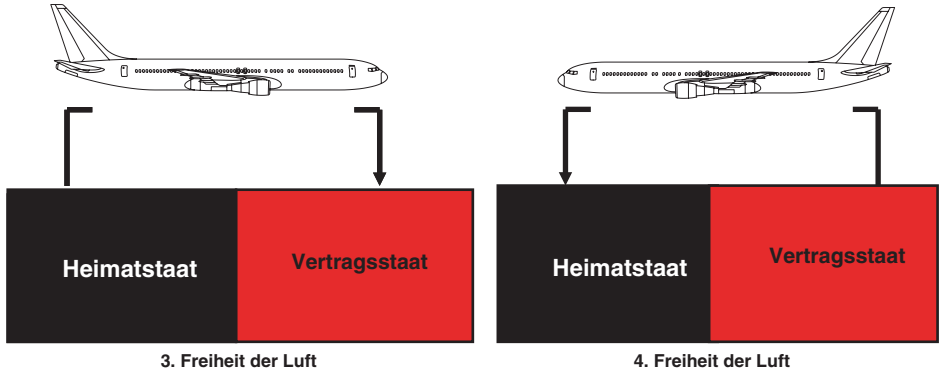


Abb. 15.2 3. und 4. Freiheit der Luft

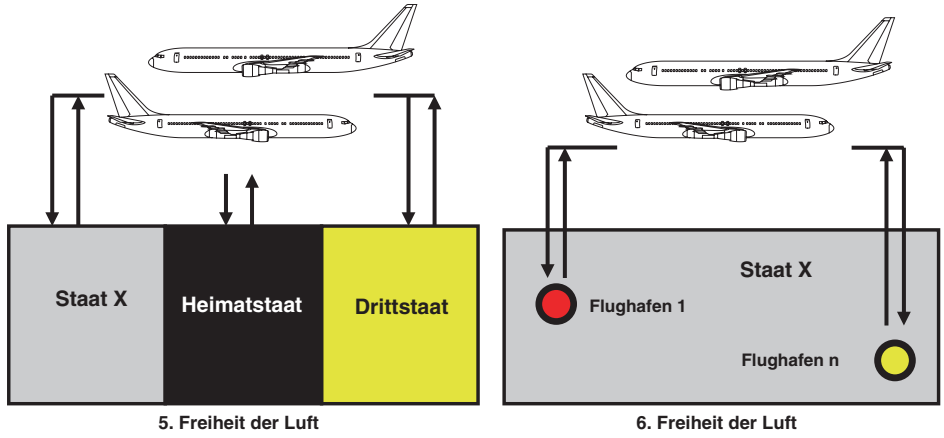


Abb. 15.3 5. und 6. Freiheit der Luft

Lufthoheitstheorie aus und legt die allgemeinen Grundsätze der Luftfahrt und die Regeln für die technische Zusammenarbeit fest. Die wesentlichen Grundsätze sind:

- **Souveränität:**
  Die Vertragsstaaten anerkennen, dass jeder Staat im Luftraum über seinem Hoheitsgebiet die ausschließliche Souveränität besitzt.
- **Chancengleichheit:**
  Jeder Staat besitzt das gleiche Recht zur Teilnahme am internationalen Luftverkehr.
- **Keine Diskriminierung:**
  Jeder Vertragssaat muss die nationalen Rechtsnormen der anderen Vertragsstaaten anerkennen (Aus diesem Artikel folgt weiterhin, dass kein Staat bezüglich Einflugerlaubnis, Abflug zum und aus dem Hoheitsgebiet des betreffenden Staates oder der Navigation im entsprechenden Luftraum, bevorzugt werden darf.).
- **Autonomie:**
  Die Unterzeichnerstaaten sind frei in der Auswahl derjenigen Luftfahrtunternehmen, die internationalen Luftverkehr betreiben sollen.

Der Anwendungsbereich der Chicagoer Konvention ist der zivile internationale Luftverkehr. Staatlicher Luftverkehr (militärisch, diplomatisch) wird von der Konvention nur generell behandelt. So wird festgelegt, dass Überflüge der speziellen Genehmigung des zu überfliegenden Staates bedürfen.

Einschränkungen der nationalen Souveränität, die sich aus dem Vertragswerk ergeben, sind:

Die Vertragsstaaten müssen die internationalen Regelarien der Luftfahrt-Navigation einhalten. Die Rechte nationaler Regierungen zur Regulierung navigatorischer Fragen sind somit nicht absolut, sondern Gegenstand von internationalen Gesetzen.

Prinzipiell werden Nicht-Fluglinienverkehre sehr liberal gehandhabt. Solche Verkehre müssen zugelassen werden.

Die nachfolgend erwähnten Einschränkungen können von Seiten der nationalen Regierungen erlassen werden. Die Staaten können:

- Landungen verlangen,
- aus bestimmten Sicherheitsgründen bestimmte Flugrouten vorschreiben, oder eine besondere Erlaubnis verlangen,
- Gesetze, Bedingungen und Einschränkungen erlassen, die als „wünschenswert" im Hinblick auf das Privileg der Aufnahme oder des Absetzens von Passagieren oder Fracht angesehen werden.

Damit unterliegt die Gesetzgebung über Nicht-Fluglinienverkehre im wesentlichen den nationalen Regierungen.

Die Chicagoer Konvention regelt grundsätzlich keine kommerziellen Fragen. Nur drei Paragraphen sind von wirtschaftlicher Bedeutung. Es sind dies:

- Nicht-Fluglinienverkehren wird das Recht einräumt, das Hoheitsgebiet eines Vertragsstaates ohne vorherige Genehmigung zu überfliegen, für nichtgewerbliche Zwecke zu landen, und sogar mit Einschränkungen Passagiere und Fracht abzusetzen bzw. aufzunehmen.
- Linienflüge sind in der Form regelt, dass für jeden solchen Flug die Genehmigung des angeflogenen Staates oder des überflogenen Staates erforderlich ist. Diese Regelung wurde zur Grundlage des „Bilateralismus", des Austausches von Luftverkehrsrechten zwischen zwei Staaten.
- Die Kabotage: Unter Kabotage versteht man hierbei die Beförderung von Passagieren, Fracht oder Post von einem Punkt zu einem anderen innerhalb des gleichen staatlichen Hoheitsgebietes. Sie ist i.a. grundsätzlich einheimischen Luftverkehrsgesellschaften vorbehalten. Jeder Vertragsstaat besitzt das Recht, den Luftfahrzeugen anderer Vertragsstaaten die Genehmigung zur Kabotage zu verweigern. Des Weiteren verpflichten sich die Vertragsstaaten dazu, kein Übereinkommen zu treffen, das dem Luftverkehrsunternehmen eines anderen Staates ein Ausschließlichkeitsrecht zur Kabotage zusichert oder den Erwerb eines solchen Rechts von einem anderen Staat für die eigene Luftverkehrsgesellschaft beinhaltet.

Die Chicagoer Konvention unterscheidet sehr genau zwischen Fluglinien- und Nicht-Fluglinienverkehren. Nicht-Fluglinienverkehre (und Inlandsverkehre) werden nationalen Regulierungen überlassen, während internationale Fluglinienverkehre den Betrachtungsschwerpunkt des Chicagoer Abkommens bilden.

In diesem Zusammenhang bedeutet „internationaler Fluglinienverkehr":

- dass er mehr als einen Staat betrifft,
- dass er öffentlich zugänglich ist,

- dass er regelmäßig auf festen Routen stattfindet (Existenz eines veröffentlichten Flugplans),
- dass feste Destinationen vorgegeben sind.

Bis zum Jahre 1952 erschien diese Abgrenzung noch ausreichend. Im Zuge der wachsenden wirtschaftlichen Bedeutung der Charterverkehre haben die Anbieter dieser Dienste ihr Produktangebot dem Wesen nach weitgehend den Flugliniendiensten angepasst. (z. B.: Charterflüge mit festen Zeiten und feste Destinationen nach Flugplan).

Im einem zweiten Teil des Abkommens wird die Internationale Zivilluftfahrtorganisation (International Civil Aviation Organisation, ICAO) gegründet.

Die Ergänzungen zur Konvention bestehen aus den folgenden zwei Zusatzabkommen.

Die **Transitvereinbarung** (International Air Service Transit Agreement) vom 30. Januar 1945, die von mehr als 100 Staaten ratifiziert worden ist. Folgende Rechte wurden multilateral zwischen allen Vertragsstaaten im Hinblick auf den planmäßigen internationalen Fluglinienverkehr vereinbart:

1. Das Recht des Überflugs über das Territorium eines anderen Vertragsstaates.
2. Das Recht zur technischen Landung in einem anderen Vertragsstaat.

Hierdurch wurde die Einrichtung internationaler Fluglinienverkehre ohne vorherige Verhandlung mit den zu überfliegenden Staaten möglich.

Die **Transportvereinbarung** (International Air Transport Agreement) vom 8. Februar 1945 wurde nur von wenigen Staaten unterzeichnet (auch die USA kündigten dieses Abkommen später). Mit diesem Abkommen wurden öffentlich-rechtliche Normen geschaffen, die den rechtlichen Rahmen zur Abwicklung des internationalen Fluglinienverkehrs schafften (3. bis 5. Freiheit der Luft).

15.2.1.3 Bedeutung der Chicagoer Konferenz und Bewertung der Ergebnisse

Durch das Chicagoer Abkommen wurde erstmals ein weltumfassendes und internationales öffentliches Luftverkehrsrecht geschaffen, wobei darauf hinzuweisen ist, dass internationaler Fluglinien-Luftverkehr erst aufgrund zusätzlicher, meist bilateraler Verträge möglich wurde, da die Transportvereinbarung nur von verhältnismäßig wenigen Staaten gezeichnet und ratifiziert wurde. Allerdings dürfen solche bilateralen Abkommen nicht im Widerspruch zu dem Chicagoer Vertragswerk stehen. Die Schlussakte von Chicago empfiehlt darüber hinaus ein Muster für bilaterale Verträge. Da diesem im allgemeinen gefolgt wird, gleichen die bilateralen Luftverkehrsabkommen einander prinzipiell.

Führt man eine Bewertung der Ergebnisse der Chicagoer Konvention durch, so ergeben sich als positive Aspekte:

- die Gründung der International Civil Aviation Organisation (ICAO),
- die Harmonisierung der Navigationsregeln,

- die Nutzung der ICAO als Forum für den internationalen Austausch von Know-how und als Rahmenwerk für die Durchführung des internationalen Luftverkehrs.

Das Chicagoer Vertragswerk besaß jedoch auch Unzulänglichkeiten, die sich wie folgt darstellen:

- Es konnte keine wirkliche gesetzgebende Gewalt geschaffen werden.
- Es existierten Schwächen in der Formulierung von ökonomischen Richtlinien. Im Gegensatz zu den Beschlüssen, die die Vereinheitlichung technischer Normen betrafen, waren die Richtlinien zu politisch-ökonomischen Fragen sehr vage, was im Laufe der späteren Entwicklung immer wieder zu Spannungen geführt hat.
- Das Abkommen bestand hauptsächlich aus sehr allgemein gefassten Grundsätzen, welche lediglich den Rahmen für bilaterale Abkommen und eine sekundäre Gesetzgebung lieferten.

15.2.2 Bilaterale Luftverkehrsabkommen

15.2.2.1 Einführung in die Problematik

Die Vergabe von internationalen Verkehrsrechten auf multinationaler Ebene war wenig erfolgreich.

- Die „Vereinbarung über den Durchflug im internationalen Fluglinienverkehr vom 7. Dezember 1944“, die Transitvereinbarung, sah die gegenseitige Anerkennung der ersten und zweiten Freiheit der Luft vor. Einige bedeutende Staaten waren diesem Abkommen nicht beigetreten.
- Ebenfalls fehlgeschlagen war die „Vereinbarung über internationale Luftbeförderung vom 7. Dezember 1944“, die Transportvereinbarung. Ihr Ziel war die gegenseitige (multilaterale) Einräumung der Freiheiten der Luft drei bis fünf. Sie wurde lediglich von 13 Staaten unterzeichnet, von denen einige, z. B. die USA, ihre Unterschrift wieder zurückzogen. Die Transportvereinbarung besitzt heute nur noch historischen Wert.
- Erst mit dem Beginn der europäischen Liberalisierung und den „Richtlinien der Europäischen Gemeinschaft (EG) zum Interregionalverkehr von 1983“ und der „Entscheidung des Ministerrates vom 14. Dezember 1987 über die Aufteilung der Kapazitäten“ kam es zu einer neuen Initiative zur multilateralen Regelung von Verkehrsrechten.

Verkehrsrechte besitzen einen volkswirtschaftlichen Wert. Sie ermöglichen unter anderem:

- die Aufnahme internationaler Flugverbindungen;
- den Zugang zu fremden Luftverkehrsmärkten;

- die Nutzung zeit- und kostensparender Flugrouten;
- durch Mitbedienung von Teilstrecken eine höhere Auslastung und den Einsatz größerer Flugzeugmuster.

Das Vorhandensein von Verkehrsrechten erhöht die Attraktivität des Leistungsangebots einer Luftverkehrsgesellschaft, ihre Wirtschaftlichkeit und die Stärke ihrer Wettbewerbsposition.

Zur Sicherung der Marktposition der heimischen Luftverkehrsgesellschaft wurden Verkehrsrechte in der Regel so ausgetauscht, dass unter Berücksichtigung der angebotenen Beförderungskapazitäten die Marktwerte ausgeglichen sind. Durch die Liberalisierung wurde diese Regel weitgehend aufgehoben.

Hierzu war der Abschluss bilateraler Luftverkehrsabkommen erforderlich. Diese bildeten die wichtigsten Rechtsquellen im Fluglinienverkehr zwischen zwei Staaten.

Ihrem Wesen nach waren diese Abkommen völkerrechtliche Verträge, die trotz Kündigungsmöglichkeit längerfristig angelegt waren und teilweise heute noch gelten. Grundlage bilateraler Luftverkehrsabkommen war der Paragraph 1 der Chicagoer Konvention von 1944, in dem es heißt:

„Die Vertragsstaaten erkennen an, dass jeder Staat über seinem Hoheitsgebiet die volle und ausschließliche Lufthoheit besitzt".

Sollte internationaler Fluglinienverkehr zwischen zwei Staaten stattfinden, so war die Aushandlung eines bilateralen Luftverkehrsabkommens zwischen eben diesen Staaten erforderlich. Der gewerbliche Gelegenheitsluftverkehr blieb in solchen Abkommen meist unberücksichtigt. Dieses Verfahren ist auch heute außerhalb der EU noch erforderlich.

Bilaterale Luftverkehrsabkommen beinhalten im wesentlichen die Einräumung von bestimmten Verkehrs- und Hilfsrechten und die Festlegung von Einzelheiten über die Ausübung der Verkehrsrechte, wie beispielsweise das Beförderungsangebot, die Häufigkeit der angebotenen Dienste, die Beförderungsbedingungen sowie den Umfang der gewahrten Rechte, die Bezeichnung und Zulassung der Luftverkehrsunternehmen, welche die Rechte der Vertragsstaaten wahrnehmen sollen, die Gebühren, Entgelte, Zölle, Tarife, die Statistik, den Meinungsaustausch, die Schiedsgerichtsbarkeit, die Kündigung und das Inkrafttreten des bilateralen Vertrages.

In der Bundesrepublik Deutschland bedürfen diese Abkommen nach Artikel 59 des Grundgesetzes (GG) der Zustimmung der gesetzgebenden Körperschaften durch formelles Gesetz. Das Inkrafttreten der Zustimmungsgesetze ist nach Artikel 59 GG Voraussetzung für die Ratifizierung der Abkommen. Sie treten dann zu einem bestimmten Zeitpunkt nach Austausch der Ratifizierungsurkunden in Kraft.

15.2.2.2 Bermuda-Abkommen

In Artikel sechs des Abkommens von Chicago heißt es, dass Fluglinien-Verkehre nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Staates durchgeführt werden dürfen, dessen Hoheitsgebiet überflogen oder angeflogen wird. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit bilateraler Verträge.

Das bedeutendste dieser Abkommen ist das im Jahre 1946 zwischen den USA und dem Vereinigten Königreich abgeschlossene „Bermuda-Abkommen“. Es besitzt deshalb große Bedeutung, weil es das Vorbild für die meisten nachfolgenden Abkommen war. Die Hauptmerkmale des Bermuda-Abkommens sind:

- Grundsätzlich existieren keine Kapazitätsbeschränkungen für die Verkehre der 3. und 4. Freiheit (das sind die so genannten Nachbarschaftsverkehre);
- Zwischen den Partnern gilt der Grundsatz der „fair and equal opportunity“;
- Rechte der 5. Freiheit werden in der Regel großzügig gewährt;
- Die Kapazitätskontrolle findet „ex post facto“ statt, wenn im nachhinein von Seiten eines Partners die Beeinträchtigung seines Verkehrs reklamiert wird:
- Die Tarifbildung wird der IATA übertragen;
- Genehmigung der Tarife und Raten erfolgt durch die Regierungen, die sie den Tarifvereinbarungen zwischen Luftverkehrsgesellschaft und IATA zur Erlangung der Rechtskraft geben müssen, in Form des „Double Disapproval“.

15.2.2.3 Bedeutung des Bermuda-Abkommens

Die Bedeutung des Abkommens von Bermuda liegt in der Tatsache begründet, dass der erreichte Kompromiss zum Modell anderer bilateraler Abkommen wurde.

Das Bermuda-Modell erwies sich aber nur solange als gut, wie die betreffenden Luftverkehrsgesellschaften eine vergleichbare technische und wirtschaftliche Leistungsfähigkeit besaßen.

Im Falle ungleichgewichtiger Partner (bzgl. Frequenzen, Sitzplatzkapazitäten etc.) setzte sich für die Kapazitätsregelung sehr schnell das „Prädeterminationsprinzip“ durch. Kriterium war hier die Reziprozität, d. h. die Wechselseitigkeit der Bedingungen. Im einfachsten Fall war das der Austausch der Rechte der dritten und vierten Freiheit der Luft.

15.2.2.4 Das Bermuda 2 – Abkommen

Im Juni 1976 wurde das Bermuda-Abkommen vom Vereinigten Königreich (Großbritannien) gekündigt. Die Hauptgründe lagen in Interessenkonflikten bezüglich der Kapazitäten und der im Bermuda-Abkommen nicht geregelten Charterflüge. Nach einigen Verhandlungen kam es im Juni 1977 zum Abschluss eines neuen Abkommens – des Bermuda 2 Abkommens.

Im Gegensatz zu den anfangs definierten Zielvorstellungen wies dieses Abkommen keine klaren Regelungen i.S. Kapazitäten und Charterflüge auf, weshalb das Bermuda 2 – Abkommen auch nicht die Bedeutung des Bermuda Abkommens erreicht hat.

Die einzig wichtige Neuerung war, dass eine zwischenstaatliche Tarif-Arbeitsgruppe gebildet wurde, wodurch es zu einem Abrücken von der IATA als primärer Tarifbildungsinstitution kam.

15.3 Internationales Luftprivatrecht

15.3.1 Warschauer Abkommen

15.3.1.1 Anwendungsbereich

Beim Warschauer Abkommen handelt es sich um die erste multilaterale Regelung auf dem Gebiet des privaten Luftrechts, welches am 12. Oktober 1929 von 23 Staaten einschließlich des Zusatz- und Schlußprotokolls unterzeichnet wurde.

Der Vertrag trat für Deutschland am 29. Dezember 1933 in Kraft. Dieses Abkommen und seine Folgeabkommen bilden die Grundlage für das internationale Luftprivatrecht.

Das in vollem Wortlaut als „Das Abkommen zur Vereinheitlichung von Regeln über die Beförderung im internationalen Luftverkehr“ bekannte Vertragswerk (derzeit von mehr als 130 Staaten ratifiziert) befasst sich mit den zwei Normierungskomplexen:

1. der einheitlichen Gestaltung der Beförderungsdokumente und
2. der Haftung des Luftfrachtführers.

Das Warschauer Abkommen regelt die internationale Beförderung von Passagieren, Reisegepäck und Sachen (keine Post), die durch Luftfahrzeuge gegen Entgelt erfolgt.

Es findet auch Anwendung bei unentgeltlicher Beförderung durch Luftfahrzeuge, wenn sie von einem zertifizierten Luftfahrtunternehmen ausgeführt wird.

Um einen luftverkehrlichen Transport im Sinne des Warschauer Abkommens als international einzustufen, müssen folgende Parameter festliegen:

- Abflugort,
- Zielort,
- Zwischenlandungen,
- Vertragsparteien.

Der Transport muss zwischen den Territorien mindestens zweier Unterzeichnerstaaten stattfinden. Es kann sich auch um eine Rundreise von dem Territorium eines Unterzeichnerstaates mit einer Zwischenlandung in einem anderen (beliebigen) Land handeln.

Angestellte der Luftverkehrsgesellschaft, die an Bord eines Luftfahrzeuges arbeiten, fallen nicht unter das Warschauer Abkommen. Andererseits werden Angestellte der Luftverkehrsgesellschaft, die sich auf einer Dienstreise befinden, innerhalb des Abkommens berücksichtigt.

Aus all diesen Punkten wird deutlich, dass für die Anwendung des Warschauer Abkommens ein Beförderungsvertrag notwendig ist (Artikel 3 (2) des Abkommens: “…according to the contract made by the parties”).

Obwohl im Warschauer Abkommen sehr wichtige Rechtsfragen bezüglich der Beförderung von Personen und Gütern (keine Post) im internationalen Fluglinienverkehr,

vor allem der Inhalt der Beförderungsdokumente und die Haftung des Luftfrachtführers geregelt sind, heißt das nicht, dass alle Punkte des Beförderungsvertrages Bestandteil des Warschauer Abkommens wurden, sondern nur diejenigen Rechtsgebiete, die für den internationalen Fluglinienverkehr besonders vordringlich waren (daneben gelten die in den einzelnen Staaten unterschiedlichen allgemeinen Beförderungsbedingungen für den internationalen Lufttransport). Dafür haben die Vorschriften des Abkommens aber zwingenden Charakter und ihnen entgegenstehende Beförderungsbedingungen sind nichtig. Das Warschauer Abkommen hat weltweite Geltung erlangt.

15.3.1.2 Beförderungsdokumente

Zu den Beförderungsdokumenten zählen der Flugschein (Ticket), der Fluggepäckschein und der Luftfrachtbrief (Air Way Bill).

Der Flugschein beweist, bis zum Nachweis des Gegenteils, den Abschluss und die Bedingungen des Beförderungsvertrages.

Gleichwohl ist er für das Zustandekommen eines Beförderungsvertrages nicht erforderlich. Hierzu genügen zwei gleichlautende Willenserklärungen, da der Beförderungsvertrag dem Wesen nach ein formloser Konsensualvertrag ist. Für den Bestand und die Wirksamkeit des Beförderungsvertrages ist es auch ohne Bedeutung, ob der Flugschein fehlt, nicht ordnungsgemäß ist oder in Verlust gerät. Auch in diesen Fällen unterliegt der Vertrag den Vorschriften des Abkommens.

Besteigt jedoch der Fluggast mit Zustimmung des Luftfrachtführers das Luftfahrzeug, ohne dass ein Flugschein ausgestellt wurde, so kann sich der Luftfrachtführer nicht auf die Haftungsbeschränkung des Abkommens berufen. Das gleiche gilt, wenn auf dem Flugschein der Hinweis auf das Warschauer Abkommen und die Haftungsbeschränkung fehlt. Der Luftfrachtführer haftet dann unbeschränkt. Der Flugschein enthält:

- die Angabe des Ausgangs- und des Bestimmungsortes;
- falls beide oben genannten Orte in einem Vertragsstaat liegen und eine Zwischenlandung in einem anderen Staat vorgesehen ist, die Angabe mindestens eines Zwischenlandepunktes;
- den Hinweis auf das Warschauer Abkommen und die beschränkte Haftung des Luftfrachtführers.

Der Fluggepäckschein dient dem Nachweis, bis zum Beweis des Gegenteils, der Aufgabe des Reisegepäcks und der Bedingungen des Beförderungsvertrages. Er enthält die gleichen Angaben wie der Flugschein, es sei denn, er wird mit dem Flugschein fest verbunden, was heute die Regel ist.

Bei der Beförderung von Gütern kann der Luftfrachtführer vom Absender die Ausstellung und Aushändigung eines Luftfrachtbriefes und der Absender vom Luftfrachtführer die Annahme dieser Urkunde verlangen (Artikel 5 Warschauer Abkommen). Für das Zustandekommen des Frachtvertrages ist er jedoch nicht erforderlich.

Der Luftfrachtbrief wird vom Versender in drei Ausfertigungen ausgestellt und mit dem Transportgut ausgehändigt. Die erste Ausfertigung ist für den Luftfrachtführer

bestimmt und wird vom Absender unterzeichnet. Die zweite Ausfertigung ist für den Empfänger bestimmt, wird vom Luftfrachtführer sowie dem Versender unterzeichnet und begleitet das Transportgut. Die dritte Ausfertigung wird vom Luftfrachtführer unterzeichnet und dem Absender ausgehändigt.

Der Absender haftet für die Richtigkeit der Angaben und Erklärungen, die er im Luftfrachtbrief über das Gut angibt, dem Luftfrachtführer für jeden Schaden, den dieser oder ein Dritter, dem der Luftfrachtführer verantwortlich ist, dadurch erleidet, dass diese Angaben und Erklärungen unrichtig, ungenau oder unvollständig sind. Die Angaben des Luftfrachtbriefes gelten bis zum Beweis des Gegenteils als richtig. Der Luftfrachtbrief muss enthalten:

- die Angabe des Abgangs- und Bestimmungsortes;
- die Angabe eines Zwischenlandepunktes, wenn Abgangs- und Bestimmungsort in demselben Vertragsstaat liegen und eine Zwischenlandung in einem anderen Staat vorgesehen ist;
- einen Hinweis auf das Warschauer Abkommen und die Beschränkung der Haftung des Luftfrachtführers für den Verlust oder die Beschädigung des Gutes.

Fehlt der letztgenannte Hinweis, kann sich der Luftfrachtführer nicht auf das Warschauer Abkommen berufen.

15.3.1.3 Haftung des Luftfrachtführers

Die Haftung des Luftfrachtführers ist im dritten Kapitel des Warschauer Abkommens geregelt. Es werden dabei folgende Fälle erfasst:

1. Personenschäden durch Verletzung, Gesundheitsschädigung oder Tötung von Reisenden;
2. Sachschäden durch Verlust, Zerstörung oder Beschädigung des aufgegebenen Reisegepäcks und der Güter;
3. Verspätungsschäden durch Überschreiten der Beförderungsfrist für Personen und Güter.

Der Luftfrachtführer hat den Schaden dann zu ersetzen, wenn der Unfall, durch den der Schaden verursacht wurde, sich an Bord des Luftfahrzeuges oder beim Ein- oder Aussteigen bzw. beim Be- oder Entladen ereignet hat.

Die Ersatzpflicht tritt nicht ein, wenn der Luftfrachtführer nachweist, dass er alle erforderlichen Maßnahmen zur Verhütung des Schadens getroffen hat, oder dass er diese Maßnahmen nicht treffen konnte.

Die Beweislast liegt also nicht beim Geschädigten, sondern beim Verursacher, was eine Umkehrung der Beweislast bedeutet. Dieses Prinzip gilt für das Warschauer Abkommen und die darin festgesetzten Haftungsgrenzen. Haftungsansprüche, die über diese Grenzen hinausgehen, müssen durch zivilrechtliche Ansprüche abgedeckt sein. In diesem Fall liegt die Beweislast beim Geschädigten. Die Haftung nach dem Warschauer Abkommen (Artikel 22) ist der Höhe nach begrenzt.

Die Haftungsbeschränkungen gelten nicht, wenn der Schaden auf ein Verschulden des Luftfrachtführers zurückzuführen ist, d. h. bei Vorsatz oder Fahrlässigkeit. Die Ansprüche gegen den Luftfrachtführer müssen dann ebenfalls zivilrechtlich geltend gemacht werden, wobei die Beweislast in diesem Fall beim Geschädigten liegt.

Die Klage auf Schadenersatz kann nur binnen einer Ausschlußfrist von zwei Jahren erhoben werden. Die Frist beginnt mit dem Tag, an dem das Luftfahrzeug am Bestimmungsort angekommen ist, oder an dem es hätte ankommen sollen, oder an dem die Beförderung abgebrochen wurde (Artikel 29 Warschauer Abkommen).

Die Klage muss in dem Gebiet eines Vertragsstaates erhoben werden, und zwar nach Wahl des Klägers am Ort des Sitzes des Luftfrachtführers oder dem Gericht des Bestimmungsortes (Artikel 28 Warschauer Abkommen).

15.3.2 Haager Protokoll

Das Haager Protokoll vom 28. September 1955 stellt eines der wichtigsten Zusatzabkommen zum Warschauer Abkommen dar. Es wurde mittlerweile von mehr als 110 Staaten ratifiziert. Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zum Warschauer Abkommen sind:

- Verdoppelung der Haftungshöchstsummen für Personenschäden (keine Veränderung bezüglich Gepäck oder Fracht), sowie eine
- Erweiterung der unbegrenzten Haftung, die nun nicht mehr nur bei grober Fahrlässigkeit eintritt, sondern auch im Falle so genannter „bewusster Fahrlässigkeit", d. h., wenn „..eine Handlung oder Unterlassung in dem Bewusstsein (unternommen wird), dass ein Schaden mit Wahrscheinlichkeit auftreten würde …"

15.3.3 Vereinbarung von Montreal

Die Vereinigten Staaten von Amerika haben das Haager Protokoll nie ratifiziert. Nachdem die USA im Mai 1966 das Warschauer Abkommen sogar für kurze Zeit gekündigt hatten, kam es 1966 in Montreal zu einer speziellen, auf privatrechtlicher Basis getroffenen Vereinbarung zwischen Luftfrachtführern der IATA und dem damaligen CAB (Civil Aeronautics Board) über eine Erhöhung der Haftungssummen.

Beim „Montreal Agreement" handelt es sich demnach um kein zwischenstaatliches Abkommen, sondern um eine Verpflichtungserklärung von Luftverkehrsgesellschaften gegenüber dem CAB. Dieser Erklärung liegen folgende Prinzipien zugrunde:

- Die Luftfrachtführer wenden grundsätzlich die Haftungsbeschränkungen des Warschauer Abkommens an. Sie sind jedoch damit einverstanden, dass bei der Beförderung von und nach den USA andere Haftungsgrenzen gelten, und zwar beträgt die Haftung für jeden

Fluggast für Tod, Körperverletzung oder Gesundheitsschädigung 75.000 US $ einschließlich Rechtsverfolgungskosten bzw. 58.000 US $ ohne Rechtsverfolgungskosten.
- Es findet eine Abkehr vom Verschuldensprinzip mit umgekehrter Beweislast zur objektiven Haftung des Luftfrachtführers statt, d. h., das Verschulden des Luftfrachtführers ist nicht mehr Haftungsvoraussetzung. Das eigene Verschulden des Geschädigten an der Herbeiführung des Schadens wird jedoch bei der Bemessung des Schadenersatzes berücksichtigt.

Die weitergehende Haftungsregelung ist auf dem Flugschein bekannt zu machen.

Die mit der Schaffung der Montrealer Vereinbarung angewandten Verfahrensweisen führten aber nicht zu einer Rechtsvereinheitlichung, sondern vielmehr zu einer Rechtszersplitterung und damit auch zu mehr Rechtsunsicherheit. Nach dieser Rechtslage können bei einem einzigen Flugunfall für den Luftfrachtführer nun verschiedene Arten von Haftungsbestimmungen für Personenschäden in Betracht kommen.

15.3.4 Zusatzabkommen von Guadalajara

Ein weiteres wichtiges Zusatzabkommen zum Warschauer Abkommen ist das Abkommen von Guadalajara vom 18. September 1961, welches von mehr als 65 Staaten ratifiziert wurde. Die wesentliche Änderung zum vorangegangenen Vertragswerk ist die Ausdehnung der Haftung des Luftfrachtführers auf den ausführenden Luftfrachtführer.

Führt ein anderer als der vertragliche Luftfrachtführer die Beförderung durch, so hat die ausführende Luftverkehrsgesellschaft die gleichen Verpflichtungen und Rechte (inklusive der Haftungsbeschränkungen) wie der vertragliche Luftfrachtführer.

Das Zusatzabkommen von Guatemala-City (1971) und die Zusatzprotokolle von Montreal (1975) beinhalten weitere Änderungen des Warschauer Abkommens. Diese haben bis heute jedoch keine Bedeutung erlangt, da sie von zu wenig Staaten ratifiziert worden sind.

15.3.5 Neufassung des Warschauer Abkommens

Auf der dreißigsten Tagung des ICAO-Komitees vom 28.4.1997 bis 9.5.1997 wurde eine Neufassung des Warschauer Abkommens beschlossen, welches den Betroffenen in erster Linie eine schnellere und höhere Entschädigung zusagt. Folgende wesentliche Änderungen zum bestehenden System der Haftung nach dem Warschauer Abkommen sind zu nennen:

- Wegfall der Haftungslimits bei Todesfolge oder Verletzung durch einen Flugzeugunfall,
- Sofortige Entschädigung für Sachschaden bis 150.000 US $ bei Schadensnachweis.

Die Umsetzung des Abkommens trat in der ersten Jahreshälfte 1998 in Kraft.

Träger internationaler Luftverkehrspolitik

16

16.1 Internationale Organisationen der Zivilluftfahrt

16.1.1 International Civil Aviation Organisation

Die internationale Zivilluftfahrtorganisation (International Civil Aviation Organisation, ICAO) wurde durch den Artikel 43 des Chicagoer Abkommens (Convention on International Aviation) 1944 ins Leben gerufen, zunächst als Provisional International Civil Aviation Organisation (PICAO), ab 1947 als International Civil Aviation Organisation, ICAO.

Die politische Macht der ICAO ist hauptsächlich regulativer oder quasi-legislativer Natur. Sie besteht vor allem in der Entwicklung und Überarbeitung der Anhänge (Annexe) zum Chicagoer Abkommen. Die Bundesrepublik Deutschland ist der ICAO 1956 beigetreten. Die ICAO umfasst 190 Mitgliedsstaaten (Stand 2012).

16.1.1.1 Ziele und Aufgaben

Grundsätzliche Ziele der ICAO sind gemäß Artikel 44 des Chicagoer Abkommens über die Internationale Zivilluftfahrt die Ausarbeitung von Grundsätzen und technischen Standards für eine wirtschaftliche und sichere Entwicklung des internationalen Zivilluftverkehrs und ihre Anwendung durch die Mitgliedsstaaten. Das heißt:

- Gewährung eines sicheren und geordneten Wachstums der internationalen Zivilluftfahrt;
- Förderung des Baus und des Betriebes von Luftfahrzeugen zu friedlichen Zwecken sowie die Entwicklung von Luftverkehrsstraßen, Flugplätzen und Flugsicherungsanlagen;
- Verhütung wirtschaftlicher Verschwendung infolge übermäßigen Wettbewerbs;
- Sicherung der Rechte der Vertragsstaaten und deren Möglichkeiten internationaler Luftverkehrsgesellschaften zu betreiben;
- Vermeidung jeder Art von Diskriminierung zwischen den Vertragsstaaten;
- Verbesserung der Flugsicherheit in der internationalen Luftfahrt.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_16,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

16.1.1.2 Organisation

Das oberste legislative Organ der ICAO ist die in dreijährigem Turnus zusammentretende Generalversammlung (General Assembly) aller Mitgliedsstaaten, deren Aufgabe in der Überwachung der Arbeiten der übrigen Organe auf technischem, wirtschaftlichem und juristischem Gebiet sowie in der Festlegung der zukünftigen Aufgaben der einzelnen Organe liegt. Weiterhin obliegt der Generalversammlung die Festlegung von Haushaltsplänen und Mitgliedsbeiträgen.

Dem ständigen Exekutivorgan, dem Rat, gehören 33 Staaten an (Staaten mit großer Bedeutung für den Luftverkehr, Staaten mit den höchsten Beiträgen und Staaten, die für die globale weltweite Abdeckung für die ICAO wichtig sind). Der Rat ist der Versammlung verantwortlich, er bestimmt und überwacht die Tätigkeiten der sechs Fachausschüsse.

Die Organisationsstruktur der ICAO zeigt Abb. 16.1.

16.1.1.3 Ausschüsse

Als Hilfsorgane des Rates bestehen sechs Fachausschüsse oder Kommissionen:

1) Luftfahrtkommission	(Air Navigation Commission),
2) Luftverkehrsausschuss	(Air Transport Committee),
3) Rechtsausschuss	(Legal Committee),
4) Finanzausschuss	(Finance Committee),
5) Ausschuss über die gemeinsame Unterhaltung von Luftfahrteinrichtungen	(Joint Support Committee),
6) Ausschuss gegen den ungesetzlichen Eingriff in den internationalen Luftverkehr	(Committee on UnlawfuI Interference).

Die **Luftfahrtkommission** besteht aus 15 Mitgliedern, die vom Rat nach Vorschlägen der Mitgliedsstaaten gewählt werden. Sie ist zuständig für die Herausgabe der technischen Sicherheitsvorschriften. Ihre Arbeitsergebnisse werden entweder als „Procedures of Air Navigation Services, PANS“ oder als „Standards and Recommended Practices, SARPS“ in Form von Anhängen (Annexe) veröffentlicht. Standards sind notwendige Richtlinien, die für alle Mitgliedsstaaten verbindlich und in das nationale Luftrecht zu integrieren sind (sollte ein Mitglied aufgrund besonderer nationaler Gegebenheiten nicht in der Lage sein, einen Standard zu erfüllen, so ist dies gegenüber der Organisation meldepflichtig). Die „Recommended Practices“, deren Realisierung von der Organisation für wünschenswert gehalten werden, sind als Empfehlung zu betrachten. Neuen Sicherheitsvorschriften muss der Rat mit einfacher Mehrheit zustimmen.

Der **Luftverkehrsausschuss** besteht aus 12 Mitgliedern, die vom Rat aus den Vertretern der Ratsmitgliedsstaaten gewählt werden. Er befasst sich mit wirtschaftlichen Fragen des Luftverkehrs, wie z. B. internationalen Abkommen, Erleichterungen des internationalen Lufttransports, wirtschaftlichen Planungen, Statistiken und Prognosen.

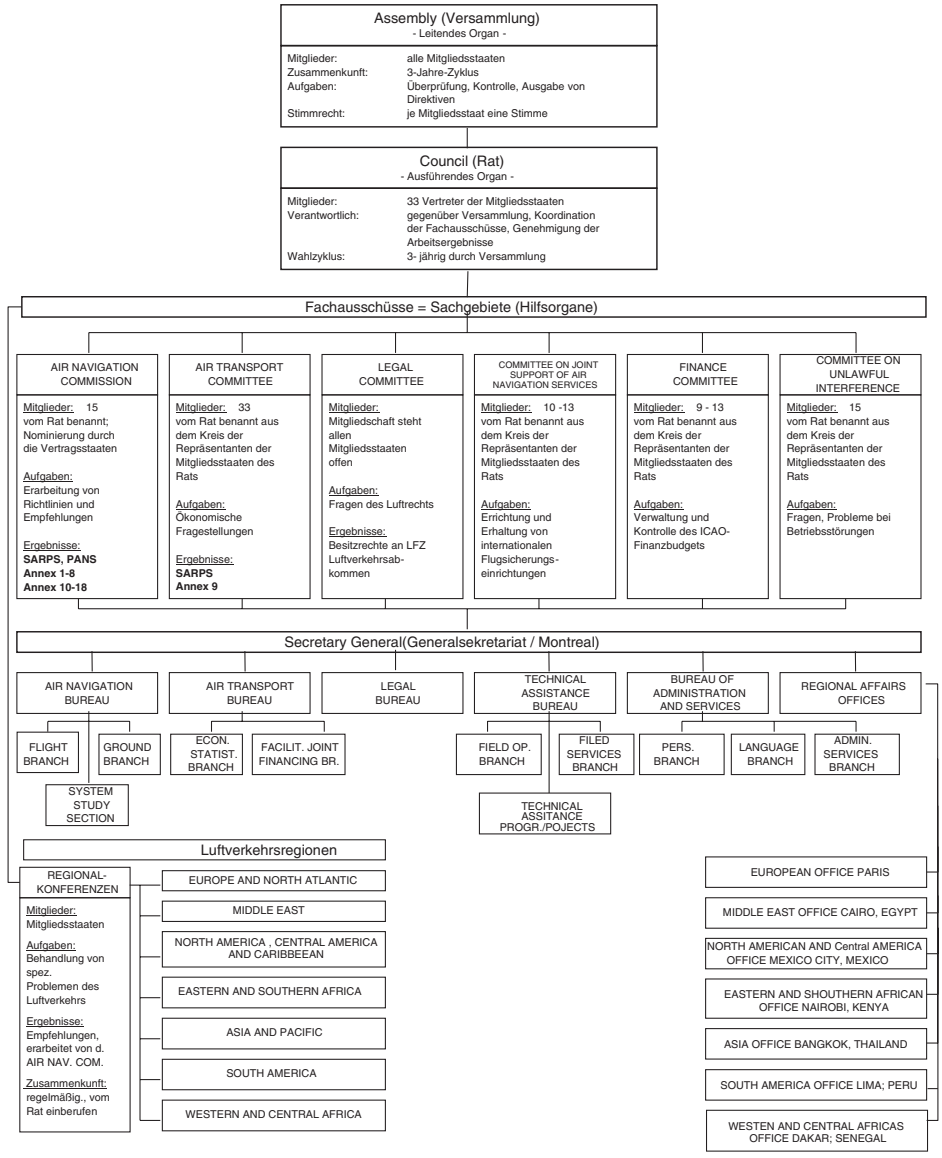


Abb. 16.1 Organisationsstruktur der ICAO [167]

Der **Rechtsausschuss** befasst sich mit Fragen des internationalen Luftrechts und der Prüfung von internationalen Luftverkehrsabkommen. Jeder Mitgliedsstaat kann Mitglied dieses Ausschusses werden.

Der **Finanzausschuss** verwaltet, kontrolliert und überwacht das Finanzbudget der Organisation.

Der **Ausschuss für die gemeinsame Unterhaltung von Luftfahrteinrichtungen** ist verantwortlich für die Errichtung, den Unterhalt und die Entwicklung von international zu nutzenden flugsicherungstechnischen Einrichtungen in Gebieten, die keinem Staat zuzuordnen sind. Außerdem ist er für die Flugsicherungsanlagen in denjenigen Staaten zuständig, die diese Anlagen nicht selbst finanzieren können, wenn die Existenz dieser Anlagen für die internationale Luftfahrt unabdingbar sind.

Der **Ausschuss gegen den ungesetzlichen Eingriff in den internationalen Luftverkehr** beschäftigt sich mit Verstößen gegen die ICAO-Statuten und mit Maßnahmen gegen den gesetzwidrigen Eingriff in den Luftverkehr (z. B. Flugzeugentführungen, Terrorismus u. a.).

Zur Ausarbeitung von Detailfragen und zur Assistenz der Kommissionen und der Ausschüsse unterhält die Organisation fünf Büros mit einer Vielzahl fachspezifischer Abteilungen sowie sieben so genannte **Regionalbüros**, die über die Welt verteilt sind (Paris (für Europa und den Nordatlantik), Kairo, Mexiko City, Nairobi, Bangkok, Lima, Dakar).

Im **Generalsekretariat** der ICAO mit Sitz in Montreal (Kanada) werden die in den einzelnen Büros durchgeführten Arbeiten zusammengefasst und koordiniert. Um darüber hinaus auch spezielle regionale Probleme behandeln zu können, wurde die Welt in neun Luftverkehrsregionen eingeteilt.

Auf so genannten **Regionalkonferenzen** werden die jeweiligen regionalen Probleme erörtert und der Luftfahrtkommission zugeleitet. Diese erarbeitet wiederum entsprechende Standards und Empfehlungen, die es umzusetzen gilt.

16.1.1.4 ICAO Annex Struktur und Dokumente

Bisher hat die ICAO zu insgesamt 18 Sachgebieten Stellung bezogen und einheitliche Richtlinien festgelegt, die für die Mitgliedsstaaten die Basis der nationalen Luftverkehrsgesetzgebung darstellen. Diese sind in Form von Anhängen (Annexe) veröffentlicht.

Das ICAO-Abkommen besteht somit aus den 18 Anhängen (Annexe):

- Annex 1 Personnel Licensing (Zulassung von Luftfahrtpersonal)
- Annex 2 Rules of the Air (Luftverkehrsregeln)
- Annex 3 Meteorology (Flugwetterdienst)
- Annex 4 Aeronautical Charts (Luftfahrtkarten)
- Annex 5 Units of Measurement to be used in Air-Ground Communication (Maßeinheiten)
- Annex 6 Operation of Aircraft (Betrieb von Luftfahrzeugen)
- Annex 7 Aircraft Nationality and Registration (Nationalität und Registration Marks von Luftfahrzeugen)
- Annex 8 Airworthiness of Aircraft (Lufttüchtigkeit von Luftfahrzeugen)
- Annex 9 Facilitation (Einrichtungen)
- Annex 10 Aeronautical Telecommunication (Flugfernmeldedienst)

- Annex 11 Air Traffic Services (Flugverkehrsdienste)
- Annex 12 Search und Rescue (Such- und Rettungsdienst)
- Annex 13 Aircraft Accident Inquiry (Untersuchung von Flugunfällen)
- Annex 14 Aerodromes (Flugplätze)
- Annex 15 Aeronautical Information Service (Flugberatungsdienst)
- Annex 16 Environmental Protection (Fluglärm, Triebwerkschadstoffe)
- Annex 17 Security (Sicherheit im Luftverkehr)
- Annex 18 Safe Transport of Dangerous Goods by Air (Sicherheitsbestimmungen für den Lufttransport gefährlicher Güter)

Ein Annex 19, Safety Management (Sicherheitsmanagement), befindet sich derzeit in Bearbeitung.

Das generelle Anliegen des ICAO besteht darin, den Luftverkehr weltweit sicher und wirtschaftlich durchzuführen. Das bedeutet, dass nicht nur die technische und betriebliche Infrastruktur in hohem Maße standardisiert sein muss, sondern auch der Betrieb von Luftfahrzeugen. Darüber hinaus ist darauf zu achten, dass nur entsprechend qualifiziertes Personal die Anlagen, Einrichtungen und Geräte der Luftfahrt bedienen, führen und warten darf. Die Standardisierung beginnt bei der einheitlich zu verwendenden Sprache, einheitlichen Definitionen und Maßeinheiten, einheitlichem navigatorischen Kartenwerk, bis hin zu umfassenden Regelwerken des Flugbetriebs und dessen flugsicherungsmäßige Durchführung und Überwachung. Auch die internationale Kennzeichnung von Luftfahrzeugen (Registration Marks) und die international eindeutige Kennzeichnung der Flugplätze (ICAO 4-Letter Code) gehören dazu. Letztendlich finden auch die Lufttüchtigkeit von Luftfahrzeugen, die Flugunfalluntersuchung (mit weltweiter Erfassung der Flugunfälle in einer Datenbank), und der wichtige Bereich der Sicherheit vor Angriffen auf den Luftverkehr, Berücksichtigung. Darüber hinaus dient der Annex 16, Band I, Aircraft Noise, und Band II, Aircraft Engine Emissions dazu, den Belangen der zu schützenden Umwelt Rechnung zu tragen.

Zu all diesen Themenbereichen sind in den Anhängen 1–18 zumindest die international gültigen Rahmenbedingungen festgelegt. Ergänzend zu den Anhängen veröffentlicht die ICAO so genannte „Documents“, denen zu bestimmten Themenbereichen sehr detaillierte Ausführungsbestimmungen zu entnehmen sind.

16.1.2 International Air Transport Association

Die International Air Transport Association (IATA), konstituierte sich am 18. Dezember 1945. Die IATA ist der weltweite Dachverband der Unternehmen des kommerziellen Luftverkehrs. Sie ist ein privater, freiwilliger, offener, unpolitischer und demokratischer Interessenverband, der nach kanadischem Recht als internationale Körperschaft des

kommerziellen Luftverkehrs konstituiert wurde. Die Hauptbüros befinden sich in Montreal (Kanada) und Genf (Schweiz). Das deutsche Büro der IATA befindet sich in Frankfurt/M.

Nachdem bis 1974 ausschließlich Flugliniengesellschaften Mitglied werden durften, steht die Organisation mittlerweile jeder Luftverkehrsgesellschaft offen, die in einem Staat zugelassen ist, der der ICAO angehört oder dort aufgenommen werden kann. Der IATA gehören derzeit 230 Luftverkehrsgesellschaften an (Stand 2012).

Obwohl die IATA eine privatrechtliche Körperschaft darstellt, kommt ihr wegen der Zusammensetzung ihrer Mitgliedschaft noch immer ein „quasi-öffentlicher" Status zu. Über die Hälfte der lATA-Mitglieder waren oder sind gänzlich oder überwiegend in staatlichem Besitz. Außerdem wurde in den meisten bilateralen Luftverkehrsabkommen die Tariffindung an die IATA delegiert (z. B. im Rahmen des Bermuda-Abkommens), und in vielen Staaten ist sie auch für die Organisation des Vertriebes (Agenturzulassung, Provisionszulassung, Festlegung der Währungskurse) zuständig.

16.1.2.1 Ziele und Aufgaben

Globales Ziel und Aufgabe der IATA ist die Förderung und Entwicklung des internationalen zivilen Luftverkehrs, woraus sich die in den Statuten festgelegten Leitgedanken ergeben:

- Die Förderung eines sicheren, regelmäßigen und wirtschaftlichen Luftverkehrs zum Wohle aller Völker der Welt sowie die Entwicklung der Handelsbeziehungen auf dem Luftweg und das Studium aller damit in Beziehung stehenden Fragen.
- Die Zusammenarbeit aller direkt oder indirekt an internationalen Lufttransportdiensten beteiligten Unternehmen durch Entwicklung dafür zweckdienlicher Mittel und Methoden (d. h. die technische und wirtschaftliche Zusammenarbeit der Luft- verkehrsgesellschaften).
- Die Zusammenarbeit mit der ICAO und anderen internationalen Organisationen (d. h. die Interessenvertretung der Luftverkehrsgesellschaften gegenüber der ICAO und anderen Funktionsträgern des internationalen Luftverkehrs, wie Flug- plätze, Regierungen etc.).

16.1.2.2 Formen der Mitgliedschaft

Seit der lATA-Reform von 1979 wird die lATA-Mitgliedschaft differenziert gehandhabt. Aktive Mitglieder sind Luftverkehrsgesellschaften, die internationale Flugliniendienste durchführen, während reine Inlandsluftverkehrsgesellschaften nur eine assoziierte Mitgliedschaft ohne Stimmrecht erhalten.

Bezeichnend für die aktive lATA-Zugehörigkeit ist die obligatorische Mitgliedschaft in der Handelsorganisation (Trade Association), die so genannte Grundmitgliedschaft. Die Beteiligung an den Tarifkonferenzen (Tariff Coordination Conferences) ist dagegen freiwillig.

Kernpunkt der Reform war die Einführung einer zweistufigen IATA-Mitgliedschaft, wonach jedes lATA-Mitglied ein Wahlrecht hatte, ob es nur an den Aktivitäten der

Trade Association (Interessenvertretung) teilnehmen möchte, oder ob es zusätzlich noch Mitglied der Tariff Coordination (Tarifkoordination) sein wollte.

Innerhalb der Handelsorganisation werden Regelungen und Normen der Verkehrsabwicklung für Passagiere, Gepäck, Fracht und Post getroffen. Des weiteren dient sie dem Erfahrungsaustausch auf rechtlichem, technischem und medizinischem Gebiet. Arbeitsbereiche sind beispielsweise Abkommen zwischen den Luftverkehrsgesellschaften, Sicherheitsfragen, Agentenbelange, Flugdokumentation, Verfahrensforschung, und nach wie vor die zwischengesellschaftlichen Abrechnungen erbrachter Leistungen im Flugbetrieb (im Rahmen des IATA Clearing-Houses mit Sitz in Genf).

Resultate der Tarifkoordination sind auf der Grundlage der Einstimmigkeit erarbeitete Passagier- u./o. Frachttarife. Die Tarifkoordination repräsentiert somit das Instrumentarium zur Regelung der Tarife für jene Luftverkehrsgesellschaften, die sich dazu bereit erklären.

16.1.2.3 Organe

Die Generalversammlung ist das oberste Organ. Sie bestimmt die Politik, wählt den Präsidenten, wählt das Exekutivkomitee, nimmt die Berichte des Komitees entgegen und bewilligt das Budget. Alle Luftverkehrsgesellschaften besitzen unabhängig von ihrer Größe eine Stimme (Mehrheitsbeschlüsse).

Aufgabe des Exekutivkomitees ist die allgemeine Geschäftsführung, die Wahl des Generaldirektors und der Mitglieder der ständigen Ausschüsse, die Bestimmung des Verfahrens und der Zuständigkeit der Konferenzen. Dem Exekutivkomitee sind vier ständige Ausschüsse mit beratender Funktion nachgestellt. Dies sind das Traffic Committee, das Technical Committee, das Financial Committee und das Legal Committee. Die Verwaltung steht unter der Leitung des Generaldirektors.

Der legislative Teil der Aktivitäten liegt bei den Konferenzen (Conferences) mit einstimmigen Beschlussfassungen respektive Resolutionen, die für alle Mitglieder unter der Voraussetzung verbindlich sind, sodass sie in nationales Gesetz überführt werden können.

Dazu hat die IATA die Welt in drei „Traffic Conference Areas“ (TC) eingeteilt.

- TC 1 umfasst: Grönland, Nord-, Mittel- und Südamerika, sowie Hawaii,
- TC 2 umfasst: Europa, Afrika, sowie den nahen und mittleren Osten,
- TC 3 umfasst: Asien und Australien.

Die IATA hat ihre Hauptaufgabe, die aktive Mitwirkung beim Aufbau eines wirtschaftlichen Weltluftverkehrssystems, erfüllt.

Im Laufe der letzten Jahre hat sich die IATA von einem Preis- und Konditionenkartell zu einem Dienstleistungsverband und zu einem Forum zum Austausch von Informationen entwickelt. Sie bietet Trainingskurse an und ist im Consultinggeschäft tätig.

Die Struktur und die Organe der IATA sind in Abb. 16.2 dargestellt. Abb. 16.3 zeigt beispielhaft die Struktur der IATA Trade Association.

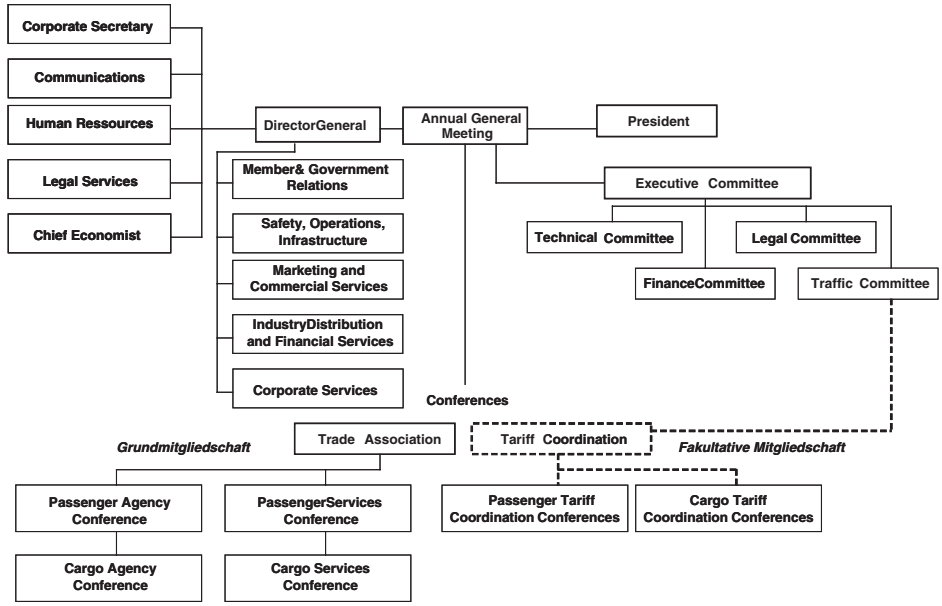


Abb. 16.2 Struktur und Organe der IATA [167]

16.2 Internationale Gewerkschaften

16.2.1 International Federation of Airline Pilot's Associations

Die International Federation of Airline Pilot's Associations (IFALPA) ist die größte Pilotenorganisation der Welt. Die nichtpolitische Organisation zählt heute über 1 Million Mitglieder weltweit. Gegründet wurde die IFALPA im Jahre 1948 von den Repräsentanten von 13 Pilotenvereinigungen. Heute gehören der IFALPA 95 Pilotenvereinigungen an.

Die IFALPA hat einen permanenten Sitz in der Air Navigation Commission der ICAO und nutzt dieses Forum, um die Sicht der Flugzeugführer (Piloten) in die internationalen Arbeitsgruppen einzubringen und Einfluss auf die Arbeitsergebnisse der ICAO, die Annexe, zu nehmen. Auch zu den weiteren maßgeblichen internationalen Institutionen und Organisationen der Luftfahrt, wie IFATCA, EASA (JAA), FAA, IATA etc. bestehen enge Kontakte.

Die IFALPA sieht sich als globale Stimme der Flugzeugführer (Piloten) zur Förderung des hohen Sicherheitsstandards im Luftverkehr und bietet Dienste zur Unterstützung ihrer Mitglieder an.

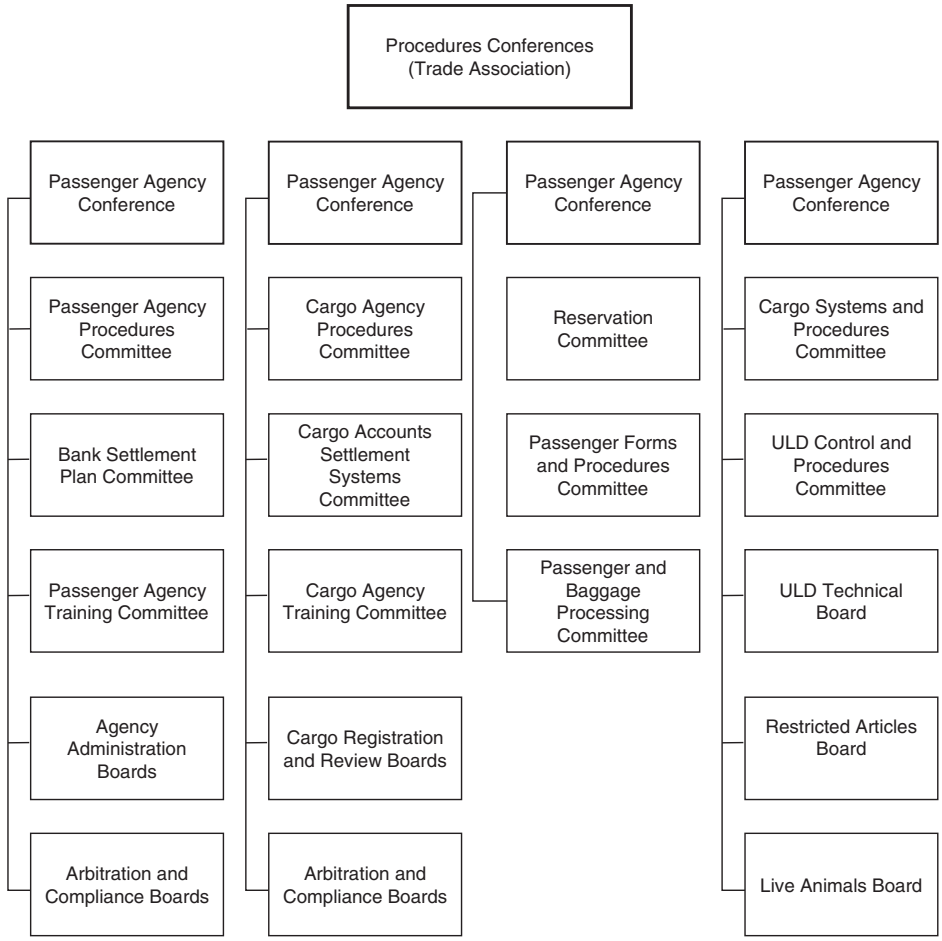


Abb. 16.3 IATA Trade Association [167]

16.2.2 International Federation of Air Traffic Controllers' Associations

Die International Federation of Air Traffic Controllers Associations (IFATCA) ist eine unpolitische nichtkommerzielle internationale Interessensvertretung der Air Traffic Controller (Flugverkehrskontroll-Lotsen), der ca. 40.000 Lotsen aus mehr als 100 Ländern angehören. Die Ziele der Federation sind wie folgt:

- Förderung der Sicherheit und Effizienz internationaler Navigation,
- Unterstützung und Beratung bei der Entwicklung von Flugsicherungssystemen, Flugsicherungsverfahren und der Flugsicherungsinfrastruktur,

- Förderung und Aufrechterhaltung des hohen Standards und der Professionalität der Air Traffic Controller,
- Enge Kooperation mit internationalen und nationalen Institutionen und Organisationen im Bereich Navigation,
- Unterstützung und Förderung von Gesetzen und Regularien die die Sicherheit im Bereich Navigation weiter erhöhen.

Die Organisation besteht aus einem Präsidenten und Vertreter sowie weiteren Vizepräsidenten mit den Zuständigkeiten für Finance, Technical Matters, Professional Matters, sowie für die Erdteile Europe, Africa & Middle East, Asia & Pacific und America. Das Team wird weiterhin unterstützt von einem Conference Manager. Alle Mitglieder des Teams arbeiten ehrenamtlich. Zur Zeit existieren 4 Arbeitsbereiche (Standing Committees):

1. Technical and Operational Matters in Air Traffic Control,
2. Finance,
3. Professional and Legal Matters in Air Traffic Control,
4. Constitution and Administrative Policy.

16.2.3 International Transport Worker's Federation

Die Internationale Transportarbeiter-Föderation (ITF) ist ein 1896 gegründeter, internationaler Gewerkschaftsdachverband, der zur Zeit ca. 4.5 Millionen Beschäftigte im Verkehrssektor repräsentiert. Dem Verband sind über 600 Gewerkschaften in mehr als 140 Ländern angeschlossen. Der Hauptsitz der ITF befindet sich in London, Regionalbüros in Nairobi, Ouagadougou, Tokio, Neu-Delhi, Rio de Janeiro, Georgetown, Moskau und Brüssel. Mitgliedsverbände in Deutschland sind die DGB-Gewerkschaften Ver.di und die Eisenbahn- und Verkehrsgewerkschaft (EVG).

Ein Schwerpunkt der Aktivitäten der ITF ist u. a. die Unterstützung der Besatzungen von Schiffen, die unter so genannten Billigflaggen fahren. Die ITF ist in verschiedenen Ländern auch berechtigt, direkt Tarifverträge für die betroffenen Besatzungen abzuschließen. Im November 1999 unterzeichneten der internationale Arbeitgeberverband der Schifffahrt IMEC und der ITF den weltweit ersten internationalen Tarifvertrag für eine Branche, der seit dem Jahr 2000 gültig ist. Dessen Einhaltung wird von Kontrolleuren der ITF in vielen Ländern im Rahmen von Hafengewerkschaftskontrollen überprüft.

16.3 Airports Council International

Das Airport Council International (ACI) etablierte sich als Vereinigung der internationalen Verkehrsflughäfen weltweit. Das Council versteht sich als nichtkommerzielle Organisation, deren Hauptzweck darin zu sehen ist, die Kooperation zwischen den Mitgliedern und den weiteren Partnern im System Luftverkehr, den Luftverkehrsgesellschaften, den

Flugsicherungsunternehmen, den Herstellern und Ausrüstern, aber auch den staatlichen Luftverkehrsverwaltungen, zu fördern. Die Ziele der Organisation lauten wie folgt:

- Förderung legislativer, regulativer und internationaler Vereinbarungen, die die
- Interessen der Mitglieder unterstützen,
- Förderung der gegenseitigen Unterstützung und Informationsaustausch,
- Bereitstellung von Informationen sowie Analysen über nationale und internationale Entwicklungen,
- Initiierung von bedarfsorientierten, luftfahrtbezogenen Programmen.

Das ACI hat über 580 Mitglieder, die 1.650 Flugplätze in 179 Ländern und Territorien betreiben (Stand 2012). Dem ACI steht ein leitendes Organ (Governing Board) mit 29 stimmberechtigten Repräsentanten regulärer ACI-Mitglieder vor. Das Board tritt zweimal pro Jahr zusammen. Es bestimmt die Politik des ACI, die durch ein ausführendes Organ (Executive Committee), geleitet von einem Generaldirektor, in Übereinstimmung mit den Statuten des ACI und den Entscheidungen der Versammlung (Assemly), umgesetzt wird. Das Board ernennt den Generaldirektor, entscheidet über die Aufnahme neuer Mitglieder, legt das Finanzbudget fest, prüft die ACI-Programme und Aktivitäten, die verkehrspolitischen Stellungnahmen, sowie die Mitarbeit in anderen wichtigen Gremien. Zur Zeit sind sechs ständige Ausschüsse (Standing Committees), zwei Unterausschüsse (Subcommittees) sowie Arbeitsgruppen (Panel/Task Forces) eingerichtet, die an den Themen des ACI arbeiten und das Board unterstützen. Die ständigen Themen der Ausschüsse sind die Bereiche: Airports Information Technology, Facilitation & Services, Aviation Security, Economics, Environment und Safety/Technical Issues. In den Ausschüssen und Arbeitsgruppen arbeiten Mitarbeiter der Luftfahrtindustrie, die so ihr Fachwissen einbringen.

Das ACI hat seinen Hauptsitz in Montreal (Kanada). Wie alle internationalen Organisationen hat auch das ACI die Welt in Gebiete/Regionen aufgeteilt. Das ACI unterscheidet die 5 geographischen Regionen mit Regionalbüros. Dies sind: Africa (Casablanca), Asia/Pacific (Hong Kong), Europe (Brüssel), Latin America and Caribbean (Quito, Ecuador), North America (Washington, DC).

16.4 Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques

Ein wichtiger weiterer Bestandteil der Luftverkehrsinfrastruktur besteht aus den Kommunikationseinrichtungen zur Abwicklung des Nachrichtenverkehrs und Informationsaustauschs zwischen den Fluggesellschaften. Im Jahre 1949 schlossen sich die internationale Flugliniengesellschaften Air France, KLM, Sabena, Swissair, TWA, British European Airways Corporation (BEAC), British Overseas Airway (BOAC), British South American Airways (BSAA), Swedish A.G. Aerotransport, Danish Det Danske Luftfartselskab

A/S und die Norske Luftfartselskap in der Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques (SITA), zusammen.

Die SITA verwaltet ein weltweites, standardisiertes Netzwerk für die Belange der Luftverkehrsgesellschaften, wie Reservierungen, Gepäcksuchdienste etc. sowie zur präzisen und knappen Formulierung von Nachrichten mittels eines Codesystems, der „Airline Interline Massage Procedures“ Codes (AIRIMP). Heute zählt die SITA über 700 Mitglieder und verfügte über Netzwerke in 220 Ländern.

Europäische Luftverkehrspolitik

17

17.1 Europäische Rechtsnormen zum Luftverkehr

Die Entwicklung zum Luftverkehrsrecht in der Europäischen Gemeinschaft (EG), vollzog sich schrittweise. Das so genannte 3. Luftverkehrspaket vom 1.1.1993 brachte einige grundlegende Vorschriften für den Luftverkehr in der Europäischen Gemeinschaft, nachdem zuvor in Teilbereichen bereits bestimmte Regelungen im Hinblick auf eine Liberalisierung des Luftverkehrs getroffen worden waren. Die EG-Regelungen gewährleisten im Grundsatz, dass der in der Vergangenheit durch bilaterale Abkommen und staatlichen Genehmigungsvorbehalt reglementierte gewerbliche Luftverkehr, mit Ausnahme von Kabotageflügen, und ohne Unterschied zwischen Fluglinien- und Charterverkehren, in allen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (EU) ohne Rücksicht auf die Zugehörigkeit der Unternehmen, seiner Luftfahrzeuge und seines Personals zu einem Mitgliedsstaat nach freien Tarifen betrieben werden darf, wenn die Unternehmen eine nach den Vorschriften der EU erteilte Genehmigung besitzen. Für Kabotageflüge entfällt der staatliche Genehmigungsvorbehalt seit 1998.

Der Geltungsbereich der EG-Regelungen ist auf das Gebiet der Europäischen Gemeinschaft beschränkt. Preisabsprachen mit Bezug auf Flughäfen außerhalb der Gemeinschaft werden daher z. B. vom Kartellverbot nicht berührt. Allerdings hat das EG-Recht auch Rückwirkungen auf die Rechtsgrundlagen für den Luftverkehr eines Mitglieds mit Drittstaaten zur Folge.

17.1.1 Der regulierte europäische Luftverkehrsmarkt

Bis zum Inkrafttreten des ersten Liberalisierungspaketes handelte es sich im europäischen Luftverkehr um einen regulierten Markt. Der internationale und innereuropäische Luftverkehr wurde vorwiegend auf der Grundlage bilateraler Abkommen durchgeführt. Sie

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_17,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

enthielten Regelungen über die Gewährung von Verkehrsrechten, die Festlegung bestimmter Flugstrecken, die Benennung der Anzahl der Luftverkehrsgesellschaften, die Bestimmung der Beförderungskapazitäten und die Anordnung eines Tarifgenehmigungsverfahrens. Große Bereiche des Marktes waren dem freien Wettbewerb nicht zugänglich.

Insbesondere im Tarifsektor kam es zu Absprachen der Luftverkehrsgesellschaften im Rahmen von lATA- (Regional-) Konferenzen. Die ausgehandelten Tarife mussten zwar durch die nationale Behörde genehmigt werden, eine Genehmigung der lATA-Tarife wurde allerdings selten verweigert. Es hatte also seine Berechtigung, bezüglich der lATA-Luftverkehrsgesellschaften faktisch von einem Preiskartell zu sprechen. Die bilateralen Luftverkehrsabkommen wurden hierbei durch Poolvereinbarungen ergänzt, die z. B. die Aufteilung der Einnahmen auf einer bestimmten Strecke zum Inhalt hatten. Poolverträge, Tarifabsprachen und staatliche Abkommen bildeten einen nahezu vollständig regulierten Markt.

17.1.2 Historische Ansätze zur Integration des europäischen Luftverkehrs

Bemühungen um eine Integration des europäischen Luftverkehrs wurden bereits im Jahre 1951 eingeleitet, als dem Europarat die Pläne von Bonnefous und van de Kieft, und dem Europäischen Ministerrat der Sforza-Plan vorgelegt wurden.

Im Bonnefous-Plan wurde die Konstituierung einer supranationalen europäischen Luftfahrtbehörde vorgeschlagen, die den europäischen Luftverkehr gemeinsam lenken und entwickeln sollte.

Der van de Kieft Plan empfahl die Schaffung eines Konsortiums der europäischen Luftverkehrsgesellschaften nach dem Modell des SAS (Scandinavian Airline System). Dieses Konsortium sollte den Luftverkehr zwischen den beteiligten europäischen Staaten übernehmen.

Der Sforza-Plan war eine Kombination der beiden oben genannten Pläne. Es sollte ein gemeinsamer europäischer Luftraum geschaffen werden, die Kontrolle sollte eine gemeinsame Aufsichtsbehörde übernehmen.

Keiner der drei Pläne kam aufgrund nationalstaatlicher Interessen über das Stadium der Diskussion hinaus.

In einem 1. Memorandum vom 4. Juli 1979 veröffentlichte die EU-Kommission ihre Vorstellungen, wie eine gemeinsame europäische Luftverkehrspolitik aussehen könnte. In diesem Memorandum wurden vier Hauptziele genannt:

1. Luftverkehrsnetze sollten von nationalen Hemmnissen befreit und auf unterschiedliche Verbrauchergruppen zugeschnitten sowie möglichst preiswert zugänglich sein.
2. Luftverkehrsunternehmen sollten eine finanziell stabile Position aufweisen, was durch eine Verringerung ihrer Betriebskosten im Rahmen von Umstrukturierungen und Produktivitätszuwächsen realisierbar erschien.

3. Die Interessen und Rechte der Beschäftigten im Luftverkehrsbereich sollten im Rahmen des allgemeinen sozialen Fortschritts gewahrt bleiben.
4. Die europäische Bevölkerung sollte eine Verbesserung ihrer Lebensbedingungen unter Berücksichtigung der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Interessen erfahren.

Die aus den Diskussionen, Stellungnahmen und konvergierenden Ansichten gewonnenen Vorschläge wurden dann im 2. Memorandum vom 15. März 1982 publik gemacht. In diesem Memorandum wurde von der EU-Kommission vorgeschlagen, über stufenweise Lockerungen zu einem gemeinsamen Verkehrsmarkt zu kommen und durch eine Annäherung der wichtigen Eckdaten den Wettbewerb auf diesem Markt zu schützen. Insbesondere der Inhalt bilateraler Abkommen, z. B. die Beeinflussung des Marktverhaltens der Luftverkehrsgesellschaften durch die Staaten, wurde kritisiert. Ebenfalls der Kritik ausgesetzt waren Absprachen zwischen den Luftverkehrsgesellschaften und staatliche Subventionen. Das 2. Memorandum sah deshalb konkret folgendes vor:

Die EU-Staaten sollten sich bei bilateralen Luftverkehrsabkommen von der Vorgehensweise, Verkehrsrechte und Kapazitäten strikt reziprok, d. h. 50 : 50 auszutauschen, trennen. Es wurde das Zulassen von Kapazitätsschwankungen mit einer Untergrenze von 25 % der Gesamtkapazität für die „schwächere" Luftverkehrsgesellschaft gefordert:

Weiterhin sollte:

- die Zulassung mehrerer Luftverkehrsgesellschaften im grenzüberschreitenden Verkehr möglich sein;
- die Zulässigkeit von Tarifmargen, bei denen eine obere und untere Grenze festgelegt wurde, innerhalb derer sich der Tarif frei bewegen konnte, wurde angemahnt;
- die Genehmigungspflicht für Sondertarife sollte teilweise entfallen;
- die noch bestehenden Charterflugbestimmungen sollten gelockert werden.

Besonderer Harmonisierungsbedarf wurde im Bereich der staatlichen Beihilfen gesehen. Die Befürchtung war die, dass es vor dem Hintergrund zunehmenden Wettbewerbs bei einer nicht eindeutigen Regelung zu einem Subventionswettlauf der Luftverkehrsgesellschaften kommen könnte.

Von diesen unverbindlichen, lediglich mögliche Maßnahmen nennenden Memoranden, bis zum ersten Liberalisierungspaket von 1988 verging jedoch einige Zeit. Die vorgeschlagenen Maßnahmen fanden ihren Niederschlag in einer Richtlinie des Rates über die Zulassung des interregionalen Fluglinien-Flugverkehrs zur Beförderung von Personen, Post und Fracht zwischen den Mitgliedsstaaten im Jahre 1983, eine Teilliberalisierung des EU-Regionalluftverkehrs. Sie besaßen aber keine Rechtsverbindlichkeit. Trotz weiterer Bemühungen dieser Art konnte von einer „europäischen Luftverkehrspolitik" keine Rede sein.

Auch von Seiten der European Civil Aviation Conference (ECAC) wurden Bestrebungen zur Integration des europäischen Luftverkehrs unternommen. Im Jahre 1987 wurde von ihr ein Abkommen zur Festsetzung der Tarife im Fluglinienverkehr

verabschiedet, das „ECAC Agreement on the Procedure for the Establishment of Tarifs for Intra-European Scheduled Air Services“. Hierbei wurde den 12 Signaturstaaten prinzipiell das Recht zu Tarifabsprachen zugestanden. Die Bedeutung dieses Abkommens lag jedoch in der Tatsache begründet, dass die dort entwickelte Tarifzonenregelung (Zones of Flexibility) vom EU-Ministerrat weitgehend übernommen wurde. Ähnliches galt für das zur gleichen Zeit vorgelegte „ECAC Agreement on the Sharing of Capacity on Intra-European Scheduled Air Services“.

Am 14. Dezember 1987 beschloss der EU-Ministerrat die folgenden Maßnahmen, welche bereits am 1. Januar 1988 in Kraft traten. Die Beschlüsse konzentrierten sich auf den Fluglinienverkehr, da der Charterverkehr sowie die Luftfracht bereits zuvor weitgehend liberalisiert worden waren. Inhaltlich setzte sich **die erste Phase der Liberalisierung** aus folgenden Fakten zusammen:

Kapazitätsaufteilung: Automatische Genehmigung von Kapazitätserhöhungen auf allen innereuropäischen Strecken, solange bestimmte Höchstwerte nicht überschritten wurden. Die Variationsbreite gestattete zunächst eine Aufteilung bis maximal 55 % : 45 %, ab dem 1. Oktober 1989 wurde sie auf 60 % : 40 % erhöht.

Marktzugang: Zur Erleichterung des Marktzugangs wurden zwei Maßnahmen beschlossen:

1. Die Mehrfachdesignierung wurde auf bestimmten Strecken mit einem Mindest-Passagieraufkommen zugelassen, sodass ab dem Stichtag mehrere Luftverkehrsgesellschaften eines Mitgliedsstaates Luftverkehr auf den genannten Strecken mit anderen Mitgliedsstaaten betreiben durften. Die Grenzwerte wurden je Strecke wie folgt festgelegt: 1988 ab 250.000 Passagiere pro Jahr; 1989 ab 200.000 Passagiere pro Jahr; 1990 ab 180.000 Passagiere pro Jahr.
2. Es wurde eine Vereinfachung des Marktzugangs für den Regionalluftverkehr durch Eröffnung neuer Strecken zwischen den sogenannten EU Kategorie-l-Flughäfen (in Deutschland Frankfurt/Main, Düsseldorf und München) und den Regionalflughäfen des Nachbarlandes erreicht. Des weiteren wurde ein freier Marktzutritt für Luftverkehrsgesellschaften mit Flugzeugen <70 Sitze vereinbart und es erfolgte der Einstieg in die Rechte der 5. Freiheit der Luft. Die Einschränkung war hier, dass diese nur 30 % der Jahreskapazität der jeweiligen Luftverkehrsgesellschaft auf dieser Route ausmachen durften.

Tarife: Zur Umgehung größerer Ertragsverluste bezog sich der die Tarife betreffende Beschluss zunächst nur auf Discount-Tarife (mit Ermäßigungen zwischen 10 % und 35 %) und Deep-Discount-Tarife (mit Ermäßigungen bis zu 55 %) mit Bezug auf den Standard-Economy-Tarif.

Eine Neuerung war, dass diese Tarife nur von einer Luftverkehrsgesellschaft angeboten werden konnten und innerhalb dieser Tarifzonen automatisch genehmigt wurden. Sie unterlagen allerdings vielfältigen Konditionen bezüglich Mindestaufenthalten, Umbuchungsmöglichkeit, Alter, etc. Die Normaltarife wurden ebenfalls flexibilisiert, weil die mittels Mehrfachdesignierung neu auf einer Strecke eintretenden

Luftverkehrsgesellschaften nicht an die Tarife der ehemals auf dieser Strecke verkehrenden Luftverkehrsgesellschaften gebunden waren. Allerdings bedurften die Tarife einer Genehmigung (Double Approval), die im Jahre 1988 dann erteilt wurde, wenn die Reduzierung bei $\leq$10 % lag.

Trotz der Entwicklung in Richtung auf einen deregulierten Wettbewerb hin wurden mit der ersten Liberalisierungsphase auch Absprachen der Luftverkehrsgesellschaften in bestimmten Bereichen zugelassen. Diese so genannten Gruppenfreistellungen nahmen Bezug auf unverbindliche Tarifabsprachen und Absprachen zur Slotzuweisung, für automatisierte Reservierungssysteme, Technik, Tätigkeiten am Boden, Abfertigung und Bordverpflegung. Diese Bestimmungen wurden rückwirkend wirksam, sodass die bisher bestehenden Kooperationen der Luftverkehrsgesellschaften weiterhin bestehen bleiben konnten. Die von der Kommission erlassenen Bestimmungen hatten eine Gültigkeit bis Ende 1992.

Die zweite Phase der Liberalisierung des Luftverkehrs in den EU-Staaten wurde am 24. Juli 1990 beschlossen und trat am 1. Januar 1991 in Kraft. Sie ersetzte die Beschlüsse der ersten Liberalisierungsphase. Gegenstand der zweiten Phase waren zwei Rechtsvorschriften bezüglich Tarifen sowie des Marktzugangs und der Kapazitäten, gefolgt von einer Verordnung hinsichtlich der Wettbewerbsregeln. Im Zusammenhang mit der ersten Liberalisierungsphase galten nun folgende Regelungen:

Kapazitätsaufteilung: Das zulässige Verhältnis der nicht genehmigungspflichtigen Kapazitätshöchstgrenze wurde auf maximal 67,5 % : 32,5 % angehoben. In der darauffolgenden Flugplanperiode sollte eine Erhöhung auf maximal 75 % : 25 % zulässig sein. Bereits bestehende Vereinbarungen mussten nicht revidiert werden, durften aber auch keinen restriktiveren Charakter aufweisen. Für Verkehre zwischen Regionalflughäfen waren diese Regelungen nichtig, hier konnte strikte Reziprozität gelten.

Marktzugang: Ab dem 1. Januar 1991 galten neue Schwellenwerte für die Mehrfachdesignierung, d. h: 800 Hin- und Rückflüge (welche 1990 durchgeführt worden waren). Ab dem 1. Januar 1992 lag der Schwellenwert bei mindestens 100.000 Passagieren pro Jahr oder 600 Hin- und Rückflügen (welche 1991 befördert / durchgeführt worden waren). Neue Flugliniendienste durften grundsätzlich zwischen allen internationalen Flughäfen der EU eingerichtet werden, also auch zwischen Flughäfen der EU Kategorie l.

Rechte der 5. Freiheit der Luft waren unter der Bedingung, dass maximal 50 % der Gesamtkapazität auf dem Streckenteil der 5. Freiheit angeboten wurden, auf allen Strecken der EU möglich.

Der Regionalverkehr unterlag anderen Regelungen, so galten z. B. für Flugzeuge von $\leq$80 Sitzen die Grenzen der Kapazitätsaufteilung nicht.

Tarife: Auch während der zweiten Phase der Liberalisierung existierten noch verschiedene Formen der Tarifgenehmigung. Es wurden drei Flexibilitätszonen festgelegt, innerhalb derer sich die Tarife bewegen durften.

Bei der Zone der normalen Economy-Tarife handelte es sich um Tarife, die zwischen 95 % und 105 % des Bezugstarifes (arithmetisches Mittel der Fluglinientarife für eine bestimmte Strecke in der Economy-Klasse) variieren durften. Spezielle

Anwendungs-bedingungen waren nicht vorgesehen. Die Rabatt- (Discount) und Superrabattzonen (Deep-Discount) waren an bestimmte Anwendungsbestimmungen und deren Kombination geknüpft (z. B. Mindest- und Höchstaufenthalte, Abflugzeit, Alter, etc.).

Im Vergleich zur ersten Stufe der Liberalisierung war die Anzahl der Bedingungen allerdings verkleinert worden. Bewegten sich die Tarife innerhalb dieser Zonen (Discount: Ermäßigungen in Höhe von 6–21 % des Normaltarifs, Deep-Discount: Ermäßigungen in Höhe von 21–70 %, so wurden sie automatisch genehmigt. Waren die Tarife höher, so fand innerhalb von 30 Tagen das Verfahren des Double Disapproval Anwendung. Waren sie niedriger, so wurde das Double Approval Verfahren innerhalb von drei Wochen durchgeführt. Des weiteren durften ab der zweiten Liberalisierungsphase Sondertarife für Flugdienste mit Verkehrsrechten der 5. Freiheit angewendet werden, was vorher nur für Relationen der 3. und 4. Freiheit möglich war.

Alle Freistellungen von den Wettbewerbsbestimmungen nach Artikel 85 Absatz 1 des EWG-Vertages der ersten Liberalisierungsphase wurden bis zum 31. Dezember 1992 verlängert. Diese wären ursprünglich am 31. Januar 1991 ausgelaufen, wurden aber leicht modifiziert ab dem 1. Februar 1991 verlängert. Im einzelnen handelte es sich bei den Gruppenfreistellungen um die unverbindliche Planung und Koordinierung von Kapazitäten, Tarifkonsultationen im Fluglinienverkehr, die Slotzuweisung, computergestützte Buchungssysteme und Versorgungsleistungen auf Flughäfen.

Zur möglichst schnellen Beseitigung bestehender Probleme wurden zwischen den beiden großen Liberalisierungsphasen weitere Regelungen eingeführt, die im folgenden näher beschrieben werden.

Von Interesse ist der „CRS Code of Conduct“ vom 24. Juli 1989. Hierin verpflichtete der Rat der EU die Betreiber von Computerreservierungssystemen (CRS) zur Wahrung des Neutralitäts-Prinzips bei der Angebotsdarstellung und Gebührenerhebung. Die Reihenfolge der Darstellung wurde wie folgt festgelegt:

1. Nonstop-Flüge zwischen den Städtepaaren,
2. Direktflüge (mit Zwischenlandung), aber ohne Wechsel des Flugzeuges,
3. Anschlussflüge.

Des weiteren mussten die Reihenfolge der Abflug-, Ankunft- und Flugzeiten beachtet sowie Zwischenlandung, Flugzeug-, Flughafenwechsel und Code-Sharing angezeigt werden.

Weiterhin sei die Überbuchungsverordnung vom 4. Februar 1991 erwähnt. Zum Ausgleich der sich mit der Überbuchungspraxis der Luftverkehrsgesellschaften einstellenden Abweisungen von Passagieren trotz gültiger Flugtickets und bestätigter Buchung wurde hiermit eine rechtliche Grundlage für Ausgleichszahlungen an die betroffenen Passagiere geschaffen (Verbraucherschutz). Abgewiesene Passagiere bekamen somit folgende Rechte:

- Vollständige Erstattung des betreffenden Flugabschnittes oder schnellstmögliche (Alternativ-) Beförderung oder spätere Beförderung nach eigener Wahl.

- Anrecht auf Ausgleichszahlungen in Höhe von 150 ECU (€) bei Endziel bis 3.500 km bzw. 600 ECU (€) bei Entfernungen darüber. Diese reduzieren sich um die Hälfte, wenn Verspätungen von zwei bis vier Stunden nicht überschritten wurden.
- Zusätzliche Übernahme nötiger Fernsprechkosten zum Zielort, angemessene Verpflegungskosten und eventuell nötige Übernachtungskosten.
- Bei Pauschalreisen war der Veranstalter gegenüber dem Passagier für Ausgleichszahlungen verantwortlich.

Eine Überarbeitung der Slotvergabepraxis führte zum „Code of Conduct for Slotallocation". Im Diskussionspapier Nr. 523/90 der EU-Kommission vom 30. August 1990 wurde eine Neuregelung hinsichtlich der Zuweisung von Zeitnischen (Slotvergabe) auf Flughäfen durch die EU vorgeschlagen. Klärungsbedürftig war aber noch, „inwiefern die bisher allein von nationalen Institutionen vorgenommene Slotvergabe (in Deutschland durch den Flughafenkoordinator, der auch die Transitflüge koordiniert) auf Gremien der EU übergehen sollte". Die bisher übliche Praxis der Slotvergabe nach der IATA-Prioritätenformel bevorzugte dabei die alteingesessenen Luftverkehrsgesellschaften, wonach solche Flüge erste Priorität hatten, die in gleicher Weise bereits im Vorjahr koordiniert wurden (Großvaterrechte). Die zweite Prioritätsstufe war das Häufigkeitsprinzip, welches bestimmte, dass häufigere Verkehrsdienste weniger häufigen vorgezogen wurden. Die dritte Prioritätsstufe entsprach dem Saison- und Intervallprinzip, wonach Flüge, die für die gesamte Flugplanperiode vorgesehen waren, vor nur innerhalb bestimmter Zeitintervalle stattfindenden Flüge, und diese wiederum vor Einzelflügen koordiniert wurden.

Reichten die Prioritätenregeln nicht aus, um eine eindeutige Entscheidung zwischen zwei oder mehreren Nachfragern zu treffen, kamen weitere Kriterien zur Anwendung. So wurde ein Anflug höher bewertet als ein Abflug, ein Langstreckenflug höher als ein Kurzstreckenflug, ein schweres Flugzeug höher als ein leichtes, ein Transitflug höher als ein Umkehrflug und der Flug einer Gesellschaft, die eine Basis (Home Base) auf dem betreffenden Flughafen hatte, höher als Flüge anderer Gesellschaften.

Durch die Großvaterrechte kam es beispielsweise in der Bundesrepublik Deutschland dazu, dass rund 95 % der Slot's dauerhaft an Luftverkehrsgesellschaften vergeben waren, somit Marktneulingen nicht zur Verfügung standen. Das Häufigkeitsprinzip führte ebenfalls zu einer Einengung der Vielfalt in der Angebotsstruktur, da neu aufgenommene Destinationen in der Regel zuerst mit wenigen Frequenzen pro Woche bedient werden. Diese waren bei der Neuvergabe von Slot's gegenüber stark genutzten Hauptrouten benachteiligt.

Mit dem zehnten Änderungsgesetz zum LuftVG wurde die Regelung der Slot-Vergabe in der Bundesrepublik Deutschland zum ersten Mal gesetzlich festgelegt. Es wurden die folgenden Vorrang-Kriterien festgelegt:

- Flüge zur gewerbsmäßigen Beförderung von Personen oder Sachen waren nicht gewerbsmäßigen Flügen vorzuziehen.
- Bereits früher koordinierte Flüge hatten eine höhere Priorität als erstmals geplante Flüge.

- Häufige, vergleichbare Flüge einer Flugplanperiode waren weniger häufigen voranzustellen.
- Flüge nach Instrumentenflugregeln genossen einen höheren Stellenwert als Flüge nach Sichtflugregeln.

Im eingangs erwähnten Vorschlag der EU-Kommission wird in Zukunft auch weiterhin von Großvaterrechten ausgegangen, wobei die verbleibenden Slot's aber in einem Pool zusammengefasst werden, in den auch neue, zurückgegebene oder wegen zu geringer Nutzung zurückgeforderte Slot's kommen. Diese wurden auf die antragstellenden Unternehmen aufgeteilt, wobei 50 % Neubewerbern vorbehalten sind. Die wichtigste Vorrangregel war „ein längerer Betriebszeitraum in der Flugplanperiode". War die Anzahl der für die Neubewerber reservierten Slot's nicht ausreichend bezüglich aller Neuanträge, so hatte der für den jeweiligen Flughafen zuständige Staat dafür Sorge zu tragen, dass die benötigten Slot's verfügbar gemacht wurden. Hierzu sollte er von den Unternehmen, die täglich mehr als sechs Slot's je Strecke zur Verfügung hatten, Zeitnischen zurückfordern. Die Neubewerber ihrerseits hatten Anspruch auf bis zu täglich sechs Slot's pro Strecke.

Im Sommer 1992 wurde die **dritte Phase der Liberalisierung** beschlossen, die dann mit der Einführung des EU-Binnenmarktes am 1. Januar 1993 in Kraft trat. In dieser Phase wurde eine Erhöhung der Wettbewerbsintensität und die Schaffung binnenmarktmäßiger Bedingungen im europäischen Luftverkehr geschaffen. Die bisher gültigen Beschlüsse der zweiten Phase wurden durch jene der dritten Phase ersetzt.

Sie stellten nicht nur eine Fortführung der Beschlüsse aus den ersten beiden Phasen dar, sondern gingen inhaltlich und vom konzeptionellen Ansatz her weit über die bisherigen Maßnahmen hinaus. Wie auch schon in den vorangegangenen Stufen geschehen, wurde in der dritten Stufe kein uneingeschränkter Wettbewerb zugelassen, um die Interessen aller Beteiligten zu wahren. Das dritte Liberalisierungspaket setzte sich aus folgenden Verordnungen zusammen:

- Einführung einer Betriebsgenehmigungspflicht, welche vom zuständigen Mitgliedsstaat unter gewissen Voraussetzungen gewährt wurde;
- Sitz bzw. Hauptniederlassung der Gesellschaft/Unternehmung mussten sich in dem jeweiligen Staat befinden;
- Luftverkehr musste den Haupterwerbszweig des Unternehmens darstellen;
- das Unternehmen musste sich unmittelbar oder über Mehrheitsbeteiligung im Eigentum von Mitgliedsstaaten u./o. deren Staatsangehörigen befinden;
- die Kontrolle des Unternehmens musste von letzteren auch tatsächlich ausgeübt werden.

Handelte es sich um einen erstmaligen Antrag, so waren zusätzliche Nachweise über eine solide Finanzausstattung und Versicherungen nötig. Zusätzlich war die Vorlage eines „Air Operators Certificate", das ist der Nachweis der fachlichen Eignung zum sicheren Betrieb von Luftfahrzeugen, erforderlich.

Der Zugang zu innereuropäischen Strecken wurde wie folgt geregelt. Nach Erteilung der Betriebsgenehmigung hatte das betreffende Luftverkehrsunternehmen grundsätzlich Verkehrsrechte auf allen Strecken innerhalb der Gemeinschaft, welche nur noch bedingt Kapazitäts-Beschränkungen unterlagen (z. B. bei Überlastungen auf Flughäfen oder bei Umweltproblemen). Darüber hinaus waren die Mitgliedsstaaten gehalten, EU-Luftverkehrsgesellschaften Verkehrsrechte für Fluglinienverkehre zu gewähren, die als „Anschlusskabotage" fungieren, also als Kabotage im Vor- oder Nachlauf des Fluges, sofern dafür nicht mehr als 50 % der Kapazität angeboten wurde. Die Ausübung der 8. Freiheit der Luft (Kabotage) war prinzipiell jedoch bis zum 31. März 1997 untersagt. Seit dem 01.04.1997 ist auch die 8. Freiheit (Kabotage) innerhalb Europas freigegeben. Das bedeutet, dass Luftverkehrsgesellschaften innerhalb eines Drittstaates Luftverkehr durchführen dürfen, ohne einen Anschlussflug zum Heimatland zu haben.

Flugpreise konnten von den Vertragsparteien frei ausgehandelt werden und bedurften keiner Genehmigung. Sie wurden auf Anfrage veröffentlicht und mussten spätestens 24 Stunden vor Inkrafttreten bei den Mitgliedsstaaten hinterlegt werden.

Eine Interventionsmöglichkeit der Mitgliedsstaaten bei Flugpreisen bestand lediglich dann, wenn sich der Grundpreis aufgrund seiner „übermäßigen Höhe" nachteilig für die Passagiere auswirkte. Weiterhin konnten die Preise auch dann abgelehnt werden, wenn diese zu einem Preiskampf geführt hätten, der den beteiligten Unternehmen „umfangreiche Verluste" zufügt hätte. Diese Entscheidungen mussten dann von Rat und Kommission geprüft werden, es galt das Double Disapproval Verfahren.

Weiterhin gestattet waren die unverbindliche Flugplan- und Tarifkoordination, die Slotvergabe an Flughäfen und der gemeinsame Erwerb und Betrieb von computergesteuerten Reservierungssystemen. Erlaubt war auch die Nutzung gemeinsamer Flugnummern (Code Sharing) und die betriebliche Kooperation bei der Durchführung von Flugdiensten.

Im Zusammenhang mit der Liberalisierung im europäischen Luftverkehr wurden auch Bestrebungen unternommen, die verkehrliche und betriebliche Abfertigung (Groundhandling) auf den Flughäfen der europäischen Gemeinschaft zu liberalisieren, um die Monopolsituationen in diesem Bereich aufzuheben und den Luftverkehrsgesellschaften die Möglichkeit zu bieten, zwischen verschiedenen Dienstleistern den effizientesten und kostengünstigsten Anbieter auszuwählen oder die Abfertigung, soweit möglich, selbst durchzuführen. Am 15. Oktober 1996 wurde zu diesem Zweck eine Direktive der Europäischen Union mit folgenden Maßgaben erlassen:

- ab dem 1. Januar 1998 konnten Dienstleistungen innerhalb des Terminals – und bei Flughäfen mit einem jährlichen Aufkommen von mehr als 1 Million Passagieren oder 25.000 t Fracht pro Jahr auch außerhalb des Terminals – selbst durchgeführt werden;
- ab dem 1. Januar 1999 konnten Dienstleistungen bei Flughäfen mit einem jährlichen Aufkommen von mehr als 3 Millionen Passagieren oder 75.000 t Fracht pro Jahr auch durch Dritte durchgeführt werden;
- ab dem 1. Januar 2001 wurde die Grenze für Dienstleistungen durch Dritte auf ein jährliches Aufkommen von mehr als 2 Millionen Passagiere oder 50.000 t Fracht pro Jahr gesenkt.

Darüber hinaus konnten Befreiungen von begrenzter Dauer, überwacht durch die EU, für Flughäfen mit außergewöhnlichen Kapazitäts- und Platzproblemen erteilt werden.

17.1.3 Verkehrsrechte zwischen Ländern der EU und Drittstaaten

Die Liberalisierungspolitik der EU bezieht sich per Definition lediglich auf den innereuropäischen Fluglinienverkehr und stellt somit ein multilaterales Vertragswerk aller Gemeinschaftsstaaten dar. Im Bereich des Luftverkehrs mit Drittstaaten, z. B. den USA, beruht der Luftverkehr noch immer auf bilateralen Abkommen. Durch den Abschluss sehr freizügiger Abkommen dieser Art ist es mittlerweile zu einer Situation gekommen, innerhalb derer einer außereuropäischen Luftverkehrsgesellschaft der freie Zugang zum EU-Binnenmarkt inklusive der Rechte der 5. Freiheit der Luft gewährt werden, ohne dass vergleichbare Gegenleistungen offeriert werden müssen, noch restriktive Maßnahmen von Seiten der EU möglich sind.

17.1.4 Flugsicherheit und technische Standards

Erste Schritte zum Erlass gemeinsamer europäischer Sicherheitsstandards im Luftverkehr wurden mit der Gründung der Joint Aviation Authority, JAA, im Jahre 1989 getan. Die JAA erwuchs aus der Kooperation nationaler Zulassungsbehörden für multinationale Flugzeugentwicklungen wie beispielsweise der Concorde Entwicklung, später bei den Airbus Flugzeugen. Die Hauptaufgabe der JAA war und ist die Kooperation auf den Gebieten Luftfahrzeug-Sicherheit, der Entwicklung und Herstellung, der Überwachung der Lufttüchtigkeit, sowie der Instandhaltung und des Flugbetriebs. Die JAA hat Richtlinien zu folgenden Bereichen erarbeitet:

- Airworthiness Standards (Lufttüchtigkeit) für Flugzeuge, Hubschrauber, Propeller, Triebwerke, Leichtflugzeuge, sowie Lärm- und Emissionsbestimmungen;
- Personnel (Luftfahrtpersonal), Zulassung, gesundheitliche Anforderungen, Schulung und Lizensierung von Wartungspersonal;
- Air Operator Certification (Zertifizierung von Luftfahrzeugbetreibern);
- Requirements for Aircraft Equipment (Luftfahrzeugausrüstung);
- Harmonisation of Rule-Making mit der Federal Aviation Administration, FAA.

17.2 Ziele europäischer Luftverkehrspolitik

Als Ziele der europäischen Luftverkehrspolitik sind zu nennen:

- Die Aufrechterhaltung eines hohen Sicherheitsniveaus im Luftverkehr.
- Die Harmonisierung der nationalen Luftverkehrspolitiken und technischen Standards in Europa als Grundvoraussetzung für einen gemeinsamen europäischen Luftverkehrsmarkt.

- Der mittel- und langfristige Abbau der Kapazitätsengpässe in der Luftverkehrsinfrastruktur.
- Die Schaffung eines Ordnungsrahmens, der den am Luftverkehr beteiligten Unternehmen einerseits die Möglichkeit zur freien wirtschaftlichen Entfaltung bietet, andererseits aber die durch den nahezu uneingeschränkten Wettbewerb möglichen Beeinträchtigungen der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit des Luftverkehrs begrenzt.
- Die Sicherstellung von akzeptablen Servicestandards.
- Förderung von Maßnahmen zur Herstellung einer vernünftigen Relation zwischen ökologischen und ökonomischen Interessen im Luftverkehr.
- Förderung der Intermodalität der Verkehrsträger.

Die zukünftige Gestaltung der europäischen Luftverkehrspolitik bewegt sich dabei im Spannungsfeld vollständiger Liberalisierung und gezielter, d. h. punktueller staatlicher Regulierung. Nur so kann der Ausgleich zwischen öffentlichem und privatwirtschaftlichem Interesse dauerhaft realisiert werden.

17.3 Europäische Verträge und Verordnungen

Im Bereich Luftfahrt hat die Europäische Union mit den nachfolgend genannten Verordnungen maßgeblich Einfluss genommen. Im wesentlichen betrifft das folgende Verordnungen und Bereiche:

Allgemeine Verordnungen:

- Computergesteuerte Buchungssysteme (CRS), VO (EWG) 2299/89,
- Betriebsgenehmigung von Luftfahrtunternehmen, VO (EWG) 2407/92,
- Zugang zu Strecken, VO (EWG) 2408/92,
- Flugpreise und Luftfrachtraten, VO (EWG) 2409/92,
- Zuweisung von Zeitnischen, VO (EWG) 95/93,
- Flugpläne, Flugdienste, Tarifkonsultationen, Zeitnischen, VO (EWG) 1617/93,
- Haftung von Luftfahrtunternehmen, VO (EG) 2027/97,
- Ausgleichs- und Unterstützungsleistungen bei Nichtbeförderung, Verspätung, VO (EG) 261/2004,
- Versicherungsanforderungen an Luftfahrtunternehmen, Luftfahrzeugbetreiber, VO (EG) 785/2004,
- Aushandlung und Durchführung von Luftverkehrsabkommen, VO (EG) 847/2004.

Bereich Flugsicherung:

- Rahmenverordnung (SES), VO (EG) 549/2004,
- Flugsicherungsdienste-Verordnung (SES), VO (EG) 550/2004,
- Luftraum-Verordnung (SES), VO (EG) 551/2004,
- Interoperabilitäts-Verordnung (SES), VO (EG) 552/2004.

Bereich Technik:

- Technische Vorschriften und Verwaltungsverfahren, VO (EWG) 3922/91,
- Europäische Agentur für Flugsicherheit (EASA), VO (EG) 1592/2002,
- Lufttüchtigkeitszeugnisse, Zulassung von Entwicklungs- und Herstellungsbetrieben, VO (EG) 1702/2003,
- Aufrechterhaltung der Lufttüchtigkeit, VO (EG) 2042/2003.

Bereich Sicherheit:

- Sicherheit in der Zivilluftfahrt, VO (EG) 2320/2002.
- Nationale Qualitätskontrollprogramme, VO (EG) 1217/2003.

Träger europäischer Luftverkehrspolitik

18

18.1 Europäische Union

Die Europäische Union (EU) hat sich auf der Basis der Römischen Verträge, der Verträge von Maastricht und Amsterdam die Aufgabe gesetzt, durch gemeinsame Politik und Maßnahmen sowie durch die Errichtung eines gemeinsamen Marktes, einer Wirtschafts- und Währungsunion, eine harmonische und ausgewogene Entwicklung des Wirtschaftslebens innerhalb der Union und einen hohen Grad an Konvergenz der Wirtschaftsleistungen zu fördern. Hierzu umfasst die Tätigkeit der Union u. a. eine gemeinsame Politik auf dem Gebiet des Verkehrs und eine Angleichung der innerstaatlichen Rechtsvorschriften, soweit dies für das Funktionieren des gemeinsamen Marktes erforderlich ist.

Gemeinsame Regelungen werden als Richtlinien, die von den Mitgliedstaaten jeweils selbstständig in nationales Recht umzusetzen sind, und als Verordnungen mit unmittelbarer Geltung in den Mitgliedstaaten beschlossen. Die Einhaltung dieser Regelungen liegt eigenverantwortlich bei den Mitgliedstaaten. Die Kommission überwacht jedoch die Einhaltung des Gemeinschaftsrechts durch die Mitgliedstaaten in ihrer Funktion als "Hüterin der Verträge". Soweit das Recht der Gemeinschaft unmittelbar in den Mitgliedstaaten gilt, wird das nationale Recht vom Recht der EU ergänzt bzw. dort, wo es den Regelungen entgegensteht, überlagert.

Die EU verfügt nach Artikel 80 Abs. 2 des EG-Vertrages auch über Zuständigkeiten für den Luftverkehr. In diesem Zusammenhang kommt der Harmonisierung technischer Vorschriften und Normen eine große Bedeutung zu.

Die Mitgliedstaaten der EU haben gemeinsame Organe eingerichtet. Sie haben Teile ihrer einzelstaatlichen Souveränität an diese Organe übertragen, damit in bestimmten Angelegenheiten von gemeinsamem Interesse auf europäischer Ebene demokratische Entscheidungen getroffen werden können. Diese Zusammenführung der Souveränität wird auch als „Europäische Integration" bezeichnet.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_18,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Das institutionelle System der EU besteht aus fünf Organen, jeweils mit spezifischen Aufgaben:

- Europäisches Parlament (gewählt von der Bevölkerung der Mitgliedstaaten),
- Rat der Europäischen Union (Vertretung der Regierungen der Mitgliedstaaten),
- Europäische Kommission (ausführendes Organ),
- Europäischer Gerichtshof (gewährleistet die Einhaltung der Rechtsvorschriften),
- Europäischer Rechnungshof (kontrolliert die rechtmäßige Verwaltung des EU-Haushalts).

Diese Organe werden durch fünf weitere wichtige Einrichtungen ergänzt:

- Europäischer Wirtschafts- und Sozialausschuss (vertritt Standpunkte im Bereich der wirtschaftlichen und sozialen Belange),
- Ausschuss der Regionen (vertritt Interessen regionaler und örtlicher Behörden),
- Europäische Zentralbank (ist für die Geldpolitik zuständig),
- Europäischer Bürgerbeauftragter (setzt sich mit Beschwerden der Bürger über Missstände in der Verwaltung bei beliebigen Organen oder Stellen der EU auseinander),
- Europäische Investitionsbank (trägt durch die Finanzierung von Investitionsprojekten zur Umsetzung der Ziele der EU bei).

Das Prinzip der Rechtsstaatlichkeit ist wesentlich für die Europäische Union. Alle Entscheidungen und alle Verfahren der EU beruhen auf den EG-Verträgen, die von allen EU-Ländern vereinbart wurden. Anfänglich bestand die EU aus den sechs Ländern Belgien, Deutschland, Frankreich, Italien, Luxemburg und den Niederlanden. Dänemark, Irland und das Vereinigte Königreich kamen 1973 hinzu. Griechenland 1981, Spanien und Portugal 1986, Österreich, Finnland und Schweden 1995. Die EU Staatengemeinschaft umfasst derzeit 28 Länder (Stand 2012).

In den ersten Jahren beschränkte sich die Zusammenarbeit hauptsächlich auf den Handel und die Wirtschaft. Heute jedoch befasst sich die EU auch mit vielen anderen Fragen, die sich unmittelbar auf das tägliche Leben auswirken. Das betrifft die Wahrung der Bürgerrechte, die Gewährleistung von Freiheit, Sicherheit und Gerechtigkeit, die Schaffung von Arbeitsplätzen, die Regionalentwicklung, den Umweltschutz und eine diskriminierungsfreie Globalisierung.

Auf dem Transportsektor beschäftigt sich die Europäische Union mit der weiteren Liberalisierung des Luftverkehrsmarktes, wie beispielsweise mit den Rechten von Flugpassagieren, aber auch mit Themen, die die Flugsicherung betreffen. Hier sind insbesondere der „Single European Sky“ oder das zivile europäische Satellitensystem „Galileo“ zu nennen. Im Bereich der Luftfahrtverwaltung kommt der im September 2003 etablierten „Europäischen Agentur für Flugsicherheit, EASA“ eine weit reichende Bedeutung zu.

18.2 European Civil Aviation Conference

Die Europäische Zivilluftfahrt-Konferenz (ECAC) wurde auf Antrag des Europarates aufgrund einer von der Internationalen Zivilluftfahrt-Organisation (ICAO) im Jahre 1954 einberufenen Konferenz in Straßburg (Konferenz zur Koordinierung des Luftverkehrs in Europa) initiiert. Die konstituierende Konferenz zur Gründung der ECAC fand 1955 in Straßburg statt.

Die ECAC verfolgt, in Anlehnung an die ICAO, für Europa das Ziel, einen sicheren und wirtschaftlichen Luftverkehr, der auch der Umwelt gerecht wird, sicherzustellen. Sie arbeitet eng mit der Europäischen Union und der ICAO zusammen. Die ECAC beschließt jedoch ihr eigenes Arbeitsprogramm und führt selbstständig Konferenzen und Sitzungen durch. Hierzu werden insbesondere in den Versammlungen der Leiter der Luftfahrtbehörden (dies sind regelmäßig die Generaldirektoren/Abteilungsleiter der staatlichen Luftfahrtverwaltungen) der Mitgliedstaaten Beschlüsse, Empfehlungen und politische Erklärungen verfasst.

Die ECAC trifft keine Beschlüsse mit unmittelbarer Bindungswirkung für die Mitgliedstaaten, ihre Tätigkeit ist für die Mitgliedstaaten ausschließlich beratender Natur. Resolutionen, Erklärungen zur europäischen Luftfahrtpolitik und Empfehlungen der ECAC müssen daher von den Mitgliedstaaten in nationales Recht umgesetzt werden, um Geltung gegenüber Dritten zu erlangen.

Unter der Schirmherrschaft der ECAC wurden bislang eine Reihe von internationalen Abkommen und „Memoranda of Understandings“ mit anderen Staaten und Regionen abgeschlossen. Daneben werden Treffen der Verkehrsminister der Mitgliedstaaten, internationale Symposien und Seminare zu Luftfahrtfragen ausgerichtet. Die ECAC hat derzeit 44 Mitgliedstaaten (Stand 2012).

Organe der ECAC sind:

- als oberstes Organ die Vollversammlung der Vertreter der Mitgliedstaaten,
- die Versammlung der Leiter der Luftfahrtbehörden (Generaldirektoren),
- der Koordinierungsausschuss sowie vier ständige Ausschüsse, (2 Economic Committees, 1 Technical Committee, 1 Facilitation Committee).

Für besondere Projekte sind Steuerungsgremien eingerichtet. Während sich die ICAO darauf beschränkt, auf Antrag der Mitgliedstaaten Prüfungen der staatlichen Luftfahrtverwaltungen auf die Einhaltung der international geltenden ICAO-Standards vorzunehmen, haben insbesondere die rasanten Zuwachsraten im Luftverkehr und die große Zunahme des Charterverkehrs die Notwendigkeit deutlich gemacht, die Luftfahrzeuge selbst auf die Einhaltung der internationalen Standards hin zu untersuchen. Die ECAC hat sich dieser Aufgabe im Jahre 1995 zugewandt und hierzu ein Programm (SAFA – Safety Assessment of Foreign Aircraft) entwickelt, wonach in jedem ECAC-Staat ausländische Luftfahrzeuge (aus anderen ECAC- oder Nicht-ECAC-Staaten) zum Gegenstand einer

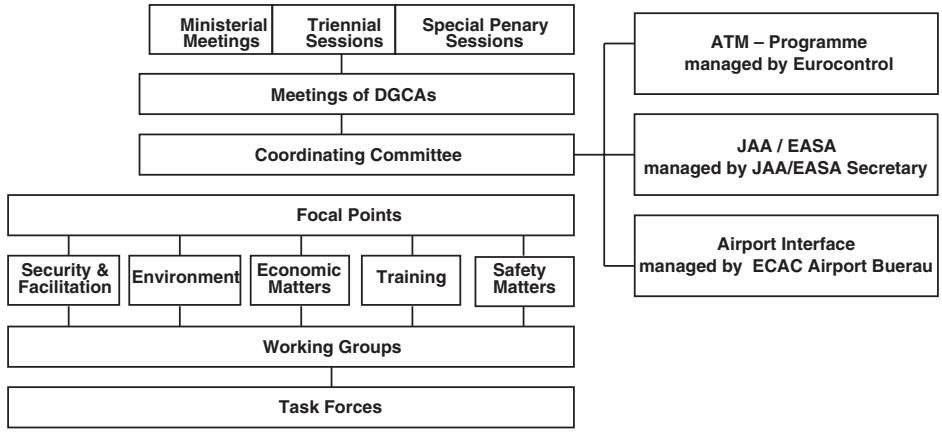


Abb. 18.1 Organisationsstruktur der ECAC [83]

„Ramp Inspection" gemacht, und die Papiere des Luftfahrzeugs, dessen offensichtlicher technischer Zustand, und das Vorhandensein der notwendigen Ausrüstungsbestandteile so kontrolliert werden können. Die Untersuchungsberichte werden dabei in einer Datenbank bei der JAA (EASA) gespeichert und sind allen ECAC-Luftfahrtverwaltungen zugänglich.

Treten bei den Untersuchungen gravierende Sicherheitsmängel zu Tage, wird die betreffende Luftfahrtverwaltung des Staates aufgefordert, Maßnahmen zur Abstellung dieser Mängel vorzuschlagen. Daneben ist das Programm eng mit dem ICAO „Safety Oversight Programme" verbunden, wonach der betreffende Staat eine Überprüfung seiner Luftfahrtverwaltung auf die Einhaltung der internationalen Sicherheitsstandards bei der ICAO beantragen kann. Für derartige Überprüfungen im Rahmen der ICAO stellt die ECAC entsprechend qualifiziertes Personal zur Verfügung [83]. Abbildung 18.1 zeigt die Organisationsstruktur der ECAC.

18.3 Association of European Airlines

Die Association of European Airlines (AEA), wurde im September 1973 in München als Zusammenschluss von 19 europäischen IATA Luftverkehrsgesellschaften gegründet. Sie ging hervor aus dem bereits 1952 von Air France, KLM, Sabena und Swissair gegründeten Air Research Bureau (ARB), dem sich später auch British European Airways und das Scandinavian Airline System anschlossen. Die Zielsetzung des ARB war die Behandlung von wirtschaftlichen Problemen der europäischen Luftverkehrsgesellschaf-ten. 1963 wurde der Name in European Airlines Research Bureau (EARB) geändert, um als offizielle Vertretung der europäischen Luftverkehrsgesellschaften anerkannt zu werden. 1973 wurden dann die Statuten geändert und es erfolgte die Namensgebung Association of European Airlines, AEA.

Nach einer 1994 in Kraft getretenen neuen Satzung können außer den internationalen Luftverkehrsgesellschaften, die Fluglinienverkehre anbieten, auch Charterfluggesellschaften und Nurfracht-Luftverkehrsunternehmen Mitglieder der AEA werden. Voraussetzung ist, dass sie in den letzten 3 Jahren regelmäßige Passagier- oder Frachtflugdienste mit Luftfahrzeugen $\geq$3 Tonnen oder bei Nurfracht-Luftverkehrsunternehmen von ca. 500 Tonnen Nutzlast betrieben haben.

Die AEA mit Sitz in Brüssel ist eine autonome, nicht gewerbliche Vereinigung, keine Körperschaft. Sie repräsentiert zur Zeit 25 Mitglieder. Ihre Organe gliedern sich in Präsidentenversammlung, den Präsidentenausschuss, die ständigen Kommitees und den Generalsekretär. Oberstes Organ ist die mindestens zweimal jährlich zusammentreffende Präsidentenversammlung, der die Vorsitzenden, Präsidenten oder Geschäftsführer der Mitglieder angehören. Die Präsidentenversammlung bestimmt die Politik der AEA, kontrolliert die Organisation, fasst und verabschiedet alle Beschlüsse. Die Aufgaben bestehen in der gemeinsamen politischen Interessenvertretung gegenüber EU-Gremien, der ECAC und anderen multilateralen Einrichtungen.

Die AEA Arbeiten werden im wesentlichen von 5 Fachausschüssen ausgeführt. Diese Fachausschüsse sind mit Experten der Mitglieder besetzt. Es sind:

- das Public Policy Committee, das für die Koordinierung der Politik der AEA, ihre auswärtigen Beziehungen, die Wettbewerbsregeln und Steuern zuständig ist;
- das Trade Practices & Standards Committee für Verkaufsförderung, Computerreservierung und Automatisierung, Bordservice und Fracht;
- das Technical & Operations Committee für Flugbetrieb, Wartung, technische Belange und Kooperation mit der JAA;
- das Infrastructure & Environment Committee für die Flugsicherung, die Flugplätze, die internationale Zusammenarbeit und die Gebühren;
- das Social Affairs Committee für soziale Belange.

Die Fachausschüsse legen ihre Berichte, Studien und Beschlüsse der Präsidentenversammlung zur Genehmigung vor.

Die Beschlüsse der AEA sind Mehrheitsbeschlüsse und nicht bindend, sondern haben Empfehlungscharakter. Die Organisationsstruktur der AEA zeigt Abb. 18.2.

18.4 European Regions Airlines Association

Die European Regions Airlines Association (ERA), wurde 1980 in Zürich zunächst von acht auf dem Gebiet des regionalen Ergänzungsluftverkehrs tätigen europäischen Luftverkehrsgesellschaften gegründet. Anlass war die in den 70er-Jahren durch die USA ausgelöste und durch die EG-Kommission geförderte Politik der europäischen Regierungen zur Liberalisierung des Luftverkehrs, die sich zunächst auf den Interregionalluftverkehr konzentrierte. Das erforderte eine wirksame Interessensvertretung der europäischen

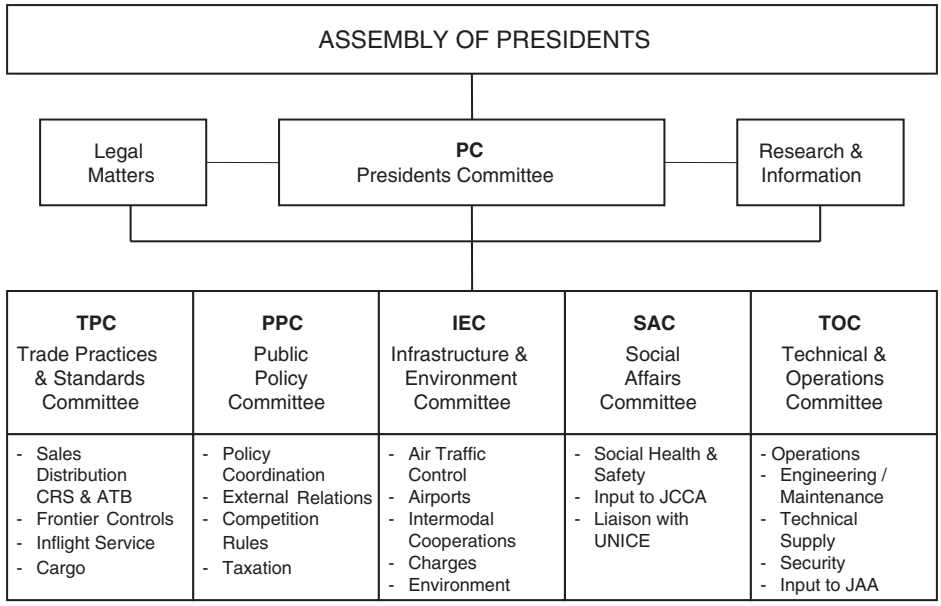


Abb. 18.2 Organisationsstruktur der AEA

Regionalluftverkehrsgesellschaften, um auf die entsprechenden, sich in Vorbereitung befindlichen EG-Regelungen, Einfluss nehmen zu können. Heute gehören der ERA 60 regionalen Fluglinienverkehr betreibende Luftverkehrsgesellschaften an (Stand 2012).

Die ERA widmet sich der Wahrnehmung des mit dem Regionalluftverkehr verbundenen Interessen. Konkrete Aufgaben und Ziele sind zu sehen in:

- der Entwicklung des Regionalluftverkehrs zur flugplanmäßigen Beförderung von Passagieren, Fracht und Post;
- die enge Zusammenarbeit unter den Mitgliedern, insbesondere auf technischem, betrieblichem, rechtlichem und wirtschaftlichem Gebiet zu unterstützen, um den Service und die Qualität der Dienste zu verbessern;
- die Zusammenarbeit mit anderen Gruppen und Organisationen, die an der Entwicklung des Regionalluftverkehrs interessiert sind, zu pflegen, insbesondere bei Unternehmungen von beidseitigem Interesse;
- die gemeinsamen Interessen vor der Öffentlichkeit und besonders gegenüber örtlichen, regionalen, nationalen, europäischen und internationalen Behörden und Organisationen zu vertreten.

Die ERA hat ihren Sitz in Chobham, Großbritannien. Sie agiert als autonomer Verband. Die Organe der ERA sind die Generalversammlung, der Präsident, der Rat, das Direktorium, verschiedene Ausschüsse und ein Schiedsgericht.

Die Generalversammlung ist das oberste Entscheidungsorgan des Verbandes. Sie tritt einmal jährlich unter dem Vorsitz des Präsidenten zusammen und fasst Beschlüsse, initiiert deren Ausführung und genehmigt den Haushalt.

Der Präsident repräsentiert die Geschäftsführung des Verbands. Er ist zugleich Mitglied und Vorsitzender des Rates. Der Präsident ernennt den Generaldirektor als Leiter des Direktoriums und bestimmt seine Vertretung.

Der Rat vertritt den Verband. Er besteht aus fünf Mitgliedern. Den Vorsitz führt der Präsident, der auch den Rat zu den Sitzungen einberuft. Der Rat legt die politischen Leitlinien fest und bestimmt die Verantwortungsbereiche der einzelnen Ratsmitglieder.

Das Direktorium besteht aus dem Generaldirektor und einem Mitarbeiterstab. Es führt die laufenden Geschäfte des Verbandes nach Weisung und unter Aufsicht des Präsidenten.

Die Verbandsarbeit wird durch Beitrittsgebühren und Mitgliederbeiträge der Mitglieder finanziert.

Im Oktober 1996 änderte die ERA den Namen des Verbandes von European Regional Airlines Association zu European Regions Airline Association.

18.5 Joint Aviation Authorities

Die zunehmende Verflechtung des Luftverkehrs in Europa und der europäischen Binnenmarkt erfordern insbesondere eine Harmonisierung von Zulassung und Betrieb von Luftfahrzeugen und der Lizenzierung des eingesetzten Luftfahrtpersonals.

Die Europäische Zivilluftfahrt-Konferenz (ECAC) hat aus diesem Grund die Joint Aviation Authorities (JAA) gebildet. Aufgabe der JAA ist es, in den genannten Bereichen die Regelungen der Mitgliedstaaten zu vereinheitlichen. Die JAA wurden als Arbeitsgemeinschaft der europäischen Luftfahrtbehörden im Bereich der Entwicklung, Bau, Instandhaltung und Betrieb von Luftfahrtgerät sowie Lizenzierung von Luftfahrtpersonal am 11. September 1990 auf Zypern von 10 europäischen Staaten als Stiftung niederländischen Rechts gegründet. Die JAA besitzen keine Rechtsfähigkeit, sie können insbesondere kein eigenes Recht setzen, das in den derzeit 35 Mitgliedstaaten unmittelbar gilt. Zur Koordinierung der Zusammenarbeit besteht ein Sekretariat im niederländischen Hoofddorp.

Die JAA sind zuständig für die Erstellung und Anwendung gemeinsamer Vorschriften (Joint Aviation Requirements, JAR's), die der Umsetzung und Anwendung in den Mitgliedstaaten bedürfen, und für Verfahren im Hinblick auf die Technik und den Betrieb von Luftfahrtgerät gelten.

Von der JAA werden im Wesentlichen drei verschiedene Arten von Papieren veröffentlicht:

1) JAR = Requirements einschließlich des Advisory Material (hierzu zählen auch die AMC – "Acceptable Means of Compliance" und das IEM – "Interpretative and Explanatory Material")
2) AM & GM = Administrative and Guidance Material (hierbei handelt es sich um weitergehende Informationen zu JAA-Aktivitäten und über JAR's. Darüber hinaus fallen darunter die Joint Implementation Procedures wie auch das Temporary Guidance Material und Interim Policies)
3) NPA = Notice of Proposed Amendments (Entwürfe vorgesehener Änderungen)

Die Joint Aviation Authorities (JAA) haben bereits in einem großen Maße für die europäische Luftfahrt harmonisierte Regelungen (Joint Aviation Requirements, JAR's) erarbeitet.

Rechtlich gesehen sind allerdings die JAA nur eine Arbeitsgemeinschaft von europäischen Luftfahrtverwaltungen, der keine selbstständigen Hoheitsbefugnisse zur Rechtsetzung seitens der Mitgliedstaaten eingeräumt worden sind. Aus diesem Grund können die von den JAA vereinbarten Regelungen unmittelbar keine bindenden Wirkungen für Dritte in Deutschland entfalten. Um den JAR's Geltung zu verschaffen, bedarf es entweder der nationalen Umsetzung oder der Übernahme in das unmittelbar geltende Gemeinschaftsrecht.

Da zur Übernahme in das Gemeinschaftsrecht neben einem juristischen Abgleich mit dem geltenden Gemeinschaftsrecht auch Übersetzungen in alle Amtssprachen der Gemeinschaft zwingend erforderlich sind, hat sich in der Vergangenheit die Umsetzung von JAR's in das Gemeinschaftsrecht über die Verordnung EWG 3922/91 unvertretbar verzögert.

Zahlreiche Staaten, darunter auch Deutschland, haben es im Interesse der Aufrechterhaltung der Verkehrssicherheit für erforderlich gehalten, den vereinbarten JAR's sofort Geltung zu verschaffen. Deutschland hat zur Umsetzung der JAR's folgendes Verfahren gewählt:

- die nationalen Verordnungen werden von Regelungen befreit, die von den JAR's erfasst werden;
- die englischsprachigen JAR's werden als deutsche Übersetzungen im Bundesanzeiger bekannt gemacht;
- in den nationalen Verordnungen wird an Stelle der vormaligen nationalen Regelungen auf die deutschen Bekanntmachungen der Bestimmungen der JAA Bezug genommen.

Dieses Verfahren garantiert eine relativ schnelle Umsetzung der Vorschriften. Nachteil dieses Verfahrens ist jedoch, dass die JAR's nur in der Fassung gelten, wie sie in deutscher Sprache bekannt gemacht worden sind. „Changes" und „Amendments" gelten erst, wenn sie in den deutschen Text der Bekanntmachung aufgenommen worden sind.

Die wichtigsten Organe der JAA sind das JAA Board zur Festlegung der allgemeinen Politik, der langfristigen Ziele, des Arbeitsprogramms und Haushalts der JAA. Das

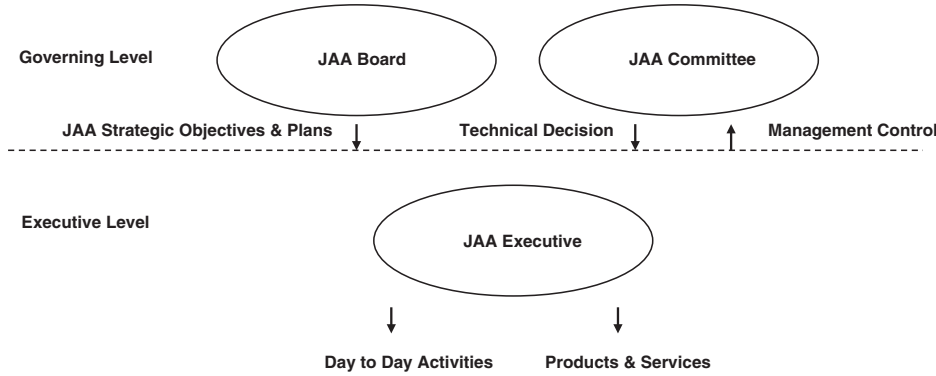


Abb. 18.3 Prinzipielle Arbeitsstruktur der Joint Aviation Authorities

Board stellt die oberste Ebene der JAA dar, in der die nationalen Luftfahrtverwaltungen durch ihre Generaldirektoren vertreten sind. Das Board tagt 2–3 mal pro Jahr.

Daneben ist das JAA Committee (JAAC) zur Einleitung und Kontrolle von Maßnahmen zur Umsetzung der Ziele wichtig. Es dient der Erstellung von Vorschriften und Verfahren (JAR's/JAA-Verfahren) durch spezielle Arbeitsgruppen und der Standardisierung der Anwendung dieser Vorschriften und Verfahren. Hier sind die den Generaldirektoren zuarbeitenden Entscheidungsträger der nationalen Luftfahrtverwaltungen vertreten. Aus dem Committee werden das Executive Board gebildet, als das zwischen den Sitzungen agierende Entscheidungsgremium (derzeit 6 JAAC-Mitglieder), und das Foundation Board, als zuständige Institution für den Betrieb des JAA-Headquarters in Hoofddorp.

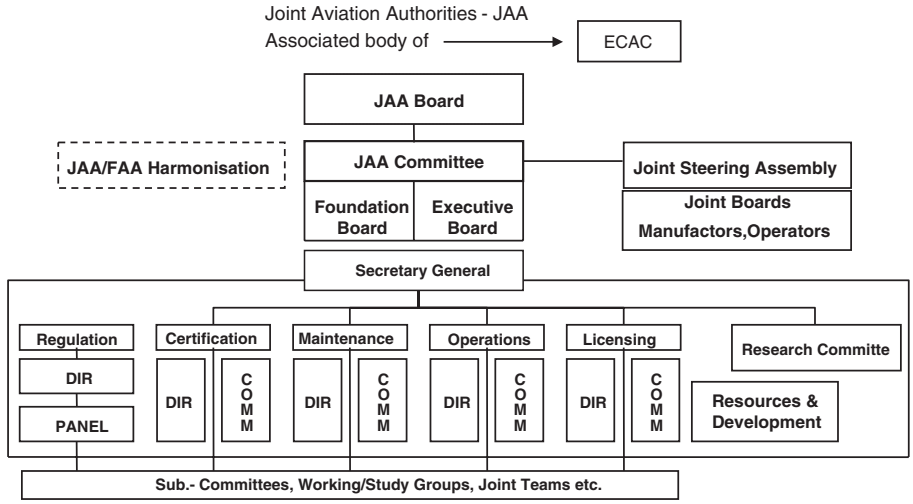
Letztendlich sind Fachcommittees zuständig für die einzelnen Bereiche wie Vorschriftenwesen, Musterzulassung, Instandhaltung, Betrieb, Lizenzierung, Forschung. Die Zentrale wird von einem Generalsekretär, jeder Fachbereich von einem Direktor geleitet. Die JAA haben zur Zeit 33 Vollmitglieder und 7 Kandidaten für eine Mitgliedschaft [156]. Die Aktivitäten der JAA wurden ab 2007 in die EASA überführt. Der Abschluss der Überführung sollte 2012 sein.

Die prinzipielle Arbeitsstruktur der Joint Aviation Authorities zeigt Abb. 18.3.

Abbildung 18.4 zeigt die Organisationsstruktur der Joint Aviation Authorities.

18.6 Europäische Agentur für Flugsicherheit

Die am 15. Juli 2002 angenommene Verordnung (EG) Nr. 1592/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates hat den Weg freigemacht für die Festlegung neuer gemeinsamer Vorschriften im Hinblick auf die Sicherheit und Umweltverträglichkeit der Zivilluftfahrt. Ferner wurde hierdurch die Errichtung der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (European Aviation Safety Agency, EASA) ermöglicht, die im September 2003 ihre Arbeit in Köln aufgenommen hat.



Secretary General	Regulation Director	Certification Committee	Maintenance Committee	Operations Committee	Licensing Committee
- JAR- 11 Working Group - Catch-Up Task Force - Human Factors Steering Group	- Definitions Working Gr. - JAR-26 Steering Group - JAR-39 Working Group - JAR MMEL/MEL Ad hoc Working Group - JAR-21 Working Group - JAR-22 Sailplanes and powered Sailplanes Study Group - JAR-23 Study Group - JAR-23 D&F Sub-Gr. - JAR-23 Powerplant Sub-Group - JAR-23 Flight Sub-Group - JAR-23 Stuctures Sub-Group - All-Weather Operations Study Gr. - Cabin Safety Study Gr. - Design, Constrct. & Equipment Study Gr. - Flight Study Group - ETOPS Working Group - Powerplant Study Gr. - Structures Study Group - Helicopter Airworthiness Study Gr. - AECMA Helicopter Study Group - Powered Lift/Tilt Rotor Working Group - JAR-36 Study Group - Engine Study Group - Piston Engine Study Gr. - JAR-P Sub-Group - JAR-TSO Study Group - CNS/ATM Steering Gr. - European Ageing Aircraft Working Group	- Design Organisation Approval Sub. Cert. Committee - Production Sub. Cert. Committee - Large Aeroplane Sub. Cert. Committee - Propulsion Sub. Cert. Commitee - Rotorcraft Sub. Cert. Committee - General Aviation Sub. Cert. Committee	- Joint Maintenance Board - JAR-66 Working Group	- Equipment Sub-Committe - Performance Sub-Committe - All Weather Operations Sub-Committe - Helicopter Sub-Committe - EHA Helicopter Study Group - Manuals Study Group - Operational Procedures Study Group - Flight Crew and Cabin Crew Study Group - Synthetic Training Device Advisory Board - Synthetic Training Device Working Group	- JAR-FCL Helicopter Sub Committee - JAR-FCL Examinations Sub Committee - JAR-FCL Medical Sub-Committee

Abb. 18.4 Organisationsstruktur der Joint Aviation Authorities [156]

Die EASA unterstützt die Gemeinschaft in folgenden Bereichen:

- Festlegung und Beibehaltung hoher und einheitlicher Standards für die Flugsicherheit und den Umweltschutz in Europa;

- Erleichterung des freien Waren-, Personen- und Dienstleistungsverkehrs;
- Steigerung der Kostenwirksamkeit bei den Regulierungs- und Zulassungsverfahren;
- Unterstützung der Mitgliedstaaten bei der gemeinsamen Erfüllung der von der ICAO auferlegten Verpflichtungen;
- Weltweite Verbreitung ihres Standpunkts in Bezug auf Flugsicherheitsnormen.

Die Agentur entwickelt ihr Know-how in allen Bereichen der Flugsicherheit und unterstützt somit die europäischen Organe bei der Erarbeitung von Rechtsakten und Durchführungsmaßnahmen im Zusammenhang mit der Sicherheitskontrolle von Luftfahrzeugen, der Organisationen und Personen, die sie bedienen, sowie aller verwandter Bereiche.

Zunächst bildet die vorgenannte Verordnung jedoch lediglich die Grundlage für eine Gemeinschaftsaktion im Bereich der Zulassung von Luftfahrzeugen sowie von Organisationen und Personen, die an ihrer Konzipierung, ihrer Herstellung und ihrer Instandhaltung beteiligt sind. Die Kommission wird mit Unterstützung der EASA sukzessive die Änderungen vorschlagen, die notwendig sind, um den Anwendungsbereich der Verordnung auf alle anderen Bereiche der Flugsicherheit auszudehnen.

Die Agentur ist ebenfalls befugt, bestimmte Durchführungsaufgaben zu übernehmen, wenn ein Tätigwerden der Gemeinschaft effizienter erscheint als ein einzelstaatliches Vorgehen. Insbesondere soll sie Musterzulassungen für Luftfahrzeuge ausstellen. Ferner unterstützt sie die Kommission bei der Überwachung der Anwendung der festgelegten Gemeinschaftsvorschriften sowie bei der Umsetzung etwaiger Schutzmaßnahmen.

Darüber hinaus leistet die Agentur technische Unterstützung bei Kontakten und Verhandlungen mit den Luftfahrtbehörden von Drittländern und den für die Sicherheit und Umweltverträglichkeit der Zivilluftfahrt zuständigen internationalen Organisationen. Schließlich unterstützt sie die Gemeinschaft und die Mitgliedstaaten im Rahmen von Kooperations- und Hilfsmaßnahmen für Drittländer.

Um politischen Interferenzen vorzubeugen, müssen die Entscheidungen in Sicherheitsfragen von einer neutralen und unabhängigen Behörde getroffen werden, die mit den notwendigen Zuständigkeiten ausgestattet wird. Deshalb werden sie vom Exekutivdirektor der Agentur getroffen, der wiederum einer unabhängigen Beschwerdekammer untersteht, die überprüft, ob die Verordnung und die von der Kommission angenommenen entsprechenden Durchführungsmaßnahmen ordnungsgemäß angewendet wurden. Der Exekutivdirektor wird vom Verwaltungsrat der Agentur ernannt, dem Vertreter der Mitgliedstaaten und der Kommission angehören. Seine Aufgabe besteht darin, unter Aufsicht der Kommission Prioritäten festzulegen, den Haushalt aufzustellen und für einen reibungslosen Arbeitsablauf innerhalb der Agentur zu sorgen.

Da die Sicherheitsprobleme nicht an den Gemeinschaftsgrenzen haltmachen, muss die Gemeinschaft möglichst viele europäische Partner in ihr Gremium einbeziehen. Die Verordnung erlaubt die Assoziierung aller Staaten, die mit der Gemeinschaft Übereinkünfte geschlossen haben, nach denen sie den gemeinschaftlichen Besitzstand im Bereich Luftverkehr übernommen haben und anwenden. Die Organisationsstruktur der EASA zeigt Abb. 18.5 (Stand 2012).

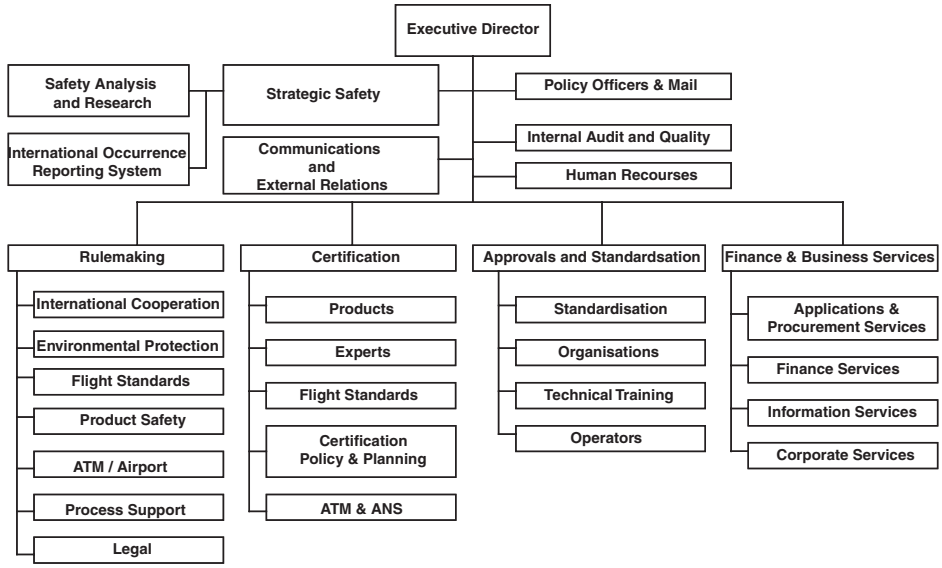


Abb. 18.5 Organisationsstruktur der EASA [77]

18.7 Europäische Organisation zur Sicherung der Luftfahrt

Bereits in den sechziger Jahren wurden die europäischen Staaten mit der Notwendigkeit konfrontiert, im Bereich der Organisation der Kontrolle des Luftverkehrs und den daraus abgeleiteten Aufgabenstellungen enger zusammenzuarbeiten. Die Erkenntnis resultierte zum einen aus dem zunehmenden Einsatz strahlturbinengetriebener Luftfahrzeuge, die wesentlich verbesserte Flugleistungen aufwiesen, zum anderen aber auch aus dem überproportionalen Wachstum des Luftverkehrs. Aufgrund der der höheren Fluggeschwindigkeiten, zunehmender Verkehrsdichte und nicht zuletzt der kleinen nationalen Lufträume in Europa schien es sinnvoll, ein europäisches Organ zur Kontrolle des europäischen Luftraumes zu schaffen. Somit sollte eine Luftverkehrskontrolle möglich sein, die über die Hoheitsgebiete (Lufträume) der Staaten hinausging.

Nach mehreren Zusammenkünften der nationalen Luftfahrtverwaltungen wurde am 13. Dezember 1960 zwischen den Bevollmächtigten der Bundesrepublik Deutschland, dem Königreich Belgien, der Französischen Republik, dem Vereinigten Königreich und Nordirland, dem Großherzogtum Luxemburg und dem Königreich der Niederlande vereinbart, die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Luftfahrt enger zu gestalten und insbesondere die Luftverkehrs-Sicherungsdienste im oberen Luftraum gemeinsam zu organisieren.

Die Vertragsparteien kamen überein, zu diesem Zweck eine Europäische Organisation zur Sicherung der Luftfahrt, „Eurocontrol“, zu gründen.

Das Übereinkommen trat am 1. März 1963 für die Dauer von 20 Jahren in Kraft. Am 1. Januar 1965 schloss sich die Republik Irland dem Übereinkommen an und wurde als

siebtes Mitglied in die Organisation aufgenommen. Der Sitz der Organisation ist Brüssel (Belgien). Derzeit umfasst Eurocontrol 39 Mitgliedsstaaten (Stand 2012). Oberstes Organ ist das General Assembly (Generalversammlung), dem die Verkehrsminister und Verteidigungsminister der Mitgliedsstaaten angehören. Nachgeordnet ist das Council (Ratsversammlung), dem die staatlichen Vertreter nationalen zivilen und militärischen Luftfahrtbehörden angehören. Das Council legt ein gemeinsames Vorgehen in bestimmten, mit der Flugverkehrskontrolle zusammenhängenden Fragen fest, gibt Empfehlungen, fasst Beschlüsse, verfasst Richtlinien und trifft Entscheidungen. Wichtige Arbeitsbereiche sind dem Council direkt zugeordnet (Abb. 18.6).

Die Agentur für Luftverkehrs-Sicherungsdienste ist als ausführendes Organ tätig. Ihr obliegt die Aufgabe, die Flugsicherungsdienste in dem durch die Beschlüsse festgelegten Luftraum, dem oberen Luftraum über den Benelux Staaten und Norddeutschland (mit der Untergrenze von 20.000–25.000 ft) wahrzunehmen, und die für das reibungslose Funktionieren dieser Dienste erforderlichen Einrichtungen bereitzustellen. Neben der Bereitstellung dieser Flugsicherungsdienste kommen den Air Traffic Management Programmen und der Neuordnung der Luftraum- und Flugsicherungsstruktur (Single

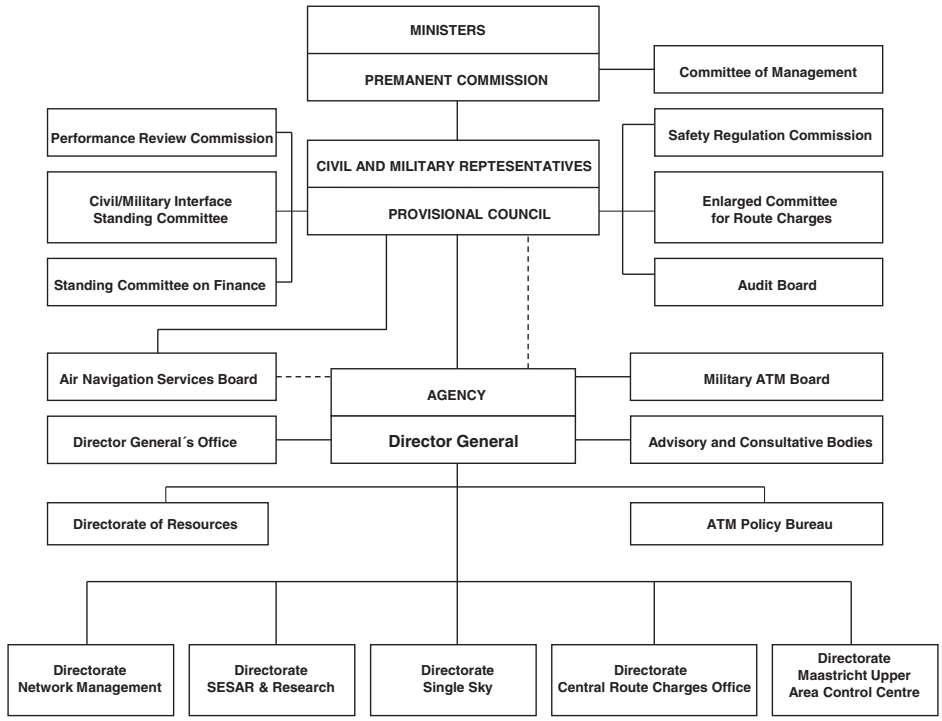


Abb. 18.6 Organisationsstruktur der Eurocontrol [94]

European Sky) in Europa, eine wachsende Bedeutung zu. Die Leitung der Agentur erfolgt durch einen Generaldirektor. Folgende Aufgabenbereiche sind relevant:

- Flugsicherungssysteme zur Kontrolle des oberen Luftraums der Beneluxstaaten und Norddeutschlands;
- ATM Strategien, Konzepte und Programme. Forschung, Entwicklung und flugsicherungsrelevante Trainingsprogramme (Aus- und Weiterbildung);
- Koordination der der ICAO zu unterbreitenden Vorschläge der Mitgliedsstaaten;
- Verkehrsflusssteuerung, Gebührenerhebung für Streckennavigationsdienste, Datenbasen für Flugverkehrsinformationsdienste;
- Vorhaltung von regionalen Flugverkehrskontrolldiensten, falls von Mitgliedsstaaten nachgefragt;
- Unterstützung von administrativen Maßnahmen (Regeln) zur Konfigurierung und Einführung des Single European Sky.

Anfang der 60er- Jahre wurde das Versuchszentrum der Eurocontrol in Brétigny (Frankreich) gegründet. Hier finden u. a. Untersuchungen zur Flugsicherungsgerätetechnik und Simulationen zum Air Traffic Management statt.

Das Eurocontrol-Institut für Luftverkehrssicherungsdienste in Luxemburg dient der Aus- und Fortbildung von Flugsicherungspersonal. Es werden schwerpunktmäßig Trainings- und Umschulungsprogramme durchgeführt. Ziel ist es, in den Mitgliedsstaaten einen einheitlichen Ausbildungsstand des Flugsicherungspersonals zu gewährleisten.

Die Zentralstelle für Flugsicherungsstreckengebühren (Route Charges) hat ihren Sitz in Brüssel. Die Aufgabe besteht in der Berechnung und Rechnungsstellung der anfallenden Flugsicherungsstreckenge-bühren sowie, nach Abzug der Bearbeitungskosten, die Verteilung der Gebühren an die entsprechenden Mitgliedsstaaten.

Die Central Flow Management Unit (Verkehrsflusssteuerungszentrale) ist seit 1980 in Betrieb. Ebenfalls mit Sitz in Brüssel, dient sie der Erfassung der jeweils geplanten Flugbewegungen in Europa und der Ermittlung der Verkehrsbelastung im europäischen Luftraum durch Simulation der Verkehrsströme. Bei Überlast werden Verkehrsflussregelungsmaßahmen angewendet.

Die Aufgaben der Kontrollzentrale Maastricht (Maastricht UAC) umfassen die Kontrolle des zivilen Luftverkehrs im oberen Luftraum von Belgien, Luxemburg den Niederlanden und dem nördlichen Teil der Bundesrepublik Deutschland (Bereich UIR-Hannover). Kernstück der Maastricht UAC ist das „Maastricht Automatic Data Processing and Display System“ (MADAP). Der in diesem System realisierte Automatisierungsgrad ermöglicht die Bewältigung eines hohen Verkehrsaufkommens [94]. Die Organisationsstruktur der Eurocontrol zeigt Abb. 18.6.

18.8 Europäische Transportarbeiter-Föderation

Die Europäische Transportarbeiter-Föderation (ETF) ist der 1999 gegründete europäische Flügel der Internationalen Transportarbeiter Förderation (ITF), ein paneuropäischer Zusammenschluss, der ca. 3 Millionen Beschäftigte in der Transportwirtschaft in über 34 Ländern repräsentiert. Sitz der Föderation ist Brüssel.

Die ETF, die sich aus freien, unabhängigen und demokratischen europäischen Gewerkschaften zusammensetzt, vertritt die Arbeitnehmer der Sektoren Verkehr, Fischerei und Fremdenverkehrsdienste. Neben der klaren Ausrichtung als Lobbyorganisation und anerkannter Sozialpartner im europäischen Gesetzgebungsprozess, kommt der ETF auch eine zentrale Rolle bei Aufbau und Unterstützung von Gewerkschaften in mittel-, süd- und osteuropäischen Ländern zu. Dafür wurde eine eigene Koordinationsstelle eingerichtet.

Die ETF hat das Ziel, die sozialen und wirtschaftlichen Interessen der Beschäftigten der Sektoren Verkehr, Fischerei und Fremdenverkehrsdienste zu vertreten und die praktische internationale Zusammenarbeit durch gemeinsame Aktionen zu fördern, zu beobachten und zu handeln, damit der europäische Einigungsprozess zu einem Fortschritt für die Arbeitnehmer aufgrund Einführung höher sozialer Standards führt. Sie bemüht sich um Gleichbehandlung, Verhinderung und Beseitigung von Diskriminierung. Sie unterstützt die Arbeit der ITF und des EGB. Alle Organe, Einrichtungen und Mitgliedsgewerkschaften der ETF berücksichtigen eine faire und angemessene Vertretung der weiblichen Beschäftigten auf allen Ebenen.

Luftverkehrspolitik der Bundesrepublik Deutschland

19

19.1 Nationale Rahmenbedingungen

Die nationalen Rahmenbedingungen basieren auf den Arbeitsergebnissen der ICAO, den Anhängen 1–18, den Standards und Empfehlungen, einschließlich der zugeordneten Dokumente. Die fachspezifischen Referate im Zuständigkeitsbereich der Unterabteilungen Luft- und Raumfahrt (LR1 und LR2) des Ministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, mit Sitz in Bonn (und Berlin) erstellen und pflegen auf der Basis dieser Grundlagen das deutsche Luftverkehrsgesetz, einschließlich aller für Deutschland gültigen und verbindlichen Rechtsverordnungen und Regularien.

19.1.1 Luftverkehrsrecht

Mit der Wiedererlangung der deutschen Souveränität am 5. Mai 1955 erhielt Deutschland auch seine Lufthoheit zurück. Der Umstand, dass bis zu diesem Zeitpunkt keine Motorflugzeuge von deutschen Staatsbürgern besessen oder betrieben werden durften, stellte jedoch keinen Hinderungsgrund für die Neuregelung der gesetzgeberischen Befugnis für den Luftverkehr der Bundesrepublik Deutschland dar. Bereits am 23. Mai 1948 wurde im Grundgesetz (Artikel 73 Absatz 6) festgelegt, dass der Bund die ausschließliche Gesetzgebungsbefugnis für den Luftverkehr innerhalb der Bundesrepublik Deutschland besitzt.

Neben dem Grundgesetz ist der Deutschlandvertrag die wichtigste Rechtsgrundlage der deutschen Luftverkehrsgesetzgebung. Hierin übernimmt die Bundesregierung die volle Verantwortung für die zivile Luftfahrt in den Grenzen der Bundesrepublik Deutschland.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_19,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

19.1.1.1 Luftverkehrsgesetz und Verordnungen

Bei der Neufassung des Grundgesetzes im Jahre 1949 wurde das 1922 erlassene Luftverkehrsgesetz, LuftVG [67], als Bundesgesetz übernommen. Dieses Gesetz zur Regelung des Luftverkehrs ist in fünf Abschnitte aufgeteilt:

1. Luftverkehr
2. Haftpflicht
3. Straf- und Bußgeldvorschriften
4. Luftfahrtdateien
5. Übergangsregelungen.

Im einzelnen werden behandelt:

Luftfahrzeuge und Luftfahrtpersonal; Flugplätze; Luftfahrtunternehmen und -veranstaltungen; Verkehrsvorschriften; Flughafenkoordinierung, Fugsicherung und Flugwetterdienst, Vorzeitige Besitzeinweisung und Enteignung; Haftung für Personen und Sachen die nicht im Luftfahrzeug befördert werden; Haftung für verspätete Beförderung; Haftung für militärische Luftfahrzeuge; Gemeinsame Vorschriften für die Haftpflicht;

Neben dem Luftverkehrsgesetz (LuftVG) [67] wird die Luftfahrt in der Bundesrepublik Deutschland reguliert durch weitere Gesetze wie beispielsweise das:

- Gesetz über das Luftfahrt-Bundesamt (LBAG),
- Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluglärmG),
- Gesetz über die Untersuchung von Unfällen und Störungen bei dem Betrieb ziviler Luftfahrzeuge (FlUUG),
- Luftsicherheitsgesetz (LuftSiG),
- Luftverkehrsnachweissicherungsgesetz (LuftNaSiG),
- Gesetz über Rechte an Luftfahrzeugen (LuftfzgG),
- Montrealer-Übereinkommen Durchführungsgesetz (MontÜG),
- Gesetz über die Unzulässigkeit der Sicherungsbeschlagnahme von Luftfahrzeugen (LFzPfSchG),
- Gesetz über den Deutschen Wetterdienst (DWDG),
- Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG).

Das Luftverkehrsgesetz gibt dem Bundesminister für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung weitgehende Befugnisse zur Regelung der Sicherheit, Regenmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit des Luftverkehrs. In § 32 Absatz 1 LuftVG [67] heißt es:

„Der Bundesminister für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung erlässt mit Zustimmung des Bundesrates die zur Durchführung dieses Gesetzes und von Verordnungen der Europäischen Gemeinschaft notwendigen Rechtsverordnungen." Generell existieren für die Luftfahrt folgende Verordnungen:

- Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO),
- Luftverkehrs-Zulassungs-Ordnung (LuftVZO),

- Verordnung über Luftfahrtpersonal (LuftPersV),
- Betriebsordnung für Luftfahrtgerät (LuftBO),
- Verordnung über Bodenabfertigungsdienste auf Flugplätzen (BADV),
- Verordnung zur Prüfung von Luftfahrtgerät (LuftGerPV),
- Kostenverordnung der Luftfahrtverwaltung (LuftKostV),
- Landeplatz-Lärmschutz-Verordnung (LLärmV),
- Verordnung zur Regelung des Betriebes von nicht als Luftfahrtgerät zugelassenen elektronischen Geräten in Luftfahrzeugen (LuftEBV),
- Verordnung über Flugfunkzeugnisse (FlugfunkV),
- Verordnung über die Einrichtung und die Führung des Registers für Pfandrechte an Luftfahrzeugen (LuftRegV),
- Luftsicherheitsverordnung (LuftSiV),
- Luftverkehr-Zuverlässigkeitsüberprüfungsverordnung (LuftVZÜV).

Für die Flugsicherung sind zu nennen:

- Verordnung zur Beauftragung eines Flugsicherungsunternehmens (FSAuftrV),
- Verordnung über die Flugsicherungsausrüstung der Luftfahrzeuge (FSAV),
- Verordnung über die Betriebsdienste der Flugsicherung (FSBetrV),
- Verordnung über die Erhebung von Kosten für die Inanspruchnahme von Diensten und Einrichtungen der Flugsicherung beim An- und Abflug (FSAAKV),
- Verordnung über die Erhebung von Kosten für die Inanspruchnahme von Streckennavigationsdiensten und Streckennavigationseinrichtungen der Flugsicherung (FSStrKV),
- Flugsicherungs-Anlagen und Geräte-Musterzulassungs-Verordnung (FSMusterzulV),
- Verordnung über das erlaubnispflichtige Personal der Flugsicherung und seine Ausbildung (FlSichPersAusV),
- Flugsicherungssystembeschaffungsverordnung (KoTSV).

Die Flughafenkoordination regeln die:

- Verordnung zur Beauftragung des Flughafenkoordinators (FHKAuftrV),
- Verordnung über die Durchführung der Flughafenkoordinierung (FHKV).

Der Luftsport ist geregelt in der:

- Verordnung zur Beauftragung von Luftsportverbänden (BeauftrV),
- Verordnung über die Zuständigkeit des Luftfahrt-Bundesamtes für die Verfolgung und Ahndung von Ordnungswidrigkeiten im Luftsportwesen (LuftSpZustV).

Die Verordnungen werden ergänzt und unterstützt durch so genannte Durchführungsverordnungen [67]. Abbildung 19.1a und b zeigen eine Übersicht über des deutsche Luftverkehrsgesetz und die Rechtsverordnungen.

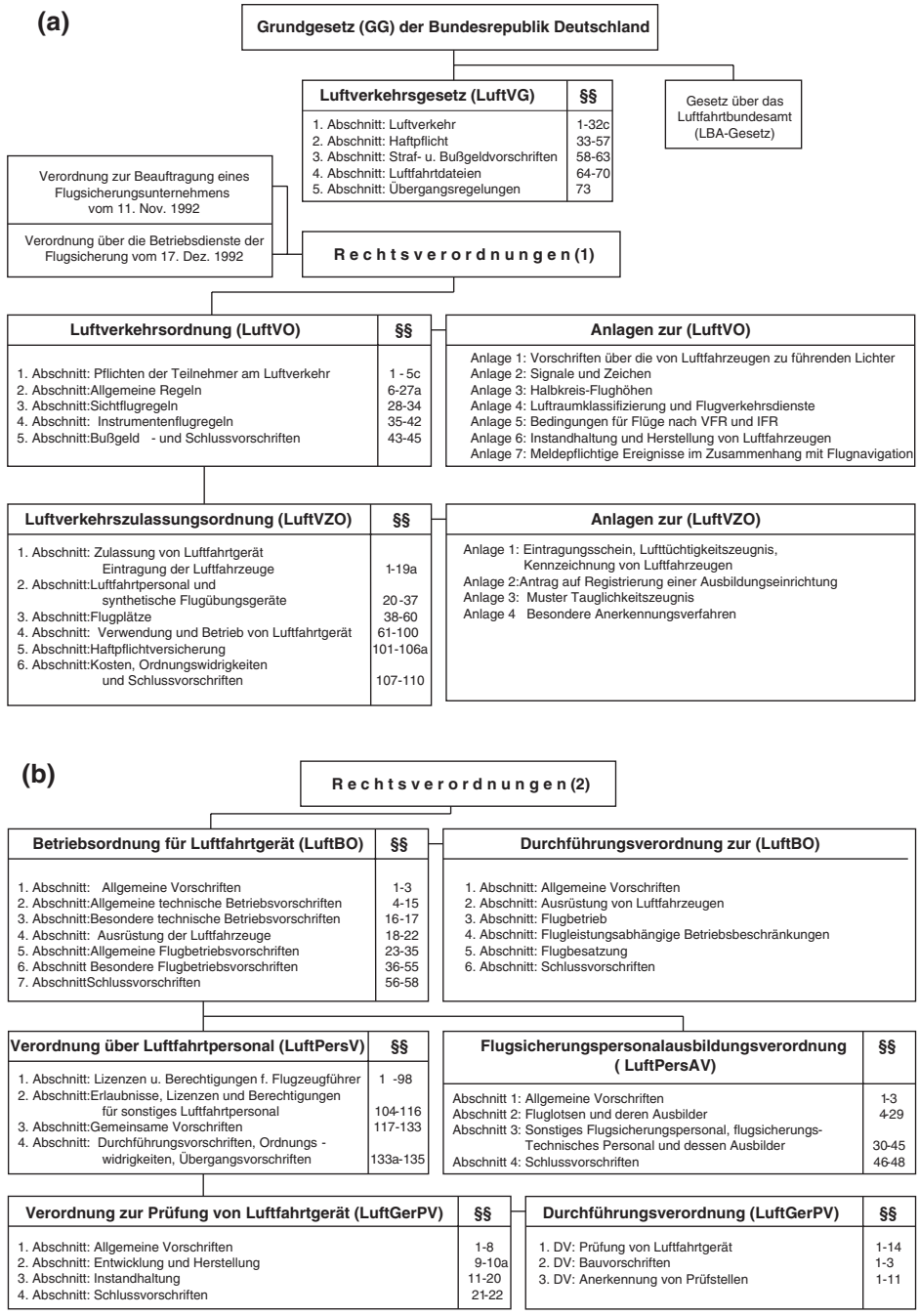


Abb. 19.1 Übersicht über des deutsche Luftverkehrsgesetz und die Rechtsverordnungen [167]

19.1.1.2 Luftverkehrsordnung

Die Luftverkehrsordnung, LuftVO [70], in der Fassung vom 27. März 1999 (BGBl. I S. 580), zuletzt geändert durch Artikel 132 des Gesetzes vom 21. Juni 2005 (BGBl. I S. 1818), gliedert sich in die Abschnitte:

1. Abschnitt (Pflichten der Teilnehmer am Luftverkehr, §§ 1–5c);
2. Abschnitt (Allgemeine Regeln, §§ 6–27a);
3. Abschnitt (Sichtflugregeln, §§ 28–34);
4. Abschnitt (Instrumentenflugregeln, §§ 35–42);
5. Abschnitt (Bußgeld- und Schlussvorschriften, §§ 43–45).

mit den Anlagen:

Anlage 1: Vorschriften über die von Luftfahrzeugen zu führenden Lichter;
Anlage 2: Signale und Zeichen;
Anlage 3: Halbkreis-Flughöhen;
Anlage 4: Luftraumklassifizierung und Flugsicherungsbetriebsdienste;
Anlage 5: Bedingungen für Flüge nach Instrumenten- und Sichtflugregeln;
Anlage 6: Verzeichnis von meldepflichtigen Ereignissen bei Betrieb, Instandhaltung und Herstellung von Luftfahrzeugen;
Anlage 7: Verzeichnis der meldepflichtigen Ereignisse im Zusammenhang mit Flugnavigationsdiensten

19.1.1.3 Luftverkehrs-Zulassungs-Ordnung

Die Luftverkehrszulassungsordnung (LuftVZO) [71] regelt im Dritten Abschnitt die gesetzlichen Belage der Flugplätze.

1. Flughäfen (§§ 38–48)
   Im einzelnen werden geregelt: Begriffsbestimmungen und Einteilung (§ 38); Genehmigungsbehörde (§ 39); Antrag auf Erteilung der Genehmigung (§ 40); Anzeigepflichten, Änderungsanträge (§ 41); Erteilung und Umfang der Genehmigung, Festlegung des Ausbauplans (§ 42), Flughafenbenutzungsordnung (§ 43); Entgelte (§ 43a); Betriebsaufnahme (§ 44); Erhaltungs- und Betriebspflicht (§ 45); Flugplatzhandbuch (§45a); Sicherheitsmanagementsystem (§45b); Beauftragter für das Sicher heitsmanagementsystem (§45c); Sicherung von Flughäfen (§ 46); Vollzug der Verordnung (EG) Nr. 1107/2006 (§ 46a); Aufsicht (§ 47); Rücknahme und Widerruf der Genehmigung (§ 48),
2. Lärmbedingte Betriebsbeschränkungen von knapp die Vorschriften erfüllenden zivilen Unterschallstrahlflugzeugen an Flughäfen (§§ 48a bis 48f) mit Ausführungen zu:
   Begriffsbestimmungen (§ 48a); Lärmbedingten Betriebsbeschränkungen an einem Flughafen (§ 48b); Prüfung für die Einführung von lärmbedingten Betriebsbeschränkungen (§ 48c); Fristen zur Einführung von lärmbedingten Betriebsbeschränkungen (§ 48d);

Verfahren zur Einführung von lärmbedingten Betriebsbeschränkungen (§ 48e); Ausnahmegenehmigungen (§ 48f).
3. Landeplätze (§§ 49–53) mit Ausführungen zu:
   Begriffsbestimmung und Einteilung (§ 49); Genehmigungsbehörde (§ 50); Antrag auf Erteilung der Genehmigung (§ 51): Erteilung und Umfang der Genehmigung (§ 52): Anzuwendende Vorschriften (§ 53).
4. Segelfluggelände (§§ 54–60) mit Ausführungen zu:
   Begriffsbestimmung (§ 54); Genehmigungsbehörde (§ 55); Antrag auf Erteilung der Genehmigung (§ 56); Erteilung und Umfang der Genehmigung (§ 57); Betrieb des Segelfluggeländes (§ 58); Sicherung des Segelfluggeländes (§ 59); Anzuwendende Vorschriften (§ 60)

19.1.2 Luftsicherheit

19.1.2.1 Luftsicherheitsrecht

Der Begriff Luftsicherheit bezieht sich im Bereich der zivilen Luftfahrt auf die Abwehr äußerer Gefahren. Als äußere Gefahren gelten insbesondere Flugzeugentführungen, Sabotageakte und andere, beispielsweise terroristisch motivierte Angriffe oder Eingriffe. Luftsicherheit ist damit streng zu trennen von Flugsicherung. Im englischen Sprachgebrauch ist die Unterscheidung leichter. Dort steht in der Luftfahrt der Begriff „Security“ für Luftsicherheit, während unter dem Begriff „Safety“ die betriebliche und technische Sicherheit des Flugbetriebs zu verstehen ist.

In Deutschland sind die Maßnahmen zur Luftsicherheit durch Bundesgesetz geregelt. Bis Anfang Januar 2005 gab es entsprechende Paragraphen im Luftverkehrsgesetz (LuftVG) [67]. Ab dem 15. Januar 2005 gilt ein spezielleres Luftsicherheitsgesetz (LuftSiG) [41]. Auch die internationale Weltluftfahrtorganisation ICAO hat ihre Sicherheitsbestimmungen im Annex 17 [152] vollständig überarbeitet und an die neue Gefährdungssituation angepasst.

Seit dem 10. August 2006 gelten weitere erhöhte Luftsicherheitsmaßnahmen bei der Personen- und Handgepäckkontrolle aller Luftfahrtunternehmen auf deutschen Flughäfen. Alle Fluggäste sollen die Mitnahme von Handgepäck, als auch die darin befindlichen Gegenstände, auf ein unbedingt notwendiges Maß reduzieren, um die Sicherheitskontrollen zu erleichtern.

Die Mitnahme nachfolgend aufgeführter Gegenstände im Handgepäck ist bei allen Flügen von Deutschland mit Zielorten in den USA nicht erlaubt. Dies sind Flüssigkeiten, Gels oder Gegenstände mit ähnlicher Konsistenz. Dazu gehören z. B. Getränke, Shampoo, Sonnenlotion, Cremes, Zahnpasta, Haargel. Ausgenommen davon sind Babynahrung, -milch oder -saft für mitreisende Babys oder Kleinkinder, persönlich verschriebene Medikamente, die mit den Angaben auf dem Fluggastticket übereinstimmen, Insulin oder andere, während des Fluges notwendige, nicht verschreibungspflichtige Medikamente.

Die Europäische Kommission hat mit der Verordnung (EG) Nr. 68/2004 zum 01. Februar 2004 eine in allen EU-Mitgliedstaaten geltende Liste von Gegenständen verabschiedet, die von Fluggästen nicht in die Sicherheitsbereiche mitgeführt werden dürfen. Damit sollen die bis dahin geltenden jeweiligen nationalen Bestimmungen vereinheitlicht werden. Dennoch können die Mitgliedstaaten auch weiterhin darüber hinausgehende, strengere Regelungen vorsehen. In der Bundesrepublik Deutschland kommt die EU-Liste ohne strengere Regelungen zur Anwendung.

Als verbotene Gegenstände in der Flugzeugkabine gelten:

Jedes Objekt, das in der Lage ist oder zu sein scheint, ein Projektil abzufeuern oder Verletzungen hervorzurufen, einschließlich alle Feuerwaffen (Pistolen, Revolver, Gewehre, Schrotflinten usw.), Nachbildungen und Imitationen von Feuerwaffen, Komponenten von Feuerwaffen (ausgenommen Zielfernrohre/Zielgeräte), Luftpistolen, Gewehre und Schrotpistolen, Signalpistolen, Startpistolen, Spielzeugpistolen aller Art, Druckluftwaffen, Bolzenschussgeräte und Nagelschusspistole, Armbrüste, Katapulte, Harpunen und Harpunenabschussgeräte, Viehtötungsapparate, Betäubungsgeräte oder Elektroschocker, z. B. Betäubungsstäbe, Elektroimpulsgeräte, Feuerzeuge, die Feuerwaffen imitieren.

Spitze oder scharfe Gegenstände, die Verletzungen hervorrufen können, einschließlich Äxte und Beile, Pfeile und Wurfpfeile, Kanthaken, Harpunen und Speere, Eispickel, Schlittschuhe, alle Feststell- oder Springmesser, ungeachtet der Klingenlänge, Messer, einschließlich Ritualmesser, mit Klingenlänge über 6 cm, aus Metall oder einem anderen Material, das stark genug ist, um es als Waffe einsetzbar zu machen, Fleischerbeile, Macheten, Rasiermesser und -klingen (ausgenommen Sicherheits-Rasierer oder Einmal-Rasierer mit Klingen in Kassette), Säbel, Schwerter und Degen, Skalpelle, Scheren mit einer Klingenlänge über 6 cm, Ski- und Wanderstöcke, Wurfsterne, Werkzeuge, wenn diese als spitze oder scharfe Waffen verwendet werden können, z. B. Bohrer und Bohraufsätze, Teppich- und Kartonmesser, Universalmesser, alle Sägen, Schraubendreher, Brechstangen, Zangen, Schraubenschlüssel, Lötlampen.

Weiterhin jedes stumpfe Instrument, das Verletzungen hervorrufen kann, einschließlich Baseball- und Softball-Schläger, Keulen oder Schlagstöcke fest oder biegsam, z. B. Knüppel, Gummiknüppel und -stöcke, Cricketschläger, Golfschläger, Hockeyschläger, Lacrosseschläger, Kajak- und Kanupaddel, Skateboards, Billardstöcke, Angelruten, Kampfsportausrüstung, z. B. Schlagringe, Schläger, Knüppel, Totschläger, Nunchaku, Kubatons, Kubasaunts.

Verboten sind alle Sprengstoffe oder hochentzündlichen Stoffe, die eine Gefahr für die Gesundheit von Passagieren oder Besatzung oder für die technische und allgemeine Sicherheit des Flugzeugs sowie von Eigentum darstellen, einschließlich Munition, Sprengkapseln, Detonatoren und Zündern, Sprengstoffe und Explosivkörper, Nachbildungen oder Imitationen von Sprengstoffen oder Explosivkörpern, Minen und andere explosive militärische Ausrüstungsgegenstände, Granaten aller Art, Gas und Gasbehälter, z. B. Butan, Propan, Acetylen, Sauerstoff (in großen Mengen), Feuerwerkskörper, Fackeln aller Art und sonstige pyrotechnische Erzeugnisse (einschließlich Kleinfeuerwerk und Spielzeugpistolen mit Zündplättchen), Überallzündhölzer,

Rauchkanister oder Rauchpatronen, brennbare flüssige Kraftstoffe, z. B. Benzin, Diesel, Flüssiggas für Feuerzeuge, Alkohol, Ethanol, Farbe in Sprühdosen, Terpentin und Farbverdünner, Alkoholische Getränke von mehr als 70 % Vol.

Auch verboten sind alle chemischen oder toxischen Stoffe, die eine Gefahr für die Gesundheit von Passagieren oder Besatzung oder für die technische und allgemeine Sicherheit des Flugzeugs sowie von Eigentum darstellen, einschließlich Säuren und Basen, z. B. Batterien, die auslaufen können, ätzende oder bleichende Stoffe, z. B. Quecksilber, Chlor, Abwehr- oder Betäubungssprays, z. B. Mace, Pfefferspray, Tränengas, radioaktives Material, z. B. medizinische oder gewerbliche Isotope, Gifte, infektiöses oder biologisch gefährliches Material, z. B. infiziertes Blut, Bakterien und Viren, spontan entzündliches oder brennbares Material, Feuerlöscher.

Als verbotene Gegenstände im aufgegebenen Gepäck sind deklariert:

Sprengkörper, einschließlich Detonatoren, Zünder, Granaten, Minen und Sprengstoffe, Gase wie Propan, Butan, brennbare Flüssigkeiten, einschließlich Benzin, Methanol, brennbare Feststoffe und reaktive Stoffe, einschließlich Magnesium, Feueranzünder, Feuerwerkskörper, Fackeln, Feuerzeuge, Oxidationsmittel und organische Peroxide, einschließlich Bleichmittel, Sets zur Ausbesserung von Kfz-Karosserien, toxische oder infektiöse Stoffe, einschließlich Rattengift, infiziertes Blut, radioaktives Material, einschließlich medizinische oder gewerbliche Isotope, Korrosionsmittel, einschließlich Quecksilber, Fahrzeugbatterien, Komponenten von Kfz-Kraftstoffsystemen, die Kraftstoff enthalten haben.

19.1.2.2 Luftsicherheitsgesetz

Das Luftsicherheitsgesetz ist ein deutsches Bundesgesetz, das Flugzeugentführungen, terroristische Anschläge auf sowie Sabotageakte gegen den Luftverkehr verhindern und dadurch die Luftsicherheit erhöhen soll.

Das Luftsicherheitsgesetz [66] wurde am 11. Januar 2005 als Artikel 1 des Gesetzes zur Neuregelung von Luftsicherheitsaufgaben erlassen. Es ist am 15. Januar 2005 in Kraft getreten.

Es beruht auf der EU-Verordnung 2320/2002 und des Rates zur Festlegung gemeinsamer Vorschriften für die Sicherheit in der Zivilluftfahrt vom 16. Dezember 2002. Das Luftsicherheitsgesetz hat vorrangig den Zweck, Anschläge wie die Terroranschläge am 11. September 2001 in den USA in Deutschland zu verhindern. Dazu ermächtigt und verpflichtet das Gesetz die Luftsicherheitsbehörden, die Luftverkehrsgesellschaften und die Flughafenbetreiber, bestimmte Sicherheitsmaßnahmen zu ergreifen und durchzuführen.

1) Zur Verhinderung des Eintritts eines besonders schweren Unglücksfalles dürfen die Streitkräfte im Luftraum Luftfahrzeuge abdrängen, zur Landung zwingen, den Einsatz von Waffengewalt androhen, oder Warnschüsse abgeben.
2) Von mehreren möglichen Maßnahmen ist diejenige auszuwählen, die den Einzelnen und die Allgemeinheit voraussichtlich am wenigsten beeinträchtigt. Die Maßnahme

darf nur so lange und so weit durchgeführt werden, wie ihr Zweck es erfordert. Sie darf nicht zu einem Nachteil führen, der zu dem erstrebten Erfolg in keinem erkennbaren Verhältnis steht.

Der Bundesminister der Verteidigung kann den Inspekteur der Luftwaffe generell ermächtigen, Maßnahmen nach 1) anzuordnen.

- **Kontrolle von Personen und Fracht**
  Die Luftsicherheitsbehörde hat in den nicht allgemein zugänglichen Bereichen des Flugplatzes bzw. Flughafens besondere Befugnisse. Sie darf Personen durchsuchen, die sich in diesen Bereichen aufhalten oder diese betreten wollen. Außerdem darf die Luftsicherheitsbehörde auch Fracht, Gepäckstücke und Postsendungen durchsuchen und durchleuchten. Die Behörde kann die Durchsuchungen entweder von eigenen Mitarbeitern vornehmen lassen oder dritte Personen, zum Beispiel das Sicherheitspersonal des Flughafens, mit der Durchsuchung beauftragen. Die dritte Person wird dann als so genannter Beliehener hoheitlich tätig.
- **Zuverlässigkeitsüberprüfungen**
  Neu geregelt werden die Zuverlässigkeitsüberprüfungen von Bediensteten an Flugplätzen, Flughäfen und bei den Luftverkehrsgesellschaften. Selbst Flugpraktikanten, Flugschüler und Mitglieder von Flugsportvereinen werden durch die Luftsicherheitsbehörden überprüft. Davon ausgenommen sind jedoch Flugzeugführer, die nur die Ultraleichtflugzeug- oder Segelfluglizenz besitzen, bzw. Flugschüler, die diese erwerben wollen.
  Personen, deren Zuverlässigkeit nicht von einer Luftsicherheitsbehörde bestätigt worden ist, dürfen die nicht allgemein zugänglichen Bereiche des Flugplatzes nicht betreten und keine Tätigkeit im Flugplatz, auf dem Flugplatz oder in einem Flugzeug aufnehmen. Betroffen davon sind insbesondere die Flugzeugcrew (Flugzeugführer und Flugbegleiter), das Boden- und Sicherheitspersonal, Reinigungskräfte und Warenlieferanten. Angehörige dieser Personengruppen können ihre Tätigkeit ohne positive Zuverlässigkeitsüberprüfung faktisch nicht ausüben.
  Zur Überprüfung dürfen die Luftsicherheitsbehörden Auskünfte bei den Polizeivollzugs- und Verfassungsschutzbehörden, dem Bundeskriminalamt, dem Bundesamt für Verfassungsschutz, dem Bundesnachrichtendienst, dem Militärischen Abschirmdienst, dem Zollkriminalamt, der Birthler-Behörde sowie beim Bundeszentralregister einholen. Bei der Zuverlässigkeitsüberprüfung von ausländischen Staatsbürgern können sich die Luftsicherheitsbehörden auch an die Ausländerbehörden und das Ausländerzentralregister wenden. Bestehen im Einzelfall Zweifel an der Zuverlässigkeit des Betroffenen, so kann die Luftsicherheitsbehörde Auskünfte bei der Staatsanwaltschaft einholen.
- **Verbotene Gegenstände**
  Das Mitführen von gefährlichen Gegenständen wird durch das Luftsicherheitsgesetz unter Strafe gestellt. Zu den verbotenen Gegenständen gehören alle Waffen aller Art, insbesondere Schuss-, Hieb- und Stoßwaffen, ferner Munition, Sprengstoff, brennbare

Flüssigkeiten sowie ätzende und brennbare Stoffe. Ebenfalls nicht zulässig ist das Mitführen von „Gegenständen, die ihrer äußeren Form oder Kennzeichnung nach den Anschein von Waffen, Munition oder explosionsgefährten Stoffen erwecken", beispielsweise von Spielzeugpistolen.
Verboten sind auch alle Gegenstände, die in der Anlage zur EU-Verordnung 2320/2002 vom 16. Dezember 2002 aufgeführt sind. Dazu gehören beispielsweise Baseballschläger, Elektroschockgeräte, Eispickel, Wanderstöcke, Rasiermesser, Scheren mit langer Klinge, Milzbranderreger, Pockenviren und Senfgas.
Strafbar macht sich, wer einen dieser Gegenstände im Handgepäck oder am Körper mit sich führt und damit ein Flugzeug oder einen nicht allgemein zugänglichen Flugplatzbereich betritt. Strafbar ist nicht nur das absichtliche oder bewusste Mitführen, sondern auch fahrlässiges Handeln. Das Strafmaß reicht von Geldstrafe bis zu zwei Jahren Freiheitsstrafe.

19.2 Ziele der nationalen Luftverkehrspolitik

Das übergeordnete Ziel innerhalb der luftverkehrspolitischen Zielstruktur der Bundesrepublik Deutschland ist es, die Interessen der Nachfrager nach Luftverkehrsleistungen, der Verkehrsunternehmen und der von den Belastungen des Luftverkehrs Betroffenen mit denen des Staates als Vertreter öffentlicher Belange aufeinander abzustimmen.

Die Ziele lassen sich global formulieren durch einen Maßnahmenkatalog der Bundesregierung zur Beseitigung der kapazitiven Engpässe im Luftverkehr, verbunden mit einem Ausbau des deutschen Flughafensystems. Eine sinnvolle Einbindung der bodengebundenen Verkehrsmittel (Intermodalität) ist ebenfalls vorgesehen.

Zielkonflikte existieren vor allem zwischen den Zielparametern Wirtschaftlichkeit und Sicherheit und zwischen den Zielparametern Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz. Komplementäre Zielbeziehungen existieren beispielsweise zwischen den Zielparametern Sicherheit und Zuverlässigkeit im Luftverkehr.

19.3 Luftverkehrspolitische Instrumente

Zur Erreichung der luftverkehrspolitischen Ziele stehen dem Staat Beeinflussungsmöglichkeiten zur Verfügung, die entweder administrativer Art, ordnungspolitischer oder finanzpolitischer Art sein können oder auch die Gestaltung von Kooperationen und Beteiligungen betreffen. Die Instrumentarien der Luftverkehrspolitik sind der Abb. 19.2 zu entnehmen.

Abb. 19.2 Instrumente der Luftverkehrspolitik

19.3.1 Finanzpolitische Instrumente

Zur direkten Einflussnahme kann der Staat (in der Bundesrepublik Deutschland repräsentiert durch Bund, die Länder und Gemeinden) (Kapital-) Beteiligungen an Unternehmen erwerben.

Der Staat als Kapitaleigner besitzt damit die Möglichkeit, die Geschäftspolitik des Unternehmens mitzubestimmen.

Im Falle der Beteiligung an einer Luftverkehrsgesellschaft hat er Einfluss auf den Umfang des Streckennetzes und die Häufigkeit der Bedienung. Er kann im Bereich der Beschaffungspolitik, z. B. beim Kauf von Flugzeugen Auflagen erteilen, damit bestimmte Unternehmen (Hersteller) bevorzugt werden. Des weiteren besitzt er direkten Einfluss auf die Umsetzung seiner außen-, wirtschafts- und umweltpolitischen Ziele durch die Luftverkehrsgesellschaft. Im Rahmen der Liberalisierung des Luftverkehrs hat sich der Staat allerdings größtenteils aus derartigen Beteiligungen gelöst.

Die Subventionierung, das ist die Vergabe von zweckgebundenen Beihilfen an private oder teilprivate Unternehmen, stellt ein weiteres finanzpolitisches Instrument dar. Man unterscheidet im allgemeinen direkte und indirekte Subventionen. Dabei bedeuten direkte Subventionen die konkrete Gabe von Geldmitteln, indirekte Subventionen dagegen geldwerte Bevorzugungen, die zu Kosteneinsparungen führen.

Beispiele für direkte Subventionen sind:

- die Übernahme des je Betriebsperiode anfallenden Verlustes einer Luftverkehrsgesellschaft durch den Staat;
- Zuschüsse auf den Flugpreis zur Sicherstellung oder Förderung der Bedienung einzelner Strecken.

Beispiele für indirekte Subventionen sind:

- überhöhte Vergütungen für die Beförderung von Luftpost;
- die Vergabe zinsgünstiger Darlehen und staatlicher Kreditbürgschaften;
- Beihilfen für den Betrieb bestimmter Flugzeugmustern;
- die Gewährung von begünstigten Darlehen, die Vergabe von nicht/oder lediglich teilrückzahlbaren Zuschüssen oder die Gebrauchsüberlassung von Anlagen oder Immobilien.

Die derzeitige Luftverkehrssteuer belastet allerdings die Luftverkehrsgesellschaften und führt zu einer Wettbewerbsverzerrung mit außereuropäischen Luftverkehrsgesellschaften

Weitere Möglichkeiten, die luftverkehrspolitischen Ziele mit Hilfe der Besteuerung zu lenken, bestehen insbesondere bei der Körperschaftssteuer, bei der Umsatzsteuer und bei der Mineralölsteuer.

19.3.2 Administrative Instrumente

Die im nationalen Luftrecht verankerten administrativen Instrumente zur Regelung des Luftverkehrs sind meist von luftverkehrspolitisch sekundärer Bedeutung und wirken sich wirtschaftlich nur indirekt aus.

Diese Instrumente regeln den technischen Bereich (Zulassungs-, Bau-, Ausrüstungs- und Prüfvorschriften für Geräte und Anlagen), die Ausbildung und Zulassung des Luftfahrtpersonals, die organisatorische Abwicklung (Verkehrs- und Betriebsvorschriften) des Luftverkehrs und den Verwaltungsbereich (Luftfahrtstatistik, Kosten-Entgeltordnungen) des Luftverkehrs. Zunehmend greifen allerdings administrativ verordnete Nachtflugbeschränkungen (Nachtflugverbote) in den Betriebsablauf der Luftverkehrsgesellschaften ein.

19.3.3 Ordnungspolitische Instrumente

Unter ordnungspolitischen Instrumenten sind insbesondere die Formen der Marktregulierung im Luftverkehr zu verstehen. Die Regulierung umfasst dabei alle direkten und indirekten staatlichen Eingriffe in die Wirtschaft, die die unternehmerische Freiheit in Bezug auf die Auswahl und den Einsatz der Aktionsparameter beschränken und zugleich die Konsumentensouveränität spürbar und dauerhaft beeinträchtigen.

Aus der obigen Definition geht hervor, dass mit der Regulierung sowohl die Angebotsals auch die Nachfrageseite eines Marktes betroffen sein kann.

Die unternehmerische Freiheit wird beispielsweise durch die Regulierung des Marktzutritts mit Hilfe des ordnungspolitischen Instruments der Lizenzierung – vgl. Betriebsgenehmigungspflicht, § 20 Luftverkehrsgesetz (LuftVG) – eingeschränkt. Für die

Luftverkehrsgesellschaften kommt dies einer Einschränkung der Gewerbefreiheit gleich. Der Staat zielt mit diesem Instrument auf das erwünschte Ausmaß des Wettbewerbs auf einem bestimmten Markt, indem die Zahl der anbietenden Unternehmen festgelegt wird, ab. Die Regulierung im Luftverkehr umfasste in der Vergangenheit:

- den Marktein- und -austritt;
- die Preis- und Qualitätsgestaltung;
- und die Kapazitätsgestaltung.

Die Regelung des Markteintritts umfasste die Zahl der zugelassenen Luftverkehrsgesellschaften, die Verteilung der Streckenrechte auf die Luftverkehrsgesellschaften, das Ausmaß der gewährten Verkehrsfreiheiten sowie die auf einer Strecke erlaubten Verkehrsarten.

Im nationalen Bereich wird der Markteintritt durch die Genehmigung, eine bestimmte Art des gewerblichen Verkehrs durchzuführen und im Fluglinienverkehr zusätzlich durch die Vergabe von Streckenrechten, gesteuert.

International sind hierzu noch zusätzlich die Verkehrsrechte beziehungsweise im Charterverkehr die Ein- und Ausfluggenehmigungen des angeflogenen Staates erforderlich.

In nahezu allen Ländern bedürfen die dort zur Anwendung kommenden Flugpreise der in- als auch der ausländischen Luftverkehrsgesellschaften einer staatlichen Genehmigung. Sind auch die Beförderungsbedingungen genehmigungspflichtig, so spricht man übergeordnet von Flugtarifen.

In der Bundesrepublik Deutschland resultiert diese Verpflichtung aus § 21 Absatz 1 des LuftVG und aus den bilateralen Luftverkehrsabkommen. Genehmigungsbehörde ist der Bundesminister für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS).

Im Rahmen bilateraler Luftverkehrsabkommen bedeutet Kapazität die Zahl der Sitzplätze eines auf einer bestimmten Verkehrsrelation eingesetzten Flugzeuges mal der Anzahl der Flüge während eines bestimmten Zeitraumes. Bei der Kapazitätsregelung handelt es sich demnach um eine Festlegung des Beförderungsangebots. Ziele sind dabei einerseits die Vermeidung von unwirtschaftlichen Überkapazitäten auf einer Verkehrsrelation, andererseits aber auch die Sicherung von Verkehrsanteilen der eigenen Luftverkehrsgesellschaft.

In der Realität bedeutet Kapazitätsregulierung eine Kontrolle des Wettbewerbs, der sich tendenziell an der Leistungsfähigkeit der jeweils wirtschaftlich schwächeren oder unproduktiveren Luftverkehrsgesellschaft orientiert, weil sich die Festlegung einer Kapazitätsgrenze nicht nur als ein empirisches, sondern als ein Interpretationsproblem darstellt („Reziprozität“).

Kapazitätsregelungen können nach den Prinzipien der „Prädetermination“, der „Ex post facto -Kontrolle“ und der „Free Determination“ getroffen werden.

Das „Prädeterminationsprinzip“, also die Vorausbestimmung der einzusetzenden Kapazität entweder durch bilaterale Vereinbarungen der Regierungen oder durch direkte

Absprachen der beteiligten Luftverkehrsgesellschaften, stellt das restriktivste Instrument zur Kapazitätsregulierung dar. Diese Festlegung kann sich das Gesamtangebot an Beförderungsleistungen während einer Flugplanperiode beziehen, auf Flugfrequenzen, einzusetzende Luftfahrzeugmuster und Flugpläne.

In den allermeisten Fällen erfolgt eine Aufteilung im Verhältnis 50:50 der anzubietenden Sitzplätze, dies entspricht strikter Reziprozität (Wechselseitigkeit der eingeräumten Bedingungen).

Bei der „Ex post facto -Kontrolle" können Luftverkehrsgesellschaften ihre Kapazitäten selbst festlegen und nach Ablauf der Flugplanperiode, d.h. im nachhinein korrigieren. Diese auch als „Bermuda-Klausel" bekannte Kapazitätsregelung (weil ein wesentlicher Bestandteil des Bermuda-Abkommens zwischen den USA und dem Vereinigten Königreich (1946)) gilt nur solange, wie eine „Anpassung des Angebots an die Nachfrage" und „keine ungebührliche Beeinträchtigung der Interessen der Luftverkehrsgesellschaften des Vertragsstaates" gewährleistet ist.

Im Rahmen der „Free Determination" – Klausel (Entstehung USA, 1977, im Rahmen der „Open Skies Policy") dürfen Fluggesellschaften ihr Beförderungsangebot selbstständig bestimmen.

Die ordnungspolitischen Maßnahmen haben allerdings in der dargestellten Form durch die vollständige Deregulierung des Luftverkehrs in großen Teilen der Welt ihre Bedeutung verloren.

19.3.4 Kooperationen und Beteiligungen

Gemäß Paragraph 99 Absatz 1 des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (Kartellgesetz, GWB) sind Verkehrsträger in der Bundesrepublik Deutschland von der Anwendung dieses Gesetzes ausgenommen.

Vereinbarungen zwischen Luftverkehrsgesellschaften, die eine wettbewerbsbeschränkende Wirkung zur Folge haben, sind somit zulässig. Hierzu zählen beispielsweise:

- Absprachen über Flugpläne, Frequenzen und Kapazitäten (Poolabkommen) und Benutzung einer gemeinsamen Flugnummer (Code Sharing);
- gemeinsame Festsetzung von Preisen, Preiskategorien und Beförderungsbedingungen;
- Vereinbarungen über die technische Zusammenarbeit bei der Flugzeugwartung; Personalschulung und Ersatzteilvorhaltung;
- Anwendung gemeinsamer Vertriebssysteme;
- gemeinsames Marketing von Luftverkehrsgesellschaften.
- gemeinsames Auftreten verschiedener Luftverkehrsgesellschaften als Allianzen.

Die Liberalisierung im Luftverkehr hat nicht nur verstärkt zu Kooperationen und Beteiligungen geführt, sondern zu großen weltweiten luftverkehrlichen Allianzen, die auf den aufgezeigten Gebiete verkehrlicher und betrieblicher Art zusammenarbeiten.

19.4 Nationale Interessensverbände, Vereine und Gewerkschaften

19.4.1 Bundesverband der deutschen Luftverkehrswirtschaft e.V.

Der Bundesverband der deutschen Luftverkehrswirtschaft [37] wurde 2010 mit Sitz in Berlin gegründet. Mitglieder sind deutsche Luftverkehrsgesellschaften, der Bundesverband deutscher Fluggesellschaften, die Verkehrsflughäfen Frankfurt (Fraport) und Köln-Bonn Airport, die Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen und die DFS Deutsche Flugsicherung.

Der Verband versteht sich als die gemeinsame Stimme der deutschen Luftfahrt und als Ansprechpartner für Politik, Medien und Bürger, wenn es um das Thema Luftfahrt geht.

Als Ziele wurden definiert: Stärkung der deutschen Luftfahrt, als ein wichtiger Motor für Wirtschaft, Arbeit und die Entwicklung in Deutschland. Umweltfreundliches Fliegen und Engagement für eine zukunftsfähige Entwicklung des Luftverkehrs.

Thematisch bietet der Verband Beratung und Kompetenz zu allen Themen der Luftfahrt wie Sicherheit, Energieeffizienz oder die Bedeutung der Luftfahrt für die deutsche Wirtschaft.

In der Präambel heißt es:

„Die deutsche Luftverkehrswirtschaft stellt sich mit der Gründung eines gemeinsamen Verbandes ihrer Verantwortung für eine nachhaltige Entwicklung der Mobilität. Der Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft setzt sich für eine Stärkung des Luftverkehrsstandortes Deutschland ein. Er steht allen deutschen Unternehmen und Verbänden der Luftverkehrsbranche offen und vertritt deren gemeinsame Interessen."

Die deutsche Luftverkehrswirtschaft ist ein wesentlicher Teil des Wirtschaftsstandorts Deutschland. Sie ist eine unverzichtbare Grundlage für eine starke und exportorientierte Wirtschaft und ein Eckpfeiler der globalen Vernetzung Deutschlands. Luftverkehr schafft Mobilität, sichert nachhaltiges Wachstum und verbindet Länder, Wirtschaftszentren und Kulturen. Die deutsche Luftverkehrswirtschaft stellt sich den globalen Anforderungen an ein hohes Niveau von Klima- und Umweltschutz sowie Sicherheit.

Die deutsche Luftverkehrswirtschaft ist bereits heute in vielen Bereichen Vorreiter. Deutschland ist das verkehrsreichste Land in der Europäischen Union und einer der wichtigsten Luftverkehrsstandorte weltweit, vor allem dank seiner leistungsstarken Unternehmen.

Die Luftverkehrswirtschaft ist eine Branche mit überdurchschnittlichen und langfristigen Wachstumsperspektiven, sie sichert und schafft Arbeitsplätze und Wohlstand in Deutschland.

Die Mitgliedsunternehmen investieren kontinuierlich in modernes Fluggerät, den Ausbau der Flughafen- und Flugsicherungsinfrastruktur, in Prozesse und innovative Technologien. Hinzu kommt eine ständige Optimierung der Service- und

Dienstleistungsqualität. Dadurch konnten auch bei Sicherheit, Klima und Umweltschutz hohe Standards erreicht werden. Deren kontinuierliche Weiterentwicklung entspricht dem Selbstverständnis der Branche.

Der Verband und seine Mitglieder setzen sich aktiv mit den Auswirkungen des Luftverkehrs auf Umwelt und Bevölkerung auseinander. Klima- und Umweltschutz mit sicherer Mobilität nachhaltig in Einklang zu bringen, diesem Ziel hat sich der Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft verschrieben. Die Aufgaben des Bundesverbandes der Deutschen Luftverkehrswirtschaft sind zu sehen in:

Die Gemeinsamkeiten der gesamten Luftverkehrsbranche zu artikulieren, ihre Positionen zu vertreten, künftige Herausforderungen gemeinsam zu bewältigen und zu der gemeinsamen Verantwortung zu stehen, darauf wird sich der Verband fokussieren. Er wird die einzelnen Akteure in einer Organisation verbinden. So wird der Luftverkehr künftig als Ganzes wahrgenommen.

Als Verband der deutschen Luftverkehrswirtschaft bündelt und kommuniziert er die Themen, die von Bedeutung für die Branche sind, trägt sie gezielt an die Meinungs- und Entscheidungsträger heran und führt aktiv die öffentliche Diskussion. Ziel ist es, den Wirtschaftsfaktor Luftverkehr herauszustellen, seinen Beitrag für sichere Mobilität, Klima- und Umweltschutz zu betonen und das Image der gesamten Branche nachhaltig zu verbessern.

Dabei bildet eine fundierte Verbandsarbeit auf Basis von Daten und Fakten die Grundlage für überzeugende Argumentationen und Positionierungen. So hat sich der Verband zum Ziel gesetzt, den Wissensstand zum Luftverkehr zu erweitern und das Verständnis für die Belange der Branche in der Gesellschaft sowie bei allen Gesprächspartnern deutlich zu steigern. Hierbei sollen die positiven externen Effekte verdeutlicht werden. Künftigen Fragestellungen und Herausforderungen der Luftverkehrswirtschaft wird sich der Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft im Rahmen seiner Verbandsarbeit widmen.

Der Verband tritt jederzeit sachlich und dialogorientiert auf. Er bezieht alle gesellschaftlichen und politischen Akteure in die Arbeit mit ein und festigt oder etabliert den Dialog des Luftverkehrs auch mit kritischen Gesprächspartnern. Der Verband kooperiert eng mit anderen Verbänden und Interessengruppen.

19.4.2 Bundesverband der deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie e.V.

Der Bundesverband der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie e.V. (BDLI) [38] vertritt mit über 200 Mitgliedern die Interessen einer Branche, die durch internationale Technologieführerschaft und weltweiten Erfolg ein wesentlicher Wachstumsmotor der deutschen Wirtschaft geworden ist. Die deutsche Luft- und Raumfahrtindustrie mit derzeit rund 97.400 direkt Beschäftigten bündelt nahezu alle strategischen Schlüsseltechnologien. Sie generiert ein jährliches Umsatzvolumen von gegenwärtig 25,7

Milliarden Euro. Zu den primären Aufgaben des BDLI gehören die Kommunikation mit politischen Institutionen, Behörden, Verbänden und ausländischen Vertretungen in Deutschland, aber auch verschiedenste Mitglieder-Serviceleistungen im In- und Ausland. Der Verband ist Markeninhaber und Veranstalter der Internationalen Luft- und Raumfahrtausstellung ILA in Berlin. Der BDLI ist offiziell beim Deutschen Bundestag akkreditiert und erfüllt dort eine Reihe gesetzlich verankerter Aufgaben. Er ist Mitglied des europäischen Dachverbandes „Aerospace and Defence Industries Association of Europe“ (ASD) und des Bundesverbandes der Deutschen Industrie (BDI).

19.4.3 Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen e.V.

Die Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (ADV), mit Sitz in Berlin hat als Interessenvertretung der deutschen Verkehrsflughäfen die Aufgabe, die gemeinsamen Belange ihrer Mitglieder wahrzunehmen und den Behörden des Bundes oder der Länder bei der Vorbereitung und Durchführung all jener Gesetze und sonstigen Bestimmungen zur Seite zu stehen, die ihre Mitglieder direkt oder indirekt betreffen. Sie publiziert Sachstudien und veröffentlicht jährlich Statistiken der Verkehrsleistungen der deutschen Verkehrsflughäfen.

Die Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen wurde 1947 in Stuttgart gegründet. Ordentliche Mitglieder der ADV sind alle deutschen internationalen Verkehrsflughäfen und zur Zeit 16 Regionalflughäfen, 1 Sonderflughafen für Werksverkehr und 25 Verkehrslandeplätze. Als außerordentliche Mitglieder gehören ihr Bundesländer, verschiedene Städte, der Deutsche Städtetag, Industrie- und Handelskammern und andere Institutionen an. Aufgrund vergleichbarer Aufgaben der Flughäfen sind im deutschsprachigen Raum die Arbeitsgemeinschaft Österreichischer Verkehrsflughäfen (AÖV) mit ihren Mitgliedsflughäfen, sowie die schweizerischen Flughäfen Basel-Mulhouse und Zürich, der ADV als korrespondierende Mitglieder beigetreten.

Die ADV fördert und gewährleistet die Zusammenarbeit ihrer Mitglieder in allen flughafenrelevanten Fragen. Dies gilt für die Gebiete Recht, Wirtschaft, Bau, Technik, Betrieb, Umweltschutz und Verkehr in gleicher Weise wie für das Personal- und Sozialwesen und die Öffentlichkeitsarbeit. Sie ermöglicht in ihren Fachausschüssen, Arbeitskreisen und Arbeitsgruppen den Erfahrungsaustausch zwischen den Flughäfen und leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Lösung ihrer Probleme und Aufgaben.

Wissenschaftliche Ausarbeitungen der ADV dienen den Mitgliedern als Leitmaterial und Entscheidungshilfen. Einschlägige wissenschaftliche Arbeiten Dritter werden von der ADV unterstützt, die darüber hinaus auch bei zahlreichen Forschungsvorhaben projektbegleitend mitwirkt.

Als Bundesverband der deutschen Flughäfen vertritt die ADV die gemeinsamen Interessen ihrer Mitglieder und setzt sich für ein leistungsstarkes deutsches Flughafensystem ein. Sie fordert Rahmenbedingungen, die den bedarfsgerechten Ausbau

der Luftverkehrsinfrastruktur ermöglichen und die optimale Nutzung der vorhandenen Anlagen und Kapazitäten gewährleisten. Sie unterstützt Maßnahmen zur Integration der Verkehrsträger und fördert die Umweltverträglichkeit des Luftverkehrs.

Die ADV berät die zuständigen nationalen und internationalen Körperschaften und Behörden bei Gesetzesvorhaben und bei der Durchführung gesetzlicher Bestimmungen und Maßnahmen, die die gemeinsamen Interessen ihrer Mitglieder berühren. Sie pflegt und fördert darüber hinaus auch die Zusammenarbeit mit den für den Umweltschutz zuständigen Behörden und Institutionen.

Die ADV unterhält Beziehungen zu nationalen und internationalen Organisationen und Verbänden des Verkehrswesens, in deren Gremien sie die Anliegen der deutschen Flughäfen vermittelt und Ziele und Projekte unterstützt, die im Interesse ihrer Mitglieder liegen. Sie nimmt darüber hinaus an den bilateralen Luftverkehrsverhandlungen der Bundesregierung teil. Abbildung 19.3 zeigt die Organisationsstruktur der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen.

19.4.4 AOPA Germany, Verband der Allgemeinen Luftfahrt e.V.

Die AOPA-Germany [16], Verband der Allgemeinen Luftfahrt e.V., vertritt in Deutschland seit 1964 die Interessen von inzwischen 18.000 Privat- und Berufspiloten, 85 Unternehmen, 61 Luftfahrtvereinen und 39 Flugschulen. Der Sitz der AOPA in Deutschland ist Egelsbach

Die Allgemeine Luftfahrt (AL) stellt mit ca. 20.000 Flugzeugen den größten Bereich des Luftverkehrs in Deutschland dar. Sie umfasst alle zivilen Flüge, die nicht dem Fluglinienverkehr zuzuordnen sind. Alle nationalen AOPA's gehören dem Internationalen Dachverband IAOPA an, dem International Council of Aircraft Owner and Pilot Associations. Der Verein verfolgt unter Beachtung der geltenden gesetzlichen Vorschriften folgende Ziele:

a) Die Förderung von Sicherheit, Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit der Allgemeinen Luftfahrt.
b) Die Aufklärung der Öffentlichkeit über den Nutzen der Allgemeinen Luftfahrt und die Förderung ihres Verständnisses im Hinblick auf die Belange des privaten Luftverkehrs.
c) Die Interessenvertretung der Allgemeinen Luftfahrt bei Parlamenten, Regierungen und Verwaltungen auf nationaler und internationaler Ebene.
d) Die Vereinheitlichung und Vereinfachung der Verkehrs-, Zulassungs- und Ausbildungsvorschriften im Interesse der Sicherheit der Allgemeinen Luftfahrt.
e) Die Erleichterung des grenzüberschreitenden Verkehrs und die Vertiefung der freundschaftlichen internationalen Beziehungen.
f) Die Beratung und Weiterbildung der Mitglieder in fliegerischen wirtschaftlichen, technischen und touristischen Fragen der Allgemeinen Luftfahrt.

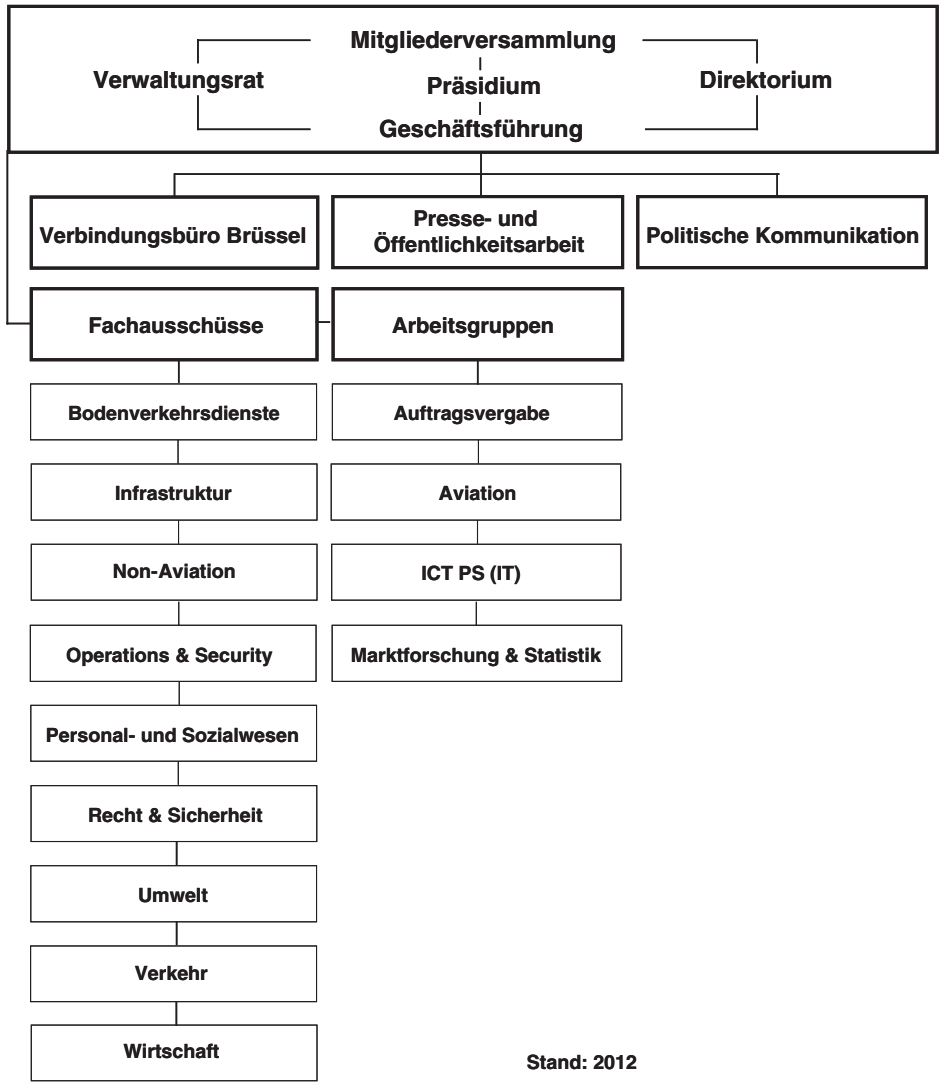


Abb. 19.3 Organisationsstruktur der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen [18]

19.4.5 Board of Airline Representatives in Germany e.V.

Das BARIG, Board of Airline Representatives in Germany e.V. vertritt und fördert die gemeinsamen Interessen von mehr als 100 Airline-Mitgliedern, die in Deutschland geschäftlich tätig sind. Zu den BARIG Mitgliedern gehören nationale wie auch internationale Passagier- und Frachtfluggesellschaften. Der Verband, mit Sitz in Frankfurt/M, setzt sich seit seiner Gründung 1951 für die Verbesserungen der vertrieblichen und

operationellen Bedingungen des Flugverkehrs in Deutschland ein. Der Luftverkehr ist eine Wachstumsindustrie. Damit der Wirtschaftsstandort Deutschland von dieser Wachstumsbranche angemessen profitieren kann, hat BARIG folgende Forderungen formuliert:

- Schaffung nachfragegerechter Luftverkehrsinfrastruktur,
- Senkung der Kosten,
- Abbau von Bürokratie.

Im Auftrag seiner Mitglieder vertritt das BARIG die Interessen der Airlines gegenüber Politik, Wirtschaft und Industrie. So beteiligt sich BARIG an allen wichtigen Gesetzgebungsverfahren, Gebühren- und Entgeltentwicklungen, Nachtflugregelungen und anderen Themen dieser Art rund um Fluglärm, Umwelt und Sicherheit [29].

19.4.6 Nationale Gewerkschaften

19.4.6.1 Vereinigte Dienstleistungsgewerkschaft (ver.di)

Die Vereinte Dienstleistungsgewerkschaft (Kurzname: „Verdi“ ist eine Mitgliedsgewerkschaft im Deutschen Gewerkschaftsbund (DGB) mit Sitz in Berlin. Sie hat knapp 2,1 Millionen Mitglieder (Stand: 2011) und ist damit die zweitgrößte Gewerkschaft im DGB nach der IG Metall. Ver.di ist die größte Gewerkschaft für Dienstleistungsbranchen in Deutschland. Ver.di entstand 2001 durch Zusammenschluss von fünf Einzelgewerkschaften, die bis auf die DAG dem Deutschen Gewerkschaftsbund angehörten, der:

- Deutsche Postgewerkschaft (DPG),
- Gewerkschaft Handel, Banken und Versicherungen (HBV),
- IG Medien, Druck und Papier, Publizistik und Kunst (IG Medien),
- Gewerkschaft Öffentliche Dienste, Transport und Verkehr (ÖTV),
- Deutsche Angestellten-Gewerkschaft (DAG).

Die frühere Gewerkschaft der Eisenbahner Deutschlands (GdED, heute Eisenbahn- und Verkehrsgewerkschaft (EVG)), sowie die Gewerkschaft Erziehung und Wissenschaft (GEW), die an den Verhandlungen zur Bildung von ver.di teilgenommen hatten, schlossen sich der Gewerkschaft nicht an.

Am 18. März 2001 beschlossen die fünf Gewerkschaften in Berlin, gemeinsam die Vereinte Dienstleistungsgewerkschaft zu bilden. Mit dem Eintrag ins Vereinsregister (Registergericht Amtsgericht Charlottenburg, Registernummer VR 20229Nz) am 2. Juli 2001 trat ver.di die Nachfolge der fünf Gründungsorganisationen auch rechtlich an. Die Rechtsform e.V. wurde zunächst gewählt, um die Verschmelzung rechtlich möglich zu machen. Seit dem 1. Juli 2004 ist ver.di wie alle anderen DGB-Gewerkschaften kein eingetragener Verein mehr.

Ver.di ist in einer Matrixorganisation horizontal und vertikal gegliedert. Die horizontale Gliederung besteht aus den Ebenen Ort, Bezirk, Land und Bund. Die vertikale Gliederung umfasst Fachbereiche, die sich um berufliche und berufspolitische Themen kümmern. Bildung ist eine wesentliche Grundlage für die gesellschaftliche, politische und ökonomische Teilhabe jedes Einzelnen. Der Fachbereich Bildung, Wissenschaft und Forschung organisiert den Arbeits- und Lernort Hochschule, die außeruniversitäre Forschung, die Weiterbildung und Archive, Bibliotheken und Dokumentationseinrichtungen. Schwerpunkt sind die Hochschulen mit ihren Studierenden, den wissenschaftlichen und nichtwissenschaftlichen Beschäftigten und den Kollegen der Studentenwerke. Der Fachbereich setzt sich für gesellschaftliche Teilhabe durch Bildung und gute Arbeitsbedingungen in Bildungseinrichtungen ein.

Die Gewerkschaft ist in elf Landesbezirke gegliedert, die von hauptamtlichen Landesbezirksleitern geführt werden. Die Landesbezirke sind für die Landespolitik, wie etwa die Zusammenarbeit mit Landesregierungen und Landesparlamenten, verantwortlich. Die Organisation gliedert sich horizontal unter den elf Landesbezirken in insgesamt 85 Bezirke. Die Bezirke werden hauptamtlich von Bezirksgeschäftsführern geleitet, die vom Bezirksvorstand gewählt und vom Bundesvorstand ernannt werden. Die Bezirksgeschäftsführer koordinieren und leiten die Arbeit der Bezirke und der Fachbereiche. In den Bezirken wird ein wesentlicher Teil der Leistungen für die Mitglieder organisiert, so der gewerkschaftliche Rechtsschutz. Die Bezirksgeschäftsführer sind auch für die Zusammenarbeit mit dem DGB in der Region, der Kommunalpolitik (Kommunale Hauptverwaltungsbeamte wie Landrat, Oberbürgermeister, Bürgermeister) und anderen gesellschaftspolitischen Interessengruppen wie Arbeitslosenverbänden oder Attac verantwortlich. In Tarifkämpfen (Streik) fungieren sie (fachbereichsübergreifend) als Arbeitskampfleiter.

19.4.6.2 Vereinigung Cockpit e.V.

Die Vereinigung Cockpit e.V. (VC) ist ein Verband für Verkehrsflugzeugführer und Flugingenieure in Deutschland mit Sitz in Frankfurt.

Die Vereinigung Cockpit wurde am 15. März 1969 von einer Gruppe Flugzeugführer als Berufsverband gegründet. Bis zum Jahr 2000 existierte eine Tarifgemeinschaft mit der Deutschen Angestellten Gewerkschaft (DAG). Die DAG verhandelte somit die Tarife für die in der Vereinigung Cockpit organisierten Flugzeugführer. Nachdem die DAG in der Gewerkschaft ver.di aufging wurde die Vereinigung Cockpit tarifpolitisch selbstständig und ist seit Beginn des Jahres 2000 auch in gewerkschaftlicher Funktion tätig.

Der Verein verfolgt die berufs- und tarifpolitischen Interessen seiner Mitglieder und ist von nahezu allen deutschen Fluggesellschaften als Gewerkschaft, also Tarifpartner für die Flugzeugführer, anerkannt. In seinen Arbeitsgruppen werden auch Grundsatzthemen wie Flugsicherheit u.ä bearbeitet. Die VC bewertet jährlich in einer Mängelliste die deutschen Flughäfen in Bezug auf ihre Sicherheit.

International tätig ist die VC über die Mitgliedschaft in der IFALPA, dem internationalen Dachverband der Flugzeugführerorganisationen, und in der European Cockpit Association (ECA), dem europäischen Interessenverband der Flugzeugführer und Flugingenieure. [179]

19.4.6.3 Unabhängige Flugbegleiter Organisation e.V.

Die Unabhängige Flugbegleiter Organisation e. V. (UFO) ist eine Fachgewerkschaft in der das Kabinenpersonal der Luftfahrt organisiert ist. Sie hat sich 1992 von den Vorläuferorganisationen der Dienstleistungsgewerkschaft Ver.di abgespalten und ihren Sitz in Mörfelden-Walldorf bei Frankfurt/M. Die UFO hat ca. zehntausend Mitglieder und ist seit dem Jahr 2000 Tarifpartner der LTU (Air Berlin), seit Juli 2002 des Lufthansa-Konzerns und weiterer Fluggesellschaften.

19.4.6.4 Gewerkschaft der Flugsicherung e.V.

Bis 1992 wurde die flächendeckende zivile Flugsicherung in Deutschland von einer Bundesbehörde durchgeführt, der Bundesanstalt für Flugsicherung (BFS). Als Beamte hatten die Mitglieder des Verbandes Deutscher Flugleiter (VDF) bereits seit 40 Jahren einen Berufsverband, der viel Einfluss auf die fachliche und technische Entwicklung der Flugsicherung hatte, aber keine gewerkschaftliche Vertretung darstellte. Ganz Ähnliches gilt für die Mitglieder des ehemaligen Verbandes Deutscher Flugsicherungs-Techniker und -Ingenieure (FTI). Aus diesem Grunde wurde von den Verbänden im Zuge der Organisationsprivatisierung der deutschen Flugsicherung ein Kooperationsvertrag mit der DAG abgeschlossen. Der Zusammenschluss der Verbände VDF/FTI in der GdF e.V. war die logische Konsequenz der jahrelangen intensiven Zusammenarbeit auf fachlicher-berufspolitischer und tarifpolitischer Ebene. Die GdF e.V. gliedert sich zur Zeit in zwei Fachbereiche:

- Fachbereich Flugsicherungsbetriebsdienste (FSBD),
- Fachbereich Flugsicherungstechnische Dienste (FSTD).

Der Fachbereich FSBD führt sozusagen eigenverantwortlich die fachliche Arbeit des VDF fort. Die fachlichen Aufgabengebiete sind zu sehen in:

- Der europäischen Entwicklung / Single European Sky (SES),
- Dem fachlichen Input FSBD auf nationaler Arbeitsebene mit der DFS,
- Dem fachlichen Input FSBD auf europäischer Ebene u.a. über die IFATCA (International Federation of Air Traffic Controllers Associations),
- Der FSBD trägt dafür Sorge, dass Sicherheitsniveau gehalten, und Qualitätsstandards gegeben sind.

Abbildung 19.4 zeigt die Organisationsstruktur der GdF.

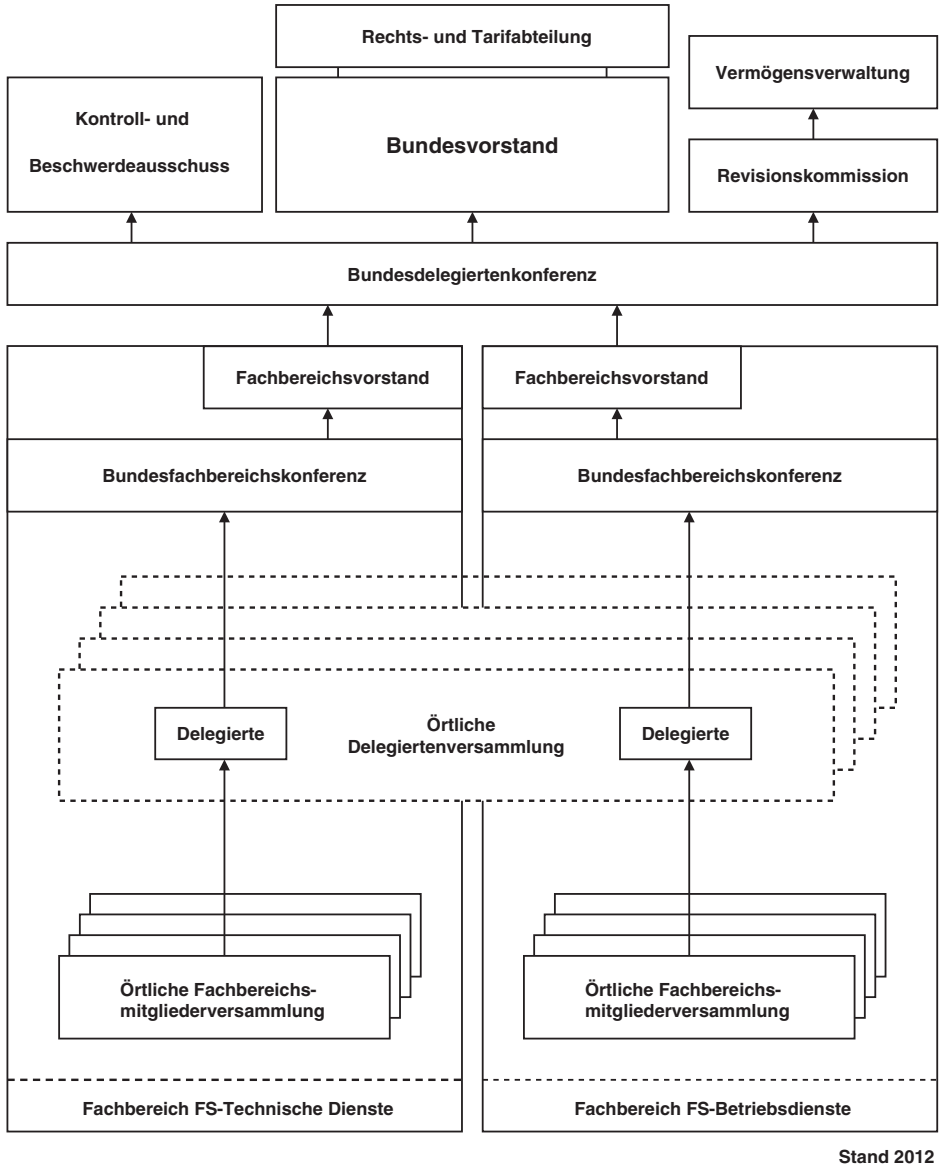


Abb. 19.4 Organisationsstruktur der GdF [178]

19.4.7 Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt e.V.

Die Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt – Lilienthal – Oberth e.V. mit Sitz in Bonn ist die älteste Institution in der Bundesrepublik Deutschland, die allen, die sich

beruflich oder privat mit Luft- und Raumfahrt beschäftigen, ein gemeinsames Dach und ein fachübergreifendes Aktions- und Informationsforum bietet.

Die DGLR steht für Forschung, Wissenschaft und Technik der Luft- und Raumfahrt. Mit ihren mehr als 3.000 Mitgliedern aus allen mit dieser Branche verbundenen Berufs- und Ausbildungssparten, ist die DGLR die größte und zugleich einzige Vereinigung in Deutschland, die in sämtlichen Fach- und Arbeitsbereichen der Luft- und Raumfahrt vertreten ist, von der Industrie bis zum Ministerium, von der Lehre bis zur Forschung.

Die DGLR wirkt als Bindeglied und Kommunikationsstrang zwischen den einzelnen Disziplinen und fördert den nationalen und internationalen Erfahrungsaustausch zwischen Industriefirmen, Behörden, Forschungsinstituten und Universitäten.

Die DGLR ist ein Treffpunkt für Luft- und Raumfahrt. Sie handelt unabhängig von einzelnen Interessengruppen als Anwalt der Luft- und Raumfahrt und als Sprachrohr ihrer Mitglieder. Sie informiert, diskutiert und agiert. Sie trägt die wissenschaftlichen, technischen, wirtschaftlichen und kulturellen Leistungen der Luft- und Raumfahrt in die Öffentlichkeit. Sie will die Leistungen, aber auch die Probleme der Luft- und Raumfahrt allen Gesellschaftsschichten bewusst machen. Sie informiert und berät auf allen Ebenen der Politik, der Wirtschaft und des öffentlichen Lebens, um die Bedeutung der Luft- und Raumfahrt für den Erhalt der Spitzenstellung Deutschlands in Forschung, Technik und Industrie zu untermauern.

Mit Symposien und Fachtagungen, mit der Mitwirkung an internationalen Veranstaltungen und mit Diskussionsrunden auf regionaler Ebene erreicht sie innerhalb und außerhalb Deutschlands einen breit angelegten Informations- und Erfahrungsaustausch.

Sie fördert technische und wissenschaftliche Arbeiten in der Luft- und Raumfahrt und setzt sich für die Anwendung der in diesen Arbeiten gewonnenen Erkenntnisse ein. Mit wissenschaftlich-technischen Veröffentlichungen schafft sie ein weit reichendes lnformationsforum für die Fachwelt und den interessierten Laien.

19.4.8 Deutsche Gesellschaft für Ortung und Navigation e.V.

Die Deutsche Gesellschaft für Ortung und Navigation e.V. (DGON) mit Sitz in Bonn wurde 1951 gegründet und ist in Kommissionen und Fachausschüssen strukturiert sowie organisiert. Für die Verkehrssysteme wurden drei Kommissionen gegründet, Luftfahrtkommission, Schifffahrtskommission und Kommission Landverkehr.

Für die technisch wissenschaftlichen Fragen wurden vier Fachausschüsse (FA) eingerichtet, FA Radartechnik, FA Inertialsensorik, FA Weltraumtechnik und FA Verkehrstelematik.

Zweck der Gesellschaft ist es, Wissenschaft und Forschung, Technik und Anwendungen von Ortung und Navigation zu fördern und damit einen Beitrag zur Sicherheit, Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit der Schifffahrt, Luftfahrt, Raumfahrt und des

Landverkehrs zu leisten. Dazu wirken Fachleute und Interessenten aus Behörden, Wissenschaft, Industrie und der Anwender zusammen. Die Aufgaben sind zu sehen in:

1. Veranstaltung von Fachtagungen und Symposien;
2. Förderung und Integration des wissenschaftlichen Nachwuchses durch gemeinsame Veranstaltungen mit Universitäten, Forschungseinrichtungen, Industrie und Behörden;
3. Erarbeitung von Expertisen, Stellungnahmen und Empfehlungen zu aktuellen Themen der Ortung und Navigation sowie damit eng verbundener Gebiete der Telekommunikation und Informatik;
4. Beratung der zuständigen Behörden und Einrichtungen des Bundes und der Länder;
5. Sammlung und Veröffentlichung von nationalen und internationalen wissenschaftlichen Arbeiten und Berichten aus dem Arbeitsbereich der Gesellschaft;
6. Zusammenarbeit mit Gesellschaften und Institutionen ähnlicher Zielsetzung des In- und Auslandes.

Teil IV

Das System des Luftverkehrs in der Bundesrepublik Deutschland

Luftverkehrlicher Systembegriff und Abgrenzung

20

Für den Begriff „System“ zeigt die gängige Literatur, je nach Betrachtungsweise, unterschiedliche Definitionen auf. Aus der Vielzahl der angebotenen Definitionen ist jedoch die Gemeinsamkeit zu erkennen, dass sich ein System beschreiben lässt durch:

- Elemente,
- Eigenschaften,
- Beziehungen,
- eine Menge abgegrenzter Anordnungen.

Verknüpft man diese Beschreibungsmerkmale, so ist ein System „eine Menge von Elementen, welche Eigenschaften besitzen und welche durch Relationen (Beziehungen) miteinander verknüpft sind“. Anwendungsbezogen und zweckdienlich findet man die Definition:

„Ein System besteht aus einer Menge von Komponenten, welche Eigenschaften besitzen und welche durch Beziehungen miteinander zur Verfolgung gesetzter Ziele verknüpft sind“.

Das so definierte System lässt dann eine Unterscheidung nach Objektsystem und Zielsystem zu. Während sich das Objektsystem im Sinne eines offenen Systems extern durch die Umfeldbedingungen, intern durch die Betriebsbedingungen beschreiben lässt, sind bei der Betrachtung des Zielsystems Zielprogramm und Zielrahmen zu unterscheiden. Der Zielrahmen enthält die allgemeinen, die Organisation betreffenden strategischen Ziele, das Zielprogramm Programme u./o. projektbezogene Ziele.

20.1 Zielbegriff

Ziele werden in der Literatur übereinstimmend als angestrebte, zukünftige Zustände bezeichnet. Versucht man ein Ziel zu strukturieren, so lassen sich die Strukturelemente Zielobjekt, Zieleigenschaft, Zielmaßstab, Zielfunktion und zeitlicher Bezug

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_20,

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

unterscheiden, wobei das Zielobjekt den Realitätsbezug herstellt. Als Zieleigenschaft bezeichnet man die Beurteilungs- oder Bewertungsgrößen. Ein Zielmaßstab ist als Messvorschrift zweckdienlich und dient der Quantifizierung der Zieleigenschaft. Die Zielfunktion ermöglicht die Festlegung des Ausmaßes der Zielerreichung. Der zeitliche Bezug führt letztendlich zu einer Unterscheidung in kurz-, mittel- und langfristige Ziele. Die Kennzeichnung von Zielen durch diese entsprechenden Elemente sagt jedoch noch nichts über die Konkretheit der Ziele aus.

Es kann sich also um abstrakte Wunschvorstellungen oder auch bereits konkrete operable Größen handeln. Daraus leiten sich die beiden wesentlichen Forderungen an Ziele ab, sie sollen:

- realistisch sein, d. h. es sollen nur solche Ziele formuliert werden, die auch erreichbar sind,
- operational sein, d. h. sie sollen eindeutig, konkret und praktisch umsetzbar sein.

Dies ist um so wichtiger, je mehr Ziele gleichzeitig verfolgt werden. Es ist häufig der Fall, dass sich Einzelziele zueinander:

- neutral
- komplementär = kompatible Ziele
- identisch
- antinomisch = konfliktträchtige Ziele
- konkurrierend

verhalten. Nach Analyse der Abhängigkeiten versucht man, Einzelziele zu sinnvollen Zielkomplexen zusammenzufassen.

20.2 Zielrahmen

Die Untersysteme Zielrahmen und Zielprogramm verstehen sich als Teilmengen der Zielgesamtheit. Der Zielrahmen enthält alle allgemein auf die Organisationsfunktionen bezogenen strategischen Ziele. Im Hinblick auf die Träger des Luftverkehrs, die Luftverkehrsgesellschaften, die Flugsicherung, die Betreiber der Flughäfen, die Institutionen und Organisationen, bedeutet dies in seinen Ausprägungen das Streben nach:

Sicherheit, Wirtschaftlichkeit und Regelmäßigkeit, Freizügigkeit, Berücksichtigung militärischer Belange, Umweltschutz und internationaler Zusammenarbeit.

Diese Zielbereiche erfahren aus der Sicht der Betroffenen, bezogen auf die entsprechenden Unternehmensziele, allerdings eine unterschiedliche Gewichtung. So haben beispielsweise die Betreiber von Luftfahrtgerät ökonomische d. h. betriebswirtschaftliche Ziele wie:

- Erhöhung von Marktanteilen,
- Erzielung von Wettbewerbsvorteilen,

- Erzielung von maximalen Gewinnen,
- Erzielung einer kostenoptimalen Betriebsführung,
- Erhöhung der Liquidität.

Soziale Ziele (optional) wie:

- Erhöhung der Zahl der Arbeitsplätze,
- verbesserte Versorgung durch die Erbringung von Transportleistung.

Technische/betriebliche Ziele (optional) wie:

- Verbesserung von Qualitätsstandards,
- Verbesserung von Serviceleistungen,
- Verbesserung der Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit.

20.3 Umfeldbedingungen

Das Umfeld ist ein wesentlicher Prädiktor für eine Organisation und ihre Leistungsfähigkeit. Zum relevanten Umfeld zählen alle diejenigen Elemente, deren Eigenschaften und Verhaltensweisen für die Erreichung vorgegebener Ziele notwendig sind. Dieses Kriterium lässt sich in dreifacher Weise präzisieren:

1. Generelle Umfeldbedingungen:
   Hierunter sind beispielsweise Rahmenbedingungen zu verstehen, die durch Rechtsnormen vorgegeben sind, aber auch ökonomische (zugeteilte Finanzbudgets) und soziotechnische Bedingungen.
2. Aufgabenspezifische Umfeldbedingungen:
   Unter aufgabenspezifischen Umfeldbedingungen ist die enge Bezugnahme auf die Sachziele zu verstehen.
3. Potentiell und faktisch relevante Bedingungen:
   Die enge Bindung an Sachziele führt tendenziell zu einer statischen Betrachtungsweise. Da sich Sachziele aber verändern oder erweitern können, werden Umfeldelemente relevant, mit denen vorher keine Transaktionsbeziehungen bestanden haben.

Diese Präzisierung dient der Abgrenzungsproblematik und dem Relevanzproblem. Das relevante Umfeld lässt sich in die drei Kategorien Aufgaben-, Aggregations- und Makro-Umfeld einteilen.

Das Aufgaben-Umfeld wird üblicherweise als derjenige Teil des Umfeldes des Systems definiert, der für die Zielsetzungen und Zielerreichung von Bedeutung ist, d. h. in einer weiteren Präzisierungsstufe.

„Das aufgabenspezifische Umfeld beinhaltet die Menge derjenigen Elemente des Umfeldes, mit denen durch Interaktion die Erreichung der Sachziele erfolgt".

Die Funktionsträger (Objekte, Personen) des Luftverkehrs interagieren mit im Umfeld angesiedelten Trägern des Luftverkehrs, d. h. mit:

- Behörden und der Administration,
- Forschungsinstituten und Ausbildungsstätten,
- Luftverkehrsgesellschaften des Fluglinien- und Bedarfsluftverkehrs,
- der Allgemeinen Luftfahrt,
- Flugschulen,
- Flugplätzen,
- Verbänden, Vereinen, Organisationen des Luftverkehrs,
- Herstellern und der Ausrüstungsindustrie.

Eine Abgrenzung des Umfeldsegmentes „Aggregations-Umfeld" ist schwer vorzunehmen und operationell zu handhaben, da sich die Aktionsräume der Verbände, Interessensgruppen und Organisationen nicht nur überlappen, sondern auch durch Neubildung und Umbildung versucht wird, die Bedingungen des globalen Umfeldes zu verändern, um es im Sinne der jeweiligen Interessenslagen „günstiger" zu gestalten, oder aber man ist bemüht, sich an die Gegebenheiten des Makro-Umfeldes anzupassen.

Das Makro-Umfeld, das in der Literatur auch als globales Umfeld bezeichnet wird, umfasst die Menge der generellen Bedingungen in einem geographischen Raum, die die Möglichkeiten der Formulierung bestimmter Sachziele sowie die Durchführung bestimmter Verhaltensweisen beeinflussen. Das Makro-Umfeld weist fünf Komponenten auf:

1. Ökonomische Komponente,
   beschreibt die generelle ökonomische Situation der geographischen Region.
2. Technologische Komponente,
   beschreibt das technologische „know how" der geographischen Region.
3. Rechtlich-politische Komponente,
   beschreibt die rechtlich-politischen Restriktionen der geographischen Region.
4. Soziologische Komponente,
   beschreibt die Ausprägungen der Gesellschaftsstruktur der geographischen Region.
5. Physische Komponente,
   beschreibt die Gesamtheit physisch manifestierter, natürlicher oder gestalteter Bedingungen eines geographischen Raumes.

Übergreifend ist das Umfeld des Systems gekennzeichnet durch:

- die politische Philosophie gegenüber dem Objektsystem,
- den daraus resultierenden staatlichen Reglementierungen,

- die Umweltschutzbestimmungen,
- die sozialen/arbeitsrechtlichen Bestimmungen.

Die Umfeldkomplexität lässt sich messen am:

- Informationsaustausch,
- Homogenitätsgrad,
- Grad der Interaktionshäufigkeit,
- Grad der Beeinflussbarkeit,
- Grad der Günstigkeit.

Die Dimension Informationsaustausch erfasst die Möglichkeiten, die dem Objektsystem zur Verfügung stehen, sich über sein Umfeld zu informieren bzw. Informationen abzugeben. Der Homogenitätsgrad misst die Homogenität/Heterogenität des Umfeldes, um die Komponenten herauszustellen, die einer besonderen Berücksichtigung durch das Objektsystem bedürfen. Die Interaktionshäufigkeit erfasst, ob das Objektsystem zum Zwecke einer erfolgreichen Aufgabenerfüllung häufig mit seinem Umfeld in Beziehung treten muss oder ob es weitgehend autonom agieren kann. Die Dimension Beeinflussbarkeit dient der Beurteilung, ob Trends und Veränderungen im Umfeld vom Objektsystem beeinflusst werden können. Die Komplexitätsdimension Günstigkeit ermittelt, ob Einstellungen oder Verhaltensmuster des Umfeldes, als für das Objektsystem unterstützend, oder als ungünstig empfunden werden.

Luftfahrtverwaltung in der Bundesrepublik Deutschland

21

21.1 Zum Begriff der Luftfahrtverwaltung

In der Fachliteratur findet die Bezeichnung Luftfahrtverwaltung im Gegensatz zum Begriff Luftverkehrsverwaltung selten Anwendung.

Ursachen dieser Sprachentwicklung sind vermutlich die Artikel 73 und 87d des Grundgesetzes, die die Zuständigkeiten bezüglich der Gesetzgebung im Luftverkehr und der Luftverkehrsverwaltung regeln.

Unter den Begriff Luftverkehr fallen in dieser Auslegung aber auch Einrichtungen, die nur in mittelbarem Zusammenhang mit dem Luftverkehr stehen und streng genommen der Luftfahrt zuzuordnen sind.

Entsprechend der Definition des Begriffes Luftfahrt werden im Folgenden auch die administrativen Funktionsträger berücksichtigt, die nur mittelbar dem Luftverkehr zuzuordnen sind.

Die militärische Luftfahrtverwaltung beschränkt sich auf wenige Schnittstellen mit der zivilen Luftfahrtverwaltung, etwa bei der Flugsicherung und dem Rettungswesen.

21.1.1 Aufgaben der Luftfahrtverwaltung

Die Luftfahrtverwaltung dient in erster Linie der Schaffung eines Rahmens für eine sichere und wirtschaftliche Nutzung des Luftraums. Hieraus lassen sich generell drei Aufgaben ableiten:

1. Reglementierung des Verhaltens der Teilnehmer am Luftverkehr und untereinander (Wegsicherung, Luftaufsicht),
2. Zulassung und Überwachung des Luftfahrtgerätes,
3. Überprüfung der Qualifikation und Lizenzierung des Luftfahrtpersonals.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_21,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Neben diesen technisch und flugbetrieblich orientierten Aufgaben übt der Staat auch Kontrolle über die (Tarif- und) Flugplangestaltung der Luftverkehrsunternehmen aus, deren internationalen Betrieb er durch Aushandlung von Luftverkehrsabkommen und Repräsentation in staatlichen internationalen Organisationen erst ermöglicht. Außerdem ist der Staat der wichtigste Träger und Initiator der Luftfahrtforschung.

Weitere Aufgaben kommen dem Staat durch die Integration der Luftfahrt in die Gesellschaft zu, worunter z. B. Aufgaben des Umweltschutzes, die Gewährleistung der Sicherheit im Luftverkehr und die Sicherstellung der Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit der Luftfahrt verstanden werden. Übergeordnete Interessen engen also den Gestaltungsrahmen der Luftfahrt ein.

21.1.2 Organe der Luftfahrtverwaltung

Vor einer näheren Beschreibung des Aufbaus und der Aufgaben der einzelnen Organe der Luftfahrtverwaltung sei zunächst in einem Überblick die Gesamtstruktur dargestellt.

Die oberste Bundesbehörde der zivilen Luftfahrtverwaltung der Bundesrepublik Deutschland ist der Bundesminister für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, BMVBS. Ihm sind seit dem 1. Januar 1993 zwei Bundesoberbehörden (vorher waren es drei Bundesoberbehörden), deren Aufgaben die Luftfahrt ganz oder teilweise betreffen, nachgeordnet. Es sind das Luftfahrt-Bundesamt (LBA) und der Deutsche Wetterdienst (DWD).

Im Rahmen einer Organisationsprivatisierung kam es am 16. Oktober 1992 zur Gründung der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, die mit Beginn des Jahres 1993 die Aufgaben der (dritten) ehemaligen Bundesoberbehörde Bundesanstalt für Flugsicherung übernahm.

Um der privatrechtlich organisierten DFS, deren 100 %iger Anteilseigner der Bund ist, die Wahrnehmung der Hoheitsaufgabe Flugsicherung zu ermöglichen, war eine Änderung des Grundgesetzartikels 87d erforderlich. Hierin wurde klargestellt, dass die Luftfahrtverwaltung künftig im Bundesauftrag (siehe die Verordnung zur Beauftragung eines Flugsicherungsunternehmens (FS-AuftragsV) vom 11. November 1992) auch von juristischen Personen des Privatrechts wahrgenommen werden kann.

Der Bundestag stimmte am 30. April 1992 der Grundgesetzänderung sowie dem Gesetz zur 10. Änderung des Luftverkehrsgesetzes, mit dem die weiteren Grundlagen geschaffen wurden, mit großer Mehrheit zu.

Ein wesentlicher Bestandteil der Strukturreform im deutschen Flugsicherungswesen ist auch die Integration der überörtlichen militärischen Flugsicherung, die Ende 1996 abgeschlossen wurde. Sie basiert auf einer Ressortvereinbarung zwischen dem Bundesminister der Verteidigung (BMVg) und dem Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) vom 6. November 1991. Danach werden militärische Kontrolleiter vom BMVg zur Wahrnehmung von Flugsicherungsaufgaben in der DFS langfristig beurlaubt. Sie werden heute in den Betriebsdiensten bei den überörtlichen Außenstellen der DFS eingesetzt.

Auch an der Steuerung der DFS durch den Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung ist der Bundesminister für Verteidigung beteiligt. Er hat Sitz und Stimme im Aufsichtsrat der DFS.

Auf Bundesebene existieren darüber hinaus weitere Behörden, deren Aufgabenbereiche die Luftfahrt tangieren.

Parallel dazu üben die Luftfahrtbehörden der einzelnen Bundesländer die ihnen übertragenen Verwaltungsaufgaben aus. Die Organisation der Verwaltung in den jeweiligen Bundesländern ist uneinheitlich.

21.2 Luftfahrtverwaltung der Bundesländer

Mit Zustimmung des Bundesrates wurden den Ländern vom Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung Aufgaben der Luftverkehrsverwaltung im Rahmen der Auftragsverwaltung übertragen. Diese sind in dem Zuständigkeitskatalog in § 31 Abs. 2 LuftVG enthalten. Die Aufgaben der Länder auf dem Gebiet der Luftverkehrsverwaltung lassen sich zu den folgenden fünf Schwerpunkten zusammenfassen:

1. Lizenzierung bestimmter Luftfahrer und bestimmten Luftfahrtpersonals, insbesondere den Luftsport und die Allgemeine Luftfahrt betreffend,
2. Genehmigung von Flugplätzen und Bestimmungen über Bauhöhen, Baugenehmigungen und Bauschutzbereiche,
3. Genehmigung von Luftfahrtunternehmen, die landesinternen Fluglinienverkehr oder Gelegenheitsverkehr mit Flugzeugen weniger als 5.700 kg Startmasse betreiben,
4. Genehmigung von Außenstarts und Außenlandungen, Luftfahrtveranstaltungen, die Erstellung von Luftbildern und Sonderflügen,
5. Aufsicht über festgelegte Verwaltungszuständigkeiten, Luftaufsicht, Schutz vor Terroranschlägen.

Daneben ist es nach § 10 Abs. 1 LuftVG Aufgabe der Landesregierung, die Planfeststellungsbehörde zum Planfeststellungsverfahren zur Anlage und Betrieb von Flugplätzen und Landeplätzen mit beschränktem oder unbeschränktem Bauschutzbereich zu bestimmen.

21.2.1 Luftfahrt- und Luftsicherheitsbehörden der Bundesländer

Die Organisation der Luftverkehrsverwaltung in den Ländern ist uneinheitlich, da die Länder nach Art. 85 Abs. 1 Grundgesetz (GG) die Einrichtung der Behörden selbst bestimmen können.

In einigen Bundesländern werden die Aufgaben der Luftverkehrsverwaltung zentral in dem für Verkehr zuständigen Ministerium wahrgenommen.

Dies trifft auf Berlin, Hamburg, Bremen, das Saarland und Schleswig-Holstein zu. In den übrigen Bundesländern sind neben den Ministerien nachgeordnete Behörden für bestimmte Aufgaben zuständig.

Dabei werden die verkehrspolitisch wichtigen Entscheidungen, wie die Genehmigung von Flugplätzen von den Ministerien getroffen, während die übrigen Aufgaben der so genannten nachgeordneten Luftverkehrsverwaltung unterstehen.

21.2.2 Durchführung der Bundesauftragsverwaltung

Grundlage der Bundesauftragsverwaltung ist Art. 85 GG. Dem Bund wird in Art. 85 Abs. 3 GG ein Weisungsrecht zugebilligt. In einigen Fällen, insbesondere im Zusammenhang mit Entscheidungen über die Genehmigung von Flugplätzen und Luftfahrtunternehmen, ist die Entscheidung der Landesbehörden von Gutachten oder Prüfungen des Bundesaufsichtsamts für Flugsicherung u./o. des Luftfahrtbundesamtes abhängig. Die Genehmigung von Verkehrsflughäfen ist von einer Entscheidung des Bundes abhängig, falls Bundesinteressen betroffen sind.

Administrative und operative Träger des Luftverkehrs

22

22.1 Bundesministerium des Inneren

Das Bundesministerium des Inneren [33] ist für die Gewährleistung der Sicherheit der Bundesrepublik Deutschland zuständig. Zu den vielfältigen Aufgaben, die dem Ministerium obliegen, gehört auch die Luftsicherheit. Das Ministerium gliedert sich in Abteilungen und Referate. In einer Abteilung werden Unterabteilungen und Referate meist zu sachlich zusammengehörenden Aufgabenbereichen zusammengefasst. Die Referate sind die organisatorischen Grundeinheiten des Ministeriums und Träger der Sacharbeit. Für die Belange der Luftsicherheit sind von Bedeutung:

Die Abteilung B, Referat B3 das für die Luft- und Seesicherheit zuständig ist.

Die Aufgabenschwerpunkte betreffen die Grenzpolizei, Bahnpolizei, Angelegenheiten der Luftsicherheit gemäß § 29c LuftVG i. V. incl. Artikel 85, Absatz 3 des Grundgesetzes.

Das Referat B2, das für Führungs- und Einsatzangelegenheiten der Bundespolizei zuständig ist.

Dazu gehören die Qualität der Passagier- und Gepäckkontrollen, die gut ausgebildeten Fluggastkontrollkräfte und die Leistungsfähigkeit der verwendeten Kontrolltechnik sowie die Zuverlässigkeitsüberprüfungen des Flughafenpersonals. Unmittelbar nach den Terroranschlägen des 11. September 2001, bei denen erstmals Passagierflugzeuge als Waffen benutzt wurden, und somit auf ein völlig neues Bedrohungspotenzial existierte, auf das reagiert werden musste, wurde das gesamte System der Luftsicherheitsmaßnahmen überprüft und um diese neue Qualität der Bedrohung erweitert. Ziel ist ein gestaffeltes Schutzsystem, bei dem der Ausfall einer Stufe durch nachfolgende Schutzmaßnahmen kompensiert werden kann.

Die kontinuierliche Verbesserung der Luftsicherheitsmaßnahmen führte bisher zu:

- dem Einsatz bewaffneter Flugsicherheitsbegleiter in deutschen Flugzeugen,
- dem Einbau schuss- und einbruchsicherer Cockpittüren,
- verschärften Zuverlässigkeitsüberprüfungen,

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_22,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

- der Einführung der vollständigen Kontrolle des aufgegebenen Gepäcks seit 1. Januar 2003,
- zusätzlichen Personal- und Warenkontrollen beim Zutritt in sensible Bereiche des Flughafens (seit dem 19. Januar 2004),
- einer Einrichtung einer umfassenden Qualitätskontrolle zur regelmäßigen Überprüfung der Luftsicherheitsmaßnahmen,
- der Kontrolle von Transferfluggästen aus Nicht-EU-Staaten.

Für die Maßnahmen zum unmittelbaren Schutz der Fluggäste und der Luftfahrtunternehmen vor Angriffen auf die Sicherheit des Luftverkehrs werden nach § 5 des Luftsicherheitsgesetzes (LuftSiG) Gebühren erhoben.

22.2 Bundesministerium der Verteidigung

Das Bundesministerium der Verteidigung (BMVg), nimmt alle Aufgaben zur Landesverteidigung der Bundesrepublik Deutschland war. Darunter fallen die Aufgaben der Marine, des Heeres und der Luftwaffe, sowie die Aufgaben und Verpflichtungen im Rahmen von Allianzen (NATO etc.). Die Organisationsstruktur ist entsprechend komplex und umfasst neben dem Leitungsbereich die zivilen Abteilungen und die militärischen Führungsstäbe, die Verwaltung/Logistik (Ämter), aber auch die operativen Einheiten, wie Verbände und Kommandos. Im Bereich der Luftwaffe unterstehen somit alle militärischen Luftfahrtbehörden und auch das Amt für Flugsicherung der Bundeswehr (AFSBw), dem Bundesministerium für Verteidigung.

Neben einigen wenigen zivilen Dienststellen und Institutionen auf Bundes- und Länderebene bestehen für den militärischen Bereich (Bundeswehr und Stationierungsstreitkräfte) eigenständige militärische Luftfahrtbehörden, deren Aufgaben innerhalb ihrer Zuständigkeitsbereiche denen der entsprechenden zivilen Stellen nahezu entsprechen.

Sie sind gegliedert in den Bereich Wehrverwaltung (WV), im Bundesministerium für Verteidigung, sowie die vier Wehrbereichsverwaltungen (WBV) Nord, West, Süd und Ost.

Die Wehrbereichsverwaltungen entsprechen in Aufgabe und Funktion grundsätzlich den zivilen Luftfahrtbehörden der Länder und nehmen darüber hinaus als Träger öffentlicher Belange militärische Angelegenheiten wahr, wie etwa Schutzbereiche um Munitionsdepots, Radaranlagen etc.

Der **Geoinformationsdienst** der Bundeswehr (GeoInfoDBw) ist ein Fachdienst der Bundeswehr, der in allen Teilstreitkräften und im wehrtechnischen Bereich eingegliedert ist. Für die einheitliche Durchführung der GeoInfo-Beratung ist das Amt für Geoinformationswesen der Bundeswehr (AGeoBw) verantwortlich.

Die speziellen Aufgaben der Flugwetterberatung werden wahrgenommen durch:

- Flottenkommando, Abteilung Geoinformationsdienst (FlottenKdo, Abt GeoInfoD),
- Zentrale Geoinformationsberatungsstellen (zGeoInfoBSt),
- Geoinformationsberatungsstelle (GeoInfoBSt).

Die Aufgaben werden auf der Grundlage der ZDv 99/40 „Wetterberatung für den Flugbetrieb der Bundeswehr“ durchgeführt.

Die Aufgaben des Geoinformationsdienstes der Bundeswehr in der Flugwetterberatung werden wahrgenommen durch das Amt für Geoinformationswesen der Bundeswehr, die Meteorologische Vorhersagezentrale (AGeoBw-MetVorZ). Das Amt ist zuständig für die Erstellung und Verbreitung von:

- großräumigen geophysikalischen Leitanalysen/-vorhersagen (mittel-/langfristig);
- geophysikalischen Vorhersagen für mittel-/langfristige Planungen von nationalen und NATO-Kommandobehörden;
- Beratungsunterlagen zur geophysikalischen Unterstützung der Bundeswehr im Auftrag internationaler Organisationen und von Übungen mit Bundeswehrbeteiligung außerhalb Deutschlands.

Geoinformationsberatungsstellen sind generell zuständig für die Erstellung und Verbreitung von

- Wetterbeobachtungen,
- Flugplatzwettervorhersagen,
- Warnungen vor geophysikalischen Gefahren für den örtlichen Bereich,

sowie die Durchführung der örtlichen, lagebezogenen GeoInfo-Beratungen der Einsatzführung, der Luftfahrzeugführer und Flugsicherungsstellen, abgestellt auf die durch das jeweilige Waffensystem bedingten Forderungen der Bedarfsträger [17].

22.3 Bundesminister für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung

Die oberste Bundesbehörde der zivilen Luftfahrtverwaltung der Bundesrepublik Deutschland ist der Bundesminister für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS). Ihm sind drei Bundesoberbehörden, deren Aufgaben die Luftfahrt ganz oder teilweise betreffen, nachgeordnet. Es sind dies das Luftfahrt-Bundesamt (LBA), die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU), und der Deutsche Wetterdienst (DWD).

Im Rahmen einer Organisationsprivatisierung kam es am 16. Oktober 1992 zur Gründung der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, die mit Beginn des Jahres 1993 die Aufgaben der ehemaligen Bundesoberbehörde „Bundesanstalt für Flugsicherung“ übernahm. Das Unternehmen „DFS Deutsche Flugsicherung GmbH“ nimmt die Aufgaben der Flugsicherung in der Bundesrepublik Deutschland war.

22.3.1 Organisation

Dem Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS) untersteht auch das Luftfahrtwesen. Das Ministerium mit Sitz in Bonn und Berlin ist die

höchste Instanz in der behördlichen (administrativen) Hierarchie der Luftfahrt in der Bundesrepublik Deutschland.

Das Bundesministerium ist in Form von Abteilungen organisiert. Die Verkehrsträger unterstehen einen Staatssekretär und gliedern sich im Rahmen der fachlichen Zuständigkeiten in die Abteilungen: Zentralabteilung Luft- und Raumfahrt, Wasserstraßen und Schifffahrt, sowie Landverkehr. Je nach Erfordernis sind die Abteilungen in zwei bis drei Unterabteilungen untergliedert. Die Unterabteilungen verfügen über Fachreferate, die für die verkehrsträgerspezifischen Fachgebiete zuständig sind. Die Abteilung Luft- und Raumfahrt (LR) verfügt über zwei Unterabteilungen. Die Unterabteilung LR 1 ist zuständig für die Sachgebiete Luftrecht, Flughäfen und Luftverkehrspolitik. Die Unterabteilung LR 2 ist zuständig für die Sicherheit in der Luftfahrt, für die Meteorologie und die Raumfahrt (Stand 2012).

Der Unterabteilung LR 1 sind folgende Fachreferate zugeordnet:

- Referat LR 10 (Luftrecht)
- Referat LR 11 (Flugplätze)
- Referat LR 12 (Luftverkehrspolitik, Vertretung bei der ICAO in Montreal)
- Referat LR 13 (Internationaler Luftverkehr).

Die Unterabteilung LR 2 sind folgende Fachreferate zugeordnet:

- Referat LR 20 (Luftsicherheit, Abwehr äußerer Gefahren)
- Referat LR 21 (Meteorologie, Klimaüberwachung, Erdbeobachtung, Raumfahrtnutzung, Deutscher Wetterdienst (DWD))
- Referat LR 22 (Luftfahrttechnik, Luftfahrtforschung, Umweltschutz, Luftfahrtbundesamt, Flughafenkoordination)
- Referat LR 23 (Flugsicherung)
- Referat LR 24 (Flugbetrieb, Luftfahrtpersonal, Flugunfalluntersuchung, Luftverkehrssicherheit, Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU)).

Die Organisationsstruktur der Abteilung Luft- und Raumfahrt im BMVBS zeigt Abb. 22.1.

22.3.2 Aufgaben

Nach § 31 des Luftverkehrsgesetzes (LuftVG) nimmt der Bundesminister für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung alle Aufgaben der zivilen Luftfahrtverwaltung wahr, die nicht an die Länder oder dem BMVBS nachgeordneten Bundesoberbehörden delegiert wurden. Die Wahrnehmung der Aufgaben erfolgt durch die Fachreferate. Die wesentlichen Aufgabengebiete grundsätzlicher und wirtschaftlicher Art betreffen die Themenkreise: Fragestellungen des Luftrechts, der Luftverkehrspolitik und des Internationalen Luftverkehrs sowie das Flughafenwesen. Betriebliche Fragestellungen umfassen die Themenbereiche: Luftsicherheit, Flugwetterdienst, Luftfahrttechnik, Luftfahrtforschung, Umweltschutz, Raumfahrt und Raumfahrtnutzung, das Luftfahrtbundesamt, die Flughafenkoordination, die

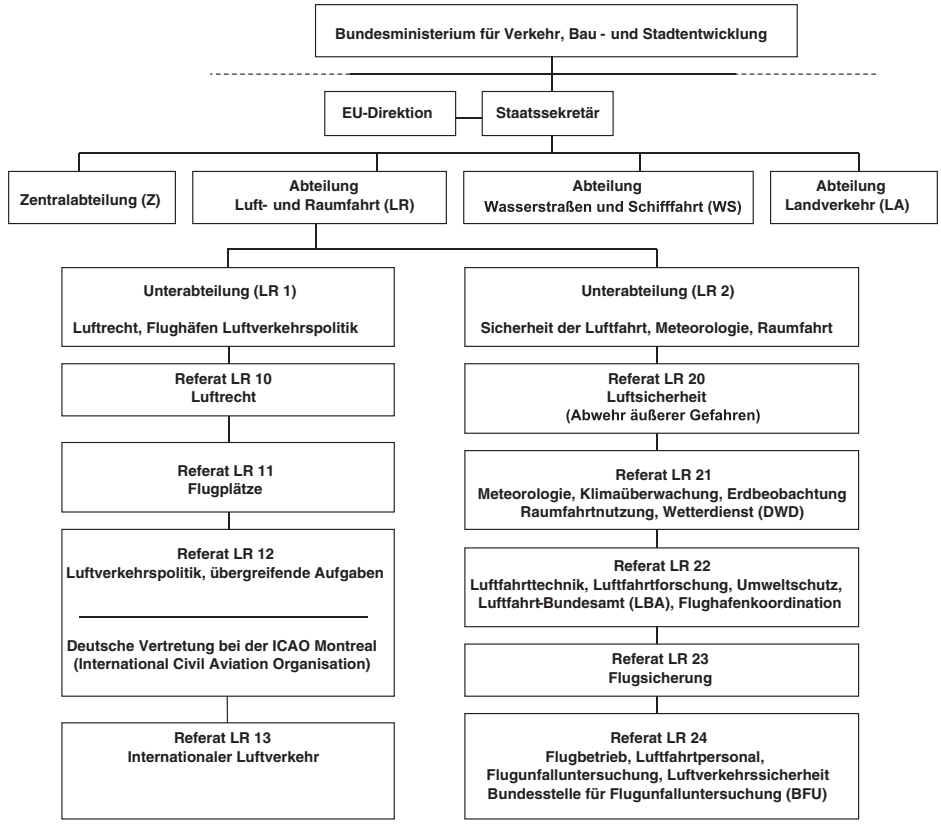


Abb. 22.1 Organisationsstruktur der Abteilung Luft- und Raumfahrt im BMVBS [36]

Flugsicherung, den Flugbetrieb, das Luftfahrtpersonal, die Flugunfalluntersuchung und die Luftverkehrssicherheit.

Gegenüber den Luftfahrtverwaltungen der Länder und den nachgeordneten Bundesoberbehörden besitzt der Bundesminister für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung eine Aufsichts- und Weisungsbefugnis. Aus § 32 LuftVG ergibt sich für den BMVBS die generelle Aufgabe, Rechtsverordnungen zur Durchführung des LuftVG zu erlassen. Darüber hinaus werden vom BMVBS die Gesetzesvorlagen zum Luftverkehr entworfen, die von der Bundesregierung dem Bundesrat und dem Bundestag vorgelegt werden. Zur Überwachung der Durchführung der gültigen Gesetze dienen Allgemeine Verwaltungsvorschriften (AVV's).

Die AVV's zeigen den nachgeordneten Behörden, Organisationen und Unternehmen, wie dem Luftfahrtbundesamt, dem Deutschen Wetterdienst oder dem Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung, der Grundlagen der Aufgabenerfüllungsprozesse auf.

Unabhängig von diesen Behörden, Organisationen und Unternehmen delegiert der Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung auch Aufgaben an die

Luftverkehrsbehörden der Länder. Diese, als Bundesauftragsverwaltung bezeichnete Aufgabendelegation, umfasst beispielsweise die Genehmigung von Flugplätzen (soweit nur das entsprechende Bundesland betroffen ist), die Lizenzierung von bestimmten Luftfahrern, die Lizenzierung von Luftfahrtunternehmen, die Luftfahrzeuge nach Sichtflugregeln (VFR) betreiben, die Genehmigung von Luftfahrtveranstaltungen und die Ausübung der Luftaufsicht.

22.4 Luftfahrt-Bundesamt

Das Luftfahrt-Bundesamt sorgt als Bundesoberbehörde des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (LR 22) für die Sicherheit eines Fluges lange bevor dieser beginnt. Das LBA ist Gründungsmitglied der Joint Aviation Authorities (JAA), einem Zusammenschluss von derzeit 38 nationalen europäischen Luftfahrtbehörden. Ziel der JAA war es, einheitliche europäische Vorschriften und Standards für die Luftfahrt zu schaffen. Mit Gründung der Europäischen Agentur für Flugsicherheit (EASA) wird die JAA sukzessive aufgelöst.

22.4.1 Organisation

Die Zentrale des Luftfahrt-Bundesamtes befindet sich in Braunschweig. Außenstellen befinden sich in Berlin (Flughafen Schönefeld), Düsseldorf (Flughafen), Frankfurt (Raunheim), Hamburg (Flughafen), München (Flughafen) und Stuttgart (Flughafen).

22.4.2 Aufgaben

Das Luftfahrt-Bundesamt dient im wesentlichen als:

- Zulassungsbehörde (z. B. für die Verkehrszulassung von Luftfahrzeugen),
- Erlaubnisbehörde (z. B. zur Erteilung von Erlaubnissen an luftfahrttechnisches Personal),
- Aufsichtsbehörde (z. B. zur Überwachung von Luftfahrtunternehmen),
- Prüfbehörde (z. B. zur Musterprüfung von Luftfahrtgerät).

Das Amt leistet weiterhin Vorarbeiten für den Erlass der Bau-, Prüf- und Betriebsvorschriften für Luftfahrtgerät und ist für die Ausbildungs- und Prüfvorschriften des Luftfahrtpersonals zuständig. Eine wesentliche Aufgabe besteht in der Herausgabe von Lufttüchtigkeitsanweisungen, wie auch in der Sammlung und Auswertung von Berichten über Luftfahrttechnik, -personal und -gerät. Letztendlich wirkt das LBA auch beim bundesdeutschen Such- und Rettungsdienst (SAR) mit [160].

Die Abb. 22.2 zeigt die Organisationsstruktur des Luftfahrtbundesamtes.

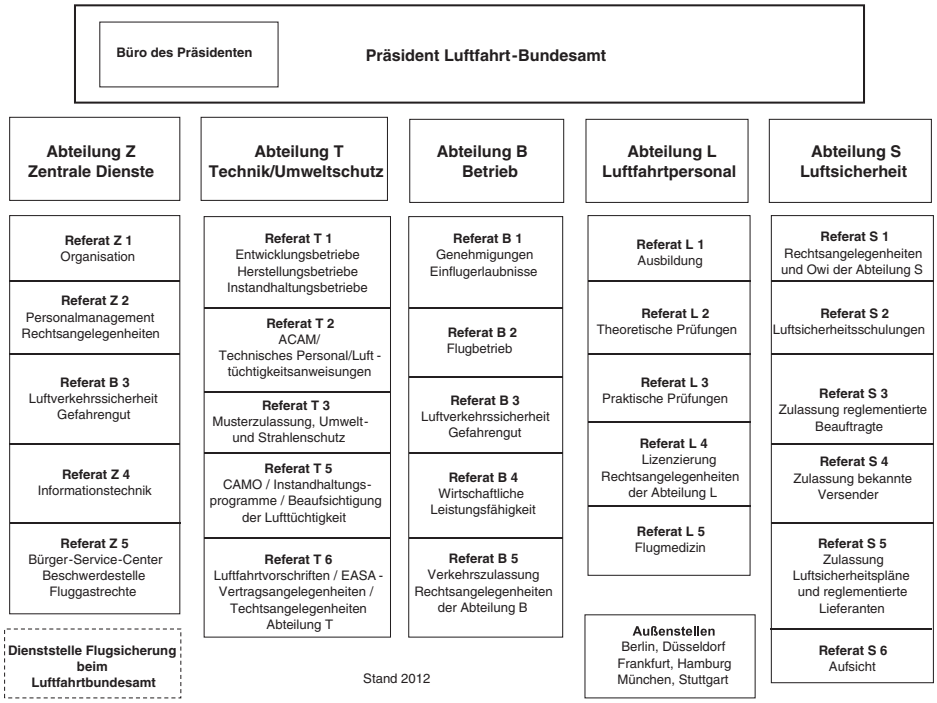


Abb. 22.2 Organisationsstruktur Luftfahrtbundesamtes [160]

22.5 Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung

Die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU) ist eine Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Die BFU hat die Aufgabe, Unfälle und schwere Störungen beim Betrieb von Luftfahrzeugen in Deutschland zu untersuchen und deren Ursachen zu ermitteln.

Die Aufgaben der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung ergeben sich aus dem Gesetz über die Untersuchung von Unfällen und Störungen bei dem Betrieb von zivilen Luftfahrzeugen (FLUUG), vom 01. September 1998. Das Gesetz sieht eine völlig eigenständige Untersuchung von Flugunfällen und schweren Störungen durch die Bundesstelle vor, insbesondere ohne eine Einflussnahme von Dritten. Die Untersuchung wird nach den Richtlinien und Empfehlungen des Annex 13 zum Abkommen über die Internationale Zivilluftfahrt (ICAO) und der Richtlinie 94/56 EG der Europäischen Union über die Grundsätze für die Untersuchung von Unfällen und Störungen in der Zivilluftfahrt durchgeführt. Danach hat die technische Untersuchung ausschließlich zum Ziel, Erkenntnisse zu gewinnen, mit denen künftige Unfälle und Störungen verhütet werden können. Die Auswertung des Vorkommnisses sowie die Schlussfolgerungen und Sicherheitsempfehlungen sollen nicht der Klärung der Schuld- bzw. Haftungsfrage dienen.

Direktor der Bundesstelle			
Untersuchungseinheit	**Fachbereich 1**	**Fachbereich 2**	**Fachbereich 3**
Untersuchung von Unfällen und Störungen	**Flugschreiberlabor, Avioniklabor, Halle, Werkstatt**	**Grundsatzentscheidungen, Flugsicherheitsarbeit, IT-Angelegenheiten**	**Verwaltung**
Leitung: Direktor der BFU			
Beauftragte für Flugunfalluntersuchung			**Stand: 10/2010**

Abb. 22.3 Organisationsstruktur der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung

Am 01.09.1998 ist die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU) als eigenständige Bundesoberbehörde (dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung unmittelbar nachgeordnet) errichtet worden (Bundesgesetzblatt 1998 Teil I vom 28.08.98). Seit dem 01. Januar 2000 wurde die in Abb. 22.3 dargestellte Organisationsform eingeführt.

Zur Bestimmung und Klassifizierung der Vorkommnisse werden folgende Begriffe (Definitionen) mit der entsprechenden Bedeutung verwendet:

Unfall Ein Ereignis beim Betrieb eines Luftfahrzeuges vom Beginn des Anbordgehens von Personen mit Flugabsicht bis zu dem Zeitpunkt, zu dem diese Personen das Luftfahrzeug wieder verlassen haben, wenn hierbei:

1. eine Person tödlich oder schwer verletzt worden ist:
   - an Bord eines Luftfahrzeuges oder
   - durch unmittelbare Berührung mit dem Luftfahrzeug oder einem seiner Teile, auch wenn sich dieses Teil vom Luftfahrzeug gelöst hat, oder
   - durch unmittelbare Einwirkung des Turbinen- oder Propellerstrahls eines Luftfahrzeuges, es sei denn, dass der Geschädigte sich diese Verletzungen selbst zugefügt hat oder diese ihm von einer anderen Person zugefügt worden sind oder eine andere von dem Unfall unabhängige Ursache haben, oder dass es sich um Verletzungen von unbefugt mitfliegenden Personen handelt, die sich außerhalb der von Fluggästen und Besatzungsmitgliedern normalerweise zugänglichen Räumen verborgen hatten, oder
2. das Luftfahrzeug oder die Luftfahrzeugzelle einen Schaden erlitten hat und
   - dadurch der Festigkeitsverband der Luftfahrzeugzelle, die Flugleistungen oder die Flugeigenschaften beeinträchtigt sind und
   - die Behebung dieses Schadens in aller Regel eine große Reparatur oder einen Austausch des beschädigten Luftfahrzeugbauteils erfordern würde, es sei denn, dass nach einem Triebwerkschaden oder Triebwerksausfall die Beschädigung des Luftfahrzeuges begrenzt ist auf das betroffene Triebwerk, seine Verkleidung oder sein Zubehör, oder

dass der Schaden an einem Luftfahrzeug begrenzt ist auf Schäden an Propellern, Flügelspitzen, Funkantennen, Bereifung, Bremsen, Beplankung oder auf kleinere Einbeulungen oder Löcher in der Außenhaut, oder

3. das Luftfahrzeug vermisst wird oder nicht zugänglich ist.

Störung Ein anderes Ereignis als ein Unfall, das mit dem Betrieb eines Luftfahrzeuges zusammenhängt und den sicheren Betrieb beeinträchtigt oder beeinträchtigen könnte.

Schwere Störung Ein Ereignis beim Betrieb eines Luftfahrzeuges, dessen Umstände darauf hindeuten, dass sich beinahe ein Unfall ereignet hätte. Die nachstehend aufgeführten Störungen sind typische Beispiele für schwere Störungen. Die Liste ist jedoch nicht vollständig und dient nur als Richtlinie für die Definition des Begriffs „schwere Störungen".

Fastzusammenstoß/Gefährliche Begegnung

- Eine gefährliche Annäherung von zwei Luftfahrzeugen liegt vor, wenn bei mindestens einem Luftfahrzeug, das nach Instrumentenflugregeln betrieben wurde, ein Ausweichmanöver erforderlich war oder angemessen gewesen wäre, um einen Zusammenstoß oder eine gefährliche Situation zu vermeiden;
- eine nur knapp vermiedene Bodenberührung mit einem nicht außer Kontrolle geratenen Luftfahrzeug (Controlled Flight Into Terrain (CFIT)) stattfand;
- ein abgebrochener Start auf einer gesperrten oder belegten Startbahn oder Start von einer solchen Bahn mit kritischem Hindernisabstand stattfand;
- die Landung oder ein Landeversuch auf einer gesperrten oder belegten Landebahn stattfand;
- ein erhebliches Unterschreiten der vorausberechneten Flugleistungen beim Start oder im Anfangssteigflug zu verzeichnen war;
- Brände oder Rauch in der Fluggastkabine oder im Laderaum und Triebwerksbrände stattfanden, auch wenn diese Brände mit Hilfe von Löschmitteln gelöscht wurden;
- Umstände eintraten, die die Flugbesatzung zur Benutzung von Sauerstoff zwangen;
- Strukturversagen an der Luftfahrzeugzelle oder eine Triebwerkszerlegung zu verzeichnen war, die nicht als Unfall eingestuft werden;
- mehrfaches Versagen eines oder mehrerer Luftfahrzeugsysteme eintrat, wodurch der Betrieb des Luftfahrzeugs ernsthaft beeinträchtigt wurde;
- jeder Ausfall von Flugbesatzungsmitgliedern während des Fluges;
- jeder Kraftstoffmangel, bei dem der Luftfahrzeugführer eine Luftnotlage erklären musste;
- Störungen bei Start oder Landung. Störungen wie zu frühes oder zu spätes Aufsetzen, Überschießen oder seitliches Abkommen von der Start- oder Landebahn;
- der Ausfall von Systemen, meteorologischen Erscheinungen, Betrieb außerhalb des zulässigen Flugbereichs oder sonstige Ereignisse, die Schwierigkeiten bei der Steuerung des Luftfahrzeuges hätten hervorrufen können;
- das Versagen von mehr als einem System in einem redundanten System, das für die Flugführung und -navigation unverzichtbar ist.

Schwere Verletzung Eine Verletzung die eine Person bei einem Unfall erlitten hat und die:

1. einen Krankenhausaufenthalt von mehr als 48 Stunden innerhalb von 7 Tagen nach der Verletzung erfordert, oder
2. Knochenbrüche zur Folge hat (mit Ausnahme einfacher Brüche von Fingern, Zehen oder der Nase) oder
3. Risswunden mit schweren Blutungen oder Verletzungen der Nerven-, Muskel- oder Sehnensträngen zur Folge hat oder
4. Schäden an inneren Organen verursacht hat oder
5. Verbrennungen zweiten oder dritten Grades oder von mehr als fünf Prozent der Körperoberfläche zur Folge hat oder
6. Folge einer nachgewiesenen Aussetzung gegenüber infektiösen Stoffen oder schädlicher Strahlung ist.

Tödliche Verletzung Eine Verletzung wird als tödlich gewertet, wenn der Tod eines Beteiligten innerhalb von 30 Tagen nach dem Unfall als Unfallfolge eintritt.

Zur Meldung der genannten Vorkommnisse ist das in Abb. 22.4 gezeigte Formular vorgeschrieben. Das Formular dient zur Meldung von Unfällen und Störungen beim Betrieb ziviler Luftfahrzeuge nach § 5 LuftVO [70] an die BFU oder von Unfällen nach JAR-OPS 1.425/3.425 [156] an die BFU und das LBA oder von Störungen nach JAR-OPS 1.420/3.420 [156] an die BFU und das LBA (Abb. 22.5).

22.6 Flughafen-Koordinierung in der Bundesrepublik Deutschland

Die gesetzlichen Grundlagen für die Flughafenkoordination in der Bundesrepublik Deutschland liegen in der Verordnung FHKAuftrV § 1, die die Beaufragung des Flughafenkoordinators regelt und in FHKAuftrV § 2, die diese Verordnung am 1. Januar 1993 in Kraft gesetzt hat.

Danach wird der Flughafenkoordinator mit der Wahrnehmung der in § 27a des Luftverkehrsgesetzes genannten Aufgaben beauftragt. Er kann Hilfspersonen einsetzen, die unter seiner Leitung Aufgaben der Flughafenkoordinierung wahrnehmen. Der Dienstsitz des Flughafenkoordinators ist der Verkehrsflughafen Frankfurt/M.

Der § 27a LuftVG (Flughafenkoordinierung) führt aus, dass die Flughafenkoordinierung nach Maßgabe des Rechts der Europäischen Gemeinschaft vorgenommen wird [67].

Für Zwecke der Ermittlung der Flughafenkapazitäten ist das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung die für den Flughafen zuständige Behörde. Es bestimmt bei zu vollständig koordiniert erklärten Verkehrsflughäfen im Einvernehmen mit der obersten Luftfahrtbehörde des Landes und nach Anhörung der für die Flugsicherung zuständigen Stelle, des betreffenden Flugplatzunternehmers und der Luftfahrtunternehmen, die den Verkehrsflughafen regelmäßig benutzen, die Anzahl der im voraus planbaren Zeitnischen (Slots), den Koordinierungseckwert.

Meldung eines Unfalles oder einer schweren Störung beim Betrieb eines Luftfahrzeuges nach § 5 LuftVO
(unverzügliche Meldung)

☐ **Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung**
Hermann-Blenk-Str. 16, 38108 Braunschweig
Tel.: (0531) 35 48 - 0, **Fax: (0531) 35 48 - 246**

BFU

Meldung eines Flugunfalles oder eines besonderen Ereignisses nach OPS 1 bzw. JAR-OPS 3 deutsch

☐ **Luftfahrt-Bundesamt**
Hermann-Blenk-Str. 26, 38108 Braunschweig
Tel.: (0531) 23 55 - 0, **Fax: (0531) 23 55 - 742**

LBA

Lfd. Nr.:

Die Meldung ist telefonisch oder per Fax zu übermitteln. Bitte Felder ausfüllen bzw. markieren.

a	**Anzeigender**	Name:	Aufenthaltsort:	Telefonisch erreichbar:
b	**Ort des Ereignisses Regierungsbezirk/Staat**	Ort:	Regierungsbezirk/Staat:	
	Datum, Zeit	Datum:	Zeit: O UTC O MEZ O MESZ	
c	**Luftfahrzeug***)	Hersteller:	Muster:	
	Gewichtsklasse (MTOW)	O über 20 t O zwischen 5,7 t - 14 t O unter 2,0 t O zwischen 14 t - 20 t O zwischen 2,0 t und 5,7 t O unbekannt		
	Kennzeichen, Zulassungsstaat	Kennzeichen:	Zulassungsstaat:	
d	**Halter des Luftfahrzeuges**	Name:	Art des Halters:	
	Halteradresse, Halterstaat	Halteradresse:	Halterstaat:	
e	**Zweck des Fluges Luftfahrtunternehmen**	O Internationaler Flug O Linienflug O Passagierflug O Inlandsflug O Charterflug O Frachtbeförderung O Überführungsflug O Trainingsflug O Sonstiger Flug		
	Zweck des Fluges Allgemeine Luftfahrt	O privater Reise- oder Rundflug O gewerblicher Flug **Ausbildung** O Alleinflug unter Aufsicht O Flug am Doppelsteuer O Sonstiger Flug O _____		
	Start- und Zielflugplatz, Flugplan	Start:	Ziel:	Flugplan: O ohne
f	**Verantwortlicher Luftfahrzeugführer**	Name:	Vorname:	
g	**Anzahl der Personen an Bord**	Besatzungsmitglieder:	Fluggäste:	

h	**Umfang des Personen- und Sachschadens**	**Besatzungsmitglieder**	**Fluggäste**	**Außenstehende**
	- mit tödlichen Verletzungen			
	- mit schweren Verletzungen			
	- mit leichten Verletzungen			
	- ohne Verletzungen			_____
	Umfang des Sachschadens am Luftfahrzeug	O zerstört O schwer beschädigt O leicht beschädigt O nicht beschädigt O unbekannt		
	Sachschaden Dritter: (Gebäude-/Flurschaden etc.)			
i	**Angaben über beförderte gefährliche Güter**	O keine		

*) Für jedes beteiligte Luftfahrzeug ist eine separate Meldung auszufüllen.

(Fortsetzung auf der nächsten Seite)

Abb. 22.4 Formular zur Meldung von Unfällen und Störungen beim Betrieb ziviler Luftfahrzeuge nach § 5 LuftVO (Seite 1) [160]

Meldung eines Unfalles oder einer schweren Störung beim Betrieb eines Luftfahrzeuges nach § 5 LuftVO oder nach OPS 1 bzw. JAR-OPS 3 deutsch (Fortsetzung)

j **Ablauf des Unfalles oder der (schweren) Störung**

Betriebsphase	O Stand O Rollen O Anrollen/Abheben/ Anfangssteigflug	O Steigflug O Reiseflug O Änderung der Flughöhe	O Sinkflug bis zur Landung O Landung O Rollen nach der Landung O Sonstige

Kurzdarstellung über den Ablauf des Unfalles oder der (schweren) Störung sowie Angaben über die Art des Schadens, die Art der Verletzungen und die Wetterverhältnisse.

Lichtverhältnisse zum Zeitpunkt des Ereignisses	O Tageslicht O unbekannt	O Morgendämmerung O Abenddämmerung	O Nacht dunkel O Nacht mondhell

Bestätigung der Angaben

Datum _____ Unterschrift _____

Aktenzeichen (wird von BFU/LBA eingesetzt) X

Abb. 22.5 Formular zur Meldung von Unfällen und Störungen beim Betrieb ziviler Luftfahrzeuge nach § 5 LuftVO (Seite 2) [160]

Der § 27b LuftVG regelt Abweichungen vom Verfahren der Zeitnischenzuweisung. Von den Verfahren der Zeitnischenzuweisung kann aus Gründen der öffentlichen Interessen, insbesondere der hoheitlichen Interessen, der öffentlichen Verkehrsinteressen oder der Verpflichtungen aus völkerrechtlichen Verträgen abgewichen werden.

Folgende Verkehrsflughäfen sind flugplanvermittelte oder koordinierte Verkehrsflughäfen, bei denen Start- und Landezeiten zu koordinieren sind:

Flughafensystem Berlin (Schönefeld und Tegel), Bremen, Dresden, Düsseldorf, Frankfurt/M, Hamburg, Hannover, Köln/Bonn, Leipzig/Halle, München, Münster/Osnabrück, Nürnberg, Saarbrücken, Stuttgart.

Die Erklärung der genannten Verkehrsflughäfen zu vollständig koordinierten Flughäfen nach Maßgabe der Verordnung (EWG) Nr. 95/93 [90] erfolgt im Einvernehmen mit der obersten Luftfahrtbehörde des Landes, im Benehmen mit dem betroffenen Flughafenunternehmer und nach Anhörung des Koordinierungsausschusses durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung bestimmt dabei im Einvernehmen mit der obersten Luftfahrtbehörde des Landes, ob der Verkehrsflughafen während seiner gesamten Betriebszeit oder nur für die Zeiträume, in denen Kapazitätsprobleme auftreten, für koordiniert erklärt wird. Die nachfolgenden Kapitel geben die Inhalte der entsprechenden gültigen Verordnung (EG) Nr. 793/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. April 2004 vollständig wieder [90].

22.6.1 Geltungsbereich

Artikel 1 [90] führt aus:

1) Diese Verordnung gilt für Gemeinschaftsflughäfen der Europäischen Union.
2) Die Anwendung dieser Verordnung auf den Flugplatz Gibraltar erfolgt unbeschadet der Rechtsstandpunkte des Königreichs Spanien und des Vereinigten Königreichs in der strittigen Frage der Souveränität über das Gebiet, auf dem sich der Flugplatz befindet.
3) Die Anwendung dieser Verordnung auf den Flugplatz Gibraltar wird bis zur An-wendung der Regelung ausgesetzt, die in der gemeinsamen Erklärung der Minis ter für auswärtige Angelegenheiten des Königreichs Spanien und des Vereinigten Königreichs vom 2. Dezember 1987 enthalten ist. Die Regierungen des Königreichs Spanien und des Vereinigten Königreichs werden den Rat über den Zeitpunkt der Anwendung unterrichten.

22.6.2 Begriffsbestimmungen

Im Sinne der Verordnung (Artikel 2) [90] gelten folgende Begrifflichkeiten:

Zeitnische: Eine Zeitnische ist die von einem Koordinator gemäß dieser Verordnung gegebene Erlaubnis, die für den Betrieb eines Luftverkehrsdienstes erforderliche

Infrastruktur eines koordinierten Flughafens an einem bestimmten Tag und zu einer bestimmten Uhrzeit, die von einem Koordinator nach dieser Verordnung zugewiesen wurden, in vollem Umfang zum Starten und Landen zu nutzen;

Neubewerber: Als Neubewerber gilt:

a) ein Luftfahrtunternehmen, das auf einem Flughafen für einen beliebigen Tag eine Zeitnische als Teil einer Abfolge von Zeitnischen beantragt, wobei ihm, wenn einem Antrag stattgegeben würde, an dem betreffenden Tag auf dem betreffen den Flughafen insgesamt weniger als fünf Zeitnischen zur Verfügung stünden, oder:
b) ein Luftfahrtunternehmen, das eine Abfolge von Zeitnischen für einen Passagierflugliniendienst ohne Zwischenlandung zwischen zwei Gemeinschaftsflughäfen beantragt, auf denen an dem betreffenden Tag höchstens zwei weitere Luftfahrtunternehmen den gleichen Fluglinienflugdienst zwischen diesen Flughäfen oder Flughafensystemen ohne Zwischenlandung betreiben, wobei ihm, wenn seinem Antrag stattgegeben würde, an dem betreffenden Tag auf dem betreffenden Flughafen für den betreffenden Flugdienst ohne Zwischenlandung weniger als fünf Zeitnischen zur Verfügung stünden, oder:
c) ein Luftfahrtunternehmen, das auf einem Flughafen eine Abfolge von Zeitnischen für einen Passagierflugliniendienst ohne Zwischenlandung zwischen dem betreffenden Flughafen und einem Regionalflughafen beantragt, auf dem an dem betreffenden Tag kein anderes Luftfahrtunternehmen einen direkten Passagierflugliniendienst zwischen diesen Flughäfen oder Flughafensystemen betreibt, wobei ihm, wenn seinem Antrag stattgegeben würde, an dem betreffenden Tag auf dem betreffenden Flughafen für den betreffenden Flugdienst ohne Zwischenlandung weniger als fünf Zeitnischen zur Verfügung stünden.

Ein Luftfahrtunternehmen, das mehr als 5 % aller an dem betreffenden Tag auf einem bestimmten Flughafen verfügbaren Zeitnischen oder mehr als 4 % aller an dem betreffenden Tag auf dem Flughafensystem, zu dem der Flughafen gehört, verfügbaren Zeitnischen zur Verfügung hat, gilt nicht als Neubewerber auf dem betreffenden Flughafen.

Direkter Flugdienst: Ein direkter Flugdienst ist ein Dienst zwischen zwei Flughäfen einschließlich Zwischenlandungen mit demselben Luftfahrzeug und unter derselben Flugnummer.

Flugplanperiode: Eine Flugplanperiode bezeichnet entweder die Sommer- oder die Wintersaison in den Flugplänen der Luftfahrtunternehmen.

Luftfahrtunternehmen der Gemeinschaft: Luftfahrtunternehmen der Gemeinschaft sind Luftfahrtunternehmen mit einer gültigen Betriebsgenehmigung, die von einem Mitgliedstaat im Einklang mit der Verordnung (EWG) Nr. 2407/92 des Rates vom 23. Juli 1992 über die Erteilung von Betriebsgenehmigungen an Luftfahrtunternehmen ausgestellt wurde.

Luftfahrtunternehmen: Ein Luftverkehrsunternehmen ist ein Unternehmen, das spätestens am 31. Januar für die folgende Sommersaison oder am 31. August für die folgende Wintersaison über eine gültige Betriebsgenehmigung oder eine gleichwertige Genehmigung

verfügt. Für die Zwecke der Artikel 4, 8, 8a und 10 schließt die Begriffsbestimmung für Luftfahrtunternehmen auch die Betreiber von im regelmäßigen Flugdienst eingesetzten Geschäftsreiseflugzeugen ein. Für die Zwecke der Artikel 7 und 14 schließt die Begriffsbestimmung für Luftfahrtunternehmen auch alle Betreiber ziviler Luftfahrzeuge ein.

Gruppe von Luftfahrtunternehmen: Als Gruppe von Luftfahrtunternehmen werden zwei oder mehr Luftfahrtunternehmen bezeichnet, die in einem Gemeinschafts- oder Franchise-Betrieb oder Code-Sharing zur Durchführung eines bestimmten Luftverkehrsdienstes zusammenarbeiten.

Koordinierter Flughafen: Ein koordinierter Flughafen ist ein Flughafen, auf dem ein Luftfahrtunternehmen oder ein anderer Fluggerätebetreiber zum Starten oder Landen eine vom Koordinator zugewiesene Zeitnische benötigt. Hiervon ausgenommen sind Flüge in staatlichem Auftrag, Notlandungen und Flüge im humanitären Einsatz.

Flughafensystem: Als Flughafensystem werden zwei oder mehrere zusammengehörige Flughäfen, die dieselbe Stadt oder dasselbe Ballungsgebiet bedienen, bezeichnet.

Flugplanvermittelter Flughafen: Ein flugplanvermittelter Flughafen ist ein Flughafen, der zu bestimmten Tageszeiten oder an bestimmten Wochentagen oder in bestimmten Jahreszeiten zu Überlastungen neigt, welche durch freiwillige Zusammenarbeit zwischen den Luftfahrtunternehmen bewältigt werden können, und auf dem ein Flugplanvermittler eingesetzt worden ist, um die Betriebsvorgänge der auf diesem Flughafen tätigen bzw. eine Tätigkeit anstrebenden Luftfahrtunternehmen miteinander zu vereinbaren.

Leitungsorgan des Flughafens: Das Leitungsorgan des Flughafens ist die Stelle, die nach den nationalen Rechtsvorschriften, gegebenenfalls neben anderen Tätigkeiten, die Aufgabe hat, die Flughafeneinrichtungen zu verwalten und zu betreiben und die Tätigkeiten der verschiedenen Beteiligten auf dem betreffenden Flughafen oder dem betreffenden Flughafensystem zu koordinieren und zu überwachen.

Abfolge von Zeitnischen: Eine Abfolge von Zeitnischen umfasst mindestens fünf Zeitnischen, die für eine Flugplanperiode normalerweise für die gleiche Zeit am gleichen Wochentag beantragt und dem entsprechend oder, wenn das nicht möglich ist, ungefähr für die gleiche Zeit zugewiesen worden sind.

Betrieb von Geschäftsreiseflugzeugen: Unter dem Betrieb von Geschäftsreiseflugzeugen ist der Bereich der allgemeinen Luftfahrt zu verstehen, der den Betrieb oder die Nutzung von Fluggerät durch Unternehmen zur Beförderung von Fluggästen oder Gütern zum Zweck der Geschäftsabwicklung betrifft, wobei die Flüge im Allgemeinen nicht der Öffentlichkeit zugänglich sind und von Flugzeugführern durchgeführt werden, die mindestens eine gültige Berufsflugzeugführererlaubnis mit Instrumentenflugberechtigung besitzen;

Koordinierungsparameter: Koordinierungsparameter sind in betrieblicher Hinsicht alle für die Zuweisung von Zeit nischen auf einem Flughafen im jeweiligen Koordinierungszeitraum zur Verfügung stehenden Kapazitäten unter Einbeziehung aller technischen, betrieblichen und umweltrelevanten Faktoren, welche die Leistung der Flughafeninfrastruktur und ihrer verschiedenen Elemente beeinflussen.

22.6.3 Voraussetzungen für die Flughafen-Koordinierung

Artikel 3 [90] führt aus:

1) Ein Mitgliedstaat ist nur gemäß den Bestimmungen dieses Artikels verpflichtet, einen Flughafen für flugplanvermittelt oder koordiniert zu erklären.

   Ein Mitgliedsstaat erklärt einem Flughafen nur gemäß der Bestimmungen des Absatzes 3 für koordiniert.
2) Die Mitgliedstaaten können jedoch vorsehen, dass Flughäfen für flugplanvermittelt erklärt werden, sofern die Grundsätze der Transparenz, Unparteilichkeit und Nichtdiskriminierung gewahrt sind.
3) Der zuständige Mitgliedstaat gewährleistet, dass bei einem Flughafen ohne Klassifikationsstatus oder einem flugplanvermittelten Flughafen durch das Leitungsorgan dieses Flughafens oder eine andere zuständige Stelle eine sorgfältige Kapazitätsanalyse durchgeführt wird, wenn dieser Mitgliedstaat es für erforderlich hält, oder innerhalb von sechs Monaten:
   a) nach einem schriftlichen Antrag von Luftfahrtunternehmen, die mehr als die Hälfte der Flugdienste auf einem Flughafen betreiben, oder vom Leistungsorgan des Flughafens, wenn einer von diesen der Ansicht ist, dass die Kapazität für die gegenwärtigen oder geplanten Flugdienste zu bestimmten Zeiten nicht ausreicht, oder
   b) auf Verlangen der Kommission, insbesondere wenn ein Flughafen in Wirklichkeit nur für solche Luftfahrtunternehmen zugänglich ist, denen Zeitnischen zugewiesen wurden, oder in den Fällen, in denen Luftfahrtunternehmen, insbesondere Neubewerber, bei der Sicherstellung von Start- und Landemöglichkeiten auf dem betreffenden Flughafen auf schwerwiegende Probleme stoßen. Bei dieser Analyse werden nach allgemein anerkannten Methoden und unter Berücksichtigung der umweltschutzbedingten Einschränkungen für den betreffenden Flughafen die Unterkapazitäten festgestellt. Dabei wird geprüft, ob sich die Unterkapazitäten durch eine neue oder geänderte Infrastruktur oder durch betriebliche oder sonstige Veränderungen beseitigen lassen, und der zeitliche Rahmen für die Lösung der Probleme bestimmt. Wenn auf Absatz 5 Bezug genommen wird oder bei größeren kapazitäts- und nut- zungswirksamen Änderungen auf dem Flughafen wird die Analyse aktualisiert. Sowohl die Analyse selbst als auch Angaben über die angewandte Methode werden den Parteien, die die Analyse angefordert haben, zur Verfügung gestellt, sowie anderen interessierten Parteien auf Anfrage. Die Analyse ist gleichzeitig der Kommission zu übermitteln.
4) Auf der Grundlage der Analyse konsultiert der Mitgliedstaat das Leitungsorgan des Flughafens, die den Flughafen regelmäßig nutzenden Luftfahrtunternehmen, ihre Verbände, Vertreter der den Flughafen regelmäßig nutzenden allgemeinen Luftfahrt und die Flugsicherungsdienststellen zur Kapazitätslage auf dem Flughafen.

5) Treten in mindestens einer Flugplanperiode Kapazitätsprobleme auf, so stellt der Mitgliedstaat sicher, dass der Flughafen für die betreffenden Zeiten nur dann für koordiniert erklärt wird, wenn:
   a) die Unterkapazitäten derart ausgeprägt sind, dass erhebliche Verspätungen auf dem Flughafen nicht vermieden werden können, und
   b) es keine Möglichkeit gibt, diese Schwierigkeiten kurzfristig zu beheben.
6) Abweichend von Absatz 5 können die Mitgliedstaaten unter außergewöhnlichen Umständen die betroffenen Flughäfen für die entsprechende Zeit für koordiniert erklären.
7) Reicht auf einem koordinierten Flughafen die Kapazität für die gegenwärtigen oder geplanten Flugdienste aus, so wird die Erklärung dieses Flughafens zum koordinierten Flughafen zurückgenommen.

22.6.4 Flugplanvermittler und Koordinator

1) Der für einen flugplanvermittelten oder koordinierten Flughafen zuständige Mitgliedstaat sorgt nach Konsultation der den Flughafen regelmäßig nutzenden Luftfahrtunternehmen, ihrer Verbände und des Leitungsorgans des Flughafens sowie, sofern vorhanden, des Koordinierungsausschusses für die Bestellung einer qualifizierten natürlichen oder juristischen Person zum Flugplanvermittler bzw. Flughafenkoordinator. Derselbe Flugplanvermittler bzw. Flughafenkoordinator kann für mehr als einen Flughafen bestellt werden.
2) Der für einen flugplanvermittelten oder koordinierten Flughafen zuständige Mitgliedstaat stellt sicher, dass
   a) der Flugplanvermittler auf einem flugplanvermittelten Flughafen im Rahmen dieser Verordnung in unabhängiger, unparteiischer, diskriminierungsfreier und transparenter Weise handelt;
   b) die Unabhängigkeit des Koordinators auf einem koordinierten Flughafen durch dessen funktionale Trennung von jeder interessierten Einzelpartei gegeben ist. Die Finanzierung der Tätigkeiten des Koordinators wird so geregelt, dass die unabhängige Stellung des Koordinators gewährleistet ist;
   c) der Koordinator im Rahmen dieser Verordnung unparteiisch, diskriminierungsfrei und transparent handelt.
3) Der Flugplanvermittler und der Koordinator nehmen an den durch das Gemeinschaftsrecht zugelassenen internationalen Flugplankonferenzen der Luftfahrtunternehmen teil.
4) Der Flugplanvermittler berät Luftfahrtunternehmen und empfiehlt alternative Ankunft u./o. Abflugzeiten, wenn eine Überlastung wahrscheinlich ist.
5) Der Koordinator ist als Einziger für die Zuweisung von Zeitnischen zuständig. Er weist die Zeitnischen nach Maßgabe dieser Verordnung zu und sorgt dafür, dass in dringenden Fällen Zeitnischen auch außerhalb der Bürozeiten zugewiesen werden können.
6) Der Flugplanvermittler überwacht die Übereinstimmung des Flugbetriebs der Luftfahrtunternehmen mit den ihnen empfohlenen Flugplänen. Der Koordinator

überwacht die Übereinstimmung des Flugbetriebs der Luftfahrtunternehmen mit den ihnen zugewiesenen Zeitnischen. Diese Konformitätskontrolle erfolgt in Zu sammenarbeit mit dem Leitungsorgan des Flughafens und den Flugsicherungsdienststellen unter Berücksichtigung der Zeit und anderer für den betreffenden Flughafen relevanter Parameter. Der Koordinator legt den betreffenden Mitgliedstaaten und der Kommission auf Verlangen einen jährlichen Tätigkeitsbericht vor, insbesondere über die Anwendung der Artikel 8a und 14 sowie über sämtliche an den Koordinierungsausschuss gerichteten Beschwerden über die Anwendung der Artikel 8 und 10 und die entsprechenden Abhilfemaßnahmen.

7) Alle Flugplanvermittler und Koordinatoren arbeiten zusammen, um Unstimmigkeiten in den Zeitplänen aufzudecken.
8) Der Koordinator stellt interessierten Parteien, insbesondere den Mitgliedern des Koordinierungsausschusses oder den Beobachtern im Ausschuss, auf Anfrage innerhalb einer angemessenen Frist und unentgeltlich folgende Informationen entweder in schriftlicher oder anderer leicht zugänglicher Form zur Überprüfung zur Verfügung:
   a) die bestehenden Zeitnischen für alle Luftfahrtunternehmen auf dem Flughafen, aufgeschlüsselt nach Luftfahrtunternehmen und in zeitlicher Reihenfolge;
   b) beantragte Zeitnischen (Erstanträge), aufgeschlüsselt nach Luftfahrtunternehmen und in zeitlicher Reihenfolge für alle Luftfahrtunternehmen;
   c) alle zugewiesenen Zeitnischen und die noch nicht beschiedenen Anträge auf Zeitnischen, aufgeschlüsselt nach Luftfahrtunternehmen und in zeitlicher Reihen folge für alle Luftfahrtunternehmen;
   d) noch verfügbare Zeitnischen;
   e) vollständige Angaben über die Zuweisungskriterien.
9) Die Informationen nach Absatz 8 werden spätestens zum Zeitpunkt der betreffenden Flugplankonferenzen und gegebenenfalls auf oder nach den Konferenzen bereitgestellt. Auf Anfrage liefert der Koordinator diese Informationen in Form einer Zusammenfassung. Für derartige Zusammenfassungen kann ein kostenabhängiges Entgelt erhoben werden.
10) Wenn angemessene und allgemein akzeptierte Standards für Flugplaninformationen zur Verfügung stehen, haben der Flugplanvermittler, der Koordinator und die Luftfahrtunternehmen diese anzuwenden, sofern sie im Einklang mit dem Gemeinschaftsrecht stehen.

22.6.5 Koordinierungsausschuss

Artikel 5 [90] führt aus:

1) Der für einen koordinierten Flughafen zuständige Mitgliedstaat stellt sicher, dass auf diesem Flughafen ein Koordinierungsausschuss eingesetzt wird. Derselbe Koordinierungsausschuss kann für mehr als einen Flughafen bestellt werden. Die Mitgliedschaft

in diesem Ausschuss steht zumindest den Luftfahrtunternehmen offen, die den bzw. die Flughäfen regelmäßig nutzen, ferner ihren Verbänden, dem Leitungsorgan des betreffenden Flughafens, den betreffenden Flugsicherungsdienststellen und den Vertretern der den Flughafen regelmäßig nutzenden allgemeinen Luftfahrt. Zu den Aufgaben des Koordinierungsausschusses gehört es,

a) dem Koordinator u./o. dem Mitgliedstaat in folgenden Fragen Vorschläge zu machen oder Ratschläge zu erteilen,
   aa) gemäß Artikel 3 festgestellte Möglichkeiten zur Steigerung der Kapazität eines Flughafens oder zur Verbesserung ihrer Nutzung,
   ab) gemäß Artikel 6 festzulegende Koordinierungsparameter, Verfahren zur Überwachung der Nutzung zugewiesener Zeitnischen,
   ac) örtliche Leitlinien für die Zuweisung von Zeitnischen oder die Überwachung der Nutzung zugewiesener Zeitnischen, unter anderem unter Berücksichtigung eventueller Umweltbelange gemäß Artikel 8 Absatz 5,
   ad) Verbesserung der Verkehrsverhältnisse auf dem betreffenden Flughafen,
   ae) schwerwiegende Probleme für Neubewerber im Sinne von Artikel 10 Absatz 9,
   af) alle Fragen im Zusammenhang mit der Flughafenkapazität;
b) bei Beschwerden über die Zuweisung von Zeitnischen gemäß Artikel 11 zwischen allen Parteien zu vermitteln.

2) Vertreter der Mitgliedsstaaten und der Koordinator werden als Beobachter zu den Sitzungen des Koordinierungsausschusses eingeladen.
3) Der Koordinierungsausschuss gibt sich eine Geschäftsordnung, in der unter anderem die Teilnahme, die Wahlen, die Häufigkeit der Sitzungen und die zuverwendenden Sprache(n) geregelt sind. Jedes Mitglied des Koordinierungsausschusses kann örtliche Leitlinien im Sinne von Artikel 8 Absatz 5 vorschlagen. Auf Wunsch des Koordinators befasst sich der Koordinierungsausschuss mit vorgeschlagenen örtlichen Leitlinien für die Zuweisung von Zeitnischen sowie mit den Leitlinien für die Überwachung der Nutzung zugewiesener Zeitnischen. Dem betreffenden Mitgliedstaat wird ein Bericht über die Beratungen im Koordinierungsausschuss mit Angabe der dort vertretenen Standpunkte unterbreitet.

22.6.6 Koordinierungsparameter

Artikel 6 [90] führt aus:

1) Der zuständige Mitgliedstaat stellt auf einem koordinierten Flughafen sicher, dass die Parameter für die Zuweisung von Zeitnischen zweimal jährlich ermittelt werden, wobei alle relevanten technischen, betrieblichen und umweltschutzbedingten Einschränkungen sowie die diesbezüglichen Änderungen berücksichtigt werden. Grundlage hierfür ist eine objektive Analyse der Möglichkeiten zur Aufnahme des Luftverkehrs unter Berücksichtigung der verschiedenen Verkehrsarten auf dem jeweiligen Flughafen,

der in dem Koordinierungszeitraum zu erwartenden Luftraumüberlastung und der Kapazitätslage. Im Hinblick auf Flugplankonferenzen werden die Parameter dem Flughafenkoordinator rechtzeitig vor der ersten Zuweisung von Zeitnischen zur Verfügung gestellt.

2) Für die Zwecke der in Absatz 1 beschriebenen Tätigkeit legt der Koordinator nach Rücksprache mit dem Koordinierungsausschuss entsprechend der festgestellten Kapazitätslage geeignete Koordinierungszeiträume fest, sofern diese nicht von dem Mitgliedstaat bestimmt werden.
3) Die Ermittlung der Parameter und die dabei angewendeten Methoden sowie alle diesbezüglichen Änderungen sind im Einzelnen im Koordinierungsausschuss im Hinblick auf eine Erhöhung der Kapazität und der Zahl der für die Zuweisung verfügbaren Zeitnischen zu erörtern, bevor eine abschließende Entscheidung über die Parameter für die Zuweisung von Zeitnischen getroffen wird. Alle einschlägigen Unterlagen werden interessierten Parteien auf Anfrage zugänglich gemacht.

22.6.7 Unterrichtung des Flughafenvermittlers und des Koordinators

Artikel 7 [90] führt aus:

1) Luftfahrtunternehmen, die einen flughafenvermittelten oder einen koordinierten Flughafen bedienen oder zu bedienen beabsichtigen, erteilen dem Flughafenvermittler bzw. dem Koordinator alle von diesem erbetenen sachdienlichen Auskünfte. Alle einschlägigen Auskünfte sind in dem Format und in der Frist bereitzustellen, die vom Flughafenvermittler oder dem Koordinator vorgegeben wurden. Ein Luftfahrtunternehmen unterrichtet den Koordinator bei Beantragung der Zuweisung insbesondere darüber, ob es bezüglich der beantragten Zeitnischen in den Genuss des Neubewerberstatus gemäß Artikel 2 Buchstabe b) kommen würde. Für alle anderen Flughäfen ohne besonderen Klassifikationsstatus überlässt das Leitungsorgan des Flughafens die ihm verfügbaren Informationen über die von den Luftfahrtunternehmen geplanten Dienste einem Koordinator auf Anfrage.
2) Erteilt ein Luftfahrtunternehmen die in Absatz 1 genannte Auskunft nicht oder macht es falsche oder irreführende Angaben, so berücksichtigt der Koordinator den Antrag oder die Anträge auf Zuweisung von Zeitnischen dieses Luftfahrtunternehmens, auf das sich die fehlenden, falschen oder irreführenden Angaben beziehen nicht, es sei denn, das Unternehmen kann glaubhaft nachweisen, dass mildernde Umstände vorliegen. Der Koordinator gibt dem Luftfahrtunternehmen Gelegenheit, seine diesbezüglichen Bemerkungen vorzubringen.
3) Der Flughafenvermittler oder der Koordinator, das Leitungsorgan des Flughafens und die Flugsicherungsdienststellen tauschen alle Informationen aus, die sie zur Erfüllung ihrer jeweiligen Aufgaben benötigen, darunter auch Flugdaten und Zeitnischenangaben.

22.6.8 Zuweisung von Zeitnischen

Artikel 8 [90] führt aus:

1) Abfolgen von Zeitnischen werden dem antragstellenden Luftfahrtunternehmen aus dem Zeitnischenpool zugewiesen. Sie erlauben dem Unternehmen, die Flughafeninfrastruktur während der Flugplanperiode, für die sie beantragt worden sind und nach deren Ablauf sie an den gemäß Artikel 10 gebildeten Zeitnischenpool zurückzugeben sind, zum Landen oder Starten zu nutzen.
2) Absatz 1 findet unbeschadet der Artikel 7, 8a, 9, des Artikels 10 Absatz 1 und des Artikels 14 keine Anwendung, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:
   Eine Abfolge von Zeitnischen wurde von einem Luftfahrtunternehmen für die Erbringung von Flugliniendiensten und programmierten Gelegenheitsflugdiensten genutzt, und das betreffende Luftfahrtunternehmen kann dem Koordinator ausreichend nachweisen, dass es die fragliche Abfolge von Zeitnischen entsprechend der Freigabe durch den Koordinator während der Flugplanperiode, für die sie zugewiesen wurde, mindestens zu 80 % genutzt hat.
   In solch einem Fall bewirkt diese Abfolge von Zeitnischen für das betreffende Luftfahrtunternehmen ein Anrecht auf die gleiche Abfolge von Zeitnischen in der nächsten entsprechenden Flugplanperiode, sofern das Luftfahrtunternehmen dies innerhalb der Frist nach Artikel 7 Absatz 1 beantragt.
3) Unbeschadet des Artikels 10 Absatz 2 wird, falls nicht allen Anträgen auf Zeitnischen zur Zufriedenheit der betreffenden Luftfahrtunternehmen stattgegeben werden kann, dem gewerblichen Luftverkehr, insbesondere dem Fluglinien so wie dem programmierten Gelegenheitsflugverkehr, Vorrang eingeräumt. Im Fall konkurrierender Anträge in derselben Dienste-Kategorie wird dem ganzjährigen Flugbetrieb Vorrang gewährt.
4) Das Umdisponieren einer Abfolge von Zeitnischen vor Zuweisung der verbleibenden Zeitnischen aus dem in Artikel 10 genannten Pool an andere antragstellende Luftfahrtunternehmen wird nur aus betrieblichen Gründen oder in dem Fall akzeptiert, dass die Zeitnischendispositionen antragstellender Luftverkehrsunternehmen gegenüber ursprünglich beantragten Dispositionen verbessert werden. Es wird erst nach ausdrücklicher Bestätigung durch den Koordinator wirksam.
5) Der Koordinator berücksichtigt des Weiteren zusätzliche Regelungen und Leitlinien, die das Luftverkehrsgewerbe weltweit oder gemeinschaftsweit festgelegt hat, sowie örtliche, auf Vorschlag des Koordinierungsausschusses von dem für den betreffenden Flughafen zuständigen Mitgliedstaat oder einer anderen zu ständigen Stelle gebilligte Leitlinien, sofern diese Regelungen und Leitlinien die unabhängige Stellung des Koordinators nicht beeinträchtigen, mit dem Gemeinschaftsrecht in Einklang stehen und die effiziente Nutzung der Flughafenkapazität bezwecken. Diese Regelungen werden der Kommission von dem betreffenden Mitgliedstaat mitgeteilt.

6) Kann dem Antrag auf eine Zeitnische nicht stattgegeben werden, so teilt der Koordinator dem antragstellenden Luftverkehrsunternehmen die Gründe hierfür mit und nennt die nächstgelegene verfügbare Ausweichzeitnische.
7) Der Koordinator bemüht sich, über die geplante Zeitnischenzuweisung für die Flugplanperiode hinaus kurzfristigen Anträgen auf einzelne Zeitnischen für jede beliebige Bedarfskategorie, einschließlich der Allgemeinen Luftfahrt, stattzugeben. Hierzu können die dem in Artikel 10 genannten Pool nach der Zuweisung an die antragstellenden Luftverkehrsunternehmen noch zur Verfügung stehenden Zeitnischen sowie kurzfristig verfügbare Zeitnischen verwendet werden.

22.6.9 Zeitnischenmobilität

Artikel 8 [90] führt aus:

1) Zeitnischen können:
   a) durch ein Luftverkehrsunternehmen von einer Strecke oder Verkehrsart auf eine andere Strecke oder Verkehrsart übertragen werden, die von demselben Luftverkehrsunternehmen betrieben wird,
   b) übertragen werden:
      ba) zwischen Mutter- und Tochtergesellschaften sowie zwischen Tochtergesellschaften derselben Muttergesellschaft,
      bb) durch den Erwerb der Kontrolle des Kapitals eines Luftverkehrsunternehmens,
      bc) bei vollständigen oder teilweisen Übernahmen, wenn die übertragenen Zeitnischen direkt mit dem übernommenen Luftverkehrsunternehmen verbunden sind,
   c) getauscht werden, und zwar einzeln zwischen Luftverkehrsunternehmen.
2) Übertragungen und Tauschvorgänge nach Absatz 1 werden dem Koordinator gemeldet und erst nach ausdrücklicher Bestätigung durch diesen wirksam. Der Koordinator lehnt die Bestätigung von Übertragungen oder Tauschvorgängen ab, falls diese den Anforderungen dieser Verordnung nicht genügen und nach Ansicht des Koordinators Folgendes nicht sichergestellt ist:
   a) der Flughafenbetrieb wird unter Berücksichtigung aller technischen, betrieblichen und umweltschutzbedingten Einschränkungen nicht beeinträchtigt;
   b) die nach Artikel 9 erteilten Auflagen werden eingehalten;
   c) die Zeitnischenübertragung fällt nicht unter Absatz 3.
3) a) Einem Neubewerber im Sinne des Artikels 2 Buchstabe b) zugewiesene Zeitnischen dürfen außer im Fall einer aufgrund gesetzlicher Vorschriften genehmigten Übernahme der Geschäftstätigkeit eines in Konkurs gegangenen Unternehmens während eines Zeitraums von zwei sich entsprechenden Flugplanperioden nicht gemäß Absatz 1 Buchstabe b) des vorliegenden Artikels übertragen werden.
   b) An einen Neubewerber im Sinne des Artikels 2 Buchstabe ba) Ziffern bb) und bc) zugewiesene Zeitnischen dürfen während eines Zeitraums von zwei sich

entsprechenden Flugplanperioden auf keine andere Strecke gemäß Absatz 1 Buchstabe a) des vorliegenden Artikels übertragen werden, es sei denn, der Neubewerber wäre bei der neuen Strecke mit der gleichen Priorität behandelt worden wie bei der beflogenen Strecke.

c) An einen Neubewerber im Sinne des Artikels 2 Buchstabe b) zugewiesene Zeitnischen dürfen während eines Zeitraums von zwei sich entsprechenden Flugplanperioden nicht gemäß Absatz 1 Buchstabe c) des vorliegenden Artikels getauscht werden, es sei denn, um die Zeitnischendisposition für diese Dienste im Verhältnis zu den ursprünglich beantragten Zeiten zu verbessern.

22.6.10 Ausschluss von Ersatzansprüchen

Artikel 8b [90] führt aus:

Das Anrecht auf Abfolgen von Zeitnischen nach Artikel 8 Absatz 2 berechtigt zu keinerlei Ersatzansprüchen aufgrund von Begrenzungen, Einschränkungen und Streichungen der Abfolgen in Anwendung des Gemeinschaftsrechts und insbesondere der Luftverkehrsbestimmungen des Vertrags. Diese Verordnung berührt nicht die Befugnisse öffentlicher Behörden, nach einzelstaatlichem Wettbewerbs recht oder nach Artikel 81 oder 82 des Vertrags oder nach der Verordnung (EWG) Nr. 4064/89 des Rates vom 21. Dezember 1989 über die Kontrolle von Unternehmenszusammenschlüssen die Übertragung von Zeitnischen zwischen Luftfahrtunternehmen anzuordnen und deren Zuweisung zu regeln. Diese Übertragungen können nur ohne finanziellen Ausgleich erfolgen.

22.6.11 Gemeinwirtschaftliche Verpflichtungen

Artikel 9 [90] führt aus:

1) Wurden für eine Strecke gemeinwirtschaftliche Verpflichtungen gemäß Artikel 4 der Verordnung (EWG) Nr. 2408/92 auferlegt, so kann ein Mitgliedstaat auf einem koordinierten Flughafen die für den vorgesehenen Flugbetrieb auf der betreffenden Strecke benötigten Zeitnischen reservieren. Werden die reservierten Zeitnischen auf der betreffenden Strecke nicht genutzt, so werden diese Zeitnischen an deren am Betrieb dieser Strecke gemäß den gemeinwirtschaftlichen Verpflichtungen interessierten Luftverkehrsunternehmen entsprechend Absatz 2 zur Verfügung ge stellt. Wenn kein anderes Luftverkehrsunternehmen am Betrieb der Strecke interessiert ist und der betreffende Staat keine Ausschreibung gemäß Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe d) der Verordnung (EWG) Nr. 2408/92 veranstaltet, werden die Zeitnischen entweder für eine andere gemeinwirtschaftlichen Verpflichtungen unterliegende Strecke reserviert oder wieder in den Pool eingestellt.

2) Das in Artikel 4 Absatz 1 Buchstaben d) bis g) und Artikel 4 Absatz 1 Buchstabe a) der Verordnung (EWG) Nr. 2408/92 vorgesehene Ausschreibungsverfahren wird für die Nutzung der in Absatz 1 genannten Zeitnischen angewendet, wenn mehr als ein Luftverkehrsunternehmen am Betrieb der Strecke interessiert ist und keine Zeitnischen innerhalb einer Stunde vor oder nach den beim Koordinator beantragten Zeiten bekommen konnte.

22.6.12 Zeitnischenpool

Artikel 10 [90] führt aus:

1) Der Koordinator richtet einen Pool ein, der alle nicht nach Artikel 8 Absätze 2 und 4 zugewiesenen Zeitnischen umfasst. Alle nach Artikel 3 Absatz 3 festgestellten neuen Zeitnischenkapazitäten werden in den Pool eingestellt.
2) Eine einem Luftfahrtunternehmen für einen Flugliniendienst oder einen proram-mierten Gelegenheitsflugdienst zugewiesene Abfolge von Zeitnischen verschafft diesem Unternehmen kein Anrecht auf die gleiche Abfolge von Zeitnischen in der nächsten entsprechenden Flugplanperiode, wenn das Luftverkehrsunternehmen dem Koordinator gegenüber nicht ausreichend nachweisen kann, dass es die Zeitnischen entsprechend der Freigabe durch den Koordinator während der Flugplanperiode, für die sie zugewiesen waren, mindestens zu 80 % genutzt hat.
3) Zeitnischen, die einem Luftverkehrsunternehmen vor dem 31. Januar für die folgende Sommersaison oder vor dem 31. August für die folgende Wintersaison zugewiesen wurden, jedoch vor diesen Terminen zur Neuzuweisung an den Koordinator zurück-gegangen sind, werden bei der Nutzungsberechnung nicht berücksichtigt.
4) Kann die 80 %ige Nutzung der Abfolge von Zeitnischen nicht nachgewiesen werden, werden alle zu dieser Abfolge zählenden Zeitnischen in den Zeitnischenpool einge-stellt, sofern sich ihre mangelnde Nutzung nicht mit einem der folgenden Gründe rechtfertigen lässt:
   a) unvorhersehbare und unvermeidbare Umstände, auf die das Luftverkehrsunter-nehmen keinen Einfluss hatte und die zur Folge hatten:
      Ein Startverbot für den gewöhnlich in dem betreffenden Flugdienst eingesetzten Luftfahrzeugmuster oder die Sperrung eines Flughafens oder Luftraumes, oder eine schwerwiegende Störung des Flugbetriebs auf den betreffenden Flughäfen, ein-schließlich der Abfolge von Zeitnischen auf anderen Gemeinschaftsflughäfen im Zusammenhang mit Strecken, die von dieser Störung betroffen sind, während eines erheblichen Teils der jeweiligen Flugplanperiode;
   b) Unterbrechung von Flugdiensten infolge von Aktionen, die die Störung dieser Flugdienste zum Ziel hatten und es dem Luftverkehrsunternehmen dadurch prak-tisch u./o. technisch unmöglich machten, Flüge wie geplant durchzuführen;
   c) gravierender finanzieller Schaden für das betreffende Luftverkehrsunternehmen der Gemeinschaft, in dessen Folge die Genehmigungsbehörden für die Dauer der

finanziellen Umstrukturierung des Luftfahrtunternehmens gemäß Artikel 5 Absatz 5 der Verordnung (EWG) Nr. 2407/92 eine vorläufige Genehmigung erteilt;

d) Gerichtsverfahren, die die Anwendung des Artikels 9 auf Strecken, für die gemeinwirtschaftliche Verpflichtungen gemäß Artikel 4 der Verordnung (EWG) Nr. 2408/92 vorgeschrieben sind, betreffen und die eine vorübergehende Aussetzung des Flugdienstes auf diesen Strecken zur Folge haben.

5) Die Kommission prüft auf Antrag eines Mitgliedstaats oder von sich aus, wie Absatz 4 durch den Koordinator eines in den Anwendungsbereich dieser Verordnung fallenden Flughafens angewandt wurde. Sie trifft binnen zwei Monaten nach Eingang des Antrags eine Entscheidung nach dem Verfahren gemäß Artikel 13 Absatz 2.
6) Unbeschadet des Artikels 8 Absatz 2 dieser Verordnung und unbeschadet des Artikels 8 Absatz 1 der Verordnung (EWG) Nr. 2408/92 werden in den Pool ein gestellte Zeitnischen unter den antragstellenden Luftverkehrsunternehmen verteilt. Von diesen Zeitnischen stehen 50 % zuerst Neubewerbern zur Verfügung, sofern sich die Anträge der Neubewerber nicht auf weniger als 50 % belaufen. Die Anträge von Neubewerbern und anderen Luftverkehrsunternehmen werden vom Koordinator nach Maßgabe der Koordinierungsperioden des jeweiligen Flugplantages gleich behandelt. Unter den Anträgen von Neubewerbern bekommen diejenigen Luftverkehrsunternehmen den Vorzug, die die Bedingungen für den Neubewerberstatus gemäß Artikel 2 Buchstabe b) Buchstaben ba) und bb) oder Artikel 2 Buchstabe b) Buchstaben ba) und bc) erfüllen.
7) Ein Neubewerber, dem Zeitnischen innerhalb einer Stunde vor oder nach der beantragten Zeit angeboten wurden, der dieses Angebot jedoch nicht annimmt, verliert den Status des Neubewerbers für die betreffende Flugplanperiode.
8) Für Dienste, die durch eine Gruppe von Luftfahrtunternehmen betrieben werden, kann nur eines der beteiligten Luftfahrtunternehmen die benötigten Zeitnischen beantragen. Das Luftverkehrsunternehmen, das einen derartigen Dienst betreibt, übernimmt die Verantwortung für die Einhaltung der zur Wahrung angestammter Rechte erforderlichen Betriebskriterien gemäß Artikel 8 Absatz 2. Zeitnischen, die einem Luftverkehrsunternehmen für den Betrieb einer Strecke zugewiesen sind, können von einem oder mehreren beteiligten Luftverkehrsunternehmen für den gemeinsamen Betrieb genutzt werden, sofern der Kenncode des Luftverkehrsunternehmens, dem die Zeitnischen zugewiesen wurden, für Koordinierungs- und Überwachungszwecke Teil der Bezeichnung des gemeinsamen Fluges bleibt. Wird der gemeinsame Betrieb eingestellt, so verbleiben die dafür genutzten Zeitnischen bei dem Luftverkehrsunternehmen, dem sie ursprünglich zugewiesen wurden. Luftverkehrsunternehmen, die gemeinsame Strecken betreiben, unterrichten die Koordinatoren über die Einzelheiten dieses Flugbetriebs vor dessen Beginn.
9) Dauern schwerwiegende Probleme für Neubewerber an, so trägt der Mitgliedstaat dafür Sorge, dass eine Sitzung des Flughafenkoordinierungsausschusses einberufen wird. Die Sitzung dient dazu, die Abhilfemöglichkeiten zu prüfen. Die Kommission wird zu dieser Sitzung eingeladen.

22.6.13 Beschwerden und Recht auf Einlegung von Rechtsmitteln

Artikel 11 [90] führt aus:

1) Unbeschadet der nach einzelstaatlichem Recht gegebenen Möglichkeiten, Rechtsmittel einzulegen, sind Beschwerden über die Anwendung des Artikels 7 Absatz 2, der Artikel 8, 8a und 10 sowie des Artikels 14 Absätze 1–4 und Absatz 6 an den Koordinierungsausschuss zu richten. Der Ausschuss behandelt die Angelegenheit binnen eines Monats nach Einreichung der Beschwerde und macht, soweit möglich, dem Koordinator Vorschläge zur Lösung der Probleme. Können die Beschwerden nicht ausgeräumt werden, so kann der zuständige Mitgliedstaat innerhalb einer weiteren Frist von zwei Monaten für eine Schlichtung durch einen Verband der Luftverkehrsunternehmen oder der Flughäfen oder durch einen anderen Dritten sorgen.
2) Die Mitgliedstaaten ergreifen gemäß ihren innerstaatlichen Rechtsvorschriften geeignete Maßnahmen, um die Koordinatoren, außer bei grober Fahrlässigkeit und Vorsatz, in Bezug auf Schadensersatzansprüche im Zusammenhang mit ihren Aufgaben im Rahmen dieser Verordnung zu schützen.

22.6.14 Beziehungen zu Drittländern

Artikel 12 [90] führt aus:

1) Wird festgestellt, dass ein Drittland bei der Zuweisung und Nutzung von Zeitnischen auf seinen Flughäfen:
   a) Luftverkehrsunternehmen der Gemeinschaft nicht eine Behandlung gewährt, die der durch diese Verordnung gewährleisteten Behandlung von Luftverkehrsunternehmen aus diesem Land vergleichbar ist, oder
   b) Luftverkehrsunternehmen der Gemeinschaft nicht de facto eine Inländerbehandlung gewährt oder
   c) Luftverkehrsunternehmen aus anderen Drittländern eine günstigere Behandlung gewährt als Luftverkehrsunternehmen der Gemeinschaft, so kann die Kommission nach dem in Artikel 13 Absatz 2 genannten Verfahren entscheiden, dass ein oder mehrere Mitgliedstaaten Maßnahmen einschließlich der vollständigen oder teilweisen Aussetzung der Anwendung dieser Verordnung gegenüber einem oder mehreren Luftverkehrsunternehmen aus dem betreffenden Drittland ergreifen, um das diskriminierende Verhalten des betreffenden Drittlands abzustellen.
2) Die Mitgliedstaaten unterrichten die Kommission von allen ernsthaften rechtlichen und praktischen Schwierigkeiten, auf die die Luftverkehrsunternehmen der Gemeinschaft bei der Erlangung von Zeitnischen auf Flughäfen in Drittländern stoßen.

22.6.15 Ausschussverfahren

Artikel 13 [90] führt aus:

1) Die Kommission wird von einem Ausschuss unterstützt.
2) Wird auf diesen Absatz Bezug genommen, so gelten die Artikel 5 und 7 des Beschlusses 1999/468/EG des Rates vom 28. Juni 1999 zur Festlegung der Modalitäten für die Ausübung der der Kommission übertragenen Durchführungsbefugnisse unter Beachtung von dessen Artikel 8. Der Zeitraum nach Artikel 5 Absatz 6 des Beschlusses 1999/468/EG wird auf drei Monate festgesetzt.
3) Der Ausschuss kann außerdem von der Kommission zu jeder anderen Frage im Zusammenhang mit der Anwendung dieser Verordnung gehört werden.
4) Der Ausschuss gibt sich eine Geschäftsordnung.

22.6.16 Durchsetzung

Artikel 14 [90] führt aus:

1) Der Flugdurchführungsplan eines Luftverkehrsunternehmens kann vom zuständigen Flugsicherungsunternehmen abgelehnt werden, wenn das Unternehmen beabsichtigt, auf einem koordinierten Flughafen zu Zeiten, für die dieser koordiniert ist, zu starten oder zu landen, ohne dass ihm vom Koordinator eine Zeitnische zugewiesen wurde.
2) Der Koordinator entzieht einem in der Gründungsphase befindlichen Luftverkehrsunternehmen die vorläufig zugewiesene Abfolge von Zeitnischen am 31. Januar für die folgende Sommersaison oder am 31. August für die folgende Wintersaison und stellt diese in den Pool ein, wenn das Unternehmen zu diesem Zeitpunkt nicht über eine Betriebsgenehmigung oder eine gleichwertige Genehmigung verfügt oder wenn von der zuständigen Genehmigungsbehörde keine Erklärung abgegeben wird, dass vor Beginn der betreffenden Flugplanperiode voraussichtlich eine Betriebsgenehmigung oder eine gleichwertige Genehmigung erteilt werden wird.
3) Der Koordinator entzieht einem Luftverkehrsunternehmen die Abfolge von Zeitnischen, die dieses durch einen Tausch gemäß Artikel 8a Absatz 1 Buchstabe c) erhalten hat, und stellt sie in den Pool ein, wenn sie nicht wie beabsichtigt genutzt worden sind.
4) Luftverkehrsunternehmen, die Flugdienste regelmäßig und vorsätzlich entweder zu Zeiten durchführen, die erheblich von den zugewiesenen, zu einer Abfolge von Zeitnischen gehörenden Zeitnischen abweichen oder die Zeitnischen in einer erheblich anderen Weise als zum Zeitpunkt der Zuweisung angegeben nutzen und damit den Flughafenbetrieb oder den Flugverkehr beeinträchtigen, verlieren den Status nach Artikel 8 Absatz 2. Der Koordinator kann nach Anhörung des betreffenden Luftverkehrsunternehmens und nach einmaliger Mahnung entscheiden, ihm die fragliche Abfolge von Zeitnischen für die restliche Flugplanperiode zu entziehen und sie in den Pool einzustellen.

5) Die Mitgliedstaaten tragen dafür Sorge, dass wirksame, angemessene und abschreckende Sanktionen oder gleichwertige Maßnahmen zur Verfügung stehen, damit gegen die wiederholte und vorsätzliche Durchführung von Flugdiensten zu Zeiten, die erheblich von den zugewiesenen Zeitnischen abweichen, oder die Nutzung von Zeitnischen in einer erheblich anderen Weise als zum Zeitpunkt der Zuweisung angegeben, sofern dies den Flughafenbetrieb oder den Flugverkehr beeinträchtigt, vorgegangen werden kann.
6) a) Unbeschadet des Artikels 10 Absatz 4 kann der Koordinator für den Fall, dass ein Luftverkehrsunternehmen die in Artikel 8 Absatz 2 festgelegte Nutzungsrate von 80 % nicht erreichen kann, entscheiden, diesem Luftverkehrsunternehmen nach Anhörung die betreffende Abfolge von Zeitnischen für die restliche Flugplanperiode zu entziehen und sie in den Pool einzustellen.
   b) Unbeschadet des Artikels 10 Absatz 4 stellt der Koordinator die betreffenden Abfolgen von Zeitnischen nach Anhörung des betreffenden Luftverkehrsunternehmens in den Pool ein, wenn nach einem Zeitraum, der 20 % der Geltungsdauer der Abfolge entspricht, noch keine Zeitnischen aus dieser Abfolge genutzt worden sind.

22.6.17 Berichterstattung und Zusammenarbeit

Artikel 14a [90] führt aus:

1) Die Kommission legt dem Europäischen Parlament und dem Rat spätestens drei Jahre nach Inkrafttreten dieser Verordnung einen Bericht über deren Durchführung vor. Dieser Bericht betrifft insbesondere die Anwendung der Artikel 8, 8a und 10.
2) Die Mitgliedstaaten und die Kommission arbeiten bei der Durchführung dieser Verordnung, insbesondere bei der Einholung von Informationen für den in Absatz 1 genannten Bericht zusammen.

In Europa sind derzeit 70 Verkehrsflughäfen vollständig koordiniert. Die Tab. 22.1 zeigt die Koordinationswerte für Starts und Landungen der deutschen Verkehrsflughäfen (Stand 2013).

Die Gate Kapazität (Abflüge) am Verkehrsflughafen Berlin Tegel (TXL) beträgt 32 Bewegungen pro Stunde, die Nord Atlantik Abflüge am Verkehrsflughafen Frankfurt/M sind mit 4 Bewegungen pro Stunde koordiniert.

22.7 Deutscher Wetterdienst

Das Wetter als eine der wichtigsten Einflussgrößen auf die Luftfahrt spielt bei den Bestrebungen nach Sicherheit und Wirtschaftlichkeit eine entscheidende Rolle.

Die Anstalt „Deutscher Wetterdienst“ (DWD) wurde am 11. November 1952 errichtet. Sie ist eine teilrechtsfähige Anstalt des öffentlichen Rechts und im Geschäftsbereich

Tab. 22.1 Koordinierungswerte deutscher Verkehrsflughäfen (gültig für den Sommerflugplan 2013)

Flughafen	IATA Code	pro 10 min			pro 30 min			pro 60 min		
		Starts	Landungen	gemischt	Starts	Landungen	gemischt	Starts	Landungen	gemischt
Berlin-Brandenburg	BER	11	11	15	27–29	27–29	41–43	49–51	49-51	73–80
Bremen	BRE	4	4	5	–	–	–	18	15	22
Köln	CGN	–	–	–	–	–	–	30–40	36–40	36–52
Dresden	DRS	3	4	4	7	8	10	10	11	18
Düsseldorf	DUS	7	0–8	12	–	–	24–27	36	33	43–47
Erfurt	ERF	–	–	–	–	–	–	9	9	18
Münster-Osnabrück	FMO	–	–	–	–	–	–	12	12	24
Frankfurt/M	FRA	0—11	11	18	30	30	50	53	53	96
Hannover	HAJ	4	3	6	–	–	–	34	30	40
Hamburg	HAM	7	7	9	–	–	–	27	27	53
Leipzig Halle	LEJ	4	4	5	9	9	14	12	12	20
München	MUC	12	12	15	–	–	–	58	58	90
Nürnberg	NUE	5	5	8	–	–	–	20	20	30
Saarbrücken	SCM	–	–	–	–	–	–	12	10	20
Stuttgart	STR	–	–	–	7	7	9	32	32	42
Berlin-Schönefeld	SFX	–	–	–	5	5	7	20	20	26
Berlin-Tegel	TXL	8	8	10	19	19	27	30	30	52

des Bundesministers für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung dem Referat LR 21 (Wetterdienst) zugeordnet.

Die Anstalt wird durch einen Bund-Länder-Beirat und einen Wissenschaftlicher Beirat unterstützt. Die Aufgaben des DWD ergeben sich aus § 4 des Gesetzes über den Deutschen Wetterdienst in der Fassung vom 10. September 1998.

22.7.1 Aufgaben des Deutschen Wetterdienstes

1) 1. Die Erbringung meteorologischer Dienstleistungen für die Allgemeinheit der gewerblichen Wirtschaft, der Land- und Forstwirtschaft, des Bauwesens, des Gesundheitswesens, der Wasserwirtschaft, des Umwelt- und Naturschutzes und der Wissenschaft;
   2. die meteorologische Sicherung der Luftfahrt und der Seefahrt;
   3. die Herausgabe von Warnungen über Wettererscheinungen, die zu einer Gefahr für die öffentliche Sicherheit und Ordnung führen können;
   4. die kurzfristige und langfristige Erfassung, Überwachung und Bewertung der meteorologischen Prozesse, Struktur und Zusammensetzung der Atmosphäre;
   5. die Erfassung der meteorologischen Wechselwirkung zwischen der Atmosphäre und anderen Bereichen der Umwelt;
   6. die Vorhersage der meteorologischen Vorgänge;
   7. die Überwachung der Atmosphäre auf radioaktive Spurenstoffe und die Vorhersage deren Verfrachtung;
   8. der Betrieb der erforderlichen Mess- und Beobachtungssysteme zur Erfüllung der spezifischen Aufgaben des DWD;
   9. die Bereithaltung, Archivierung und Dokumentierung meteorologischer Daten und Produkte.
2) Zur Erfüllung seiner Aufgaben betreibt der Deutsche Wetterdienst wissenschaftliche Forschung im Bereich Meteorologie und verwandter Wissenschaften und wirkt bei der Entwicklung entsprechender Standards und Normen mit.
3) Der Deutsche Wetterdienst ist der nationale meteorologische Dienst der Bundesrepublik Deutschland. Er nimmt an der internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Meteorologie teil und erfüllt die sich daraus ergebenden Verpflichtungen.

22.7.2 Flugwetterdienst

In § 27e LuftVG sind Aufgaben des Flugwetterdienstes festgelegt. Der Flugwetterdienst dient der meteorologischen Sicherung des Luftverkehrs. Die Erfüllung dieser Aufgabe obliegt dem Deutschen Wetterdienst oder anderen damit ausdrücklich beauftragten Stellen (§ 27f Abs. 5 LuftVG [67]).

Der Flugwetterdienst umfasst insbesondere folgende Aufgaben:

1. Die Flugwetterberatungs- und -betriebsdienste, zu denen gehören:
   a) die Wetterüberwachung,

   b) die Erstellung standardisierter Vorhersagen nach internationalen und nationalen Vorgaben,
   c) die Flugwetterberatung,
   d) die Erstellung und Verbreitung von Warnungen vor Wettererscheinungen mit Auswirkungen auf den An- und Abflug- sowie den Rollverkehr und vor fluggefährdenden Wetterereignissen auf der Strecke,
   e) die Ausgabe standardisierter Flugwetterberatungsunterlagen in alphanumerischer und grafischer Form.
2. die erforderlichen technischen Einrichtungen und Dienste, zu denen gehören:
   a) die Beschaffung, der Einbau und die Abnahme der meteorologischen Messanlagen und der Datenerfassungs- und -verbreitungsanlagen sowie der fachtechnischen Systeme,
   b) der Betrieb, die Instandhaltung und die Überwachung der meteorologischen Messanlagen und Übertragungssysteme,
   c) die Entwicklung und Pflege der Anwendungsprogramme in der elektronischen Datenverarbeitung für den Flugwetterdienst.
3. die Planung und Erprobung von Verfahren und Einrichtungen für den Flugwetterdienst,
4. die Sammlung und die Bereitstellung von flugklimatologischen Daten und Statistiken.

22.7.3 Flugwetterbetriebsdienste

Der § 27f LuftVG legt die Flugwetterbetriebsdienste fest.

Flugwetterbetriebsdienste und die dazu erforderlichen Einrichtungen werden an den Flugplätzen vorgehalten, bei denen das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung einen Bedarf aus Gründen der Sicherheit und aus verkehrspolitischen Interessen anerkennt. Die Flugplatzunternehmer sind auf Verlangen des Deutschen Wetterdienstes im erforderlichen Umfang verpflichtet,

1. die baulichen und räumlichen Voraussetzungen für Zwecke des Flugwetterbetriebsdienstes und die erforderlichen technischen Einrichtungen zu schaffen und zu erhalten, die hierfür benötigten Grundstücke zur Verfügung zu stellen und die Verlegung und Instandhaltung von Kabelverbindungen auf ihren Grundstücken zu dulden,
2. dem Flugwetterdienstpersonal die Mitbenutzung der an den Flugplätzen bestehenden Infrastruktur zu ermöglichen,
3. die von ihnen überlassenen Bauten und Räume mit Energie und Wasser zu versorgen, sie zu heizen und zu klimatisieren, sonstige Versorgungsleistungen zu erbringen und die notwendige Entsorgung sicherzustellen.

Die sich aus der Erfüllung der genannten Pflichten ergebenden Selbstkosten werden den Flugplatzunternehmern vom Deutschen Wetterdienst erstattet.

Wird für einen Flugplatz ein Bedarf vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung nicht anerkannt, können auf diesem Flugplatz auf Antrag und zu Lasten des Flugplatzunternehmers, oder wenn auf andere Weise die volle Deckung der

Kosten ohne Inanspruchnahme des Bundes sichergestellt ist, Flugwetterbetriebsdienste und die erforderlichen technischen Einrichtungen im erforderlichen Umfang vorgehalten werden. Dies gilt jedoch nur, wenn die örtlichen Voraussetzungen erfüllt und andere Belange des Flugwetterbetriebsdienstes nicht beeinträchtigt werden. Über den Antrag entscheidet das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung.

Wenn das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung einen Bedarf im Sinne des Gesetzes anerkennt, ist der Deutsche Wetterdienst verpflichtet, Flugwetterbetriebsdienste und die erforderlichen technischen Einrichtungen im erforderlichen Umfang auf dem entsprechenden Flugplatz vorzuhalten.

22.7.4 Organisation des Deutschen Wetterdienstes

Der DWD gliedert sich in **Geschäftsbereiche**, die aus einzelnen **Abteilungen** bestehen. Von diesen werden die kunden- und nutzerspezifischen Leistungen erbracht. Die Geschäftsfelder besitzen über Deutschland verteilte Außenstellen. Im Geschäftsbereich Wettervorhersage ist auch die Abteilung Flugmeteorologie eingebunden.

Die Abteilung Flugmeteorologie hat die Aufgabe der meteorologischen Sicherung der Luftfahrt in der Bundesrepublik Deutschland. Dazu unterhält der DWD einen Überwachungs- und Warndienst. Dieser besteht einerseits in einer Überwachung der Wetterentwicklung in den unteren und oberen Fluginformationsgebieten und der Ausgabe entsprechender Informationen (signifikante meteorologische Erscheinungen, SIGMET, Gebietsvorhersagen, GAMMET, Warnmitteilungen über das Auftreten u./o. erwartete Auftreten von Streckenwettererscheinungen, die nicht bereits im GAMMET vorhergesagt wurden und die Sicherheit des Luftverkehrs im unteren Luftraum bis FL 100 (FIR-München bis FL 150 beeinflussen können, AIRMET) durch Flugwetterüberwachungsstellen, andererseits in einer von allen Luftfahrtberatungszentralen vorgenommenen Ausgabe von Warnungen für die Flughäfen und Verkehrslandeplätze im Zuständigkeitsbereich. Der meteorlogische Gebietsüberwachungsdienst wird von folgenden Flugwetterüberwachungsstellen (Meterological Watch Offices (MWO's)) mit integrierten Luftfahrtberatungszentralen, LBZ (Advisory Centre for Aviation) und angeschlossenen Flugwetterwarten (FWW) wahrgenommen:

LBZ Nord, Hamburg:	Bremen FIR, sowie der oberhalb dieser FIR gelegene Teil der Hannover UIR,
LBZ Ost, Berlin:	Ostteil Bremen FIR, östlich 11 Grad östlicher Länge, sowie Norden der München FIR, nördlich 50 Grad nördlicher Breite,
LBZ West, Essen:	Flugplatzwettervorhersagen für die Verkehrsflughäfen Köln/Bonn, Düsseldorf und Münster/Osnabrück sowie die Flugplätze Mönchengladbach, Dortmund, Paderborn, Siegerland und Weeze (Niederrhein),
LBZ Mitte, Frankfurt :	Langen FIR, sowie der oberhalb dieser FIR gelegene Teil der Rhein/Karlsruhe UIR

LBZ Süd, München: Betreuung des Bundeslandes Bayern, die Verkehrsflughäfen München und Nürnberg, sowie die Flugplätze Augsburg, Hof, Memmingen und Oberpfaffenhofen.

Die Luftfahrtberatungszentralen sind für die individuelle Beratung der Luftfahrer zu-ständig und üben den Warndienst für ihren Vorhersagebereich aus. Sie erstellen Flugwettervorhersagen für die angeschlossenen 16 deutschen internationalen Verkehrsflughäfen sowie spezielle Berichte für die Allgemeine Luftfahrt. An den Luftfahrtberatungszentralen sind EDV-Systeme zum „Selfbriefing" installiert.

An den Flugwetterwarten wird der Wetterbeobachtungsdienst durchgeführt. Sie sind außerdem Dokumentationsausgabe und Informationsstellen entsprechend den Vorgaben des ICAO Annex 3.

Zur Entlastung der Flugwetterberatung ist an jeder FWW ein „INFOMET"-Telefon eingerichtet, über das Daten wie METAR, TAF, SIGMET u. ä. abgerufen werden können. Eine individuelle Beratung kann hier nicht erfolgen.

Die Abb. 22.6 zeigt die Organisationsstruktur des deutschen Wetterdienstes.

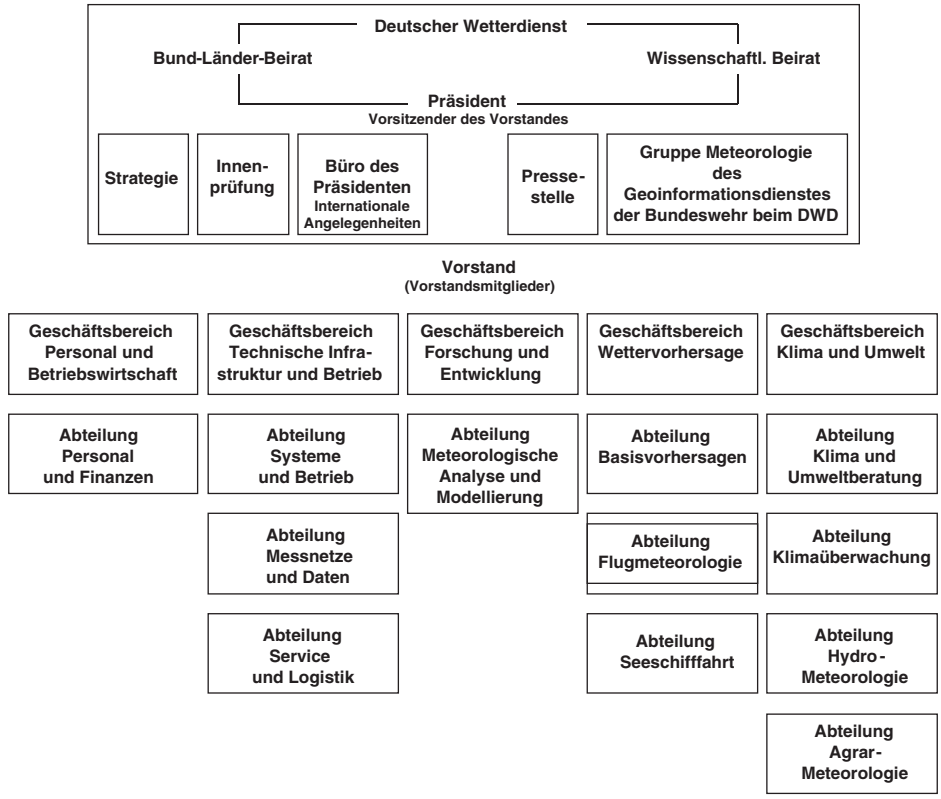


Abb. 22.6 Organisationsstruktur des deutschen Wetterdienstes [76]

22.8 Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung

Das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung (BAFG § 1) wurde:

(1) Als nationale Aufsichtsbehörde für den Bereich der Flugsicherung errichtet. § 30 Abs. 2 des Luftverkehrsgesetzes [67] bleibt unberührt.
(2) Das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung ist als Bundesoberbehörde im Geschäftsbereich des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung an geordnet. Das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung untersteht der Rechts- und Fachaufsicht des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Sitz des Bundesaufsichtsamtes für Flugsicherung ist die Stadt Langen in Hessen. Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung kann jedoch im Bedarfsfall einen anderen Sitz bestimmen.
(3) Das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung nimmt neben den ihm im Luftverkehrsgesetz zugewiesenen Aufgaben weitere dem Bund obliegende Flugsicherungsaufgaben, insbesondere nach folgenden Rechtsvorschriften, wahr:
    1. Verordnung (EG) Nr. 549/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 10. März 2004 zur Festlegung des Rahmens für die Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums („Rahmenverordnung“) (ABl. EU Nr. L 96 S. 1),
    2. Verordnung (EG) Nr. 550/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 10. März 2004 über die Erbringung von Flugsicherungsdiensten im einheitlichen europäischen Luftraum („Flugsicherungsdienste-Verordnung“) (ABl. EU Nr. L 96 S. 10),
    3. Verordnung (EG) Nr. 552/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 10. März 2004 über die Interoperabilität des europäischen Flugverkehrsmanagementnetzes („Interoperabilitäts-Verordnung“) (ABl. EU Nr. L 96 S. 26) und
    4. Verordnung (EG) Nr. 1315/2007 der Kommission vom 8. November 2007 über die Sicherheitsaufsicht im Bereich des Flugverkehrsmanagements und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 2096/2005 der Kommission (ABl. EU Nr. L 291 S. 16).

    Gleiches gilt für die Aufgaben, die dem Bund nach den auf der Grundlage dieser Verordnungen erlassenen Durchführungsverordnungen und weiteren Regelungen zur Schaffung eines einheitlichen europäischen Luftraums entstehen.
(4) Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung kann dem Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung weitere Aufgaben des Bundes auf dem Gebiet der Flugsicherung übertragen.
(5) In den Bereichen, in denen die Flugsicherungsorganisation als Beliehene tätig ist, kann das Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung im Rahmen seiner Aufgabenerfüllung von der Flugsicherungsorganisation Berichte und die Vorlage von Aufzeichnungen aller Art zu jeder Zeit verlangen. Darüber hinaus ist den Bediensteten des Bundesaufsichtsamtes für Flugsicherung und den von ihnen beauftragten Personen, soweit dies zur Wahrnehmung ihrer Aufgaben erforderlich ist, das Betreten der Grundstücke und Geschäftsräume durch die Flugsicherungsorganisation zu gestatten. In den Bereichen

einer privatrechtlichen Betätigung der Flugsicherungsorganisation gilt darüber hinaus, dass das Betreten außerhalb der Geschäftszeiten oder wenn die Geschäftsräume sich in einer Wohnung befinden, ohne Einverständnis nur zulässig und insoweit zu dulden ist, wie dies zur Verhütung von dringenden Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung erforderlich ist und bei der Flugsicherungsorganisation in diesen Bereichen Anhaltspunkte für einen Verstoß gegen ein gesetzliches Verbot oder Gebot im Zusammenhang mit der privatrechtlichen Betätigung vorliegen. Das Grundrecht der Unverletzlichkeit der Wohnung wird insoweit eingeschränkt.

22.9 DFS Deutsche Flugsicherung GmbH

Der Wegsicherungsprozess wird in der Bundesrepublik Deutschland im Luftraum und auf den Flugbetriebsflächen der Flugplätze, soweit beauftragt, durch das Flugsicherungsunternehmen DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, das Amt für Flugsicherung der Bundeswehr, sowie teilweise durch die Agentur Eurocontrol begleitet, d. h. in Abhängigkeit der Organisation des Luftraumes gewährleisten die operativen Stellen der Flugsicherungsorganisationen durch Bereitstellung von Diensten und technischer Infrastruktur einen sicheren, effizienten und wirtschaftlichen Flugbetrieb zwischen den Quellen und Senken (Flugplätzen) des Luftverkehrs.

22.9.1 Zweck und Aufgaben der Flugsicherung

Der Gesetzgeber führt dazu im § 27c und § 27d LuftVG [67] aus:

Die Flugsicherung dient der sicheren, geordneten und flüssigen Abwicklung des Luftverkehrs. Sie umfasst insbesondere folgende Aufgaben:

1. Die Flugsicherungsbetriebsdienste, zu denen gehören:
   a) die Flugverkehrskontrolle zur Überwachung und Lenkung der Bewegungen im Luftraum und auf den Rollflächen von Flugplätzen,
   b) die Verkehrsflussregelung und die Steuerung der Luftraumnutzung,
   c) die Flugberatung, ausgenommen die Flugwetterberatung,
   d) die Mitwirkung beim Such- und Rettungsdienst für Luftfahrzeuge,
   e) die Übermittlung von Flugsicherungsinformationen.
2. Die flugsicherungstechnischen Dienste, zu denen gehören:
   a) die Beschaffung, der Einbau und die Abnahme der flugsicherungstechnischen Einrichtungen,
   b) der Betrieb, die Instandhaltung und die Überwachung der flugsicherungstechnischen Einrichtungen,
   c) die Entwicklung und Pflege der Anwendungsprogramme in der elektronischen Datenverarbeitung für die Flugsicherung.

3. Die Planung und die Erprobung von Verfahren und Einrichtungen für die Flugsicherung;
4. Die Sammlung und die Bekanntgabe von Nachrichten für die Luftfahrt sowie die Herstellung und die Herausgabe der Karten sowie der Veröffentlichung von Verfahrensvorschriften für die Luftfahrt.

Die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung personenbezogener Daten ist zulässig, soweit dies zur Erfüllung der in den Absätzen 1 und 2 genannten Aufgaben jeweils erforderlich ist. Die Daten sind zu löschen, sobald und soweit sie zur Erfüllung der Aufgaben nicht mehr benötigt werden. § 15 des Luftsicherheitsgesetzes bleibt davon unberührt.

Flugsicherungsbetriebsdienste und die dazu erforderlichen flugsicherungstechnischen Einrichtungen werden nach § 27d LuftVG [67] an den Flugplätzen vorgehalten, bei denen das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung einen Bedarf aus Gründen der Sicherheit und aus verkehrspolitischen Interessen anerkennt.

Die Flugplatzunternehmer sind auf Verlangen der für die Flugsicherung zuständigen Stelle im erforderlichen Umfang verpflichtet,

1. die baulichen und räumlichen Voraussetzungen für Zwecke der Flugsicherung zu schaffen und zu erhalten, die hierfür benötigten Grundstücke zur Verfügung zu stellen und die Verlegung und Instandhaltung von Kabelverbindungen auf ihren Grundstücken zu dulden,
2. dem Flugsicherungspersonal die Mitbenutzung der an den Flugplätzen bestehenden Infrastruktur zu ermöglichen,
3. die von ihnen überlassenen Bauten und Räume mit Energie und Wasser zu versorgen, sie zu heizen und zu klimatisieren, sonstige Versorgungsleistungen zu erbringen und die notwendige Entsorgung sicherzustellen. Außerhalb der Flugplätze gilt dies nur, soweit die Anlagen und Einrichtungen der Flugsicherung dem Start- und Landevorgang von Luftfahrzeugen dienen.

Die sich aus der Erfüllung der Pflichten ergebenden Selbstkosten werden den Flugplatzunternehmern von der für die Flugsicherung zuständigen Stelle erstattet.

Wird für einen Flugplatz ein Bedarf vom Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung nicht anerkannt, können auf diesem Flugplatz auf Antrag und zu Lasten des Flugplatzunternehmers, oder wenn auf andere Weise die volle Deckung der Kosten ohne Inanspruchnahme des Bundes sichergestellt ist, Flugsicherungsbetriebsdienste und flugsicherungstechnische Einrichtungen im erforderlichen Umfang vorgehalten werden. Dies gilt jedoch nur, wenn die örtlichen Voraussetzungen erfüllt und andere Belange der Flugsicherung nicht beeinträchtigt werden. Über den Antrag entscheidet das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung.

Organisatorisch sind im operationellen Bereich der DFS Deutsche Flugsicherung zwei Geschäftsbereiche von Bedeutung. Dies sind die Geschäftsbereiche Tower und Center.

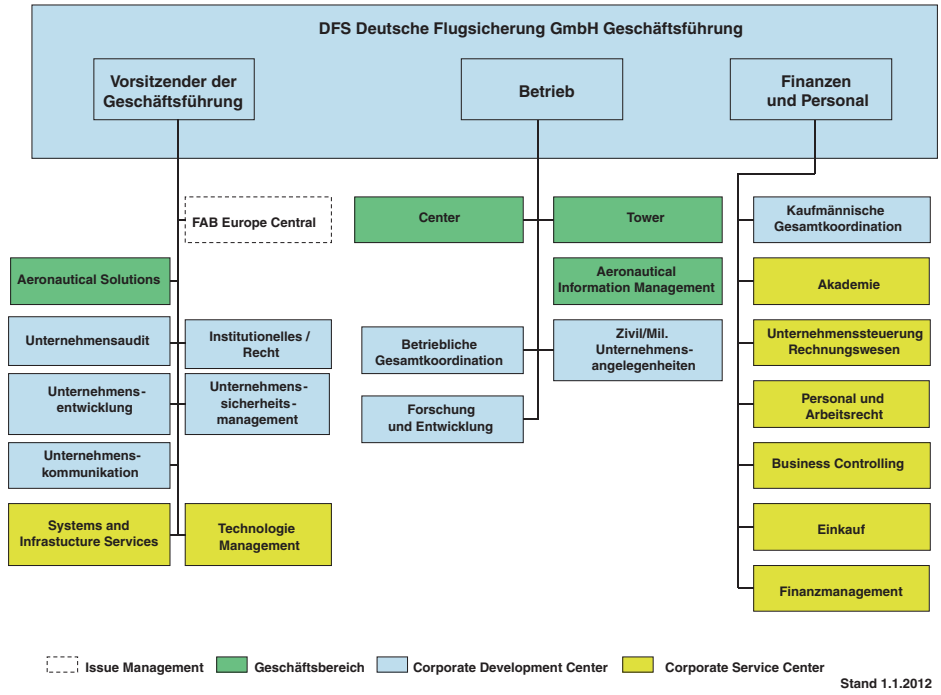


Abb. 22.7 Organisationsstruktur der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH [57]

Der dritte Geschäftsbereich „Aeronautical Solutions“ umfasst den Consulting- und Trainingbereich sowie die Luftfahrtinformationen. Unterstützend wirken das Corporate Development Center und das Corporate Service Center.

Vom Tower aus erfolgt die Flugverkehrskontrolle der Rollbewegungen der Luftfahrzeuge auf den Rollwegen und den Start-/Landebahnen, von der Anflugkontrollstelle die radargestützte Flugverkehrskontrolle der an-/abfliegenden Luftfahrzeuge eines Flugplatzes. Die Organisationseinheit Center ist zuständig für die radargestützte Flugverkehrskontrolle der Luftfahrzeuge im jeweiligen Luftraum.

Abbildung 22.7 zeigt die globale Organisationsstruktur der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH.

22.9.2 Integration der zivil-militärischen Flugsicherung

Ab November 1991 wurden Gespräche zwischen dem bundesdeutschen Verkehrsministerium (BMV) und dem Verteidigungsministerium (BMVg) im Hinblick auf eine effiziente gemeinsame zivil-militärische Flugsicherung geführt. Diese Gespräche führten letztendlich zu der einvernehmlichen Regelung, die militärischen Flugsicherungsaufgaben

für den überörtlichen militärischen Luftverkehr vom zivilen Flugverkehrskontrolldienst der DFS Deutsche Flugsicherung wahrnehmen zu lassen. Die Schritte zu dieser konstruktiven Zusammenarbeit waren im einzelnen:

- Ressortvereinbarung BMV/BMVg vom 06.11.1991 über die Zusammenarbeit auf dem Gebiet Flugsicherung,
- Richtlinie über die betrieblich konzeptionelle Ausgestaltung der zivil-militärischen Integration vom 01.07.1993,
- Vereinbarung BMV/BMVg vom 18.01.1994 über die Wahrnehmung der Flugsicherungsaufgaben für den überörtlichen militärischen Luftverkehr durch die DFS Deutsche Flugsicherung,
- Abkommen zwischen dem Amt für Flugsicherung der Bundeswehr (AFsBw) und der DFS Deutsche Flugsicherung vom 25.01.1994 über die Wahrnehmung der Flugsicherungsaufgaben für den überörtlichen militärischen Luftverkehr durch die DFS Deutsche Flugsicherung,
- Vereinbarung BMVg/BMV vom 05.08.1994 für den Spannungs- u. Verteidigungsfall.

Die Grundsätze dieser Abkommen und Vereinbarungen lauten wie folgt:

- Der Flugverkehrskontrolldienst für operationellen Luftverkehr wird, außer an militärischen Flugplätzen, im Frieden durch die DFS Deutsche Flugsicherung durchgeführt,
- Das militärische Bereichskontroll-Personal wird in die zivile Organisation beurlaubt, es erhält einen zivilen Arbeitsvertrag. Die Kosten trägt das BMVg.
- In Krise und Krieg obliegen die Aufgaben der überörtlichen Flugsicherung dem BMVg als Teil des Verteidigungsauftrages der Streitkräfte, mit:
  - Rückruf des beurlaubten Personals,
  - Aktivierung der Flugsicherungs-Sektoren, sie unterstehen dann dem AFSBw,
  - MOB-Beorderung wird veranlasst und UK-Stellung des wehrpflichtigen Zivilpersonals findet Anwendung.
- Notdienstvereinbarungen mit Gewerkschaften stellen bei Streik militärische Flüge, Regierungs- und Notflüge sicher.

Das Aufgabenspektrum der DFS für militärischen Luftverkehr wurde wie folgt festgelegt:

- Wahrnehmung des Flugverkehrskontrolldienstes für operationellen Luftverkehr (OAT) der Streitkräfte im Frieden,
- Flugverkehrskontrolle spezieller militärischer Flüge, wie Luftbetankung, AWACS, Aufklärung, Fliegende Einsatzzentralen sowie Test-/Erprobungsflüge, etc.,
- Überwachung der zeitweilig reservierten Lufträume (TRA's),
- Taktische Einsatz-Unterstützung des Operational Air Traffic (OAT), d. h. Tactical Evaluation, Verbundene Luftoperationen, Luft-Übungen, etc.,
- Vorbereiten, Üben, Durchführen von Aufgaben für Krisen und Konflikte [176].

22.9.3 Flugsicherungsbetriebsdienste

22.9.3.1 Grundlagen zur Durchführung der Flugsicherungsbetriebsdienste

Unter Betriebdurchführung sind Verfahren und Maßnahmen zu verstehen, die eine sichere Lenkung, Leitung und Kontrolle des Luftverkehrs, des „Flugbetriebs", gewährleisten. Grundlagen sind im wesentlichen die:

„Betriebsanweisungen für den Flugverkehrskontrolldienst (BA-FVK)" [57] und die „Betriebsanweisung für den Flugdatenbearbeitungsdienst (BA-FDB)" [57] der DFS Deutsche Flugsicherung.

Im einzelnen werden in den Betriebsanweisung für den Flugverkehrskontrolldienst die Betriebsdurchführung der Flugverkehrsstellen, Platzkontrollverfahren, IFR-Kontrollverfahren, Radarverfahren, Notverfahren und militärische Verfahren behandelt. Die Betriebsanweisungen für den Flugverkehrskontrolldienst beziehen sich auf alle möglichen „Betriebsfälle" und versuchen, diese eindeutig zu beschreiben und über Verfahrensweisen abzudecken. Dies geschieht durch Vorschriften, Regelungen und Bestimmungen, die fallspezifisch anzuwenden sind. Berücksichtigt wird der beanspruchte bzw. zugewiesene Luftraum, besondere Lufträume (z. B. Nahbereiche von Flugplätzen), die Verkehrsart (IFR-, VFR-Verkehre) oder auch die verfügbare Geräte-/Anlagentechnik.

Alle Anweisungen dienen letztendlich dazu, Zwischenfälle wie gefährliche Begegnungen zwischen Luftfahrzeugen durch angemessene Separation und eindeutige Verfahren zu vermeiden und somit die Zielsetzung, Sicherheit im Luftverkehr zu gewährleisten.

Die Flugsicherungsbetriebsdienste [57] sind nach Maßgabe der Verordnung über die Betriebsdienste der Flugsicherung (FSBetrV) vom 17. 12. 1992 (BGBl I S. 2068) und den von dem Flugsicherungsunternehmen nach § 25 LuftVG erlassenen Betriebsanweisungen durchzuführen.

Die Betriebszeiten für die Flugsicherungsbetriebsdienste werden von dem Flugsicherungsunternehmen festgelegt und in den Nachrichten für Luftfahrer bekannt gegeben.

Die Flugsicherungsbetriebsdienste haben, soweit wie möglich, die Halter und Führer von Luftfahrzeugen bei der Erfüllung ihrer Verpflichtung zu einer ordnungsgemäßen Flugbetriebsabwicklung zu unterstützen. Zu diesem Zweck stellen sie den Haltern und Führern von Luftfahrzeugen auf Anforderung die vorhandenen notwendigen Informationen zur Verfügung.

22.9.3.2 Flugverkehrskontrolle

Die operativen Aufgabe der Flugsicherung, die Flugverkehrskontrolle, beschreibt § 4 der Verordnung über die Betriebsdienste der Flugsicherung (FSBetrV). Es heißt: Flugverkehrskontrolle ist die Überwachung und Lenkung der Bewegungen im Luftraum und auf den Rollfeldern von Flugplätzen mit Flugplatzkontrolle zur sicheren, geordneten und flüssigen Abwicklung des Luftverkehrs. Die Flugverkehrskontrolle soll insbesondere

1. Zusammenstöße zwischen Luftfahrzeugen in der Luft und auf den Rollfeldern der Flugplätze verhindern,

2. Zusammenstöße zwischen Luftfahrzeugen und anderen Fahrzeugen sowie sonstigen Hindernissen auf den Rollfeldern der Flugplätze verhindern.

Die Flugverkehrskontrolle ist durchzuführen(§ 5 FSBetrV) für:

1. Flüge nach Instrumentenflugregeln im kontrollierten Luftraum,
2. Flugplatzverkehr an Flugplätzen mit Flugplatzkontrolle,
3. Flüge nach Sichtflugregeln, soweit sie gemäß den Bestimmungen der Luftverkehrs-Ordnung innerhalb des kontrollierten Luftraumes der Flugverkehrskontrolle unterliegen.

Die Flugverkehrskontrolle kann auch andere Fälle erfassen, wenn dies zur Abwehr von Gefahren für die Sicherheit des Luftverkehrs sowie für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung durch die Luftfahrt erforderlich ist.

Die Flugverkehrskontrolle wird durchgeführt als:

1. Flugplatzkontrolle,
2. Anflugkontrolle,
3. Bezirkskontrolle.

Die Zuständigkeit der Flugverkehrskontrollstellen regelt § 7 FSBetrV. Die Flugverkehrskontrollstellen führen ihre Dienste in den ihnen zugewiesenen Zuständigkeits- und Verfahrensbereichen durch. Diese Bereiche sind von dem Flugsicherungsunternehmen festzulegen. Für die Kontrolle eines Luftfahrzeuges ist zu jedem Zeitpunkt nur *eine* Flugverkehrskontrollstelle zuständig.

Die Durchführung der Flugverkehrskontrolle umfasst § 8 FSBetrV:

1. das Feststellen der Verkehrslage aufgrund der eingehenden Informationen, insbesondere der Flugpläne, Radardaten und der Standort- und Höhenmeldungen,
2. das Erlassen von Verfügungen, das Erteilen von Flugverkehrskontrollfreigaben und die Herausgabe von Verkehrsinformationen.

Die Durchführung der Flugverkehrskontrolle hat Vorrang vor der Herausgabe von Verkehrsinformationen.

22.9.3.3 Fluginformationsdienst

Der Fluginformationsdienst (FIS) gibt den Führern von Luftfahrzeugen Informationen und Hinweise, die für die sichere, geordnete und flüssige Durchführung von Flügen erforderlich sind.

Der Fluginformationsdienst [67] ist von den Flugverkehrskontrollstellen für Flüge, die der Flugverkehrskontrolle unterliegen, sowie für andere Flüge, bei denen Sprechfunkverbindung

besteht, durchzuführen. Die Durchführung des Fluginformationsdienstes hat hinter der Durchführung der Flugverkehrskontrolle zurückzustehen.

Um den Fluginformationsdienst weiter zu intensivieren, wurden separate FIS-Zuständigkeitsbereiche festgelegt (Abb. 22.8). Im Einzugsbereich internationaler Verkehrsflughäfen existieren für den VFR-Flugbetrieb zusätzlich so genannte „Terminal-FIS", um durch gezielte Verkehrsinformationen gefährliche Begegnungen zwischen VFR- und startenden bzw. landenden IFR-Flügen zu vermeiden. Bei Orientierungsverlust erhält der Luftfahrzeugführer auch navigatorische Unterstützung.

Der Fluginformationsdienst wird von den Flugverkehrskontrollstellen für Flüge, die der Flugverkehrskontrolle unterliegen, sowie für andere Flüge, zu denen eine Sprechfunkverbindung besteht, durchgeführt. Der FIS-Dienst kann auf zweierlei Art in Anspruch genommen werden:

- durch Abhören der allgemein ausgestrahlten Flugrundfunksendungen, die Informationen allgemeinster Art enthalten,
- durch das Herstellen einer Sprechfunkverbindung mit dem zuständigen FIS-Lotsen, der dann gezielt auf die Informationswünsche des Luftfahrzeugführers eingeht.

In den Flugrundfunksendungen werden folgende Informationen verbreitet:

- Gefährdungen und Beschränkungen für den Luftverkehr, die kurzfristig auftreten und nicht rechtzeitig veröffentlicht werden können,
- signifikante Wettererscheinungen (SIGMET),
- Start- und Landeinformationen (ATIS).

Als Ereignisse, die den Luftverkehr gefährden oder beschränken, werden angesehen:

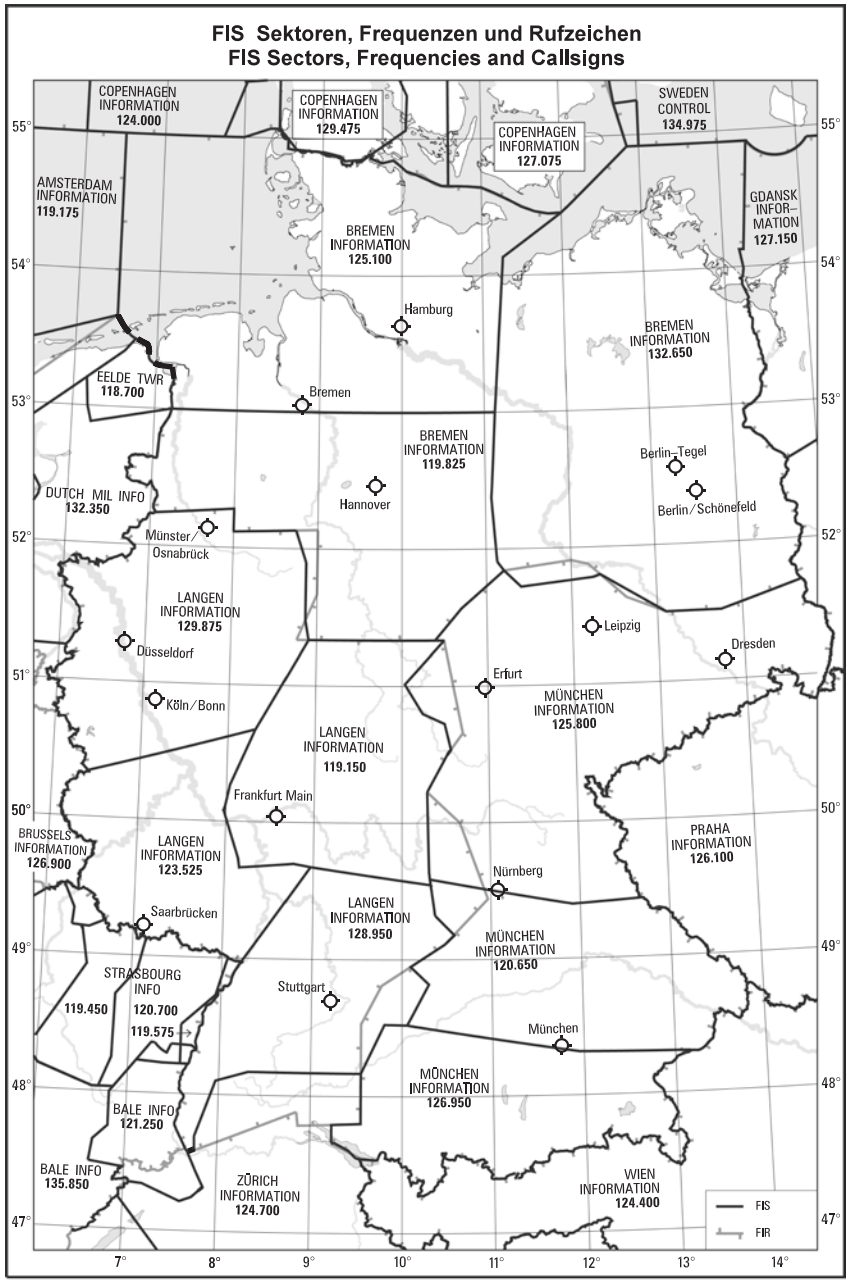
- Luftnotfälle,
- Treibstoffschnellablass,
- Einsätze des Such- und Rettungsdienstes (Search and Rescue, SAR),
- besondere Ereignisse wie Bombenalarm, Großbrände etc.

Eine allgemein ausgestrahlte Flugrundfunksendung enthält folgende Angaben:

- allgemeiner Anruf,
- Angabe der sendenden Stelle,
- Anlass der Meldung,
- Umkreis, Ort (evtl. geographische Koordinaten), Höhe,
- Art und Umfang z. B. einer Beschränkung.

Die Ausstrahlung signifikanter Wettererscheinungen erfolgt nach Eingang der Information in deutscher und in englischer Sprache durch die FS-Regionalstellen und die FS-Stellen Hamburg, Hannover, Nürnberg und Stuttgart und wird für die Dauer ihrer Gültigkeit zu

GEN 3-6



Berichtigung: FIS-Frequenzen.
Correction: FIS frequencies.

Abb. 22.8 FIS Sektoren, Frequenzen und Rufzeichen in der Bundesrepublik Deutschland [58]

jeder halben und vollen Stunde wiederholt. Die automatische Ausstrahlung von Lande- und Startinformationen (ATIS) erfolgt in der nachfolgend angeführten, festgelegten Reihenfolge:

- Name des Flugplatzes,
- das Wort „INFORMATION“ und ein Kennbuchstabe (z. B. Alpha, Bravo, Charlie usw.),
- Angabe der sich in Betrieb befindlichen Start- und Landebahnen,
- Übergangsfläche,
- Zeit der Beobachtung,
- Bodenwindrichtung und -stärke, ggf. Veränderungen,
- Sichtweite und ggf. Start-/Landebahnsicht (RVR),
- Flugplatzwetter,
- Wolkenbedeckung unterhalb 5000 ft, ggf. Vertikalsicht,
- Temperatur und Taupunkt,
- QNH-Wert in vollen Hektopascalstufen,
- Trendvorhersage,
- signifikante Wettererscheinungen im An-/Abflugbereich des Flugplatzes,
- besondere Hinweise (z. B. Start-/Landebahnzustand),
- das Wort „INFORMATION“ in Verbindung mit dem Kennbuchstaben und dem Wort „OUT“.

Wählt der Luftfahrzeugführer die Sprechfunkverbindung, so erhält er auf Anfrage Informationen über die besondere Nutzung des Luftraumes, über Einschränkungen oder Änderungen in der Benutzbarkeit von Anlagen oder auch detaillierte Wettermeldungen.

Soweit es die Arbeitsbelastung des FIS-Lotsen zulässt, kann er den anfragenden Luftfahrzeugführer auch genau über die Verkehrslage informieren, die aufgrund seines Radarbildes vorliegt.

In den Aufgabenbereich des Fluginformationsdienstes fallen weiterhin die Entgegennahme von Standortmeldungen von VFR-Flügen und die Weiterleitung an die betreffenden Kontrollarbeitsplätze, wenn dies gefordert oder vom FIS-Lotsen für erforderlich gehalten wird.

Eine wesentliche Tätigkeit ist auch in der Entgegennahme von Flugplan- und Flugplanfolgemeldungen zu sehen, die zwecks Weiterbearbeitung dem örtlichen Flugberatungsdienst zugeleitet werden.

Handelt es sich um eine Flugplanmeldung für CVFR-Flüge, so werden diese Meldungen an die zuständigen Arbeitsplätze des Flugverkehrskontrolldienstes weitergeleitet.

Flugplanfolgemeldungen enthalten Angaben zu geplanten Flugplanänderungen (einschließlich Flugregelwechsel), Aufhebung von Flugplänen, Startmeldungen und voraussichtliche Landezeiten.

Ebenso werden Wetterwarnmeldungen, Meldungen über Umweltverunreinigungen etc. oder auch Staatstelegramme entgegengenommen.

Abbildung 22.8 zeigt FIS Sektoren, Frequenzen und Rufzeichen in der Bundesrepublik Deutschland.

22.9.3.4 Flugalarmdienst

Der Flugalarmdienst benachrichtigt die für die Durchführung des Such- und Rettungsdienstes für Luftfahrzeuge zuständigen Stellen über den notwendigen Einsatz des Such- und Rettungsdienstes und unterstützt diese Stellen.

Zur Durchführung des Flugalarmdienstes sind Alarmstufen eingerichtet. Sie werden unterteilt in die Ungewissheitsstufe, die Bereitschaftsstufe und die Notstufe. Im Festen Flugfernmeldedienst (§ 22 LuftVG) sind für die Alarmstufen folgende Bezeichnungen zu verwenden:

1) für die Ungewissheitsstufe: INCERFA,
2) für die Bereitschaftsstufe: ALERFA,
3) für die Notstufe: DETRESFA.

Die Ungewissheitsstufe ist zu erklären, wenn:

1. innerhalb von 30 min nach einer fälligen Meldung keine Nachricht über das Luftfahrzeug eingegangen ist oder
2. ein Luftfahrzeug innerhalb von 30 min
   a) nach der vorgesehenen Ankunftszeit, die der Flugverkehrskontrollstelle übermittelt wurde, oder
   b) nach der von der Flugverkehrskontrollstelle errechneten späteren Ankunftszeit noch nicht angekommen ist.

Die Bereitschaftsstufe ist zu erklären, wenn:

1. die in der Ungewissheitsstufe eingeleiteten Nachforschungen ergebnislos verlaufen sind oder
2. ein Luftfahrzeug eine Flugverkehrskontrollfreigabe für die Landung erhalten hat und nicht innerhalb von 5 min nach der voraussichtlichen Landezeit gelandet ist und keine Sprechfunkverbindung mehr besteht oder eine Meldung über die Beeinträchtigung der Betriebssicherheit des Luftfahrzeuges eingegangen ist, ohne dass eine Notlandung erforderlich wird, oder
3. ein Luftfahrzeug von einem widerrechtlichen Eingriff betroffen oder bedroht ist.

Die Notstufe ist zu erklären, wenn:

1. die in der Bereitschaftsstufe angestellten Versuche, die Sprechfunkverbindung wieder herzustellen, ergebnislos verlaufen sind und weitere Nachforschungen auf die Wahrscheinlichkeit hinweisen, dass das Luftfahrzeug sich in einer Notlage befindet, oder
2. der mitgeführte Kraftstoffvorrat als verbraucht oder für die sichere Beendigung des Fluges als unzureichend angesehen werden muss, oder
3. eine Meldung vorliegt, nach der die Betriebssicherheit eines Luftfahrzeuges derart beeinträchtigt ist, dass eine Notlandung wahrscheinlich ist, oder

4. eine Meldung vorliegt oder die Wahrscheinlichkeit besteht, dass das Luftfahrzeug eine Notlandung durchführt oder durchgeführt hat.

Die Maßnahmen nach den Absätzen 1–4 sind zu beenden, wenn bekannt wird, dass das Luftfahrzeug weder von schwerer unmittelbarer Gefahr bedroht ist noch sofortiger Hilfeleistung bedarf.

Der Such- und Rettungsdienst wird von SAR-Leitstellen durchgeführt, die für die Einleitung, Koordinierung und Überwachung der Such- und Rettungsmaßnahmen in den festgelegten SAR-Bereichen verantwortlich sind.

In der Bundesrepublik Deutschland ist der Such- und Rettungsdienst in die Bereiche Glücksburg und Münster unterteilt. Der SAR-Bereich Glücksburg umfasst den Seebereich der Fluginformationsgebiete Bremen und Berlin einschließlich der vorgelagerten Inseln und Halbinseln sowie den Landbereich von Schleswig-Holstein und Hamburg.

Der SAR-Bereich Münster umfasst den Landbereich der Fluginformationsgebiete Berlin, Düsseldorf, Frankfurt und München, das innerhalb Deutschlands gelegene Teilstück von Zürich sowie den Teil von Bremen, der nicht der nicht zum SAR-Bereich Glücksburg gehört. Für den SAR-Bereich Glücksburg ist die SAR-Leitstelle Glücksburg, für den SAR-Bereich Münster die SAR-Leitstelle Münster zuständig.

22.9.3.5 Flugverkehrsberatungsdienst

Ist die Durchführung der Flugverkehrskontrolle aufgrund unzureichender Informationen über den Flugverkehr nach Instrumentenflugregeln in einem Luftraum nicht möglich, kann dort im Rahmen eines erweiterten Fluginformationsdienstes ein Flugverkehrsberatungsdienst durchgeführt werden. Mit Hilfe des Flugverkehrsberatungsdienstes werden der Flugsicherung bekannte Luftfahrzeuge, die Flüge nach Instrumentenflugregeln im unkontrollierten Luftraum durchführen, untereinander gestaffelt.

22.9.3.6 Flugberatungsdienst

Dem Flugberatungsdienst (Aeronautical Information Service, AIS) obliegt die Aufgabe, die für die Flugdurchführung aus flugsicherungsmäßiger Sicht erforderlichen und relevanten Informationen zu sammeln, auszuwerten und den Luftfahrzeugführern für die individuelle Flugvorbereitung zur Verfügung zu stellen. Dies geschieht durch Veröffentlichung von Luftfahrtkarten und durch Herausgabe des Luftfahrthandbuches (Aeronautical Information Publication, AIP). Zur Erfüllung dieser Aufgaben umfasst der Flugberatungsdienst das Büro der Nachrichten für Luftfahrer zwecks Erstellung und Aufbereitung der Flugplanungsunterlagen sowie die Flugberatungsstellen auf den Verkehrsflughäfen, sozusagen als operationellen Beratungsdienst, der auch für die Entgegennahme, Prüfung und Weiterleitung von Flugplänen und damit verbundenen Meldungen zuständig ist. Der Flugberatungsdienst umfasst im einzelnen:

1. die Sammlung, Auswertung und Bekanntmachung der Nachrichten, die für eine sichere, geordnete und flüssige Durchführung von Flügen notwendig ist,

2. die Entgegennahme, Prüfung und Weiterleitung von Flugplänen,
3. die Beratung der Luftfahrzeugführer bei der Flugvorbereitung,
4. die Herstellung und Veröffentlichung von Luftfahrtkarten.

Die Flugberatungsstellen werden in den Nachrichten für Luftfahrer bekannt gegeben.

Das Flugsicherungsunternehmen veröffentlicht Nachrichten für die Luftfahrt:

a) in den „Nachrichten für Luftfahrer (NfL)“ in deutscher Sprache,
b) im Luftfahrthandbuch (Aeronautical Information Publication – AIP) in deutscher und in englischer Sprache,
c) als „Notice to Airman (NOTAM)“ in englischer Sprache, soweit eine Verbreitung nur innerhalb der Bundesrepublik Deutschland vorgesehen ist, können „NOTAM“ auch in deutscher Sprache veröffentlicht werden,
d) als „Aeronautical Information Circular (AIC)“ in deutscher und englischer Sprache.

Die Nachrichten werden den Beziehern auf dem Postweg zugesandt mit Ausnahme der „NOTAM“, deren Verbreitung fernschriftlich erfolgt. In den Nachrichten für Luftfahrer werden bekannt gemacht:

a) Anordnungen für die Luftfahrt,
b) Informationen und Hinweise für die Luftfahrt, die keiner internationalen Verbreitung bedürfen.

Im Luftfahrthandbuch werden alle Anordnungen, Informationen und Hinweise für die Luftfahrt veröffentlicht, die für einen unbefristeten Zeitraum gültig sind. Sie werden durch „Amendments (AMD)“ auf dem neuesten Stand gehalten. Anordnungen, Informationen und Hinweise von befristeter Dauer werden dem Luftfahrthandbuch jeweils in Form von „Supplements (SUP)“ beigefügt.

Als „NOTAM“ werden Anordnungen und Informationen für die Luftfahrt über das Feste Flugfernmeldenetz verbreitet, wenn eine rechtzeitige Bekanntgabe auf dem Postweg nicht mehr möglich ist und sie nur auf dem fernschriftlichen Wege sichergestellt werden kann. Wenn diese Nachrichten für einen längeren Zeitraum gültig sind, werden sie zusätzlich in den Nachrichten für Luftfahrer u./o. im Luftfahrthandbuch bekannt gemacht.

Als „AIC“ werden Anordnungen sowie Informationen und Hinweise für die Luftfahrt bekannt gemacht, die nicht im Luftfahrthandbuch aufzunehmen oder als „NOTAM“ zu veröffentlichen sind, deren Verbreitung jedoch aufgrund der internationalen Verflechtung auf dem Gebiete der Luftfahrt im rechtlichen, betrieblichen und technischen Bereich oder im Interesse der Flugsicherheit zweckdienlich erscheint.

Nachrichten für die Luftfahrt mit Ausnahme der Nachrichten für Luftfahrer sind nach Maßgabe von Richtlinien des Bundesministers für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen zu veröffentlichen und zur Gewährleistung einer sicheren, geordneten und flüssigen Durchführung des Flugbetriebs international zu verbreiten.

22.9.3.7 Flugfernmeldedienst

Der Flugfernmeldedienst hat die für eine sichere, geordnete und flüssige Abwicklung des Flugverkehrs erforderlichen Flugsicherungsinformationen zu übermitteln.

1. Die Übermittlung der Flugsicherungsinformationen ist als Fester Flugfernmeldedienst, Beweglicher Flugfernmeldedienst und Flugrundfunkdienst durchzuführen.
2. Fester Flugfernmeldedienst ist die Nachrichtenübermittlung im Festen Flugfernmeldenetz. Beweglicher Flugfernmeldedienst ist die Nachrichtenübermittlung zwischen Boden- und Luftfunkstellen und zwischen Luftfunkstellen. Flugrundfunkdienst ist das Ausstrahlen von Informationen für die Luftfahrt.
3. Zur Durchführung des Festen Flugfernmeldedienstes sind, soweit erforderlich, von dem Flugsicherungsunternehmen Flugfernmeldestellen einzurichten und zu betreiben.
4. Die Frequenzen für den beweglichen Flugfernmeldedienst und für den Flugrundfunkdienst werden von dem Flugsicherungsunternehmen festgelegt.

22.9.3.8 Verkehrsflussregelung

Die Verkehrsflussregelung soll Überlastsituationen bei der Flugverkehrskontrolle verhindern, den Verkehrsablauf möglichst flüssig und wirtschaftlich gestalten und dazu geeignete Maßnahmen der Planung und Steuerung treffen. Für die Verkehrsflussregelung gelten die vom Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung erlassenen Richtlinien.

Darüber hinaus sind bei grenzüberschreitenden Flügen die Vorgaben der Organisation Eurocontrol im Rahmen der zentralen europäischen Verkehrsflussregelung zu beachten.

22.9.3.9 Steuerung der Luftraumnutzung

Besondere Nutzungen des Luftraumes, insbesondere überregionale Luftfahrtveranstaltungen, militärische Manöver, Flüge durch Gebiete mit Flugbeschränkungen und sonstige besondere Flugvorhaben, sind in enger Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden und Stellen zu koordinieren. Die zur Abwehr von Gefahren für die Sicherheit oder Ordnung erforderlichen Mitteilungen sind rechtzeitig zu veröffentlichen.

Bei der Durchführung der Flugverkehrskontrolle ist folgenden Flügen in der angegebenen Reihenfolge Vorrang einzuräumen:

1. Flüge, bei denen der Luftfahrzeugführer eine Notlage erklärt hat oder bei denen eine Notlage offensichtlich ist, einschließlich der von einem widerrechtlichen Eingriff betroffenen oder bedrohten Flüge,
2. Schutzflüge der Luftverteidigung,
3. Flüge im Such- und Rettungseinsatz,
4. Flüge mit kranken und verletzten Personen, die sofortiger ärztlicher Hilfe bedürfen,
5. Regierungsflüge einschließlich Flüge mit Staatsoberhäuptern nach den Bestimmungen des Bundesministers für Verkehr.

22.9.4 Dokumentation von Betriebsdaten

Der Flugfernmeldeverkehr ist aufzuzeichnen. Dasselbe gilt für die in der Flugverkehrskontrolle verwendeten Radardaten.

Schriftliche Aufzeichnungen des Flugfernmeldeverkehrs sind mindestens neunzig Tage, elektromagnetische Aufzeichnungen mindestens dreißig Tage und Aufzeichnungen von Radardaten mindestens vierzehn Tage, beginnend mit dem Tage der Aufzeichnung, aufzubewahren. Aufzeichnungen, deren Inhalt Gegenstand einer behördlichen oder gerichtlichen Untersuchung ist, sind bis zum Abschluss der Untersuchung aufzubewahren.

22.10 Struktur und Organisation des Luftraumes der Bundesrepublik Deutschland

Die internationale Entwicklung der Luftraumorganisation und des Luftraummanagements ist, ebenso wie der Luftverkehr selbst, historisch gewachsen. Die immer differenzierteren Anforderungen an die Verkehrsprozesse und somit an den Verkehrsraum, den Luftraum, resultieren aus dem ständig wachsenden Leistungspotential der Luftfahrzeuge (Flugzeuge), den enormen Zuwachsraten des Verkehrsaufkommens und der immer noch zunehmenden wirtschaftlichen/politischen Bedeutung des Luftverkehrs.

Da der Luftverkehr zunächst in den industriell entwickelten Staaten schnell wuchs, führte die Luftraumorganisation anfänglich zu nationalen Regelungen, die dem damaligen Stand der Technik entsprachen. Im Nahbereich der Flugplätze definierte man Kontrollzonen, für deren Nutzung es einer Genehmigung bedurfte und die nach festgelegten Regeln zu erfliegen waren. Die Streckenflüge erfolgten auf direktem Kurs und verbanden so die wirtschaftlich oder politisch interessanten Destinationen. Da die Flugzeuge die Grenzen der Kontrollzonen immer an den gleichen Stellen überflogen, installierte man dort ungerichtete Funknavigationshilfen (NDB's), um die Navigation zu erleichtern und eine exakte Ortsbestimmung vornehmen zu können. Für die An- und Abflüge über diesen Funknavigationshilfen legte man einzuhaltende Flughöhen fest und separierte somit den „Inbound-" und „Outbound-" Verkehr der Kontrollzonen. Außerhalb der Kontrollzonen gab es kein System, das es ermöglichte, den Streckenflug, d. h. die Enroute- Phase des Verkehrsablaufs einer Kontrolle zu unterziehen.

Weiterhin deckte jeder Staat sein Hoheitsgebiet über so genannte Fluginformationsgebiete (Flight Information Regions (FIR's) ab. Innerhalb dieser FIR's gab es dann eine einfache Regel, die im Grundsatz bis heute ihre Gültigkeit besitzt. Oberhalb von 3.000 ft über Grund wurde nach den so genannten Halbkreisflugregeln geflogen, die, basierend auf der barometrischen Höhenmessung und in Abhängigkeit des magnetischen Kompasskurses der Flugzeuge, ein System von Flugflächen definieren und somit eine vertikale Separation der Flugzeuge untereinander ermöglichten.

Aus diesen weltweit akzeptierten einfachen Regeln und Verfahren entwickelte sich parallel zur fortgeschriebenen Navigationsanlagentechnik, Kommunikationstechnik

und später der Radartechnik ein immer komplexer werdendes Regelwerk. Der steigende Komplexitätsgrad der Luftraumstruktur erklärt sich aus den Bemühungen, eine differenzierte Zuordnung von Flugaufgabe, Flugregeln und Luftraum zu erreichen.

Die heute weltweit angewandten Regeln basieren auf dem Annex 2 der Konvention der ICAO „Rules of the Air“ (Luftverkehrsregeln) [141]. Die Anleitungen zur Luftraumorganisation selbst sind in den Documents zum Annex 11 der ICAO „Air Traffic Services“ (Flugverkehrsdienste) [145] festgelegt. Entsprechend nationaler Besonderheiten wie z. B. der Topographie oder den unterschiedlichen Verkehrsbedürfnissen unterscheiden sich die Lufträume in ihren Dimensionen und Ausprägungen. Der Aufbau der derzeitigen Luftraumstruktur wird nachfolgend am Beispiel des Luftraumes der Bundesrepublik Deutschland dargestellt. Für die Zukunft ist ein einheitlicher europäischer Luftraum, der so genannte „Single European Sky“ geplant, der dem sich verdreifachenden Verkehrsaufkommen und den innovativen Möglichkeiten der Ortung und Navigation sowie der weitestgehend automatisierten Flugführung entsprechen soll. Die Luftraumstruktur ist in dann so genannte „Functional Blocks of Airspace“ (FAB's) eingeteilt. Eine Vereinfachung der Streckennetze hat noch nicht stattgefunden.

22.10.1 Luftraumstruktur der Bundesrepublik Deutschland

Basierend auf den Richtlinien und Empfehlungen der ICAO sind die Rechtsgrundlagen für die nationale Luftraumstruktur im bundesdeutschen Luftverkehrsgesetz (LuftVG) und der zugeordneten Luftverkehrsordnung (LuftVO) festgeschrieben. Der Gesetzgeber führt dazu aus [67, 70]:

- Die Benutzung des Luftraumes durch Luftfahrzeuge ist frei, soweit sie nicht durch dieses Gesetz, durch die zu seiner Durchführung erlassenen Rechtsvorschriften, durch im Inland anwendbares internationales Recht, durch Verordnungen des Rates der Europäischen Union und die zu deren Durchführung erlassenen Rechtsvorschriften beschränkt wird (§ 1 (1) LuftVG);
- Bestimmte Lufträume können vorübergehend oder dauernd für den Luftverkehr gesperrt werden (Luftsperrgebiete) (§ 26 (1) LuftVG);
- In bestimmten Lufträumen kann der Durchflug von Luftfahrzeugen bestimmten Beschränkungen unterworfen werden (Gebiete mit Flugbeschränkungen) (§ 26 (2) Luft-VG);
- Zur Durchführung des Fluginformationsdienstes und des Flugalarmdienstes legt der Bundesminister für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung Fluginformationsgebiete fest und gibt sie im Verkehrsblatt/Amtsblatt des Bundesministers für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung oder in den Nachrichten für Luftfahrer bekannt (§ 10 (1) LuftVO);
- Innerhalb der Fluginformationsgebiete legt der Bundesminister für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung die kontrollierten und unkontrollierten Lufträume je nach dem

Umfang der dort vorgehaltenen Flugsicherungsbetriebsdienste auf der Grundlage der bundesdeutschen Luftraumklassifizierung fest (§ 10 (2) LuftVO);
- Im kontrollierten Luftraum können Flüge nach Sichtflugregeln ganz oder teilweise in einem räumlich oder zeitlich begrenzten Umfang von dem Flugsicherungsunternehmen untersagt werden, wenn es der Grad der Inanspruchnahme durch den der Flugverkehrskontrolle unterliegenden Luftverkehr zwingend erfordert. (§ 10 (3) LuftVO);
- Der Bundesminister für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung legt Luftsperrgebiete und Gebiete mit Flugbeschränkungen fest, wenn dies zur Abwehr von Gefahren für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere für die Sicherheit des Luftverkehrs, erforderlich ist. Er gibt die Gebiete im Verkehrsblatt/Amtsblatt des Bundesministers für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung oder in den Nachrichten für Luftfahrer bekannt (§ 11 (1) LuftVO);
- Luftsperrgebiete dürfen nicht durchflogen werden. Gebiete mit Flugbeschränkungen dürfen durchflogen werden, soweit die Beschränkungen dies zulassen oder das Flugsicherungsunternehmen allgemein oder die zuständige Flugverkehrskontrollstelle im Einzelfall den Durchflug genehmigt hat (§ 11 (2) LuftVO);
- Der Bundesminister für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung kann zulassen, dass in Luftsperrgebieten und in Gebieten mit Flugbeschränkungen von den Vorschriften dieser Verordnung abgewichen wird (§ 11 (3) LuftVO).

Bei dem zu beschreibenden Luftraum handelt es sich um ein komplexes, dreidimensionales Gebilde. Horizontal bzw. lateral sind die Grenzen des bundesdeutschen Luftraumes nahezu identisch mit den geographischen Landesgrenzen. Ausnahmen bilden Teile über der Nordsee und Ostsee. Der Luftraum ist vertikal in einen unteren und in einen oberen Luftraum eingeteilt. Die Abgrenzung wird folgendermaßen vorgenommen:

• Unterer Luftraum:	Untergrenze = Erdoberfläche (Ground, GND), Obergrenze = Flugfläche 245 (FL 245, entspricht 24.500 ft),
• Oberer Luftraum:	Untergrenze = ab Flugfläche 245 (FL 245, entspricht 24.500 ft) Obergrenze = nicht limitiert (unlimited, UNL).

Innerhalb dieser Einteilung wird der kontrollierte Luftraum definiert. Er erstreckt sich horizontal bzw. lateral über das gesamte Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. Vertikal ist er wie folgt abgegrenzt:

- die Untergrenze liegt im allgemeinen in 2.500 ft über Grund (2.500 ft über GND), wobei Nahverkehrsbereiche zusätzlich eine gestaffelte Untergrenze von 1.700 ft und 1.000 ft über Grund aufweisen,
- die Obergrenze bei der Flugfläche 660 (FL 660, entspricht 66.000 ft).

Abbildung 22.9 zeigt prinzipiell die vertikale Luftraumstruktur der Bundesrepublik Deutschland.

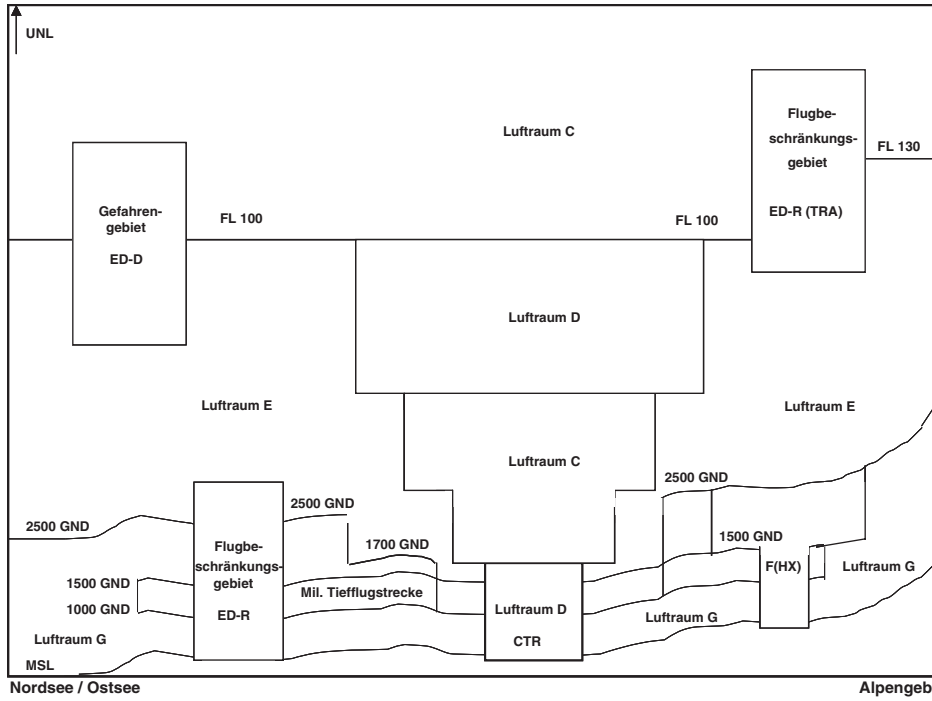


Abb. 22.9 Prinzipielle Darstellung der vertikalen Luftraumstruktur der Bundesrepublik Deutschland [57]

22.10.2 Flugflächensystem

Eine wesentliche Voraussetzung zur Vermeidung von Kollisionen im Luftraum ist u. a. die Gewährleistung einer ausreichenden Höhenseparation zwischen den Flugzeugen.

Der Flugzeugführer hat verschiedene Möglichkeiten, sich Höhenwerte auf einem barometrischen Höhenmesser anzeigen zu lassen. Hierzu ist der barometrische Höhenmesser mit einem Stellknopf und einer Subskala versehen.

Die Verstellung der Subskala bewirkt eine Verschiebung der geräteinternen Eichkurve im Höhen-/Druck-Diagramm, was dazu führt, dass man so den Anfangswert der Höhenzählwerks verändert und die Eichkurve mit der aktuellen Atmosphäre für einen Messpunkt zur Übereinstimmung bringt. Die von der ICAO festgelegten Einstellungen werden nach dem eingestellten Druckwert benannt. Die Bezeichnungen stammen aus der Zeit der Funktelegraphie, werden aber auch heute unverändert benutzt. Die vier wichtigsten Druckwerte sind:

QFE: Auf dem Flugplatz herrschender Luftdruck,
QNH: Luftdruck in der Höhe NN, der über den Normaldruckverlauf aus dem in Platzhöhe gemessenen Luftdruck (QFE) berechnet wird,

QFF: Luftdruck der aktuellen Atmosphäre in NN,
1013,25 hPa: Luftdruck der Normatmosphäre in der Höhe NN.

Für den praktischen Flugbetrieb ergeben sich folgende Anwendungen:

Die QFE-Einstellung zeigt dem Luftfahrzeugführer die Höhe über dem Flugplatz (Height) an. Diese Einstellung eignet sich jedoch nur für Flüge in Platznähe, da sich mit zunehmender Entfernung vom Platz auch der Luftdruck am Boden ändert. Die Einstellung ist sinnvoll für den Übungsbetrieb wie z. B. für Platzrunden, Segelflugbetrieb etc.

Die QNH-Einstellung zeigt dem Luftfahrzeugführer die Höhe über NN (Altitude) an. Diese Höhenmesser-Einstellung wird zunächst von allen Flugzeugführern gewählt. Flüge, die nach Sichtflugregeln (Visual Flight Rules (VFR)) durchgeführt werden, behalten diese Einstellung bis zu einer Höhe von 5.000 ft MSL oder 2.000 ft GND bei, maßgebend ist der höhere Wert. Flüge, die nach Instrumentenflugregeln (Instrument Flight Rules, IFR) durchgeführt werden, benutzen diese Einstellung vom Start bis zum Erreichen der so genannten Transition Altitude (in der Bundesrepublik Deutschland allg. 5.000 ft über MSL).

In größeren Flughöhen wählt man dann die 1013,25 hPa-Einstellung, die den Druckverlauf der Normatmosphäre repräsentiert. Ein derart eingestellter Höhenmesser würde bei Normatmosphäre jeweils die Höhe über NN anzeigen.

Für die Messung der tatsächlichen Höhe ist diese Einstellung unbrauchbar, da sich entsprechend der aktuellen Atmosphäre im allgemeinen größere Abweichungen des realen Druckverlaufes von dem idealisierten Druckverlauf der Normatmosphäre ergeben. Jedem Flugzeug, das mit dieser Einstellung bei konstanter Höhenmesseranzeige fliegt, wird jedoch auf diesem Wege eindeutig eine Druckfläche zugeordnet, die auch als Flugfläche (Flight Level (FL)) bezeichnet wird.

Da alle Flugzeuge auf diesen Flugflächen fliegen und bezüglich der aktuellen Atmosphäre jeweils den gleichen „Fehler“ machen, ist so die Höhenseparation der Flugzeuge untereinander gewährleistet.

Beenden die Flugzeuge am Zielort ihren Reiseflug und beginnen mit dem Landeanflug, so wird die „letzte“ Flugfläche auch als „Transition Level“ bezeichnet. In einem Übergangsbereich zwischen Transition Level und Transition Altitude, dem „Transition Layer“ (min. 1.000 ft) über dem jeweiligen Flugplatz, wählt der Flugzeugführer wieder die aktuelle QNH-Einstellung (aktueller Luftdruck) am Höhenmesser, die ihm die Flugverkehrskontrolle über Funk mitteilt, oder er über den ATIS Flugrundfunk abhört, und die er dann bis zur Landung beibehält.

Aufbauend auf dem geschilderten Prinzip und aus der Notwendigkeit, der Verkehrsrichtung und den Flugregeln (IFR/VFR) eindeutige Höhen zuzuordnen, entstand auf der Basis der mißweisenden Kurse das Flugflächensystem bzw. das System der Halbkreis-Flughöhen.

Die rechtlichen Grundlagen, die den Flugzeugführer verpflichten, die Halbkreis-Flughöhen einzuhalten, sind im § 31 (1), (2), (3) und (4) der LuftVO [70] festgeschrieben. Ausnahmen können zugelassen werden. Das System der Halbkreis-Flughöhen zeigt Abb. 22.10.

Mißweisender Kurs												
von 000° bis 179°						von 180° bis 359°					
Flüge nach Instrumentenflugregeln			Flüge nach Sichtflugregeln			Flüge nach Instrumentenflugregeln			Flüge nach Sichtflugregeln		
Flug-fläche	Flughöhe Meter	Fuß	Flug-fläche	Flughöhe Meter	Fuß	Flug-fläche	Flughöhe Meter	Fuß	Flug-fläche	Flughöhe Meter	Fuß
10	300	1 000	–	–	–	20	600	2 000	–	–	–
30	900	3 000	35	1 050	3 500	40	1 200	4 000	45	1 350	4 500
50	1 500	5 000	55	1 700	5 500	60	1 850	6 000	65	2 000	6 500
70	2 150	7 000	75	2 300	7 500	80	2 450	8 000	85	2 600	8 500
90	2 750	9 000	95	2 900	9 500	100	3 050	10 000	105	3 200	10 500
110	3 350	11 000	115	3 500	11 500	120	3 650	12 000	125	3 800	12 500
130	3 950	13 000	135	4 100	13 500	140	4 250	14 000	145	4 400	14 500
150	4 550	15 000	155	4 700	15 500	160	4 900	16 000	165	5 050	16 500
170	5 200	17 000	175	5 350	17 500	180	5 500	18 000	185	5 650	18 500
190	5 800	19 000	195	5 950	19 500	200	6 100	20 000	205	6 250	20 500
210	6 400	21 000	215	6 550	21 500	220	6 700	22 000	225	6 850	22 500
230	7 000	23 000	235	7 150	23 500	240	7 300	24 000	245	7 450	24 500
250	7 600	25 000	255	7 750	25 500	260	7 900	26 000	265	8 100	26 500
270	8 250	27 000	275	8 400	27 500	280	8 550	28 000	285	8 700	28 500
290	8 850	29 000				300	9 150	30 000			
310	9 450	31 000				320	9 750	32 000			
330	10 050	33 000				340	10 350	34 000			
350	10 650	35 000				360	10 950	36 000			
370	11 300	37 000				380	11 600	38 000			
390	11 900	39 000				400	12 200	40 000			
410	12 500	41 000				430	13 100	43 000			
450	13 700	45 000				470	14 350	47 000			
490	14 950	49 000				510	15 550	51 000			
usw.	usw.	usw.				usw.	usw.	usw.			

Abb. 22.10 System der Halbkreis-Flughöhen [70]

22.10.3 Fluginformationsgebiete

Gemäß § 10 (1) LuftVO [70] ist der Luftraum der Bundesrepublik Deutschland in Fluginformationsgebiete eingeteilt.

Der untere Luftraum besteht aus drei Fluginformationsgebieten (Flight Information Region (FIR)), der gesamte obere Luftraum teilt sich in zwei Fluginformationsgebiete (Upper Flight Information Region (UIR)) auf. Für den unteren Luftraum sind dies die Fluginformationsgebiete Bremen, Langen und München. Im oberen Luftraum handelt es sich um die Fluginformationsgebiete Hannover und Rhein.

Die Flugsicherungsstellen dazu sind im unteren Luftraum Bremen ACC, Langen ACC und München ACC, im oberen Luftraum Maastricht UAC und Karlsruhe UAC.

Innerhalb der Fluginformationsgebiete stehen allen Luftraumnutzern Flugsicherungsdienste zur Verfügung. Art und Umfang der Dienste richten sich nach der Luftraumklassifizierung der ICAO und der nationalen Luftraumverwaltung.

Die Fluginformationsgebiete im unteren Luftraum der Bundesrepublik Deutschland zeigt Abb. 22.11 Die Fluginformationsgebiete im oberen Luftraum der Bundesrepublik Deutschland zeigt Abb. 22.12.

22.10.4 Kontrollbezirke

In die Fluginformationsgebiete sind die Kontrollbezirke eingebettet. Auch bei der Anordnung der Kontrollbezirke (Bezirkskontrolle) erfolgt eine Trennung zwischen unterem Luftraum (Control Area (CTA)) und oberem Luftraum (Upper Control Area (UTA)). Der untere Luftraum der Bundesrepublik Deutschland ist z.Zt. in drei Kontrollbezirke eingeteilt. Dies sind die CTA's Bremen ACC, Langen ACC und München ACC.

Die CTA's beginnen in einer Höhe von 2.500 ft GND, mit Ausnahme der Nahverkehrsbereiche, und decken den Luftraum bis zur Flugfläche 245 (Grenze des unteren Luftraumes) ab. Horizontal gesehen sind die Grenzen der CTA's identisch mit den Grenzen der Fluginformationsgebiete (Ausnahme: nordwestlicher Teil der CTA Bremen über der Nordsee).

Im oberen Luftraum existieren zur Zeit zwei Kontrollbezirke. Der nordwestliche Kontrollbezirk (UTA Hannover) ist vertikal begrenzt durch die Flugflächen 245 bis UNL und umfasst horizontal die UIR Hannover, Flugsicherungsstelle Maastricht UAC, dessen Grenzen den nordwestlichen Teil der FIR Bremen und den nordwestlichen Teil der FIR Langen umfassen, und die UTA Karlsruhe, die identisch mit der UIR Karlsruhe ist und den Rest Deutschlands abdeckt.

Innerhalb der Kontrollbezirke erfolgt die Flugverkehrskontrolle größtenteils für Flüge nach Instrumentenflugregeln, im unteren Luftraum radargestützt durch die Regionalkontrollstellen Bremen, Langen und München. Im oberen Luftraum erfolgt die Kontrolle in der UTA Hannover durch Maastricht UAC (Niederlande). Für die UTA Karlsruhe ist Karlsruhe UAC zuständig.

Die Kontrollbezirke selbst sind in Radarsektoren unterteilt. Für einen solchen Radarsektor ist dann je eine „Control Unit", d. h. ein Lotsen-Team zuständig, das den Flugverkehrskontrolldienst durchführt.

Die Abb. 22.13 zeigt beispielhaft die Radarsektorstruktur im unteren Luftraum der Bundesrepublik Deutschland (Stand 2012) [57]. Die Radarsektoren richten sich größtenteils nach den Verkehrsflüssen und haben teilweise keine scharfe Trennung zwischen unterem und oberen Luftraum.

Die Abb. 22.14 zeigt beispielhaft die Radarsektorstruktur im oberen Luftraum der Bundesrepublik Deutschland (Stand 2012) [57].

22.10.5 Air Traffic Services – Routensystem

Die Verkehrswege im Luftraum sind als Großkreissegmente zwischen bodengestützten Funknavigationsanlagen (NDB, VOR, TACAN, oder virtuell durch

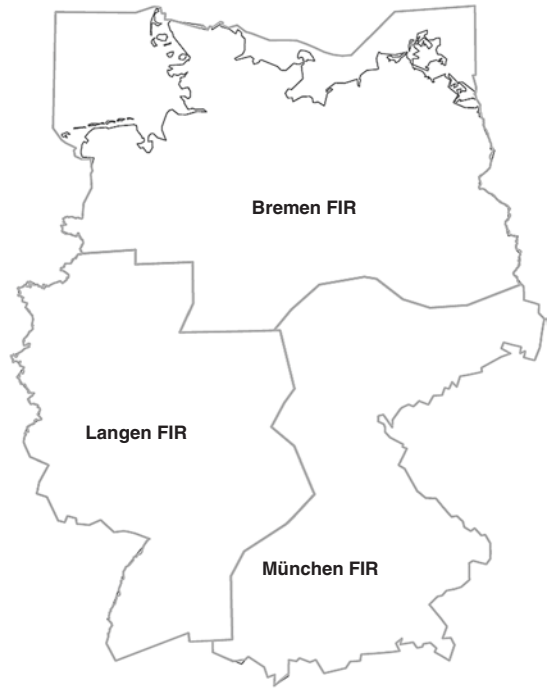


Abb. 22.11 Fluginformationsgebiete im unteren Luftraum der Bundesrepublik Deutschland [57]

Abb. 22.12 Fluginformationsgebiete im oberen Luftraum der Bundesrepublik Deutschland [57]

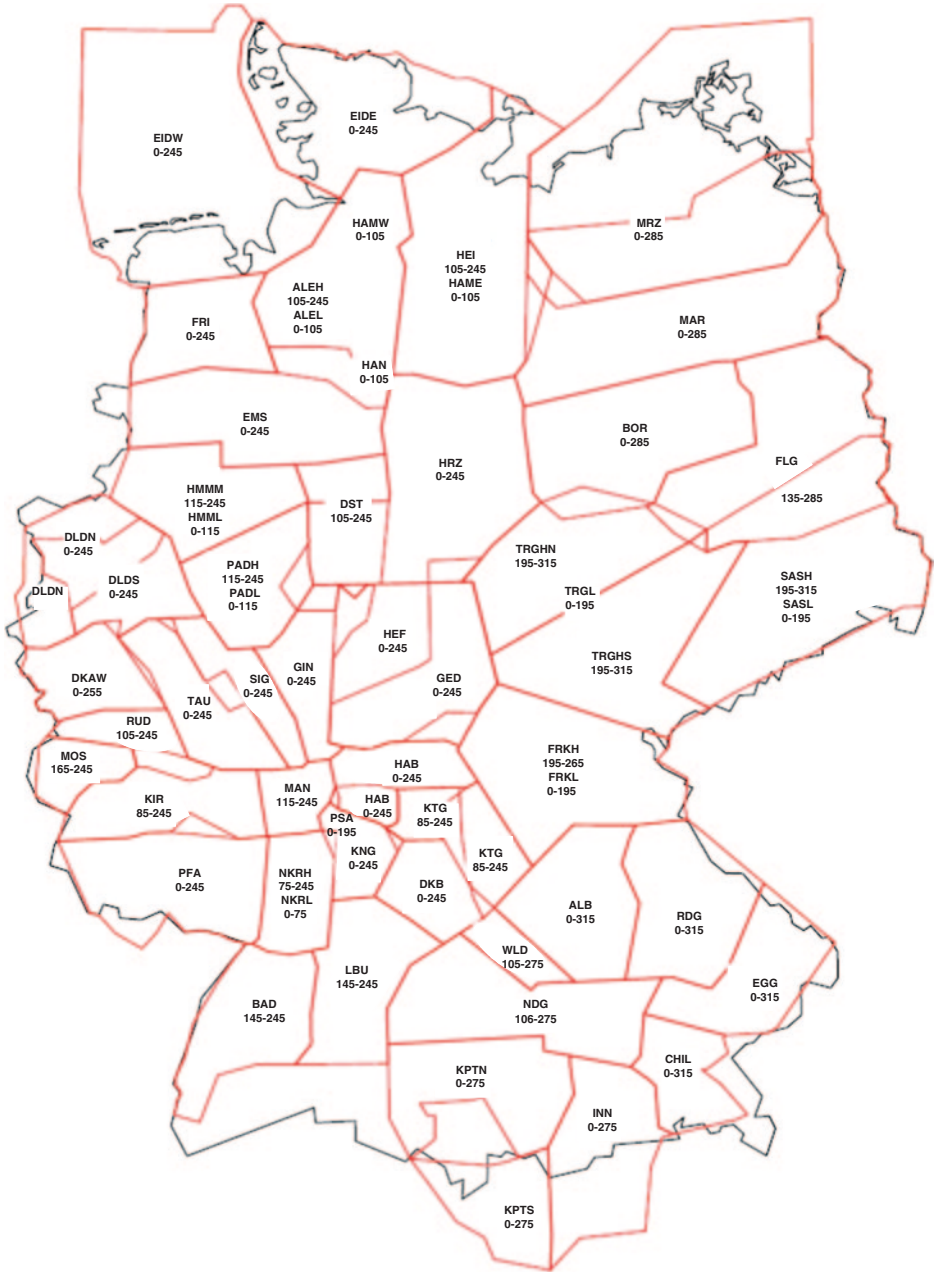


Abb. 22.13 Radarsektorstruktur im unteren Luftraum der Bundesrepublik Deutschland [57]

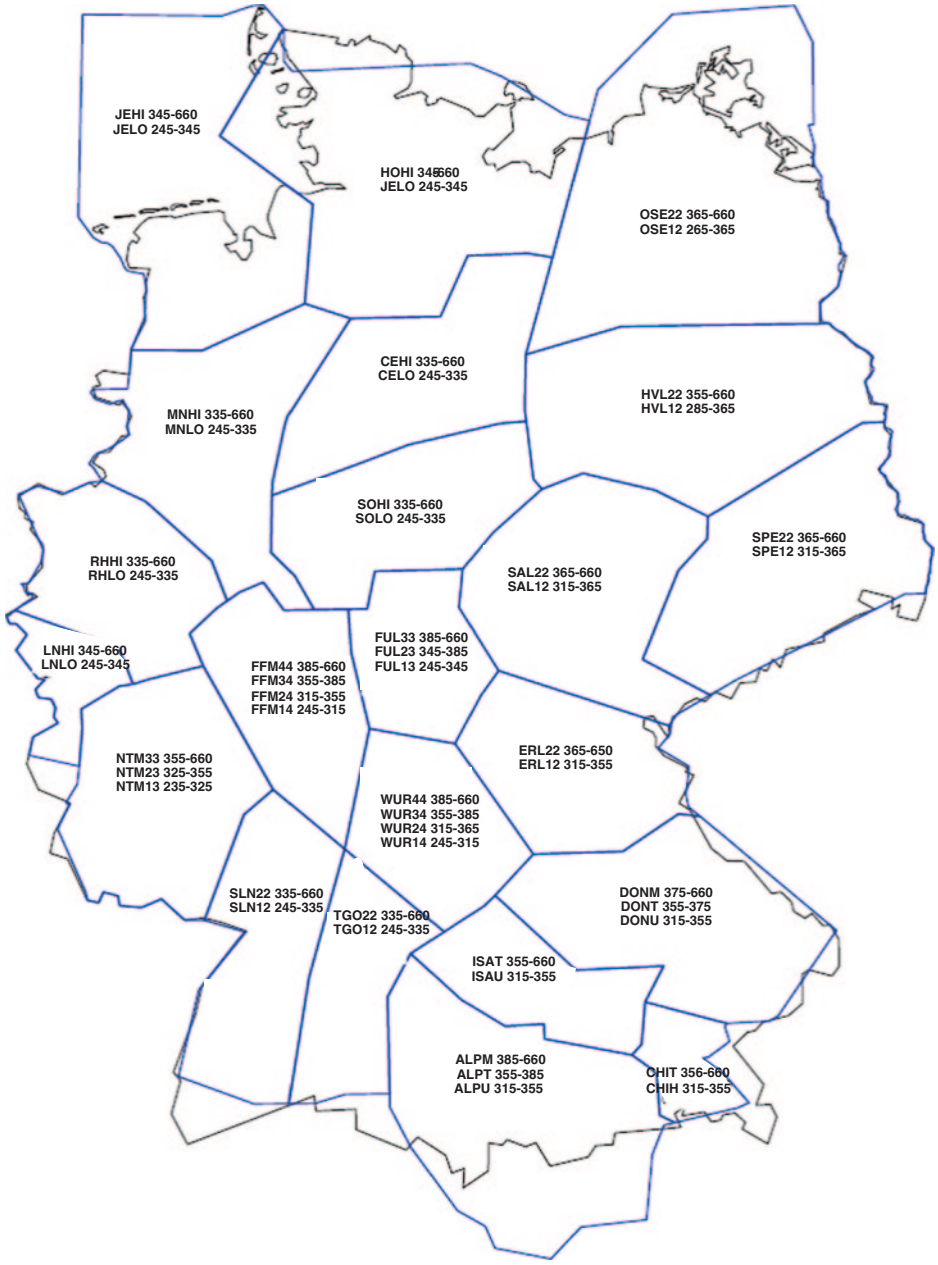


Abb. 22.14 Radarsektorstruktur im oberen Luftraum der Bundesrepublik Deutschland [57]

GPS-Koordinatenpaare) definiert. Aus der Aneinanderreihung der Großkreissegmente ergeben sich die Routenführungen. Die Routen werden als „Air Traffic Services Routes“ (ATS-Routen) oder „RNAV-Routen“ (bei Flächennavigation) bezeichnet. Die Hauptrouten tragen Bezeichnungen wie z. B. „B1“ (Blue One) im unteren Luftraum oder „UB1“ (Upper Blue One) im oberen Luftraum. Diese Bezeichnungen sind historisch zu sehen, wurden aber teilweise bis heute beibehalten. Aus diesen Routen ergeben sich Netzwerke (Routennetze), die für den unteren und den oberen Luftraum, entsprechend der Verkehrsbedürfnisse, teilweise verschieden ausgelegt sind.

Die Abb. 22.15 zeigt beispielhaft die ATS Routenstruktur im Luftraum der Bundesrepublik Deutschland [57]. Abbildung 22.16 zeigt beispielhaft die zugeordneten innerdeutschen Flugspuren im Luftraum der Bundesrepublik Deutschland. [57]. Abbildung 22.17 zeigt ATS Flugspuren im unteren Luftraum der Bundesrepublik Deutschland zwischen FL 0 und FL 245 [57]. Abbildung 22.18 zeigt die ATS Flugspuren im oberen Luftraum der Bundesrepublik Deutschland zwischen FL 250 und FL 660 [57] . Die Flugspuren repräsentieren die IFR- Flüge am 28. September 2012. Die Farbe „Blau“ kennzeichnet jeweils Level Flights, die Farbe „Rot“ Steigflüge, die Farbe „Grün“ Sinkflüge.

Neben diesen Routennetzen existieren Standardstreckenführungen im Nahbereich von Flugplätzen, so genannte Standard Arrival Routes (STAR’s) und Standard Instrument Departure Routes (SID’s), die die nach Instrumentenflugregeln operierenden an- und abfliegenden Flugzeuge direkt vom Routennetz im Luftraum zum Flugplatz oder vom Flugplatz zum Routennetz führen. Vermehrt finden auch GPS-gestützte Verfahren Anwendung. Abbildung 22.19 zeigt beispielhaft die Standardanflugstreckenführungen für die Landebahnen „Standard Arrival Chart Instrument“ 07 L/C/R und 25 L/C/R des Flughafens Frankfurt/M [58].

22.10.6 RNAV-Routen und -gebiete

Unter Flächennavigation (engl.: Random Navigation oder Area Navigation (RNAV)) versteht man ein Navigationsverfahren, mit dem ein Flugzeug auf jedem gewünschten Flugweg innerhalb der Reichweite von bodengestützten Navigationsanlagen oder innerhalb der Betriebsgrenzen von bordautonomen Navigationsgeräten oder mit Hilfe der Satellitennavigation operieren kann. Auch eine Kombination der Anlagen (Systeme) ist möglich.

Flächennavigationssysteme führen eine automatische Positionsbestimmung unter Verwendung eines oder mehrerer der nachfolgend genannten Sensoren durch. Sie sind mit einem Bordrechner zur Bestimmung und Einhaltung des gewünschten Flugweges verbunden.

Die Zulassung für die Flächennavigation (Basic RNAV) im europäischen Luftraum ist an Mindestanforderungen gebunden, die die Gerätetechnik Bord/Boden sicherstellen muss, d. h.:

- Kurshaltegenauigkeit mindestens ±5 NM,
- Verfügbarkeit mindestens während 95 % der Flugzeit.

Abb. 22.15 ATS Routenstruktur im Luftraum der Bundesrepublik Deutschland [57]

Diese Werte schließen Signalfehler einer Quelle, Flugzeugempfängerfehler, Anzeigesystemfehler und flugtechnische Fehler mit ein. Diese Navigationsleistung setzt eine ausreichende Abdeckung durch bodengestützte oder satellitengestützte Navigationshilfen voraus. Die Flächennavigation findet Anwendung in modernen Flugzeugen, deren

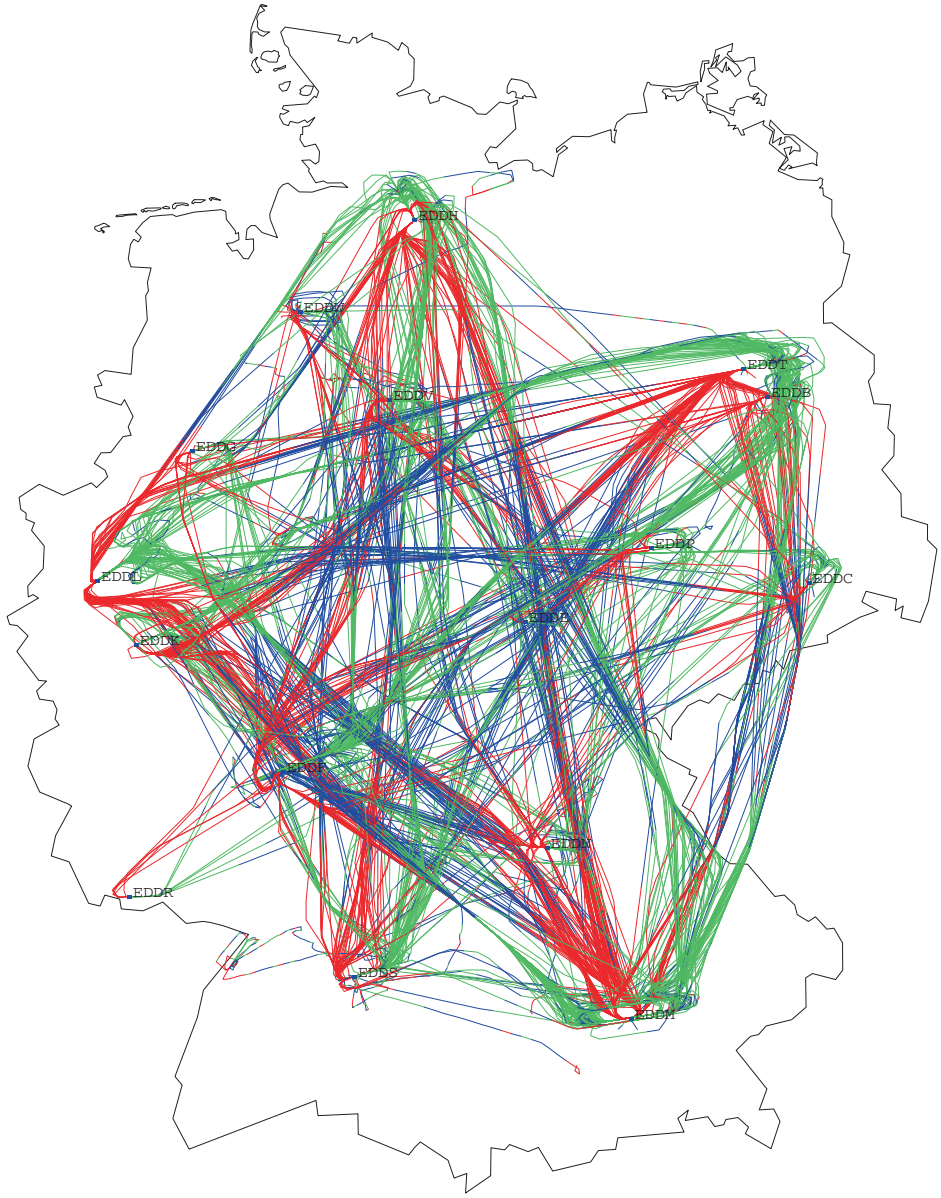


Abb. 22.16 Innerdeutsche Flugspuren im Luftraum der Bundesrepublik Deutschland [57]

Bordausrüstung es ermöglicht, virtuelle Wegpunkte zu generieren und abzufliegen (z. B. mit dem Flight Management System oder unterstützt durch entsprechende RNAV-Bordrechner). Dazu existieren ausgewiesene RNAV-Routen und RNAV-Gebiete, die mit der entsprechenden Bordausrüstung genutzt werden können.

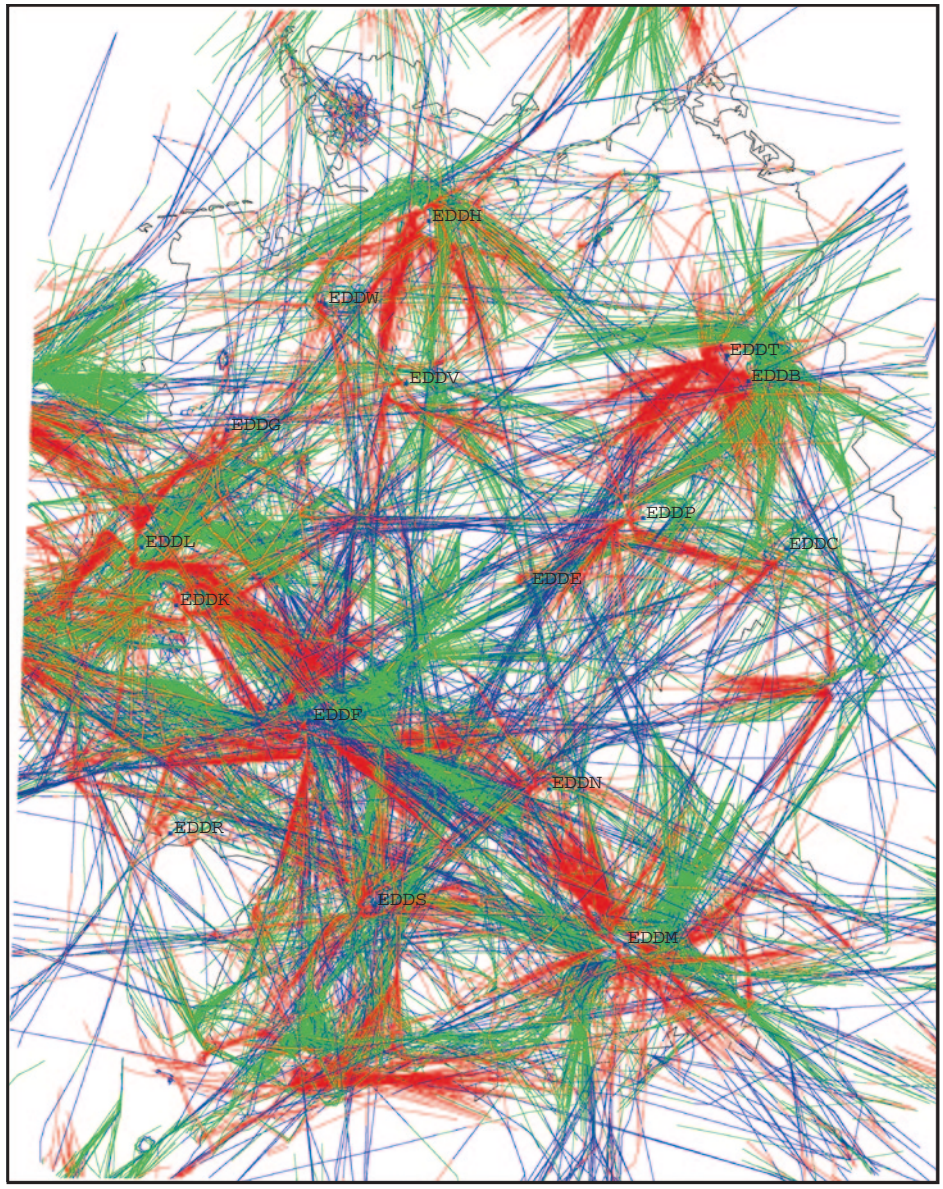


Abb. 22.17 ATS Flugspuren im unteren Luftraum der Bundesrepublik Deutschland [57] (FL 0–245)

Die Internationale Zivile Luftfahrtorganisation (ICAO) hat dazu ein Konzept entwickelt, das die erforderliche Navigationsleistung (Required Navigation Performance (RNP)) von Flugzeugen für die RNAV-Flugführung definiert (RNP-Konzept). Das RNP-Konzept wurde als eine integrale Komponente des „ICAO – Communication, Navigation, Surveillance/

Abb. 22.18 ATS Flugspuren im oberen Luftraum der Bundesrepublik Deutschland [57] (FL 250–660)

Air Traffic Management (CNS/ATM)“ – Systems entwickelt. Nähere Einzelheiten über die Richtlinien für die RNP im Streckenbereich können dem ICAO-Handbuch über die erforderliche Navigationsleistung (Manual on Required Navigation Performance – DOC 9613-AN/937) entnommen werden. Wichtige Aussagen daraus sind mit dem Status von

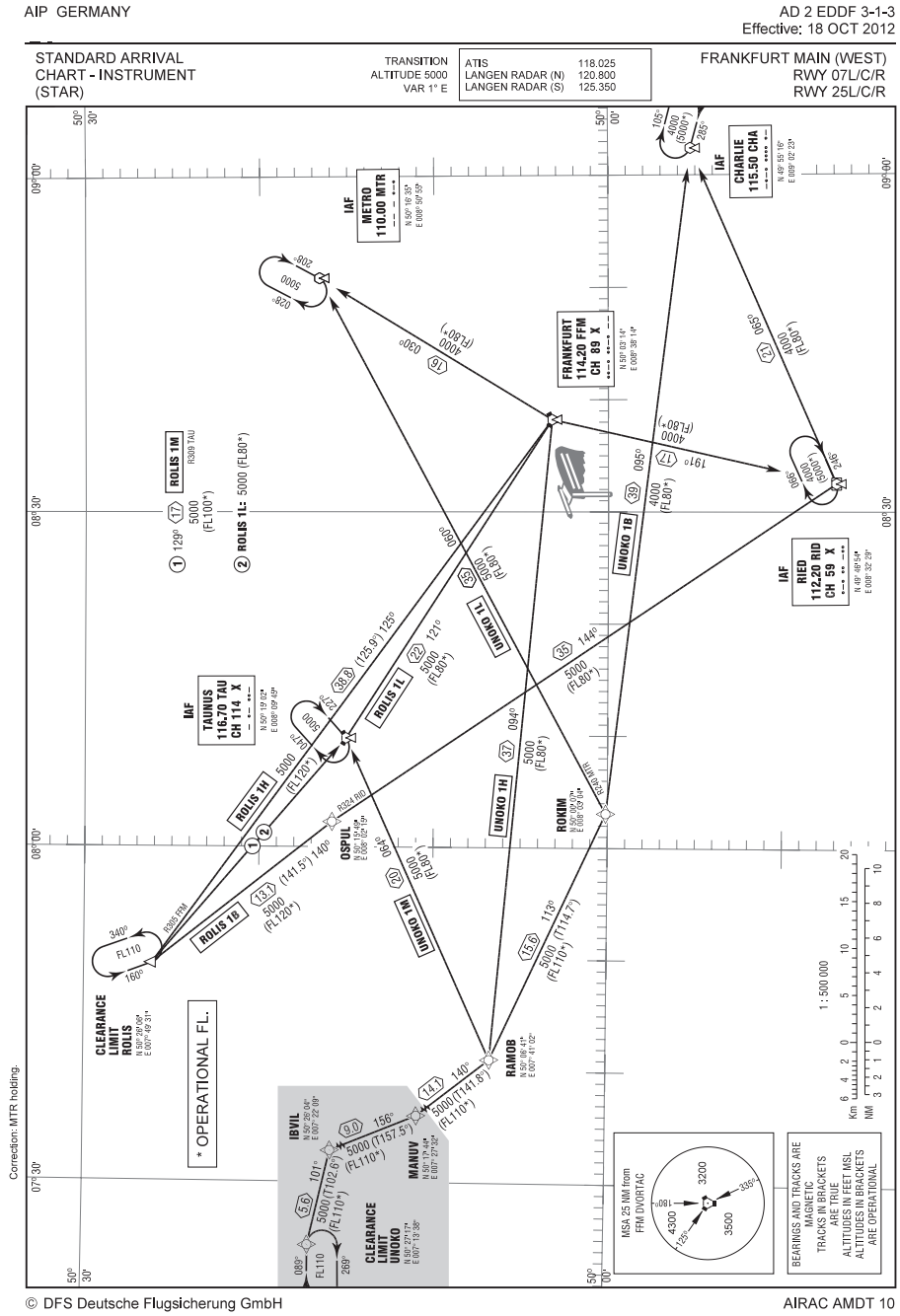


Abb. 22.19 Standardanflugstreckenführungen am Beispiel des Verkehrsflughafens Frankfurt /M [58], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

„Standards, Recommended Practices and Procedures (SARPS)“ seit dem 10.11.94 in die entsprechenden ICAO-Anhänge (z. B. Annex 11 [145]) aufgenommen worden.

Mit dem RNP-Konzept soll die Methode, die notwendigen Navigationsleistungen durch Pflichtausrüstungen mit bestimmten Navigationssystemen sicherzustellen, ersetzt werden durch weltweit einheitliche Anforderungen an die Navigationsleistung für definierte Lufträume u./o. Flugverfahren. Damit bleibt es dem Nutzer überlassen, mit welchem System er die Anforderungen erfüllt. Er muss jedoch sicherstellen, dass sein System für den Betrieb im entsprechenden Luftraum zugelassen ist.

Neben der internationalen Vereinheitlichung sind zum einen für den Nutzer Erleichterungen bei der Zulassung komplexer Systemarchitekturen und Vernetzungen der Navigationsausrüstung gegeben, zum anderen erleichtert das Konzept die Entwicklung und Anwendung neuer Navigationssysteme. Dies gilt ganz besonders für die Satellitennavigation.

RNP ist definiert als Aussage über die Genauigkeit der Navigationsleistung, die notwendig ist für den Betrieb in einem bestimmten Luftraum. Diese Navigationsgenauigkeit beruht auf einer Kombination der Fehler des Navigationssensors, des Bordempfängers, der Bordanzeige und des flugtechnischen Fehlers in der horizontalen Ebene. Die Genauigkeit wird ausgedrückt durch einen einzigen Parameter, der die Entfernung von der beabsichtigten Position (Soll-Position) definiert, die Flugzeuge in mindestens 95 % der gesamten Flugzeit einhalten müssen. RNP 4 bedeutet zum Beispiel, dass alle Flugzeuge in mindestens 95 % der gesamten Flugzeit innerhalb von 4 NM von ihrer beabsichtigten Position verbleiben müssen. Um die Anforderungen an die Navigationsleistung für unterschiedliche Lufträume u./o. Strecken berücksichtigen zu können, wurden weltweit einheitlich vier RNP-Typen für den Streckenflug definiert.

RNP1: verlangt hochgenaue Positionsinformationen und ist vorgesehen für kontinentale Bereiche mit hoher Verkehrsdichte. Die volle Ausschöpfung der Vorteile von RNP1 (in Verbindung mit Flächennavigation (RNAV)) setzt voraus, dass ein hoher Anteil der Flugzeuge diese erforderliche Navigationsleistung erbringt.

RNP4: kommt normalerweise in kontinentalen Bereichen zur Anwendung, in denen derzeit das Routensystem auf VOR/DME Navigationsanlagen basiert.

RNP12.6: entspricht den Anforderungen an die Navigationsleistung für den Nordatlantik.

RNP20: stellt die geringsten Anforderungen und kommt in Lufträumen u./o. auf Strecken mit niedrigem Verkehrsaufkommen (z. B. über ozeanischen Gebieten) zur Anwendung.

Während das RNP-Konzept für den Streckenbereich im wesentlichen durch den Parameter Genauigkeit gekennzeichnet ist, sind bei der vorgesehenen Erweiterung des Konzeptes auf Anflug, Landung und Abflug zusätzlich die Parameter Integrität, Kontinuität und Verfügbarkeit zu berücksichtigen. Diese entsprechenden Arbeiten wurden im ICAO-Ausschuss für den Allwetterflugbetrieb (All Weather Operations Panel (AWOP)) durchgeführt. Ein Schwerpunkt war dabei die Erstellung von Anforderungen an die Satellitennavigation und deren Unterstützungssysteme für diese Flugphasen.

Die RNP ist ein grundlegender Parameter bei der Festlegung von Staffelungskriterien. Jedoch entspricht ein RNP-Typ allein noch nicht einem bestimmten Staffelungsmindestwert. Vielmehr sind dabei die Parameter Verkehrsdichte, Streckenkomplexität, Kommunikation, Überwachung, Eingriffsmöglichkeiten der Flugverkehrskontrolle und die ATC-Kapazität zu berücksichtigen.

22.10.7 Nahverkehrsbereiche

Die Nahverkehrsbereiche (Terminal Control Area (TMA), Luftraum C) liegen innerhalb der Kontrollbezirke und dienen der Kontrolle und dem besonderen Schutz der an- und abfliegenden Flugzeuge im Bereich von Flugplätzen. Der TMA-Luftraum ist wie folgt abgegrenzt:

Als Untergrenze dient ein nach Sektoren gestaffeltes System, wobei der Sektor „A“ 1.000 ft, der Sektor „B“ 1.700 ft und der Sektor „C“ 2.500 ft über Grund beginnt. Die Obergrenzen aller Sektoren liegen bei der Flugfläche 245 (FL 245). Die seitlichen Ausdehnungen der TMA's sind höchst unterschiedlich und richten sich nach der Konfiguration des Start- und Landebahnsystems des Flugplatzes und der Einpassung in die Luftraumstruktur des Umfeldes. Abbildung 22.20 [57] zeigt beispielhaft die vertikale Struktur eines Nahverkehrsbereiches.

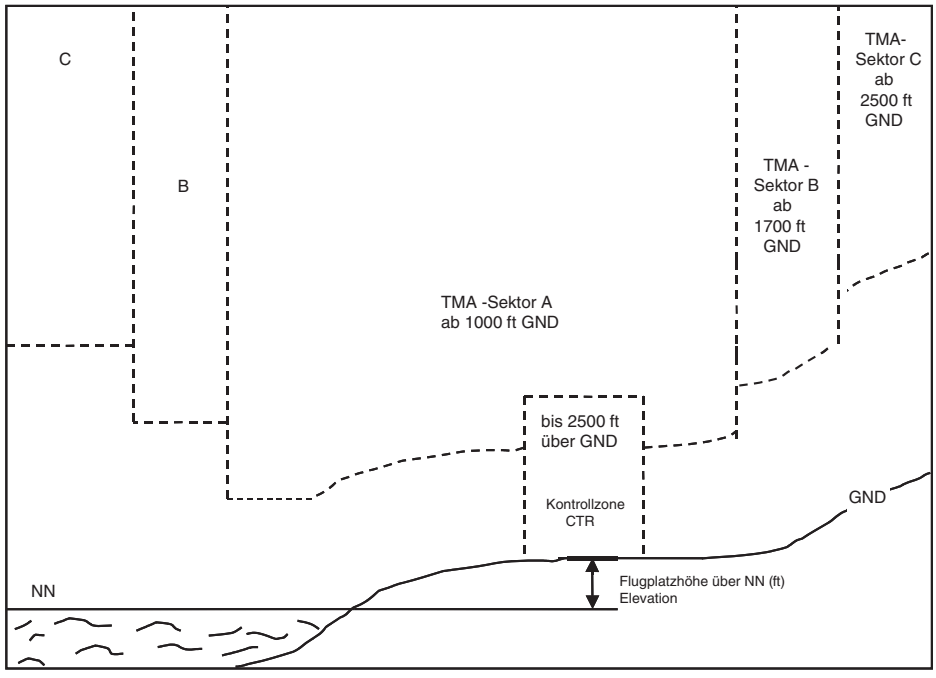


Abb. 22.20 Beispiel der vertikalen Struktur eines Nahverkehrsbereiches [57]

22.10.8 Kontrollzonen

Unter den Kontrollzonen (Control Zone, CTR) sind kontrollierte Lufträume zu verstehen, die die Flugplätze, die eine Flugverkehrskontrolle vorsehen, umgeben. Sie dienen dem besonderen Schutz der startenden und landenden Flugzeuge.

Die vertikalen Ausdehnungen reichen vom Erdboden (GND) bis zu einer bestimmten Höhe über NN (MSL), wobei die Obergrenze in die jeweilige darüber liegende TMA oder CTA hineinragt. Die seitliche Ausdehnung richtet sich wiederum nach der Konfiguration des Start- und Landebahnsystems des Flugplatzes, wobei allerdings zwei Grundformen zu unterscheiden sind. Die Ausmaße sind auf den jeweiligen Flughafenbezugspunkt (Aerodrome Reference Point (ARP)) bezogen. Abbildung 22.21 zeigt beispielhaft Grundformen von Kontrollzonen [57].

22.10.9 Luftraumkategorisierung mit der Kennzeichnung „HX“

Grundsätzlich besteht die Klassifizierung der Lufträume ohne zeitliche Einschränkung. Um jedoch für VFR- Flüge die Möglichkeiten zur freizügigen Nutzung des Luftraums zu verbessern, werden Teile der Luftraumstruktur zeitlich flexibel gestaltet. Es handelt sich hierbei um solche Lufträume, die in ihrer Klassifizierung nicht ständig aktiv sind und in der Luftfahrtkarte ICAO 1:500.000 mit „HX“ gekennzeichnet sind. In Einzelfällen kann die Flugsicherungsorganisation bestehende Lufträume der Klassen D, E und F zeitlich begrenzt aktivieren bzw. deaktivieren. Betroffene Lufträume sind:

Kontrollzonen, Luftraum D (HX) der meisten Militärflugplätze, sowie einiger Zivilflugplätze sind nicht ständig aktiv. So sind z. B. Kontrollzonen an Militärflugplätzen

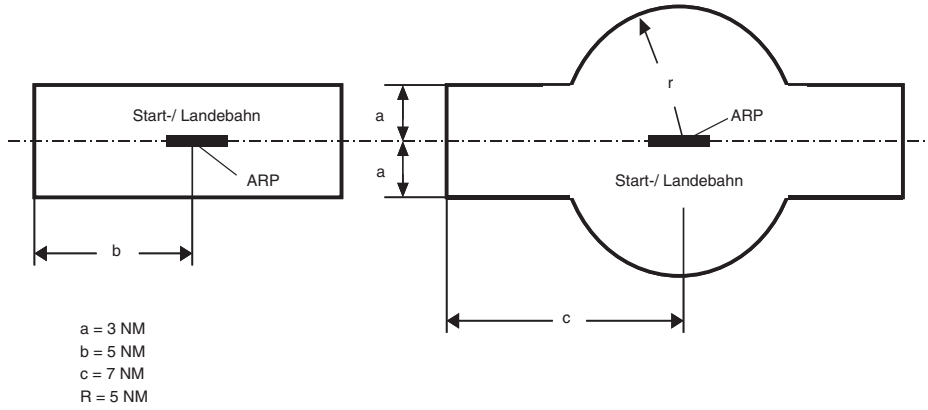


Abb. 22.21 Grundformen von Kontrollzonen

grundsätzlich nur während der im Luftfahrthandbuch Deutschland (AIP) veröffentlichten Zeiten aktiv. Sie können aber auf Veranlassung der örtlichen Flugsicherungsstelle des Flugplatzes sowohl während der grundsätzlichen zeitlichen Wirksamkeit (Mo-Fr) deaktiviert als auch außerhalb dieser Zeiten (Sa, So oder an Feiertagen) aktiviert werden. Lufträume E mit der Untergrenze zwischen 1.000 ft bzw. 1.700 ft GND in der Umgebung der vorgenannten Kontrollzonen sind vielfach ebenfalls mit HX gekennzeichnet. Die zeitliche Regelung gilt analog der zugehörigen Kontrollzonen. Abbildung 22.22 zeigt ein Beispiel für die Kennzeichnung des Luftraums E (HX). Der Luftraum F (HX) in der Umgebung von unkontrollierten Flugplätzen mit IFR-Flugbetrieb ist nur aktiv, wenn IFR-An-/Abflüge stattfinden.

Solange solche mit HX gekennzeichneten Lufträume nicht aktiv sind, gilt in diesen Gebieten unkontrollierter Luftraum der Klasse G bis zur jeweiligen Untergrenze von Luftraum E. Flugzeugführer können sich vor Einflug in diese Lufträume durch Anfrage bei den zuständigen FIS-Stellen oder bei den Bodenstellen der betreffenden Flugplätze über den aktuellen Status dieser Lufträume informieren. Flugzeugführer die auf diese Anfrage verzichten, haben solche Lufträume als ständig aktiv zu betrachten und die damit verbundenen Regeln einzuhalten. In jedem Fall ist die Hörbereitschaft dauernd aufrecht zu erhalten, um kurzfristige Statusänderungen zu erfahren. Ein Beispiel für IFR/VFR Flugverkehr im Luftraum F (HX) zeigt Abb. 22.23. Die Darstellung von Lufträumen D(HX) und F(HX), aktiviert und deaktiviert, ist der Abb. 22.24 zu entnehmen [58].

Abb. 22.22 Beispiel für die Kennzeichnung des Luftraums E (HX) [57], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

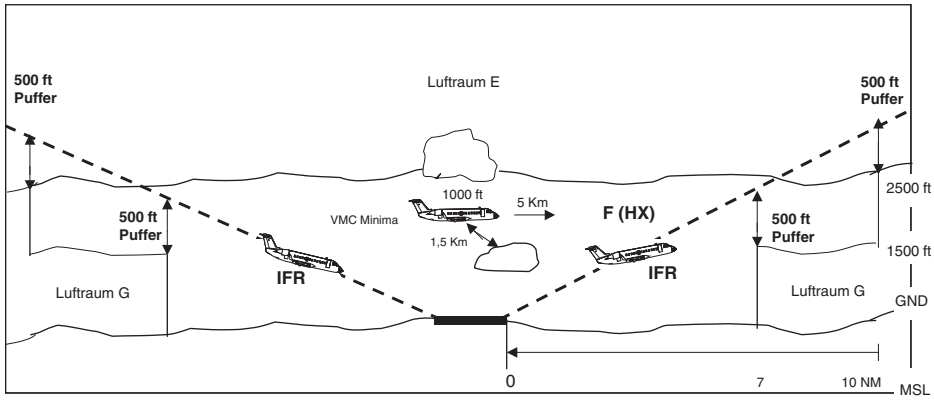


Abb. 22.23 IFR/VFR Flugverkehr im Luftraum F (HX) [58]

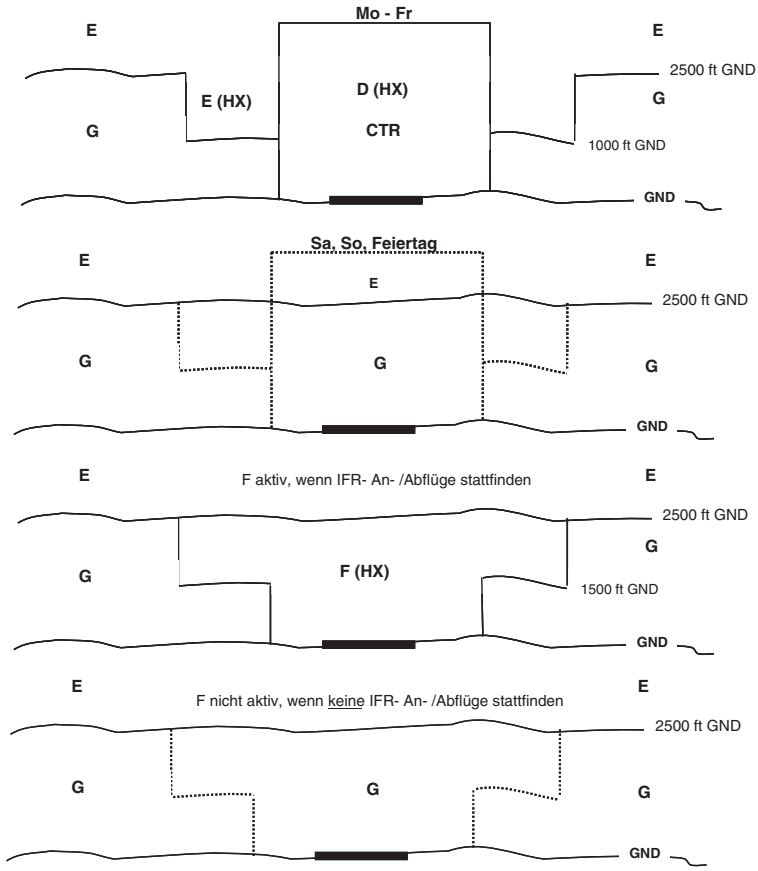


Abb. 22.24 Lufträume D(HX) und F(HX), aktiviert und deaktiviert [58]

Die Abb. 22.25 zeigt eine Sichtanflugkarte des Flugplatzes Zweibrücken mit Luftraum D (HX) für temporärem IFR-Flugverkehr. Die Abb. 22.26 zeigt die Struktur der Anweisungen zur flugbetrieblichen Nutzung der Kontrollzone D(HX). Die Abb. 22.27 zeigt die Struktur der Anweisungen zur flugbetrieblichen Nutzung der Lufträume E(HX) bzw. F(HX).

22.10.10 Flugbeschränkungsgebiete und Luftsperrgebiete

Auch den militärischen Luftraumnutzern wird Luftraum für operationelle Flugaufgaben zur Verfügung gestellt. Operationelle Flüge werden größtenteils als unkontrollierte Sichtflüge mit nicht bekannten Flugprofilen durchgeführt. Um aus Sicherheitsgründen den operationellen Luftverkehr (OAT) vom allgemeinen zivilen Luftverkehr (GAT) zu separieren, sind in der Luftraumstruktur sowohl Flugbeschränkungsgebiete als auch zeitweilig reservierte Lufträume vorgesehen.

Die Flugbeschränkungsgebiete (Restricted Areas) basieren auf § 26 (2) LuftVG und § 11 LuftVO [67, 70] und sind den Nachrichten für Luftfahrer, Teil 1, zu entnehmen. Die Luftraumbegrenzungen, die Art der Beschränkung, die zeitliche Wirksamkeit und Ausnahmeregelungen sind dem Luftfahrthandbuch (AIP) [58] zu entnehmen. Die Kurzbezeichnung der Flugbeschränkungsgebiete setzt sich aus der ICAO-Bezeichnung ED (für die Bundesrepublik Deutschland) in Kombination mit dem Buchstaben R (Restricted) sowie einer Ordnungszahl zusammen (z. B. ED-R1). In den Luftfahrtkarten erfolgt die Darstellung der Flugbeschränkungsgebiete mit der Bezeichnung sowie den Ober- und Untergrenzen ihrer vertikalen Ausdehnung. Die Abb. 22.28 und 22.29 zeigen die Darstellung eines Flugbeschränkungsgebietes.

Bei den zeitweilig reservierten Lufträumen (Temporary Reserved Airspace (TRA)) handelt es sich um Lufträume, die sowohl in ihren horizontalen als auch vertikalen Ausdehnungen unterschiedlich ausgeprägt sind. Sie werden temporär aktiviert und dienen zur Durchführung operationeller Flugaufgaben. Sie sind gekennzeichnet durch die Kurzbezeichnungen TRA und eine Ordnungszahl (z. B. TRA-120) sowie die Ober- und Untergrenze ihrer vertikalen Ausdehnung. Die Abb. 22.30 und 22.31 zeigen die Darstellung eines zeitweilig reservierten Luftraumes.

Dem besonderen Trainingsbedarf für militärische Tiefflüge tragen ausgewiesene Tiefflugstrecken Rechnung. Tagestiefflüge werden in der Regel von 30 min vor Sonnenaufgang (SR-30) bis 30 min nach Sonnenuntergang (SS + 30) durchgeführt. Sie finden im unkontrollierten Luftraum bei einem Abstand von mindestens 500 ft zu Wolken und einer Mindestflugsicht von 5 km, im kontrollierten Luftraum nach Sichtflugregeln statt. Diese Flüge werden in einem Höhenband zwischen 500 und 1.500 ft über dem Territorium der Bundesrepublik Deutschland durchgeführt (Abb. 22.32). Nachttiefflüge werden in der Regel in der Zeit von 30 min nach Sonnenuntergang bis 24 Uhr LMT (Local Mean Time) durchgeführt. Sie finden im unkontrollierten Luftraum auf ausgewiesenen Nacht-Tiefflugstrecken statt.

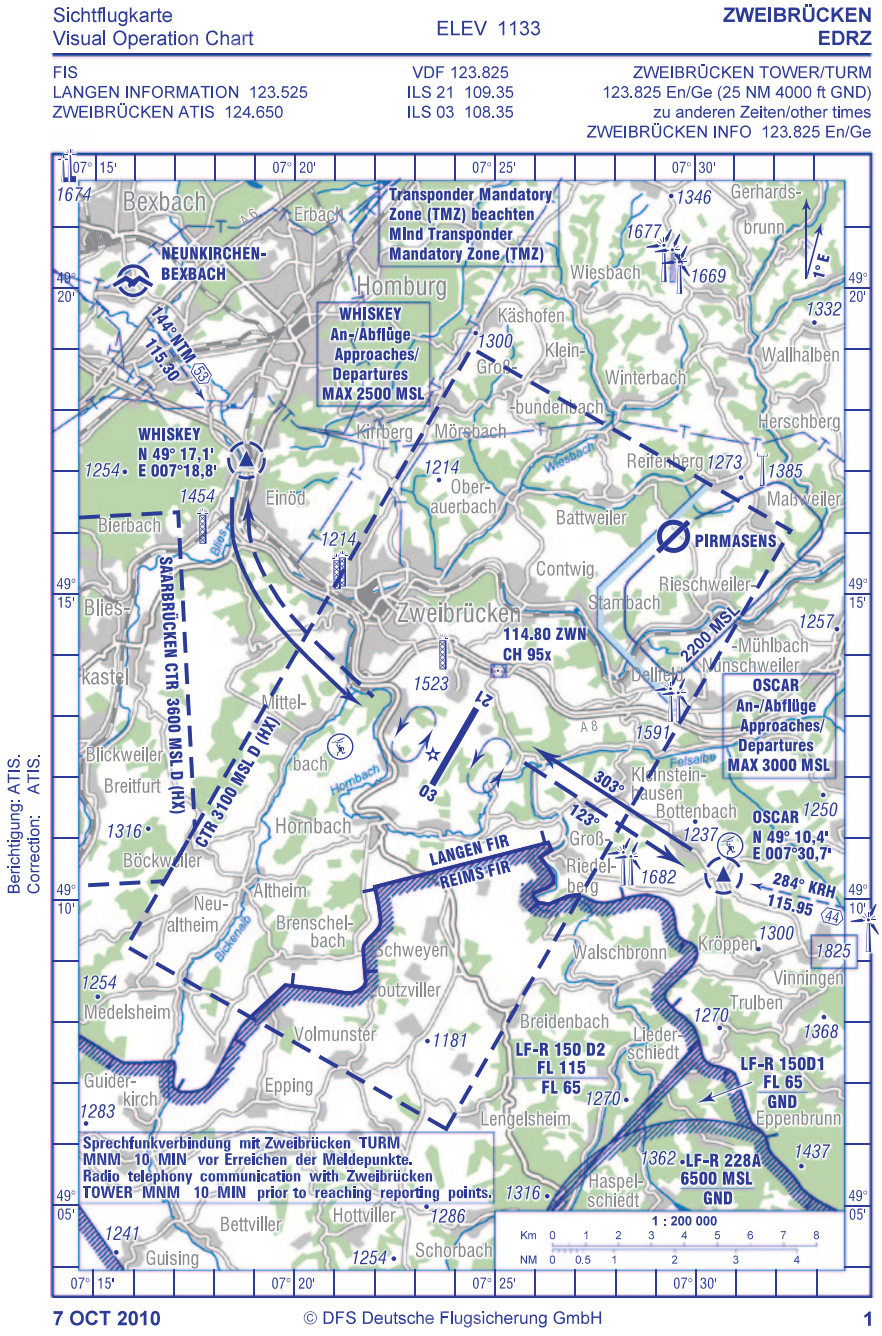


Abb. 22.25 Sichtanflugkarte Flugplatz Zweibrücken mit Luftraum D (HX) für temporärem IFR Flugverkehr [59], Anmerkung: Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

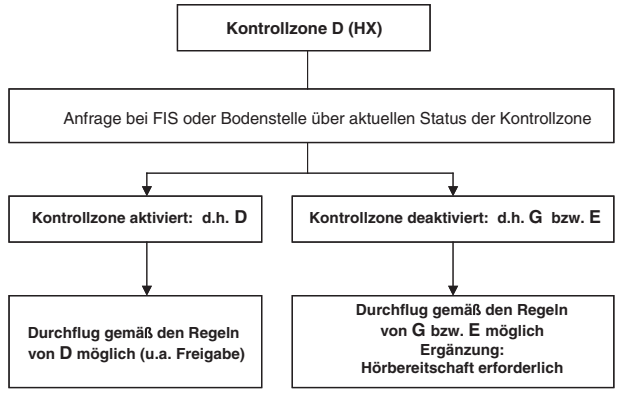


Abb. 22.26 Anweisung zur flugbetrieblichen Nutzung der Kontrollzone D(HX)

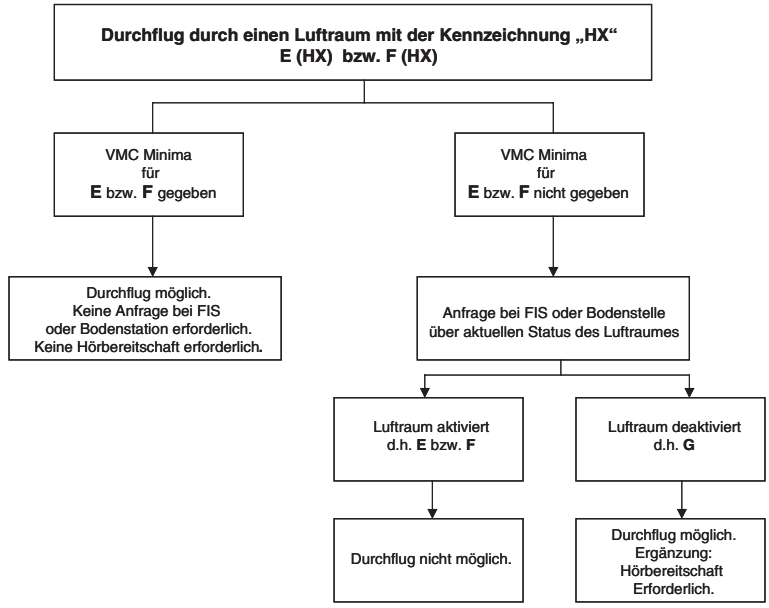


Abb. 22.27 Anweisung zur flugbetrieblichen Nutzung der Lufträume E(HX) bzw. F(HX) [57]

Abb. 22.28 Allgemeine Darstellung eines Flugbeschränkungsgebiets ED-R [57]

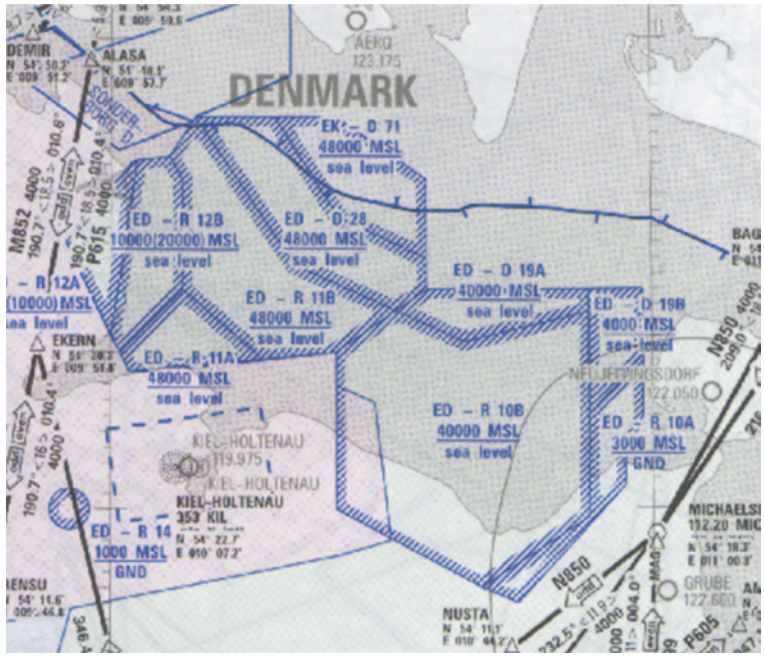


Abb.22.29 Beispiel für Flugbeschränkungsgebiete (ED-R's) [58], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

Abb. 22.30 Allgemeine Darstellung zeitweilig reservierter Luftraum (TRA) [57]

Für bord- und bodengestützte Übungen mit taktischen Waffensystemen werden Lufträume auch als Gefahrengebiete (Danger Areas) ausgewiesen. Sie sind gekennzeichnet durch die Kurzform ED-D und eine Ordnungszahl. Gefahrengebiete reichen vom Boden oder der Meereshöhe (GND/MSL) bis zur festgelegten Höhe über GND/MSL. Sie unterscheiden sich von den Beschränkungsgebieten dadurch, dass der Durchflug durch Gefahrengebiete grundsätzlich erlaubt ist. Die Verantwortung liegt allerdings beim Flugzeugführer. Gefahrengebiete sind im Luftfahrthandbuch veröffentlicht. Die Abb. 22.33 und 22.34 zeigen beispielhaft die Darstellung von Gefahrengebieten.

Luftsperrgebiete (Prohibited Areas) sind gekennzeichnet durch die Kurzbezeichnung ED-P und eine Ordnungszahl. Sie basieren rechtlich auf dem § 26 Abs. 1 LuftVG und § 11 LuftVO [67, 70]. Nach diesen Paragraphen kann der Bundesminister für Verkehr,

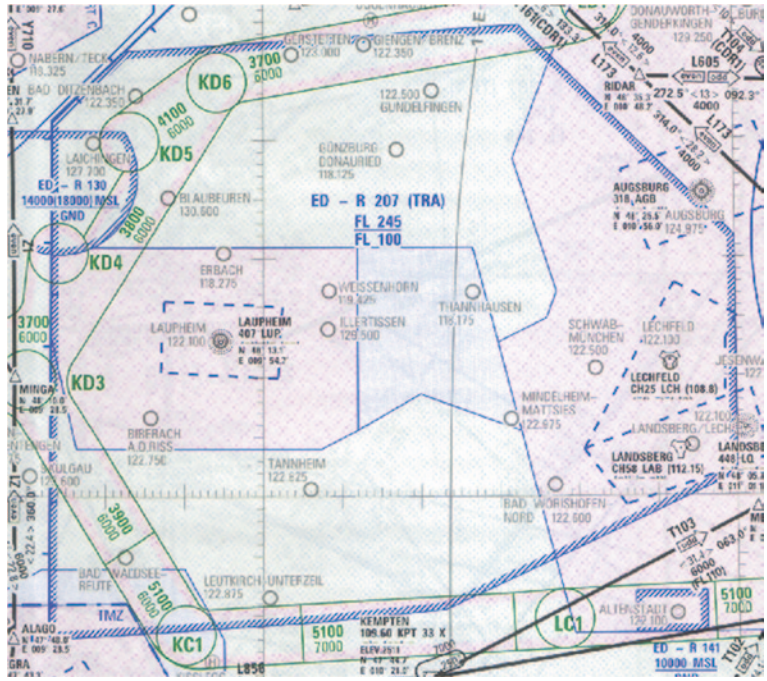


Abb. 22.31 Beispiel für den zeitweilig reservierten Luftraum ED – R 207 (TRA) [58], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

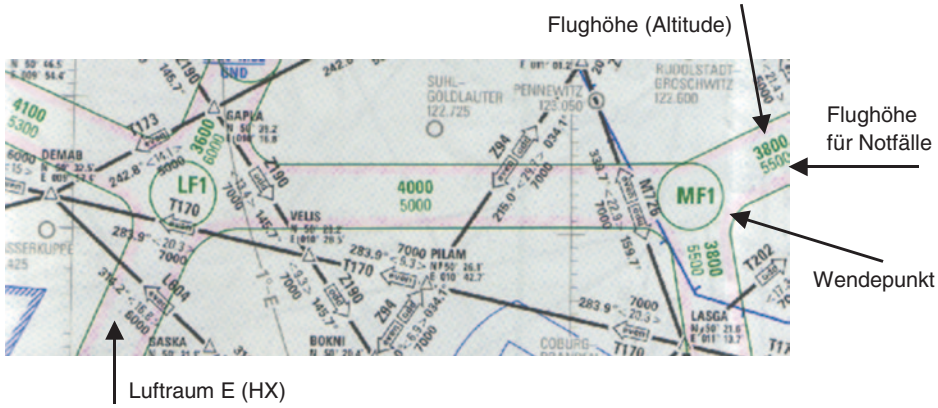


Abb. 22.32 Beispiel für eine militärische Nachttiefflugstrecke [58], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

Bau- und Stadtentwicklung Lufträume temporär oder auch auf Dauer für den Luftverkehr sperren, wenn dies zur Abwehr von Gefahren für die öffentliche Sicherheit oder für die Sicherheit des Luftverkehrs erforderlich ist. Die Errichtung von Luftsperrgebieten, die nicht durchflogen werden dürfen, ist den Nachrichten für Luftfahrer (NfL), Teil 1 zu entnehmen.

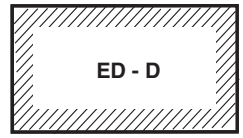


Abb. 22.33 Allgemeine Darstellung von Gefahrengebieten (ED-D) [57]

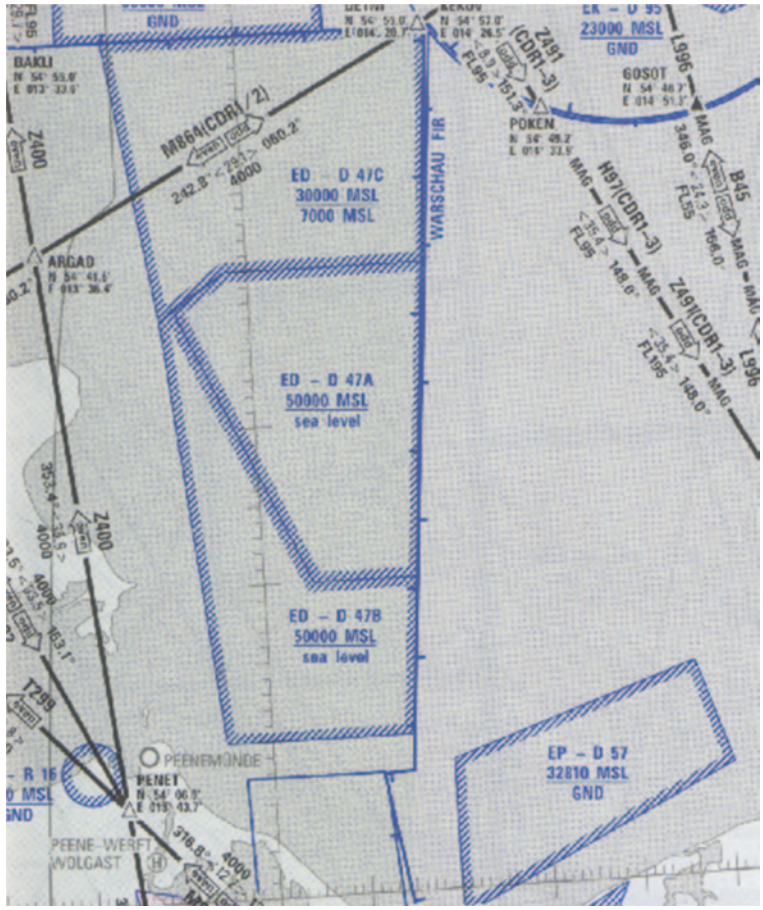


Abb. 22.34 Beispielhafte Darstellung von Gefahrengebieten (ED-D) [58], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

22.10.11 Functional Blocks of Airspace

Im Rahmen des Single European Sky wurden so genannte „Functional Blocks of Airspace (FAB)“ definiert. Ein funktionaler Luftraumblock ist ein Teil des europäischen Luftraums und berücksichtigt das Streckensystem bzw. die Verkehrsströme über

Europa. Danach soll der europäische Luftraum in neun Blöcke aufgeteilt werden, welche die nationalen Luftraumstrukturen ablösen bzw. zusammenfassen werden. Dies sind:

BALTIC FAB:	Litauen, Polen
BLUE MED FAB:	Griechenland, Italien, Malta, Zypern, (Ägypten, Albanien, Jordanien, Tunesien)
DANUBE FAB:	Bulgarien, Rumänien
FAB CE: (FAB Central Europe)	Bosnien-Herzegowina, Kroatien, Österreich, Slowakei, Slowenien, Tschechien, Ungarn
FABEC: (FAB Europe Central)	Belgien, Deutschland, Frankreich, Luxemburg, Niederlande, Schweiz
NEFAB: (North European FAB)	Dänemark, Estland, Finnland, Island, Lettland, Norwegen, Schweden
DK-SE FAB	Dänemark, Schweden
South West FAB:	Portugal, Spanien
UKIRELAND FAB:	Irland, Vereinigtes Königreich

Die Definition und Einführung dieser Luftraumblöcke war für Ende 2012 vorgesehen. Sie dienen der Vereinfachung der Streckenführungen, der optimalen Nutzung der Luftraumkapazitäten sowie der Herabsetzung der Klimabelastung und des Kraftstoffverbrauchs der Flugzeuge.

Der Luftraumblock FABEC überdeckt eine Fläche von 1,7 Mio. m^2. Über diesem Gebiet finden jährlich ca. 5,7 Mio. Flüge statt.

Abbildung 22.35 zeigt die funktionalen Luftraumblöcke im europäischen Luftraum.

22.11 Luftraumklassifizierung nach ICAO

Der Rat der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation hat in seiner Sitzung am 13. März 1990 eine Änderung der Internationalen Richtlinien und Empfehlungen im Annex 11 (Air Traffic Services) [145] zur Luftraumorganisation angenommen. Danach werden Lufträume entsprechend der darin vorzuhaltenden Flugsicherungsdienste weltweit mit den Klassen A bis G bezeichnet. Die Bundesrepublik Deutschland hat diese Klassifizierung im Jahre 1993 wirksam eingeführt. Die Abb. 22.36 zeigt die Luftraumklassifizierung und den Umfang der Flugsicherungsbetriebsdienste in den einzelnen Luftraumklassen. Die Abb. 22.37 zeigt die Bedingungen für Flüge nach Instrumenten- und Sichtflugregeln bei Nutzung der entsprechenden Luftraumklassen.

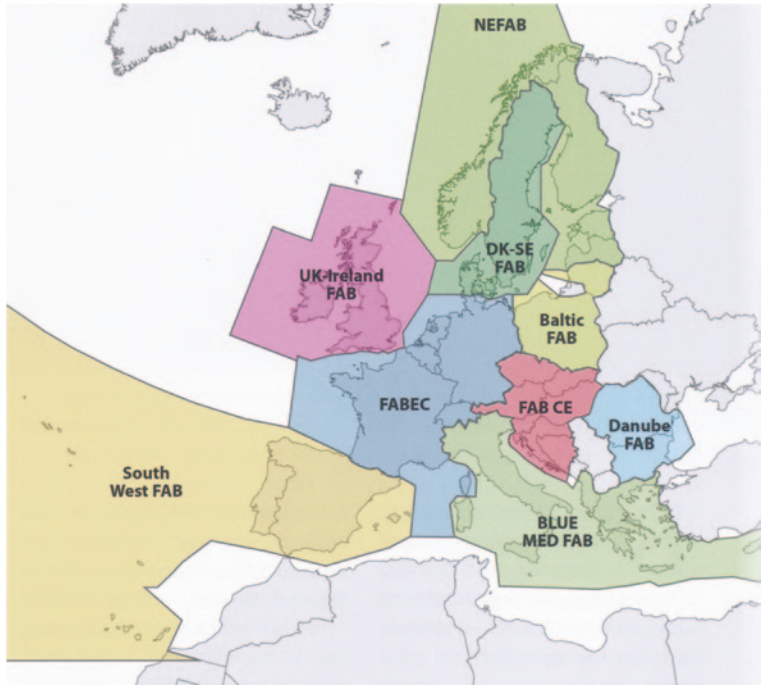


Abb. 22.35 Funktionale Luftraumblöcke im europäischen Luftraum [57]

22.12 Internationale Luftraumstrukturen

Auch internationale Luftraumstrukturen bestehen größtenteils aus den beispielhaft für den deutschen Luftraum erläuterten Elementen, die den Rahmenbedingungen der Annexe der ICAO genügen. Grundsätzlich ist die gesamte luftfahrende Welt in Fluginformationsgebiete (FIR's) eingeteilt. Innerhalb dieser Fluginformationsgebiete sind die international gültigen Luftraumklassen landesspezifisch definiert. Die Luftraumklassen legen den kontrollierten und den unkontrollierten Luftraum fest. Die Bedingungen, unter denen der Flugbetrieb stattfindet sind von den Möglichkeiten (technische Infrastruktur, Personalstruktur) der Flugsicherungsorganisationen der Nationalstaaten geprägt.

22.12.1 Ozeanische Routensysteme

Eine Besonderheit stellt der Nordatlantik dar, der meist beflogene Ozean zwischen Europa und Nordamerika. Da sich die Windverhältnisse täglich ändern, werden die flugbetrieblich günstigen Routenführungen (Tracks) in beide Richtungen (Westbound, Eastbound) alle 24 Stunden neu ermittelt und im so genannten „Nordatlantik Tracksystem" festgelegt. Diese Tracks berücksichtigen nicht nur die aktuellen Windverhältnisse, sondern auch signifikante Wetterphänomene, die für den Flugbetrieb von Bedeutung sind. Wenn das

Luftraumklassifizierung und Flugverkehrsdienste

(Quelle: Anlage 4 zu §10 Abs. 2 LuftVO)

Klassen		zugelassene Art von Flügen *)	Umfang der Dienste	Stafflung durch die Flugsicherung **)
A	KontrollierterLuftraum	nur nach IFR	Flugverkehrskontrolle	alle Luftfahrzeuge
B		nach IFR und VFR	Flugverkehrskontrolle	alle Luftfahrzeuge
C		nach IFR	Flugverkehrskontrolle	IFR von IFR und IFR von VFR
		nach VFR	1. FVK zur Stafflung von IFR 2. VFR/VFR zur Verkehrsinformation (Ausweichempfehlungen auf Anfrage)	VFR von IFR
Kontroll-zone Klasse C		gleiche Voraussetzungen / Regelungen wie im Luftraum der Klasse „C“		
D		nach IFR	FVK einschl. Verkehrsinformationen über VFR Flüge (Ausweichempfehlungen auf Anfrage)	IFR von IFR
		nach VFR	Verkehrsinformationen VFR zu IFR und VFR zu VFR (Ausweichempfehlungen auf Anfrage)	entfällt
Kontroll-zone Klasse D		gleiche Voraussetzungen / Regelungen wie im Luftraum der Klasse „D“		
E		nach IFR	FVK einschl. Verkehrsinformationen über VFR Flüge soweit möglich	IFR von IFR
		nach VFR	Verkehrsinformationen soweit möglich	entfällt
F	Unkontrollt. Luftr.	nach IFR	Flugverkehrsberatungsdienst soweit möglich	IFR von IFR soweit bekannt
		nach VFR	Fluginformationsdienst	entfällt
G		VFR	Fluginformationsdienst	entfällt

*) IFR = Flüge nach Instrumentenflugregeln
VFR = Flüge nach Sichtflugregeln
**) FVK = Flugverkehrskontrolle

Abb. 22.36 Luftraumklassifizierung und Flugsicherungsbetriebsdienste [70]

Bedingungen für Flüge nach Instrumenten-und Sichtflugregeln

(Quelle: Anlage 5 zu Absatz 2-4, § 26a Abs. 2 und §28 Abs. 1 und 2 LuftVO)

Klassen	Art der Flüge *)	Höchstgeschwindigkeit **) ***)	Sprechfunkverkehr	Flugverkehrskontrollfreigabe	Mindestwetterbedingungen für Flüge nach Sichtflugregeln **)
A	IFR	nicht vorgeschrieben	dauernde Hörbereitschaft	erforderlich	entfällt
B	IFR und VFR	nicht vorgeschrieben	dauernde Hörbereitschaft	erforderlich	in und oberhalb FL 100: Flugsicht 8 km; unterhalb FL 100: Flugsicht 5 km Abstand von den Wolken in waagerechter Richtung: 1,5 km, in senkrechter Richtung 300 m (1000 ft)
C	IFR und VFR	für VFR 250 KtsIAS unterhalb FL100	dauernde Hörbereitschaft	erforderlich	in und oberhalb FL 100: Flugsicht 8 km; unterhalb FL 100: Flugsicht 5 km Abstand von den Wolken in waagerechter Richtung: 1,5 km, in senkrechter Richtung 300 m (1000 ft)
Kontrollzone Klasse C	gleiche Voraussetzungen / Regelungen wie im Luftraum der Klasse „C“				zusätzlich: Bodensicht 5 km Hauptwolkenuntergrenze: 450 m (1500 ft) über Grund oder Wasser
D	IFR und VFR	VFR 250 KtsIAS unterhalb FL100	dauernde Hörbereitschaft	erforderlich	in und oberhalb FL 100: Flugsicht 8 km; unterhalb FL 100: Flugsicht 5 km Abstand von den Wolken in waagerechter Richtung: 1,5 km, in senkrechter Richtung 300 m (1000 ft)
Kontrollzone Klasse D	gleiche Voraussetzungen / Regelungen wie im Luftraum der Klasse „D“ mit der Ausnahme, dass in Kontrollzonen die Abstände von Wolken nicht gefordert sind (frei von Wolken)				zusätzlich: Bodensicht 5 km Hauptwolkenuntergrenze: 450 m (1500 ft) über Grund oder Wasser
E	IFR VFR	250 KtsIAS unterhalb FL100 250 KtsIAS unterhalb FL100	dauernde Hörbereitschaft entfällt	erforderlich nicht erforderlich*)	Flugsicht 8 km; Abstand von den Wolken in waagerechter Richtung: 1,5 km, in senkrechter Richtung 300 m (1000 ft)
F	IFR VFR	250 KtsIAS unterhalb FL100 250 KtsIAS unterhalb FL100	dauernde Hör-Bereitschaft soweit möglich entfällt	erforderlich nicht erforderlich*)	in und oberhalb FL 100: Flugsicht 8 km; unterhalb FL 100: Flugsicht 5 km Abstand von den Wolken in waagerechter Richtung: 1,5 km, in senkrechter Richtung 300 m (1000 ft)
G	VFR *) ausgenommen Flügen nach Sichtflugregeln bei Nacht, soweit sie über die Umgebung des Flugplatzes hinausführen	250 KtsIAS unterhalb FL100	entfällt	nicht erforderlich *)	Dauernde Erdsicht, Flugsicht 1,5 km, Wolken dürfen nicht brrührtwerden; Ausnahmen: Flüge von Drehflüglern, Luftschiff- und Ballonfahrten: dauernde Erdsicht und Flugsicht von 800 m, Wolken dürfen nicht berührt werden, ein rechtzeitiges Erkennen von Hindernissen muss möglich sein

*) IFR = Flüge nach Instrumentenflugregeln **) FL = Flugfläche
VFR = Flüge nach Sichtflugregeln ***) IAS = Angezeigte Fluggeschwindigkeit

Abb. 22.37 Bedingungen für Flüge nach Instrumenten- und Sichtflugregeln [70]

jeweilige Tracksystem festgelegt ist, wird es 24 Stunden vor Anwendung den involvierten Flugsicherungsstellen bekannt gegeben. Meist werden zwei Track-Systeme.

publiziert. Das erste betrifft den Westbound Traffic und ist gültig von 6.00 Uhr UTC morgens bis 17.00 UTC nachmittags. Das zweite Track-System betrifft den Eastbound Traffic und ist gültig für den Zeitraum von 7.00 Uhr UTC morgens bis 16.00 Uhr UTC nachmittags. Die aktuellen Streckenführungen ändern sich täglich. Zur Kennzeichnung sind die Tracks mit Buchstaben bezeichnet. Das Schema benutzt die Buchstaben von A (Alpha) bis K (Kilo), wobei der nördlichste Track als Track Alpha, der südlichste Track als Track Kilo bezeichnet wird. Am späten Nachmittag werden die Eastbound Tracks von U (Uniform) bis Z (Zulu) benannt. Dabei trägt der nördlichste Track den Namen Uniform. Die Positionsreporte der Flugzeugführer an die Flugsicherungsstellen sind bei den jeweiligen Überflügen der Längengrade vorgesehen, und zwar in Intervallen von 10 Grad. Die Separation der Flugzeuge erfolgt lateral und longitudinal. Die laterale Separation basiert auf der MNPS Ausrüstung der Flugzeuge und beträgt normalerweise 60 NM. Bei fehlerhaften Navigationssystemen und unter bestimmten Bedingungen kann die Separation auf 120 NM erhöht werden. Die longitudinale Separation ist maßgeblich von den Möglichkeiten der Geschwindigkeitsmessung an Bord der Flugzeuge abhängig. Falls zwei, den gleichen Track benutzende, hintereinander fliegende Flugzeuge nach Mach fliegen, kann die Separation unter bestimmten Gegebenheiten bis auf 5 min reduziert werden [82]. Die Abb. 22.38 und 22.39 zeigen beispielhaft Nordatlantik Tracksysteme.

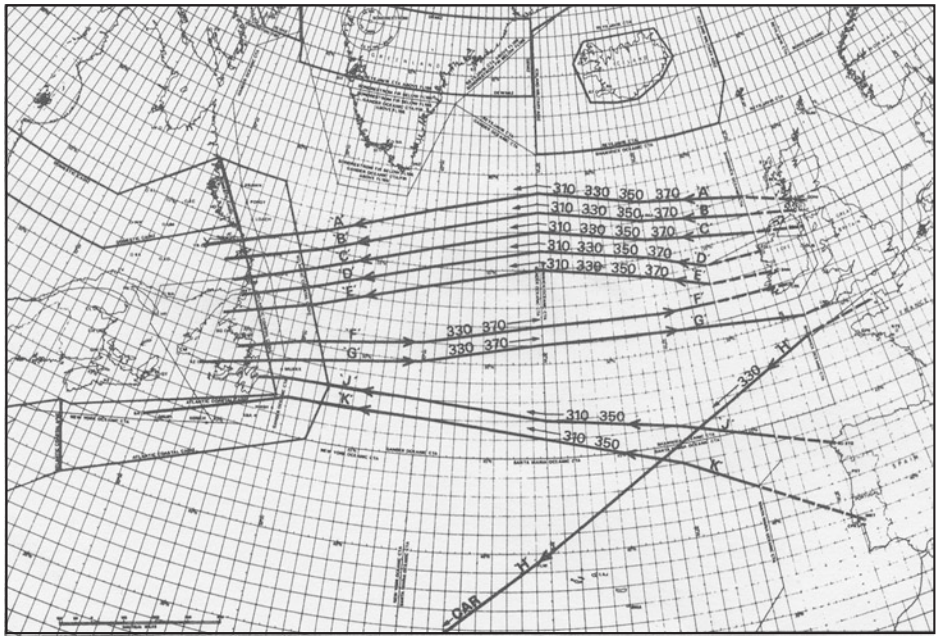


Abb. 22.38 Nordatlantik Track System – Westbound Traffic [163]

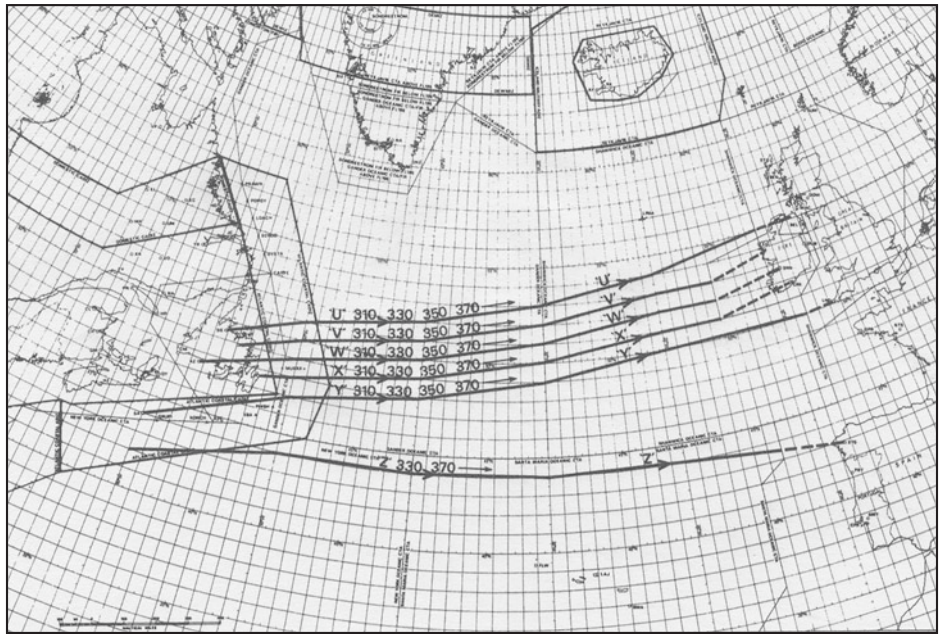


Abb. 22.39 Nordatlantik Track System – Eastbound Traffic [163]

22.12.2 Future Air Navigation System (FANS)

Der Begriff Future Air Navigation System (FANS) steht für die Luftfahrtnavigation der Zukunft, um den Luftraum effektiver nutzen zu können und das prognostizierte Verkehrswachstum bewältigen zu können. Dabei wurden verschiedene Generationen von FANS-Standards definiert. Zentraler Bestandteil der Standards ist GPS zur Positionsbestimmung. Der FANS-Standard sieht außerhalb der UKW-Reichweite die Nutzung von Inmarsat vor. Das FANS-Konzept (ICAO) wurde von den Flugzeugherstellern Boeing und Airbus übernommen. Boeings FANS-Implementierung wird als FANS1 Paket bezeichnet. Airbus benutzt die Bezeichnung FANS-A und FANS-A + . Die Weiterentwicklungen laufen unter den Namen FANS-2 (Boeing) und FANS-B (Airbus). Die von Flugsicherungsorganisationen entwickelten Bodensysteme, FANS 1/A, sind als Standards veröffentlicht und haben der Begriff CNS/ATM (Communication, Navigation, Surveillance/Air Traffic Management) geprägt. Folgende Funktionen charakterisieren die FANS Standards:

- Airline Operational Control (AOC) Data Link,
  Der AOC Data Link stellt Datensysteme bereit, die neue Routen, Positionsmeldungen, aktuelle Windvorhersagen etc. über ein Datenfunknetz übermitteln.
- Automatic Dependent Surveillance (ADS).

Die ADS Funktion stellt die jeweilige Flugzeugposition via Satellit oder Datenfunk anderen Flugzeugen oder der Flugsicherung zur Verfügung.

- Air Traffic Control (ATC) Data Link.
  Der ATC Data Link ersetzt Sprechfunkkontakte bis hin zum Flugplan.
- Global Positioning System (GPS) Integration.
  GPS ermöglicht die genaue Positionsbestimmung bis hin zu GBAS gestützten Landungen.
- Required Navigation Performance (RNP).
  RNP Kriterien definieren die Genauigkeit, Zuverlässigkeit, Integrität und Verfügbarkeit von Navigationsdaten.
- Required Time of Arrival (RTA).
  RTA ermöglicht den Flugzeugführern, Wegpunkte zeitgenau zu erfliegen. Die notwendige Geschwindigkeit wird mit einer Genauigkeit von ± 30 Sekunden automatisch angepasst.

22.13 Regeln im Luftverkehr

Luftfahrzeuge dienen als Verkehrsmittel zur Bewältigung unterschiedlichster Flug- bzw. Transportaufgaben. Der Gesetzgeber versteht unter dem Begriff Luftfahrzeuge nach § 1 (2) LuftVG [67] Flugzeuge (Starrflügler), Hubschrauber (Drehflügler), Luftschiffe, Segelflugzeuge, Motorsegler, Frei- und Fesselballone, Drachen, Fallschirme, Flugmodelle, Luftsportgeräte und sonstige, für die Benutzung des Luftraums bestimmte Geräte sofern sie in Höhen von mehr als 30 m über Grund oder Wasser betrieben werden können. Raumfahrzeuge, Raketen u. ä. Flugkörper gelten als Luftfahrzeuge, solange sie sich im Luftraum befinden.

Die Luftfahrzeuge stellen sowohl aufgrund der Unterschiedlichkeit der Flug- bzw. Transportaufgabe als auch der Unterschiedlichkeit des Leistungsvermögens bzw. der Flugeigenschaften differenzierte Forderungen an die Luftraumnutzung. Alle diese Besonderheiten sind bei der Abfassung von Regeln und Verfahren, aber auch bei der Bereitstellung von flugsicherungsmäßigen Dienstleistungen zu berücksichtigen.

Die Grundregeln im Luftverkehr [70] definieren das Verhalten der Teilnehmer am Luftverkehr, die Verantwortlichkeiten, Rechte und Pflichten der Luftfahrzeugführer, die Flugvorbereitung, die Anwendung der Flugregeln und auch die Anzeige von Flugunfällen und sonstiger Störungen. Im der LuftVO [70] heißt es:

„Jeder Teilnehmer am Luftverkehr hat sich so zu verhalten, dass Sicherheit und Ordnung im Luftverkehr gewährleistet sind und kein anderer gefährdet, geschädigt oder mehr als nach den Umständen unvermeidbar behindert oder belästigt wird." (§ 1 (1))

„Der Lärm der bei dem Betrieb eines Luftfahrzeuges verursacht wird, darf nicht stärker sein, als es die ordnungsgemäße Führung und Bedienung unvermeidbar erfordert" (§ 1 (2))

„Wer infolge des Genusses alkoholischer Getränke oder anderer berauschender Mittel oder infolge geistiger oder körperlicher Mängel in der Wahrnehmung der Aufgaben

eines Luftfahrzeuges oder sonst als Mitglied der Besatzung behindert ist, darf kein Luftfahrzeug führen und nicht als anderes Besatzungsmitglied tätig sein“ (§ 1 (3)).

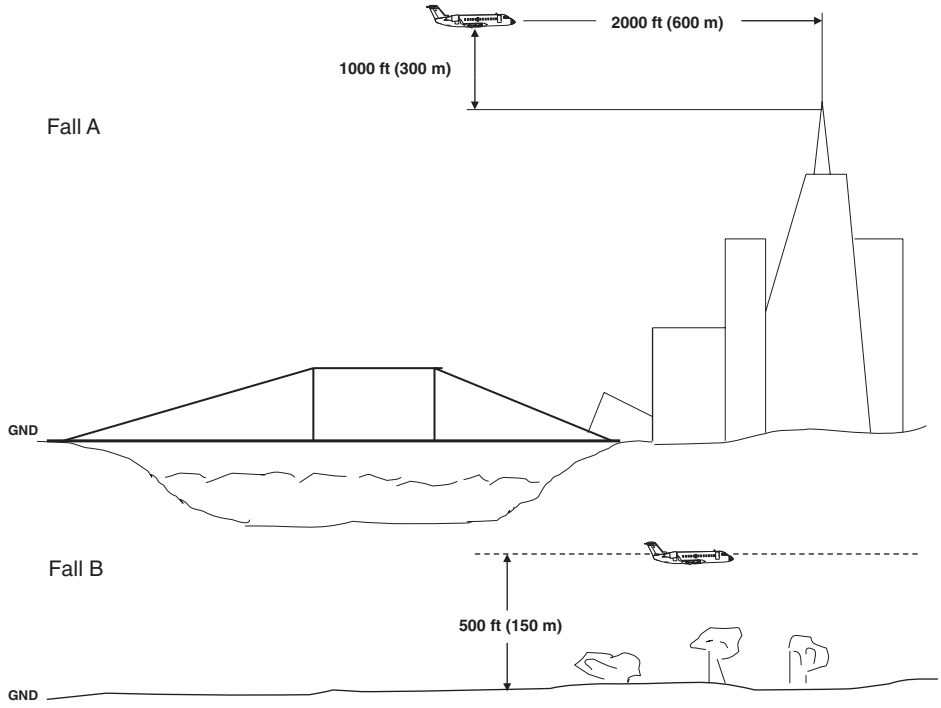
22.13.1 Sicherheitsmindesthöhen

Die Einhaltung von Sicherheitsmindesthöhen durch den Luftfahrzeugführer dient zum einen der Vermeidung von Kollisionen mit Hindernissen am Boden, zum anderen aber auch der Vermeidung unnötiger Lärmbelästigung über besiedelten Gebieten.

Die Abb. 22.40 zeigt die Sicherheitsmindesthöhen für Luftfahrzeuge die über Städten, dicht besiedelten Gebieten und Menschenansammlungen, sowie in allen übrigen Fällen einzuhalten sind.

Im § 6 LuftVO [70] heißt es:

1) Die Sicherheitsmindesthöhe darf nur unterschritten werden, soweit es bei Start und Landung notwendig ist. Die Sicherheitsmindesthöhe ist die Höhe, bei der weder



A) über Städten, dicht besiedelten Gebieten und Menschenansammlungen,

B) in allen übrigen Fällen bzw. vgl. 3)

Abb. 22.40 Sicherheitsmindesthöhen für Luftfahrzeuge

eine unnötige Lärmbelästigung, noch im Falle einer Notlandung eine unnötige Gefährdung von Personen und Sachen zu befürchten ist, mindestens jedoch über Städten, anderen dichtbesiedelten Gebieten und Menschenansammlungen eine Höhe von 300 m (ca. 1.000 ft) über dem höchsten Hindernis in einem Umkreis von 600 m, in allen übrigen Fällen eine Höhe von 150 m (ca. 500 ft) über Grund oder Wasser. Segelflugzeuge Hängegleiter und Gleitsegel können die Höhe von 150 m auch unterschreiten, wenn die Art des Betriebes dies notwendig macht und eine Gefahr für Personen und Sachen nicht zu befürchten ist.

2) Brücken und ähnliche Bauten sowie Freileitungen und Antennen dürfen nicht unterflogen werden.
3) Überlandflüge nach Sichtflugregeln mit motorgetriebenen Luftfahrzeugen sind in einer Höhe von mindestens 600 m (2.000 ft) über Grund oder Wasser durchzuführen, soweit nicht aus Sicherheitsgründen (vgl. 2) eine größere Höhe einzuhalten ist. Überlandflüge in einer geringeren Höhe als 600 m (2.000 ft) über Grund oder Wasser dürfen unter Beachtung der angeführten Vorschriften angetreten oder durchgeführt werden, wenn die Einhaltung sonstiger Vorschriften und Festlegungen nach dieser Verordnung, insbesondere die Einhaltung der geltenden Luftraumordnung, der Sichtflugregeln oder von Flugverkehrskontrollfreigaben eine geringere Höhe erfordert.
4) Für Flüge zu besonderen Zwecken kann die örtliche zuständige Luftfahrtbehörde des Landes Ausnahmen zulassen.
5) Militärische Tiefflüge und die Einsatzflüge des Bundesgrenzschutzes, des Zivil- und Katastrophenschutzes und der Polizei der Länder sind von diesen Regelungen ausgenommen.

22.13.2 Vermeidung von Kollisionen

Der § 12 (1,2) LuftVO [70] bestimmt, dass der Luftfahrzeugführer zur Vermeidung von Kollisionen zu anderen Luftfahrzeugen, anderen Fahrzeugen und sonstigen Hindernissen einen ausreichenden Abstand einzuhalten haben. Im Fluge, ausgenommen bei Start und Landung, ist zu einzelnen Bauwerken oder anderen Hindernissen ein Mindestabstand von 150 m einzuhalten. Die Verpflichtung gilt auch dann, wenn eine Flugverkehrskontrolle tätig ist. Luftfahrzeuge dürfen im Verband nur nach vorangegangener Vereinbarung der Luftfahrzeugführer geflogen werden.

22.13.3 Ausweichregeln

Sollten sich zwei Luftfahrzeuge in einer Weise einander nähern, die zu einer Kollision führen könnte, so sind von den betroffenen Luftfahrzeugen definierte Ausweichmanöver auszuführen.

Abgestellt ist bei den Regeln auf die Beweglichkeit, d. h. die Manövrierfähigkeit der Luftfahrzeuge und auf die Flugphase, in der sich die Luftfahrzeuge gerade befinden. Auszuweichen hat somit, global gesprochen, jeweils das Luftfahrzeug, das das größere Manövrierpotential besitzt.

§ 13 der LuftVO [70] schreibt vor:

1) Luftfahrzeuge, die sich im Gegenanflug einander nähern, haben, wenn die Gefahr einer Kollision besteht, nach rechts auszuweichen. Abbildung 22.41 zeigt das Ausweichmanöver bei Luftfahrzeugen im Gegenanflug.
2) Kreuzen sich die Flugrichtungen zweier Luftfahrzeuge in nahezu gleicher Höhe, so hat das Luftfahrzeug, das von links kommt, auszuweichen. Jedoch haben stets auszuweichen:
   1. motorgetriebene Luftfahrzeuge, die schwerer als Luft sind, den Luftschiffen, Segelflugzeugen, Hängegleitern, Gleitsegeln und Ballonen;
   2. Luftschiffe den Segelflugzeugen, Hängegleitern, Gleitsegeln und Ballonen;
   3. Segelflugzeuge den Hängegleitern, Gleitsegeln und Ballonen;
   4. motorgetriebene Luftfahrzeuge den Luftfahrzeugen, die andere Luftfahrzeuge oder Gegenstände erkennbar schleppen.

   Motorsegler, deren Motor nicht in Betrieb ist, gelten bei Anwendung der Ausweichregeln als Segelflugzeuge. Abbildung 22.42 zeigt die Ausweichregel bei sich kreuzenden Flugrichtungen zweier Luftfahrzeuge.
3) Überholt ein Luftfahrzeug ein anderes, so hat das überholende Luftfahrzeug, auch wenn es steigt oder sinkt, den Flugweg des anderen zu meiden und seinen Kurs nach rechts zu ändern.

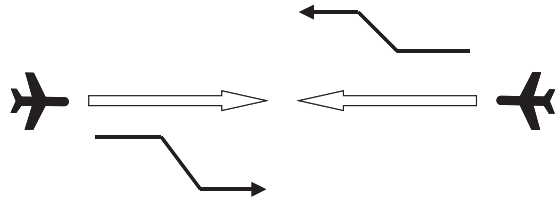


Abb. 22.41 Ausweichregel für Luftfahrzeuge im Gegenanflug

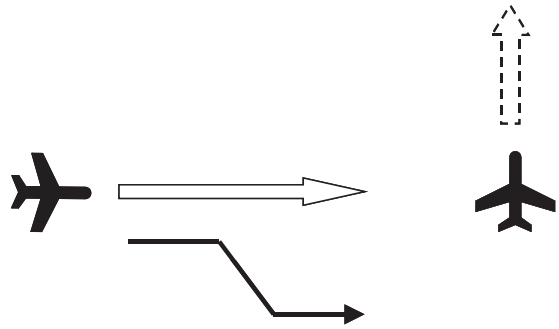


Abb. 22.42 Ausweichregel bei sich kreuzenden Flugrichtungen zweier Luftfahrzeuge

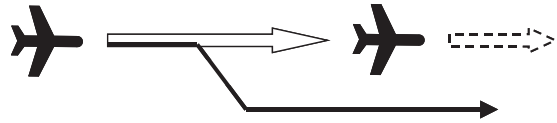


Abb. 22.43 Ausweichregel bei sich überholenden Luftfahrzeugen

Ein Luftfahrzeug überholt ein anderes, wenn es sich dem anderen von rückwärts in einer Flugrichtung nähert, die einen Winkel von weniger als 70 Grad zu der Flugrichtung des anderen bildet. Bei Nacht ist dieses Verhältnis der Flugrichtungen zueinander anzunehmen, wenn die vorgeschriebenen roten und grünen Positionslichter des Luftfahrzeugs nicht gesehen werden können. Abbildung 22.43 zeigt die Ausweichregel bei sich überholenden Luftfahrzeugen.

4) Luftfahrzeugen im Endteil des Landeanflugs und landenden Luftfahrzeugen ist auszuweichen.
5) Von mehreren einen Flugplatz gleichzeitig zur Landung anfliegenden Luftfahrzeugen, die schwerer als Luft sind, hat das höher fliegende dem tiefer fliegenden Luftfahrzeug auszuweichen. Jedoch haben motorgetriebene Luftfahrzeuge, die schwerer als Luft sind, anderen Luftfahrzeugen in jedem Fall auszuweichen. Ein tiefer fliegendes Luftfahrzeug darf ein anderes Luftfahrzeug, das sich im Endteil des Landeanflugs befindet, nicht unterschneiden oder überholen.
6) Ein Luftfahrzeug darf nur dann starten, wenn keine Gefahr einer Kollision besteht.
7) Ein Luftfahrzeug hat einem anderen Luftfahrzeug, das erkennbar in seiner Manövrierbarkeit behindert ist, auszuweichen.
8) Ein Luftfahrzeug, das nach den Absätzen 1 bis 5 und 7 nicht auszuweichen oder seinen Kurs zu ändern hat, muss seinen Kurs und seine Geschwindigkeit beibehalten, bis eine Kollisionsgefahr ausgeschlossen ist.
9) Die Vorschriften über die Ausweichregeln entbinden die beteiligten Luftfahrzeugführer nicht von ihrer Verpflichtung so zu handeln, dass ein Zusammenstoß vermieden wird. Dies gilt auch für Ausweichmanöver, die auf Empfehlungen beruhen, welche von einem bordseitigen Kollisionswarngerät gegeben werden.

Ein Luftfahrzeug, das nach Absätzen 2 bis 5 und 7 einem anderen Luftfahrzeug ausweichen oder dessen Flugweg meiden und seinen Kurs ändern muss, darf das andere Luftfahrzeug nur in einem Abstand überfliegen, unterfliegen oder an diesem vorbeifliegen, der eine Gefährdung oder Behinderung dieses Luftfahrzeugs ausschließt.

22.13.4 Sichtflugregeln in den Lufträumen mit der Klassifizierung B bis G

Flüge nach Sichtflugregeln in den Lufträumen der Klassen B bis G sind so durchzuführen, dass die jeweiligen Mindestwerte für die Flugsicht und die Abstände von den Wolken nicht unterschritten werden. Die Flugsicht ist die Sicht in Flugrichtung aus dem Cockpit eines sich im Flug befindlichen Luftfahrzeuges.

In Kontrollzonen dürfen Flüge nach Sichtflugregeln nur durchgeführt werden, wenn die für Kontrollzonen jeweils zusätzlich aufgeführten Mindestwetterbedingungen für Bodensicht und die Hauptwolkenuntergrenze gegeben sind. Die Bodensicht ist die Sicht auf einem Flugplatz, wie sie von einer amtlich dazu beauftragten Person festgestellt wird. Die Hauptwolkenuntergrenze ist die Untergrenze der niedrigsten Wolkenschicht über Grund oder Wasser, die mehr als die Hälfte des Himmels bedeckt und unterhalb von 6.000 m (20.000 ft) liegt.

Für Kontrollzonen der Klasse D und für bestimmte Teile von anderen Lufträumen kann das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung andere als die vorgeschriebenen Mindestwerte für Flugsicht, Abstand von den Wolken, Bodensicht oder Hauptwolkenuntergrenze festlegen, wenn eine Beeinträchtigung der öffentlichen Sicherheit und Ordnung, insbesondere die Sicherheit des Luftverkehrs, nicht zu erwarten ist.

Wenn die jeweils vorgeschriebenen Mindestwerte innerhalb einer Kontrollzone nicht gegeben sind, dürfen nach Sichtflugregeln betriebene Luftfahrzeuge nur dann auf einem in der Kontrollzone gelegenen Flugplatz starten, landen, oder in die Kontrollzone einfliegen, wenn die zuständige Flugverkehrskontrollstelle hierzu eine Flugverkehrskontrollfreigabe für einen Sonderflug nach Sichtflugregeln erteilt hat. (LuftVO, § 28) [70]

Bei Flügen nach Sichtflugregeln über Wolkendecken muss:

- die Flughöhe mindestens 300 m (ca. 1.000 ft) über Grund oder Wasser betragen, und die Flugsicht sowie der Abstand von den Wolken (LuftVO, § 28) [70] nach den Werten für den Luftraum der Klasse E eingehalten werden;
- der Luftfahrzeugführer muss in der Lage sein, den geplanten Flugweg einzuhalten;
- der Anflug zum Zielflugplatz und die Landung muss bei Verhältnissen, bei denen nach Sichtflugregeln geflogen werden darf, ausgeführt werden;
- der Luftfahrzeugführer muss die Berechtigung zur Ausübung des Funksprechverkehrs besitzen (LuftVO, § 32) [70].

Sichtflüge bei Nacht werden ebenfalls nach den oben genannten Regeln durchgeführt. Als Nacht gilt der Zeitraum zwischen einer halben Stunde nach Sonnenuntergang und einer halben Stunde vor Sonnenaufgang. Flüge nach Sichtflugregeln bei Nacht mit Luftsportgeräten, ausgenommen einsitzige Sprungfallschirme, sind nicht erlaubt. (LuftVO, § 33) [70].

22.13.5 Instrumentenflugregeln

Für Luftfahrzeuge, die nach Instrumentenflugregeln fliegen, beträgt die Sicherheitsmindesthöhe, außer bei Start und Landung, mindestens 300 m (ca. 1.000 ft) über dem höchsten Hindernis, von der sie weniger als 8 km entfernt sind (LuftVO, § 36). [70]

Für Start und Landung gelten gesonderte Regeln, die fallspezifisch den An- und Abflugkarten der Flugplätze zu entnehmen sind.

Ein Übergang von Instrumentenflugregeln zum Flug nach Sichtflugregeln und umgekehrt während des Fluges ist möglich.

Der Luftfahrzeugführer muss die Flugverkehrskontrolle darüber informieren. Er darf nur in den Sichtflug übergehen, wenn die entsprechenden Sichtflugregeln eingehalten werden können (LuftVO, § 40). [70]

22.13.6 Signale und Zeichen

Zu den allgemeinen Regeln gehört auch die Festlegung von Signalen und Zeichen. Befindet sich ein Luftfahrzeug in einer Notlage, so darf der Luftfahrzeugführer jedes verfügbare Mittel benutzen, um Aufmerksamkeit zu erregen, seinen Standort mitzuteilen oder auch um Hilfe anzufordern. Je nach Art der Notlage ist zwischen Notsignalen und Dringlichkeitssignalen zu unterscheiden.

In Abhängigkeit seiner technischen Möglichkeiten kann der Luftfahrzeugführer bei unmittelbarer Gefahr durch folgende Notsignale sofortige Hilfe anfordern:

1. durch Tastfunk o.ä., ein Signal, das aus der Gruppe SOS des Morsealphabets besteht;
2. durch Sprechfunk, d. h. durch das gesprochene Wort MAYDAY;
3. durch einzeln und in kurzen Zeitabständen abgefeuerte rot leuchtende Raketen oder Leuchtkugeln;
4. durch einen Leuchtfallschirm mit rotem Licht.

Ein Dringlichkeitssignal wird abgegeben, wenn sich das Luftfahrzeug in einer schwierigen Lage befindet, die es zur Landung zwingt, jedoch keine sofortige Hilfeleistung erfordert. Hierzu eignen sich:

1. das wiederholte Ein- und Ausschalten der Landescheinwerfer;
2. das wiederholte Ein- und Ausschalten der Positionslichter derart, dass sie nicht mit Positionslichtern, die als Blinklichter eingerichtet sind, verwechselt werden können; Bei Abgabe einer dringenden Meldung über die Sicherheit eines Luftfahrzeuges oder über Personen an Bord besteht die Möglichkeit,

   a) über Tastfunk ein Signal abzugeben, das aus Gruppe XXX des Morsealphabets besteht,
   b) über Sprechfunk ein Signal abzugeben, das aus dem gesprochenen Wort PAN PAN besteht.

Auch vom Boden aus kann der Luftfahrzeugführer gewarnt werden. Eine Folge von Leuchtgeschossen, die in Abständen von 10 Sekunden abgefeuert werden und von denen sich

jedes in rote und grüne Lichter oder Sterne zerlegt, zeigt dem Luftfahrzeugführer an, dass er in einem Gefahrengebiet (Danger Area), unbefugt in einem Gebiet mit Flugbeschränkungen (Restricted Area) oder in einem Luftsperrgebiet (Prohibited Area) fliegt oder im Begriff ist, in eines dieser Gebiete einzufliegen und dass er Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen hat. Diese Signale können entweder vom Boden, oder von einem anderen Luftfahrzeug aus abgegeben werden (§ 21 LuftVO, Anlage 2, §§ 1–4). [70]

22.13.7 Signale für den Flugplatzverkehr

Obwohl die Luftfahrzeuge über eine teilweise unterschiedliche Ausrüstung verfügen, insbesondere was die Kommunikationstechnik betrifft, und ein Großteil der Flugplätze nicht über eine Flugverkehrskontrolle verfügt, muss dennoch gewährleistet sein, dass der Flugplatzverkehr sicher abgewickelt werden kann.

Dazu dienen zum einen eindeutige Lichtsignale unterschiedlicher Farbgebung als auch Bodensignale, die auf den Flugbetriebsflächen oder dem Signalfeld ausgelegt werden und aus der Luft gut zu erkennen sind. Auf ein Luftfahrzeug im Fluge gerichtete Lichtsignale bedeuten:

- Grünes Dauersignal: Landung freigegeben,
- Rotes Dauersignal: Platzrunde fortsetzen, ein anderes Luftfahrzeug hat Vorrang,
- Grünes Blinksignal: zwecks Landung zurückkehren oder Anflug fortsetzen (Lande- und Rollfreigabe abwarten),
- Rotes Blinksignal: nicht landen, Flugplatz unbenutzbar,
- Weißes Blinksignal: landen und zum Vorfeld rollen (Lande- und Rollfreigabe abwarten),
- Rote Feuerwerkskörper: ungeachtet aller früheren Anweisungen und Freigaben z. Zt. nicht landen.

Auf ein Luftfahrzeug am Boden gerichtete Lichtsignale bedeuten:

- Grünes Dauersignal: Start freigegeben,
- Rotes Dauersignal: Halt,
- Grünes Blinksignal: Rollen freigegeben,
- Rotes Blinksignal: benutzte Landefläche freimachen,
- Weißes Blinksignal: zum Ausgangspunkt auf dem Flugplatz zurückkehren.

Der anfliegende Luftfahrzeugführer bestätigt den Empfang der Lichtsignale:

- zwischen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang durch wechselweise Betätigung der Querruder, es sei denn, das Flugzeug befindet sich im Quer- oder Endanflug zur Landung,

- zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang durch zweimaliges Ein- und Ausschalten der Landescheinwerfer oder der Positionslichter.

Empfängt ein Luftfahrzeugführer am Boden die für ihn bestimmten Signale, so bestätigt er diese:

- zwischen Sonnenaufgang und Sonnenuntergang durch Bewegen der Querruder oder Seitenruder,
- zwischen Sonnenuntergang und Sonnenaufgang durch zweimaliges Ein- und Ausschalten der Landescheinwerfer oder der Positionslichter (§ 21 LuftVO, Anlage 2, § 5). [70]

Die Bodensignale dienen im wesentlichen zur Kenntlichmachung der Benutzbarkeit bzw. des Zustands der Flugbetriebsflächen und geben die Anweisungen zur einheitlichen Durchführung des Flugbetriebs am Flugplatz. Dabei ist zu unterscheiden zwischen:

Landeverbot (vgl. Abb. 22.44)

Signal: Ein in der Signalfläche ausgelegtes waagerechtes quadratisches rotes Feld mit zwei gelben Diagonalstreifen.
Bedeutung: Landeverbot für längere Zeit.

Besondere Vorsicht beim Landeanflug und bei der Landung (vgl. Abb. 22.45)

Signal: Ein in der Signalfläche ausgelegtes waagerechtes quadratisches rotes Feld mit einem gelben Diagonalstreifen.
Bedeutung: Beim Landeanflug und bei der Landung ist wegen des schlechten Zustandes des Rollfeldes oder aus anderen Gründen besondere Vorsicht geboten.

Benutzung der Start- und Landebahnen und der Rollbahnen (vgl. Abb. 22.46, 22.47)

Signal: eine in der Signalfläche ausgelegte waagerechte weiße Fläche in Form einer Hantel.

Abb. 22.44 Bodensignal für den Flugplatzverkehr (Landeverbot)

Abb. 22.45 Bodensignal für den Flugplatzverkehr (Besondere Vorsicht beim Landeanflug und bei der Landung)

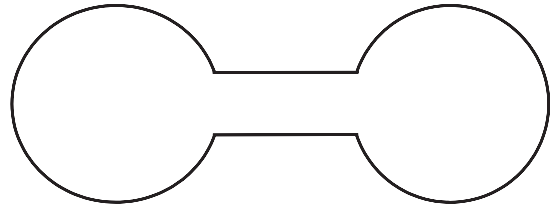


Abb. 22.46 Bodensignal für den Flugplatzverkehr (Benutzung der Start- und Landebahnen und der Rollbahnen)

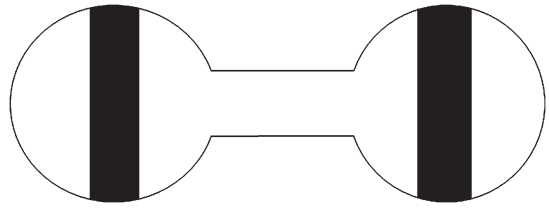


Abb. 22.47 Bodensignal für den Flugplatzverkehr (Benutzung der Start- und Landebahnen und der Rollbahnen)

Bedeutung: Zum Starten, Landen und Rollen dürfen nur Start- und Landebahnen und Rollbahnen benutzt werden.

Signal: eine in der Signalfläche ausgelegte waagerechte weiße Fläche in Form einer Hantel mit je einem schwarzen Streifen in den kreisförmigen Flächenteilen, wobei die Streifen im rechten Winkel zur Längsachse der Fläche liegen.

Bedeutung: Zum Starten und Landen dürfen nur die Start- und Landebahnen benutzt werden, Rollbewegungen sind nicht auf Start- und Landebahnen oder Rollbahnen beschränkt.

Unbenutzbarkeit des Rollfeldes (vgl. Abb. 22.48)

Signal: Auf dem Rollfeld ausgelegte Kreuze in weißer oder anderer auffallender Farbe.

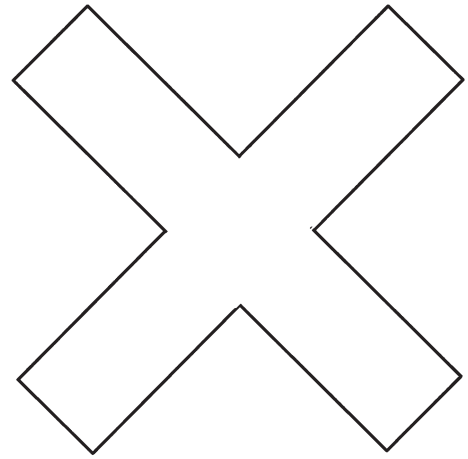


Abb. 22.48 Bodensignal für den Flugplatzverkehr (Unbenutzbarkeit des Rollfeldes)

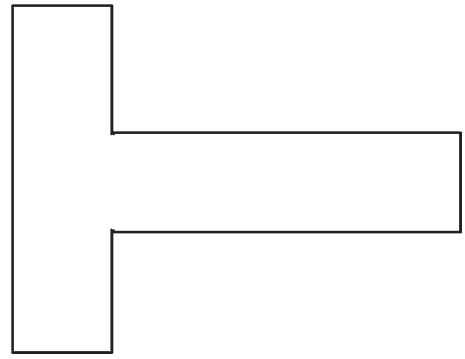


Abb. 22.49 Bodensignal für den Flugplatzverkehr (Anweisungen für Start und Landung)

Abb. 22.50 Bodensignal für den Flugplatzverkehr (Anweisungen für Start und Landung)

Bedeutung: Der durch die Kreuze bezeichnete oder begrenzte Teil des Rollfeldes ist nicht benutzbar.

Anweisungen für Start und Landung (vgl. Abb. 22.49, Abb. 22.50 und Abb. 22.51)

Signal: Ein weißes oder orangefarbenes „T“ (Lande-T), das bei Nacht entweder beleuchtet oder durch weiße Lichter dargestellt ist.

Abb. 22.51 Bodensignal für den Flugplatzverkehr (Anweisungen für Start und Landung)

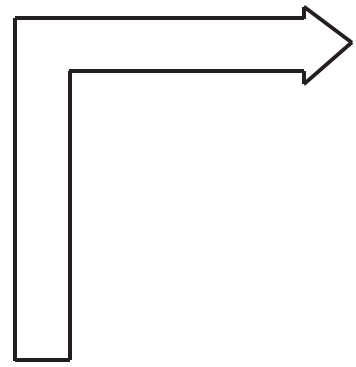


Abb. 22.52 Bodensignal für den Flugplatzverkehr (Richtungsänderung nach rechts nach dem Start und vor der Landung)

Bedeutung: Starts und Landungen sind parallel zum Längsbalken des Lande-T in Richtung auf den Querbalken durchzuführen.

Signal: Ein liegendes Tetraeder, das, von der Grundfläche in Richtung auf die Spitze gesehen, auf der linken Seite orangefarbig oder schwarz, auf der rechten Seite weiß oder aluminiumfarbig ist und das bei Nacht, von der Grundfläche in Richtung auf die Spitze gesehen, durch auf der Mittellinie und der rechten Begrenzung angebrachte grüne Lichter und durch auf der linken Begrenzung angebrachte rote Lichter dargestellt ist.

Bedeutung: Starts und Landungen sind in der Richtung auszuführen, in die die Spitze des Tetraeders zeigt.

Signal: Eine zweistellige Zahl auf einer Tafel, die am Kontrollturm oder in dessen Nähe senkrecht angebracht ist.

Bedeutung: Angabe der Startrichtung, abgerundet auf die nächstliegenden zehn Grad der mißweisenden Kompassrose.

Richtungsänderung nach rechts nach dem Start und vor der Landung (vgl. Abb. 22.52 und 22.53)

Signal: Ein in der Signalfläche oder am Ende der Start- und Landebahn oder des Schutzstreifens waagerecht ausgelegter und nach rechts abgewinkelter Pfeil in auffallender Farbe.

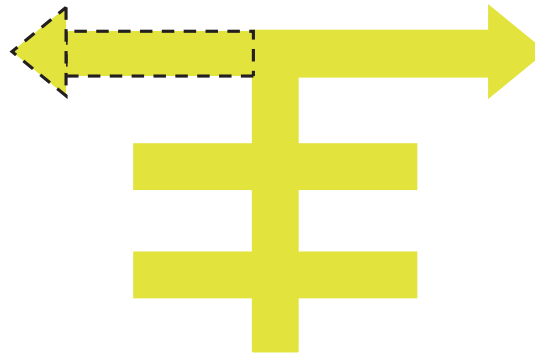


Abb. 22.53 Bodensignal für den Flugplatzverkehr (Getrennte Platzrunde für motorgetriebene Luftfahrzeuge und Segel-flugzeuge)

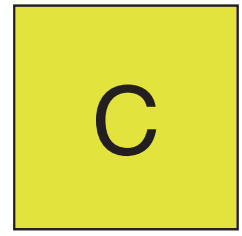


Abb. 22.54 Bodensignal für den Flugplatzverkehr (Abgabe von Flugsicherungsmeldungen)

Bedeutung: Nach dem Start und vor der Landung sind Richtungsänderungen nur nach rechts erlaubt.

Signal: Ein in der Signalfläche oder am Ende der Start- und Landebahn oder des Schutzstreifens in Start- und Landerichtung ausgelegtes, mit einem nach rechts oder links abgewinkelten Pfeil versehenes Doppelkreuz von auffallender Farbe.

Bedeutung: Getrennte Platzrunde für motorgetriebene Luftfahrzeuge und Segelflugzeuge. Nach dem Start und vor der Landung sind Richtungsänderungen für motorgetriebene Luftfahrzeuge nur in Pfeilrichtung, für Segelflugzeuge nur entgegengesetzt erlaubt.

Abgabe von Flugsicherungsmeldungen (vgl. Abb. 22.54)

Signal: Der Buchstabe "C" in schwarz auf einer senkrecht angebrachten gelben Tafel.
Bedeutung: Abgabe von Flugsicherungsmeldungen

Segelflugbetrieb (vgl. Abb. 22.55)

Signal: Ein in der Signalfläche waagerecht ausgelegtes weißes Doppelkreuz.
Bedeutung: Am Flugplatz wird Segelflug durchgeführt.

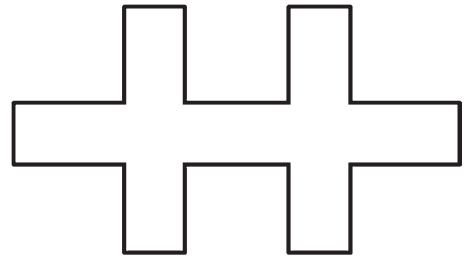


Abb. 22.55 Bodensignal für den Flugplatzverkehr (Segelflugbetrieb)

22.14 Flugsicherungsverfahren

22.14.1 Staffelungsverfahren

Staffelungsverfahren dienen dazu, zwischen den einzelnen Luftfahrzeugen eine räumliche Separation herzustellen und einzuhalten, um Kollisionen zwischen den Luftfahrzeugen zu vermeiden. Während im Sichtflugbetrieb (VFR-Betrieb) das Prinzip „Sehen und gesehen werden" gilt, und entsprechende Sichtflugregeln Anwendung finden, ist dies im Instrumentenflugbetrieb (IFR-Betrieb) nicht möglich. Hier werden die nachfolgend erläuterten Staffelungsverfahren angewandt, wobei eine grundsätzliche Unterscheidung zwischen konventioneller und radargestützter Staffelung vorgenommen wird.

22.14.2 Startende und landende Flugzeuge

Für die Staffelung zwischen startenden u./o. landenden Flugzeugen ist die Konfiguration des Start- und Landebahnsystems von Bedeutung. So wird für Flugzeuge, die die gleiche Start- und Landebahn benutzen, wie folgt verfahren:

- Bei startenden Flugzeugen muss sichergestellt sein, dass sie ihren Startlauf nicht beginnen, bevor entweder das zuvor gestartete Flugzeug das Ende der Startbahn überflogen oder abgehoben und eine Kurve eingeleitet hat bzw. ein zuvor gelandetes Flugzeug die Landebahn verlassen hat (Abb. 22.56).
- Bei landenden Flugzeugen muss sichergestellt sein, dass sie die Landebahnschwelle nicht überfliegen, bevor entweder das zuvor gestartete Flugzeug das Ende der Startbahn überflogen oder abgehoben und eine Kurve eingeleitet hat bzw. ein zuvor gelandetes Flugzeug die Landebahn verlassen hat.
- Eine herabgesetzte Staffelung darf angewandt werden, wenn es sich bei dem nachfolgend landenden oder startenden Flugzeug um ein Flugzeug mit Kolben- oder Propellerturbinentriebwerk handelt, das über Luftschrauben mit Blattverstellung verfügt.

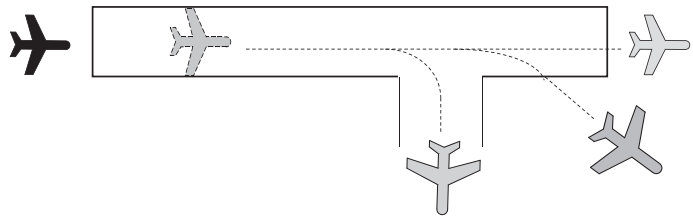


Abb. 22.56 Staffelung startender und landender Flugzeuge auf gleicher Start-/Landbahn

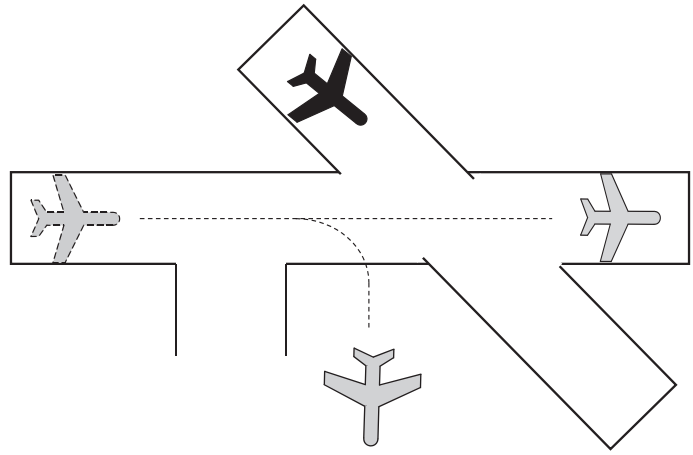


Abb. 22.57 Staffelung startender und landender Flugzeuge auf einem Kreuzbahnsystem

Für Flugzeuge auf parallelen Start- und Landebahnen ist der Abstand der Bahnen zueinander und die Lage der Schwellen (gleiche Lage oder versetzte Schwellen) von Bedeutung. Gleichzeitiger bzw. quasi gleichzeitiger und in der gleichen Richtung verlaufender Start- oder Landebetrieb kann erfolgen, wenn die örtlichen Gegebenheiten entsprechendes zulassen. Gleichzeitiger und in entgegengesetzter Richtung verlaufender Betrieb ist dagegen nicht zugelassen.

Handelt es sich um ein Kreuzbahnsystem, so muss ein startendes Flugzeug vor einem anderen startenden Flugzeug so gestaffelt werden, dass entweder das andere Flugzeug abgehoben und eine Kurve eingeleitet, oder die Kreuzung überquert hat (Abb. 22.57).

Landet das andere Flugzeug, so muss gewährleistet sein, dass es entweder die Landebahn bereits verlassen hat und sich auf einem Rollweg befindet, oder es rollt nach Beendigung des Landelaufs und ist angewiesen, in ausreichendem Abstand vor der Kreuzung des Bahnsystems ggf. zu halten, es sei denn, es hat die Kreuzung bereits überquert (Abb. 22.58).

Ein landendes Flugzeug dagegen darf die Landebahnschwelle erst dann überqueren, wenn ein anderes startendes Flugzeug bereits abgehoben und eine Kurve eingeleitet oder auch die Kreuzung überquert hat (Abb. 22.59).

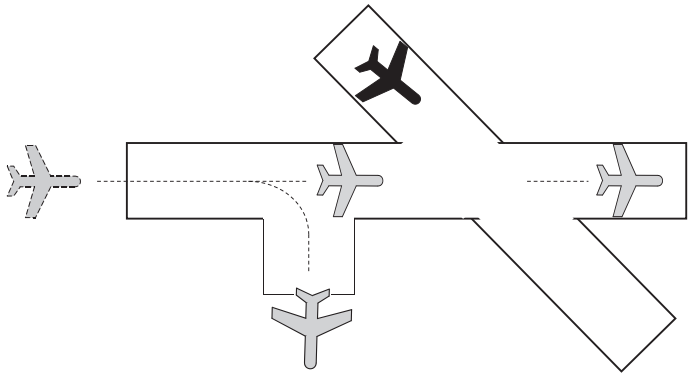


Abb. 22.58 Staffelung startender und landender Flugzeuge auf einem Kreuzbahnsystem

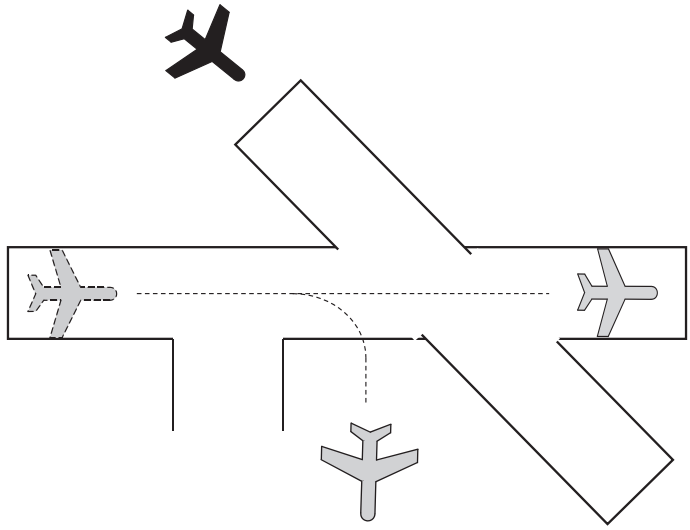


Abb. 22.59 Staffelung startender und landender Flugzeuge auf einem Kreuzbahnsystem

Ein anderes landendes Flugzeug muss entweder die Landebahn bereits verlassen haben, oder es rollt nach Beendigung des Landelaufs und hält Abstand von der Kreuzung, oder es hat die Kreuzung bereits überquert.

Auch auf Kreuzbahnsystemen ist unter Berücksichtigung der Bahnlängen und der höchstzulässigen Abflugmassen der Flugzeuge in bestimmten Fällen die gleichzeitige Benutzung sich kreuzender Landebahnen möglich (Abb. 22.60).

Bei Drehflüglern (Hubschraubern) werden ähnliche Staffelungsverfahren angewandt. So ist ein startender Hubschrauber von einem anderen Hubschrauber so zu staffeln, dass ein zuvor gestarteter Hubschrauber entweder die Startfläche verlassen oder ein zuvor gelandeter Hubschrauber die Landefläche verlassen hat. Der umgekehrte Fall trifft

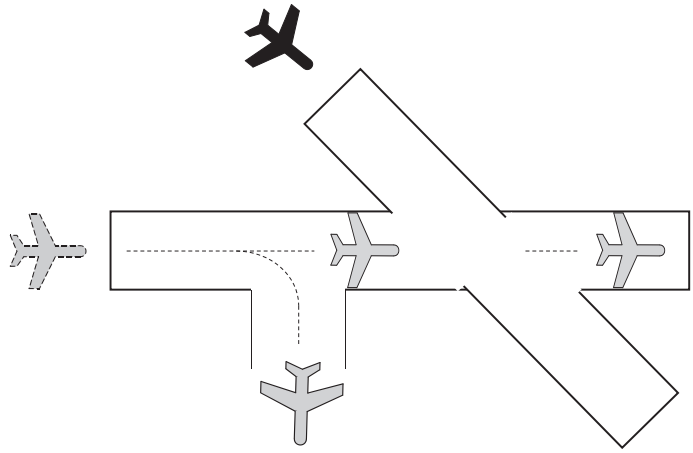


Abb. 22.60 Staffelung startender und landender Flugzeuge auf einem Kreuzbahnsystem

für landende Hubschrauber zu, d. h. ein landender Hubschrauber ist von einem anderen Hubschrauber so zu staffeln, dass entweder ein zuvor gestarteter Hubschrauber die Startfläche bereits verlassen oder ein zuvor gelandeter Hubschrauber die Landefläche verlassen hat.

Zusammenfassend ist anzumerken, dass somit das Grundprinzip der Staffelung startender und landender Flugzeuge darin zu sehen ist, jeweils immer nur einem Luftfahrzeug die Nutzung der Start-/Landebahn bzw. -fläche zu gestatten. Ausnahmen von dieser Verfahrensweise sind an besondere Bedingungen wie die Unterschiedlichkeit der Luftfahrzeuge, Sicht- und Wetterverhältnisse gebunden.

Besondere Aufmerksamkeit muss darüber hinaus, und abweichend von den beschriebenen Verfahrensweisen, den Flugzeugen gewidmet werden, die in ihren Abflugmassen so differieren, dass mit Wirbelschleppenbildung zu rechnen ist. Startet oder landet ein „leichtes“ Flugzeug hinter einem „schweren“ Flugzeug, so stellen die temporär vorhandenen Turbulenzen eine erhebliche Gefahr für die Sicherheit des „leichten“ Flugzeuges dar. Während für diese Fälle bei einer Flugplatzkontrolle mit Radarunterstützung festgelegte Staffelungswerte vorgegeben sind, werden bei der Flugplatzkontrolle ohne Radarunterstützung zeitliche Mindestabstände örtlich festgelegt (vgl. Tab. 22.2).

22.14.3 Anflüge mit Flugverkehrskontrolle ohne Radar

Bei Anflügen, die zwar unter Kontrolle der Flugsicherung stattfinden, die aber nicht radargestützt durchgeführt werden, ist nur eine zeitliche Stafflung möglich, die allerdings die Wirbelschleppenkategorien berücksichtigen muss. Tabelle 22.2 zeigt die Staffelungswerte ohne Radarunterstützung für die verschiedenen Wirbelschleppenkategorien.

Tab. 22.2 Staffelungswerte verschiedener Wirbelschleppenkategorien [58]

Vorausfliegendes Flugzeug (Kategorie)	Nachfolgendes Flugzeug (Kategorie)	Staffelungsminima	Kategorie (Masse)	Startmasse Flugzeug
Super (A380)	Medium	3 min.	Medium	7–136 to
Super (A380)	Light	4 min.	Light	<7 to
Heavy	Medium	2 min.	Heavy	>136 to
Heavy	Light	3 min.	Medium	7–136 to
Medium	Light	3 min.	Light	<7 to

22.14.4 Abflüge mit Flugverkehrskontrolle ohne Radar

Bei Abflügen ohne Radarunterstützung wird generell ein Stafflungswert von zwei Minuten angewendet, wenn ein Flugzeug der Kategorien LIGHT oder MEDIUM hinter einem Flugzeug der Kategorie HEAVY startet (drei Minuten, wenn die Kategorien MEDIUM/LIGHT hinter einem Flugzeug der Kategorie SUPER starten) bzw. ein Flugzeug der Kategorie LIGHT hinter einem Flugzeug der Kategorie MEDIUM, bei Benutzung:

a) derselben Startbahn,
b) parallelen Startbahnen, mit weniger als 760 m Abstand, oder
c) kreuzenden Startbahnen wenn der voraussichtliche Flugweg des nachfolgenden Flugzeuges den des voraus fliegenden Flugzeuges in gleicher Höhe oder in weniger als 300 m (1.000 ft) darunter kreuzt.
d) parallelen Startbahnen, mit mindestens 760 m Abstand, wenn der voraussichtliche Flugweg des nachfolgenden Flugzeuges den des vorausfliegenden Flugzeuges in gleicher Höhe oder in weniger als 300 m (1.000 ft) darunter kreuzt.

22.14.5 Abflüge von sich kreuzenden Startbahnen und einmündenden Startbahnen

Ein Mindestwert von 4 min wird angewendet für Flugzeuge der Kategorie LIGHT oder MEDIUM, wenn das jeweilige Flugzeug nach einem Flugzeug der Kategorie SUPER startet,

- bei Kreuzung/Einmündung derselben Startbahn, oder
- einer Kreuzung/Einmündung auf parallelen Startbahnen mit weniger als 760 m Abstand.

22.14.6 Betrieb auf einer Startbahn mit versetzter Schwelle

Zwischen einem Flugzeug der Kategorie LIGHT oder MEDIUM und einem Flugzeug der Kategorie SUPER wird bei Betrieb auf einer Startbahn mit versetzter Schwelle ein Mindestwert von 3 min angewendet, wenn:

- ein Flugzeug der Kategorien LIGHT oder MEDIUM nach der Ankunft eines Flugzeuges der Kategorie SUPER startet, oder
- ein landendes Flugzeug der Kategorie LIGHT oder MEDIUM nach einem Flugzeug der Kategorie SUPER startet, wenn sich die voraussichtlichen Flugwege kreuzen.

Zwischen einem Flugzeug der Kategorie LIGHT oder MEDIUM und einem Flugzeug der Kategorie HEAVY bzw. zwischen einem Flugzeug der Kategorie LIGHT und einem Flugzeug der Kategorie MEDIUM wird bei Betrieb auf einer Startbahn mit versetzter Schwelle ein Mindestwert von 2 min angewendet, wenn:

- ein Flugzeug der Kategorien LIGHT oder MEDIUM nach der Ankunft eines Flugzeuges der Kategorie HEAVY startet, oder
- ein Flugzeug der Kategorie LIGHT nach der Ankunft eines Flugzeuges der Kategorie MEDIUM startet, oder
- ein Flugzeug der Kategorien LIGHT oder MEDIUM nach dem Start eines Flugzeuges der Kategorie HEAVY landet, wenn die voraussichtlichen Flugwege sich kreuzen, oder
- ein Flugzeug der Kategorie LIGHT nach dem Start eines Flugzeuges der Kategorie MEDIUM landet, wenn die voraussichtlichen Flugwege sich kreuzen.

22.14.7 An-/Abflüge in Gegenrichtung

Zwischen einem Flugzeug der Kategorie LIGHT oder MEDIUM und einem Flugzeug der Kategorie SUPER wird ein Mindestwert von 3 min angewendet, wenn das Flugzeug der Kategorie SUPER einen Tiefanflug oder einen Fehlanflug ausgeführt hat, und das Flugzeug der Kategorie MEDIUM oder LIGHT:

- zum Start eine Startbahn in entgegen gesetzter Richtung benutzt, oder
- auf derselben Landebahn bzw. auf einer parallelen Landebahn, mit weniger als 760 m Abstand, in entgegen gesetzter Richtung landet.

Zwischen einem Flugzeug der Kategorie LIGHT oder MEDIUM und einem der Kategorie HEAVY bzw. zwischen einem Flugzeug der Kategorie LIGHT und einem Flugzeug der Kategorie MEDIUM wird ein Mindestwert von 2 min angewendet, wenn das schwerere Flugzeug einen Tiefanflug oder einen Fehlanflug ausgeführt hat, und das leichtere Flugzeug

- zum Start eine Startbahn in entgegengesetzter Richtung benutzt, oder
- auf derselben Landebahn bzw. auf einer parallelen Landebahn, mit weniger als 760 m Abstand, in entgegengesetzter Richtung landet.

22.14.8 Nichtanwendung der erhöhten Stafflungswerte

Die vorstehenden Stafflungsmindestwerte werden *nicht* angewendet:

- auf das nachfolgende Flugzeug, dessen Flugzeugführer erklärt hat, dass er das voraus fliegende Flugzeug in Sicht hat und selbst für den entsprechenden Abstand sorgt;
- auf das nachfolgende Flugzeug, dessen Flugzeugführer auf eine erhöhte Stafflung verzichtet;
- wenn das Gebiet, in dem Wirbelschleppen erwartet werden, nicht durchflogen wird.

Flugzeugführer, die das vorausfliegende Flugzeug der höheren Masseklasse in Sicht haben und selbst für einen sicheren Abstand sorgen können (z. B. im Landeanflug über dem Flugweg des voraus fliegenden Flugzeuges bleiben und hinter dessen Aufsetzpunkt landen), werden gebeten der Flugverkehrskontrolle mitzuteilen, dass eine erhöhte Separation nicht erforderlich ist. Das gleiche gilt, wenn der Flugzeugführer bei entsprechenden Windverhältnissen auf die erhöhten Stafflungswerte verzichten will.

Flugzeugführern, deren Flüge nicht der Flugverkehrskontrolle unterliegen, wird empfohlen, die genannten Stafflungsmindestwerte zu beachten, wenn sie sich hinter einem Flugzeug der höheren Masse-Kategorie in gleicher Höhe oder in weniger als 1.000 ft (300 m) darunter befinden.

Beim Rollen hinter einem Flugzeug der höheren Masse-Kategorie sollte nach Möglichkeit ein Mindestabstand von 200 m eingehalten werden.

22.14.9 Konventionelle Staffelung im Streckenflug

Für die Staffelung zwischen Flugzeugen im Streckenflug ist grundsätzlich zu unterscheiden zwischen radargestützter Staffelung und nicht radargestützter Stafflung. Die konventionelle Stafflung unterscheidet zwischen der Längs- oder Seitenstafflung und der Höhenstaffelung, die auf dem barometrisch aufgebauten Flugflächensystem basiert.

Bei Anwendung der Höhenstaffelung (IFR-Betrieb) dürfen folgende Vertikalabstände zwischen Flugzeugen bzw. zu Luftraumgrenzen nicht unterschritten werden (vgl. auch Abb. 22.10, Halbkreisflugflächen):

- 1.000 ft bei Flügen unterhalb der Flugfläche 290 (FL 290),
- 1.000 ft bei Flügen oberhalb der Flugfläche 290 bis Flugfläche 410 (reduzierte Höhenstafflung; Reduced Vertical Separation Minima, RVSM, seit dem 24. Jan. 2002),

- 1.100 ft zu der für den Nachttiefflugstreckenteil festgelegten Flughöhe, jedoch nicht weniger als 600 ft zu der für diesen Nachttiefflugstreckenteil geltenden Flughöhe für Notfälle.
- 500 ft zur Grenze des Zuständigkeitsbereiches des betreffenden Kontrollsektors sowie normalerweise auch gegenüber Lufträumen zur besonderen Nutzung wie Flugbeschränkungs- und Gefahrengebieten.

Die Höhenstaffelung zwischen Flugzeugen im Steig- oder Sinkflug wird durch einzuhaltende Steig- oder Sinkfluggeschwindigkeiten hergestellt.

Bei der Längsstaffelung unterscheidet man die Längsstaffelung nach Zeit und die Längsstaffelung nach Entfernung.

Bei der Längsstaffelung nach Zeit werden gemeldete Überflugzeiten über veröffentlichten Meldepunkten als Bemessungsgrundlage verwendet. Die Längsstaffelung wird dann so angewendet, dass der Abstand zwischen den voraussichtlichen Standorten der zu staffelnden Flugzeuge vorgeschriebene Mindestwerte nicht unterschreitet. Zur Festlegung der Längsstaffelungskriterien wird folgende Klassifizierung nach der Verkehrsrichtung vorgenommen:

- Verkehr in gleicher Richtung, wenn der Unterschied zwischen den Kursen über Grund weniger als 45° beträgt;
- Kreuzender Verkehr, wenn der Unterschied zwischen den Kursen über Grund zwischen 45° und 135° beträgt;
- Gegenverkehr, wenn der Unterschied zwischen dem Kurs über Grund des einen und dem Gegenkurs des anderen Flugzeuges weniger als 45° beträgt.

Als entsprechende Zeitstaffelungswerte sind zu nennen:

- für Verkehr in gleicher Richtung, in oder beim Durchfliegen derselben Flugfläche (Abb. 22.61)
  a) 10 min Flugzeit zum vorausfliegenden Flugzeug,
  b) 5 min Flugzeit zum vorausfliegenden Flugzeug, falls dieses mindestens 20 Knoten schneller fliegt.
- Verkehr in gleicher Richtung, bei dem ein Flugzeug durch die Flugfläche eines anderen steigt oder sinkt, ist so zu staffeln, dass zur Zeit des vertikalen Kreuzens der Flugfläche ein Mindestabstand von 5 Flugminuten zum vorausfliegenden Flugzeug besteht und die folgenden Bedingungen gleichermaßen erfüllt sind (Abb. 22.62):
  a) der Höhenwechsel wird innerhalb von 10 min, nachdem sich das vorausfliegende Flugzeug über einem Meldepunkt gemeldet hat, eingeleitet,
  b) der Höhenwechsel wird innerhalb von 5 min, nachdem sich das nachfolgende Flugzeug über demselben Meldepunkt gemeldet hat, eingeleitet.
- Handelt es sich um Gegenverkehr, so muss die Höhenstaffelung mindestens 10 min vor dem voraussichtlichen Zusammentreffen der Flugzeuge hergestellt sein. Sie kann aufgehoben werden, wenn entweder beim Passieren der Flugzeuge Sichtkontakt

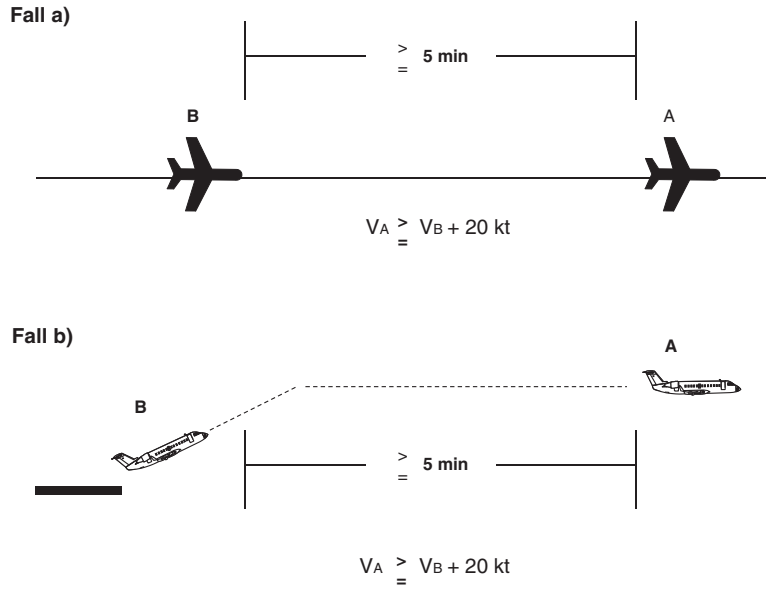


Abb. 22.61 Längsstaffelung nach dem Zeitkriterium im Streckenflug

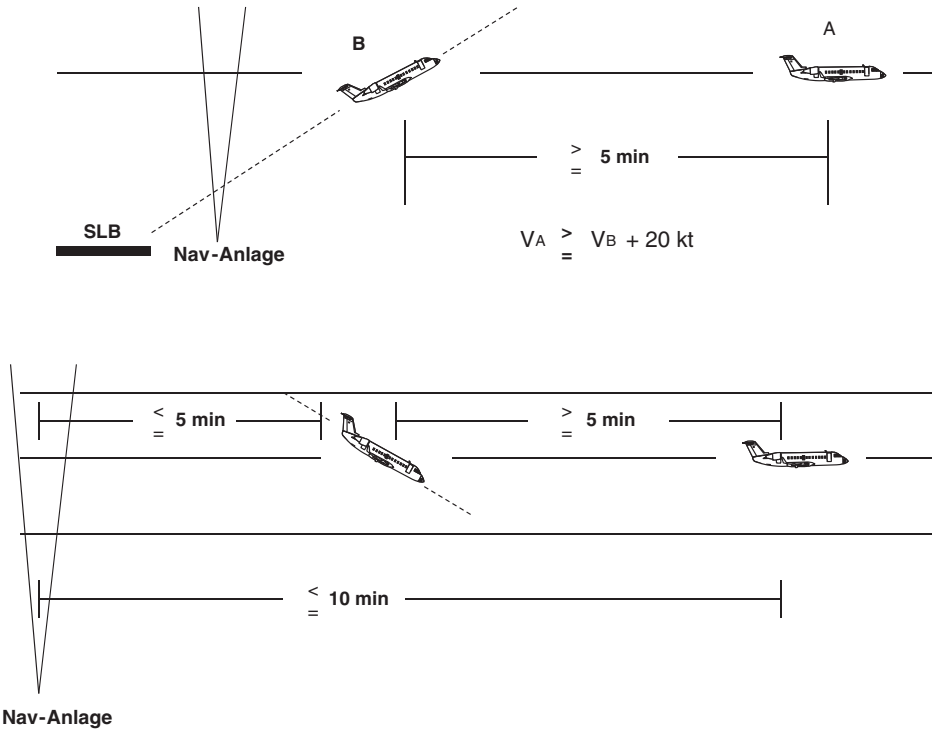


Abb. 22.62 Längsstaffelung nach dem Zeitkriterium bei Steig- und Sinkflügen

bestand und dies gemeldet wurde oder ein Flugzeugführer das Passieren meldet und der zweite Flugzeugführer mit der Aufhebung der Höhenstaffelung einverstanden ist. Weiterhin kann die Höhenstaffelung aufgehoben werden, wenn beide Flugzeuge dieselbe Navigationsanlage oder denselben Meldepunkt überflogen haben und sich ein Flugzeug mindestens 5 Flugminuten jenseits dieses Ortes befindet (Abb. 22.63)

- Bei kreuzendem Verkehr in gleicher Flugfläche ist ein 10-MinutenZeitraster über dem selben Meldepunkt einzuhalten (Abb. 22.64).

Für die angesprochene Längsstaffelung nach der Entfernung existieren folgende Grundregeln:

a) Die Staffelung muss auf Flugzeugstandorte bezogen werden, die den Flugzeug- führer durch Ablesen seiner Entfernungsanzeige (DME) in Kenntnis über die Entfernung zu entsprechenden bodengestützten Entfernungsmesseinrichtungen setzen,
b) Die Staffelung muss in angemessenen Zeitabständen überprüft werden. Dies geschieht dadurch, dass von den betroffenen Flugzeugführern quasi gleichzeitig Entfernungswerte abgefragt werden.

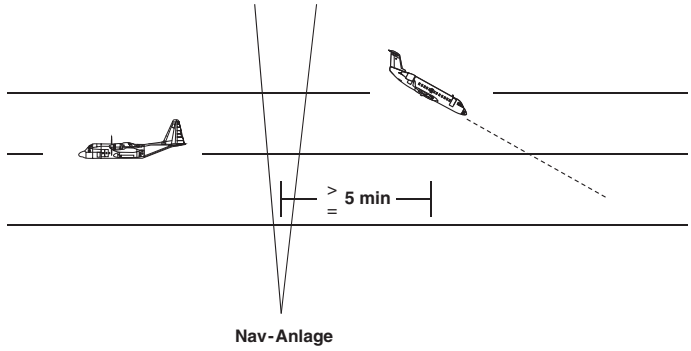


Abb. 22.63 Längsstaffelung nach dem Zeitkriterium bei Überfliegen desselben Meldepunktes

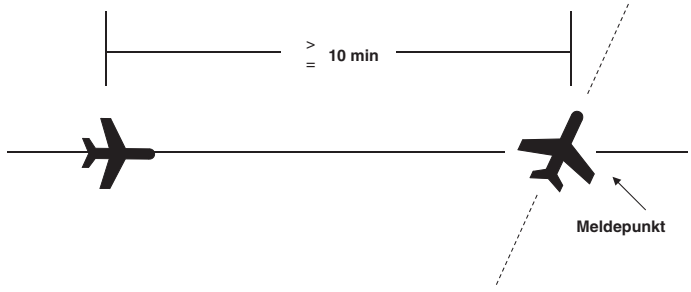


Abb. 22.64 Längsstaffelung nach dem Zeitkriterium bei sich kreuzendem Verkehr in gleicher Flugfläche

Das bedeutet in der Praxis:

Flugzeuge in derselben Richtung und Flugfläche sind mit einem Abstand von mindestens 20 NM zu staffeln. Voraussetzung dazu ist, dass sich die Flugzeuge auf demselben Routensegment befinden und auch die selben Funknavigationshilfen (z. B. VOR/DME) benutzen (Abb. 22.65).

- Bei kreuzendem Verkehr in derselben Flugfläche, der dieselbe gerichtete und auf dem Schnittpunkt der Kurse liegende Funknavigationshilfe mit Entfernungsmesseinrichtung benutzt, ist so zu staffeln, dass am Kreuzungspunkt ein Mindestabstand von 20 NM besteht (Abb. 22.66).
- Bei Gegenverkehr darf die Höhenstaffelung aufgehoben werden, wenn sich die Flugzeuge passiert haben und die Entfernungsangaben einen Abstand von mindestens 10 NM aufweisen.

Die Seitenstaffelung zwischen Flugzeugen ist meist dadurch gegeben, dass sowohl für Streckenführungen als auch für Warteverfahren Lufträume reserviert sind. Kreuzen sich Streckenführungen, so besteht Seitenstaffelung zwischen Flugzeugen, die dieselbe Funknavigationshilfe (VOR) mit um mindestens 20° voneinander abweichenden Kursen verlassen haben und von ihr mindestens 20 NM entfernt sind (Abb. 22.67).

Die Anbindung der Flugplätze an das Streckennetz erfolgt, wie beschrieben, durch standardisierte An- und Abflugstreckenführungen. Hier werden folgende Staffelungsverfahren angewandt:

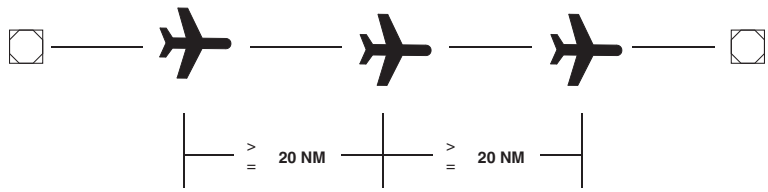


Abb. 22.65 Längsstaffelung nach dem Entfernungskriterium bei demselben Routensegment mit Bezug zu derselben Navigationsanlage

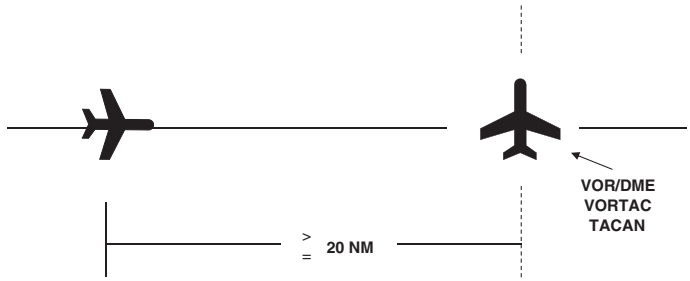


Abb. 22.66 Längsstaffelung nach dem Entfernungskriterium bei sich kreuzendem Verkehr in derselben Flugfläche

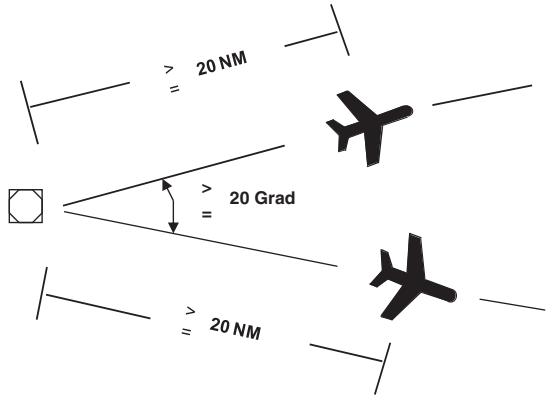


Abb. 22.67 Seitenstaffelung mit Bezug auf dieselbe Funknavigationshilfe

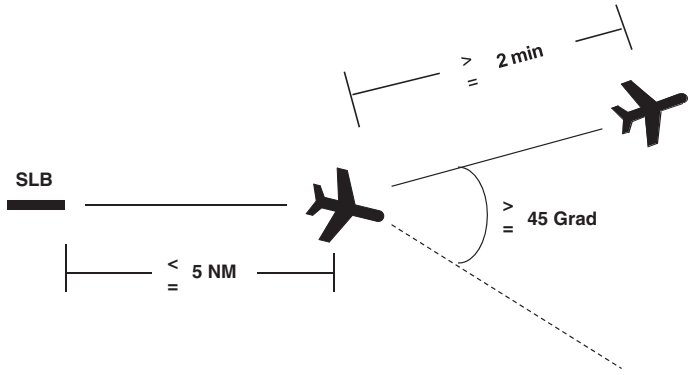


Abb. 22.68 Seitenstaffelung bei Abflügen

- Starten zwei Flugzeuge vom selben Flugplatz, so beträgt die Staffelung weniger als eine Minute zwischen den Starts, wenn verschiedene Startbahnen benutzt werden und die einzuhaltenden Abflugstreckenführungen um mindestens 45° verschieden verlaufen.
- Die Staffelung beträgt 2 min Flugzeit für das nachfolgende Flugzeug, wenn beide Flugzeuge nach dem Start zunächst geradeaus fliegen, jedoch für verschiedene Abflugstreckenführungen eine Freigabe erhalten haben, wobei die Abflugstreckenführungen dann innerhalb von 5 NM vom Startbahnende um 45° verschieden sein müssen (Abb. 22.68).

22.14.10 Radarstaffelung

Die Radarstaffelung kann angewendet werden auf Flugzeuge, die durch Radar identifiziert wurden oder, falls sich ein nicht durch Radar identifiziertes Flugzeug unter der Kontrolle einer benachbarten FVK-Stelle befindet, wenn das Radarziel auf dem Bildschirm des jeweiligen FV-Lotsen vollständig dargestellt ist.

Die Radarstaffelungswerte richten sich zum einen nach der verfügbaren Technik zur Auflösung und Darstellung der Radardaten (Analogdarstellung oder synthetische Luftlagedarstellung) sowie nach dem Abstand der Flugziele von der Radarantenne.

Verfügt der FV-Lotse über eine Analogdarstellung der Radardaten (findet in Deutschland nur noch im militärischen Bereich Anwendung), so beträgt die Staffelung:

- 3 NM bei einem Abstand von bis zu 30 NM zwischen Flugziel und Antenne,
- 5 NM bei einem Abstand von mehr als 30 NM zwischen Flugziel und Antenne.

Für Flugzeuge im Endanflug bzw. zwischen startenden und landenden Flugzeugen ist normalerweise eine Staffelung von 3 NM (bei hochauflösendem Radar 2 NM) nicht zu unterschreiten.

Bei synthetischer (digitaler) Luftlagedarstellung ergeben sich bei einem Abstand der Flugziele von der genutzten Radarantenne folgende Staffelungswerte:

- 4 NM bei bis zu 30 NM Abstand,
- 6 NM bei mehr als 30–60 NM Abstand,
- 8 NM bei mehr als 60–120 NM Abstand,
- 10 NM bei mehr als 120 NM Abstand.

Bei einer Multiradarüberdeckung gelten die Werte in dieser Form nicht. Im Luftraum der Bundesrepublik Deutschland sind aufgrund der Multiradarüberdeckung und der möglichen Radarbilddarstellung (Auflösung der Radarinformationen auf dem Bildschirm) generell Stafflungen von 5 NM auf der Strecke und 2 NM im Endanflug möglich.

Die Staffelungswerte erhöhen sich in Abhängigkeit der Startmassen der Flugzeuge, wenn die Flugzeugfolge eine Gefährdung durch Wirbelschleppenbildung erwarten lässt. (Abb. 22.69, 22.70, 22.71). Die dann geltenden Werte sind der Tab. 22.3 zu entnehmen.

Abb. 22.69 Grafische Darstellung von Wirbelschleppen [74]

Abb. 22.70 Visualisierung einer Wirbelschleppe [102]

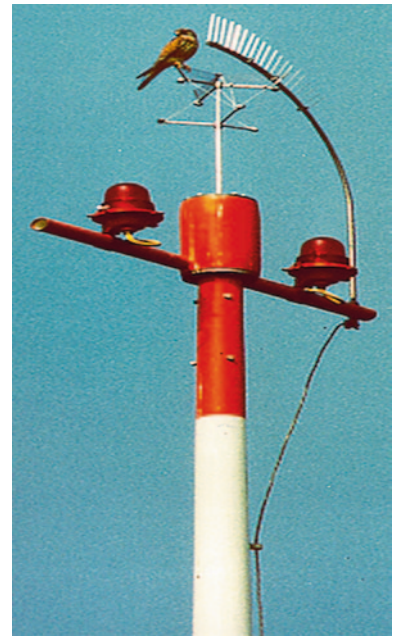


Abb. 22.71 Messsensorik Wirbelschleppenwarnanlage [102]

Tab. 22.3 Staffelungswerte verschiedener Wirbelschleppenkategorien (mit Radar) [58]

Vorausfliegendes Flugzeug (Kategorie)	Nachfolgendes Flugzeug (Kategorie)	Stafflungs-minima	Wirbelschleppen-Kategorie	Startmasse Flugzeug
Super/Heavy	Super	n. erforderlich	Super	>500 to
Super	Heavy	6 MN	Heavy	>136 to
Super	Medium	7 NM	Medium	7–136 to
Super	Light	8 NM	Light	<7 to
Heavy	Heavy	4 NM	Heavy	>136 to
Heavy	Medium	5 NM	Medium	7–136 to
Heavy	Light	6 NM	Light	<7 to
Medium	Light	5 NM	Light	<7 to

(*Quellen* DFS BA-FVD, ICAO PANS-ATM, Stand 2008)

22.15 Klassifizierung der Flugverfahren

22.15.1 An- und Abflugverfahren

22.15.1.1 Sichtanflugverfahren

Auf Verkehrslandeplätzen muss der Flugzeugführer bei Anflügen nach Sicht in den meisten Fällen ca. 5 min vor Erreichen des Platzes mit der Flugleitung (Luftaufsicht) Sprechfunkkontakt aufnehmen. Entsprechend der Sichtanflugkarte des Platzes ordnet sich der Flugzeugführer in die Platzrunde ein und führt den Landeanflug aus bzw. richtet sich nach den Anweisungen der Luftaufsicht. Er hat in jedem Fall im Flugplatzverkehr die Hörbereitschaft aufrechtzuerhalten. Weiterhin sind die Bedingungen für Flüge nach Sichtflugregeln zu beachten.

Auch für Verkehrsflughäfen sind Sichtanflüge vorgesehen. Abbildung 22.72 zeigt ein Beispiel einer Sichtanflugkarte für den Verkehrsflughafen Münster-Osnabrück.

22.15.1.2 Instrumentenanflugverfahren

Bei der Festlegung von Instrumentenanflugverfahren und Warteverfahren durch das jeweilige Flugsicherungsunternehmen werden die von der ICAO empfohlenen Verfahrenskriterien gemäß DOC 8168 OPS/611 (Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations – PANS/OPS) [114] zugrundegelegt. Danach werden die Flugzeuge zunächst in Kategorien eingeteilt. Dies ist erforderlich, da das Leistungsvermögen (Performance) der Flugzeuge direkten Einfluss auf den benötigten Luftraum und die benötigten Sichtwerte für die Durchführung der mit den Instrumentenanflugverfahren verbundenen verschiedenen Flugmanöver hat.

Größte Bedeutung kommt hierbei der Flugzeuggeschwindigkeit zu. Der mögliche Geschwindigkeitsbereich im Landeanflug lässt auf die Manövrierfähigkeit des Flugzeuges

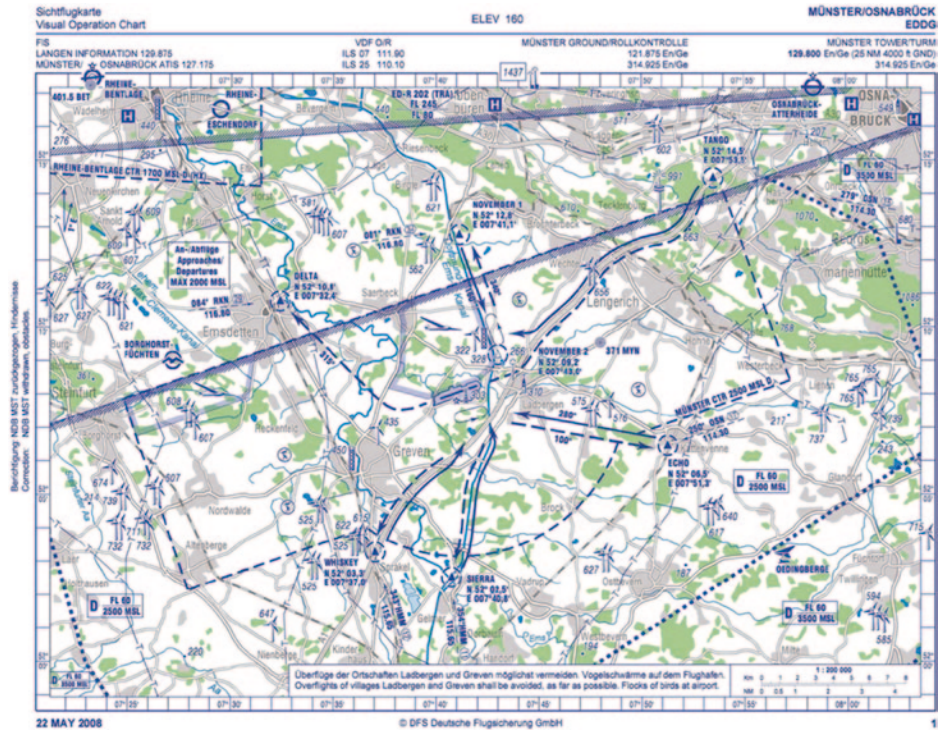


Abb. 22.72 Beispiel einer Sichtanflugkarte für den Verkehrsflughafen Münster- Osnabrück [59], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

schließen. Aus diesem Grunde hat man fünf typische Flugzeug-Kategorien eingeführt, die auf der 1,3-fachen Überziehgeschwindigkeit in Landekonfiguration bei maximaler Landemasse beruhen. Auf der Basis der Geschwindigkeitsbereiche A bis E werden die Geschwindigkeiten für die einzelnen Anflugsegmente festgelegt (vgl. Tab. 22.4).

Tabelle 22.5 zeigt für die einzelnen Flugzeugkategorien bestimmte Geschwindigkeiten, zur Bestimmung der Luftraum- und Hindernisabstandsanforderungen für die einzelnen Anflug- Verfahrenssegmente.

Tab. 22.4 Einteilung der Flugzeuge nach Geschwindigkeitskategorien

Flugzeugkategorie	Geschwindigkeitsbereich
A	<91 kt IAS
B	≥91 kt, <121 kt IAS
C	≥121 kt, <141 kt IAS
D	≥141 kt, <166 kt IAS
E	≥166 kt, <211 kt IAS

Tab. 22.5 Geschwindigkeitsbereiche der Verfahrens-Segmente für Instrumentenanflugverfahren

Kategorie	V_{at} (kt)	Geschwindigkeitsbereich für Anfangsanflug	Endgeschwindigkeits-bereich	Höchstgeschwindigkeiten für Platzrundenanflug	Höchstgeschwindigkeiten für Fehlanflug	
					Zwischenteil	Endteil
A	>91	90/150	70/100	100	100	110
B	91/120	120/180	85/130	135	130	150
C	121/140	160/240	115/160	180	160	240
D	141/165	185/250	130/185	205	185	265
E	166/210	185/250	155/230	240	230	275

mit: Geschwindigkeiten in Knoten (kt)
V_{at} = Geschwindigkeit über der Schwelle, beruhend auf der 1,3-fachen Überziehgeschwindigkeit im Landezustand mit höchstzulässiger Landemasse

Für ein Instrumentenanflugverfahren wird zwischen fünf Verfahrens-Segmenten unterschieden.

Dies sind:
- Einflugstrecke (Arrival Route),
- Anfangsanflug (Initial Approach),
- Zwischenanflug (Intermediate Approach),
- Endanflug (Final Approach),
- Fehlanflug (Missed Approach).

Die einzelnen Verfahrens-Segmente sind zwischen festen Punkten definiert (Abb. 22.73).

Unter der Einflugstrecke ist ein Streckensegment zu verstehen, auf dem das Flugzeug aus dem ATS-Routennetz zu einem Punkt geführt wird (Initial Approach Fix (IAF)), von dem aus der Anflug beginnt. Für dieses Streckensegment muss ein Hindernismindestabstand gewährleistet sein. Das Einflugstreckensegment unter Berücksichtigung der Hindernissituation zeigt Abb. 22.74.

Das **Anfangsanflugsegment** beginnt beim Initial Approach Fix (IAF) und führt das Flugzeug auf die verlängerte Anfluggrundlinie zum Intermediate Fix (IF). Auf diesem Streckensegment sind hohe Sinkraten (4–8 %, entsprechend 250–500 ft/NM) möglich. Die Hindernisfreiheit beträgt mindestens 984 ft (300 m).

Der Anfangsanflug kann auch durch ein Umkehrverfahren, d. h. eine Verfahrenskurve, Wendekurve oder das so genannte „Rennbahn"-Verfahren durchgeführt werden, sollten beim Übergang vom Anfangsanflug zum nachfolgenden Zwischenanflug große Kursänderungen erforderlich sein. Alle Kurven sind mit einem Querneigungswinkel von 25° bzw. einer Drehgeschwindigkeit von 3° pro Sekunde, je nachdem, welcher der beiden Werte den kleineren Querneigungswinkel zulässt, durchzuführen. Hierbei hat der Flugzeugführer die ihm bekannten Windverhältnisse bei der Bestimmung der Kurse und Flugzeiten entsprechend zu berücksichtigen (vgl. Abb. 22.75).

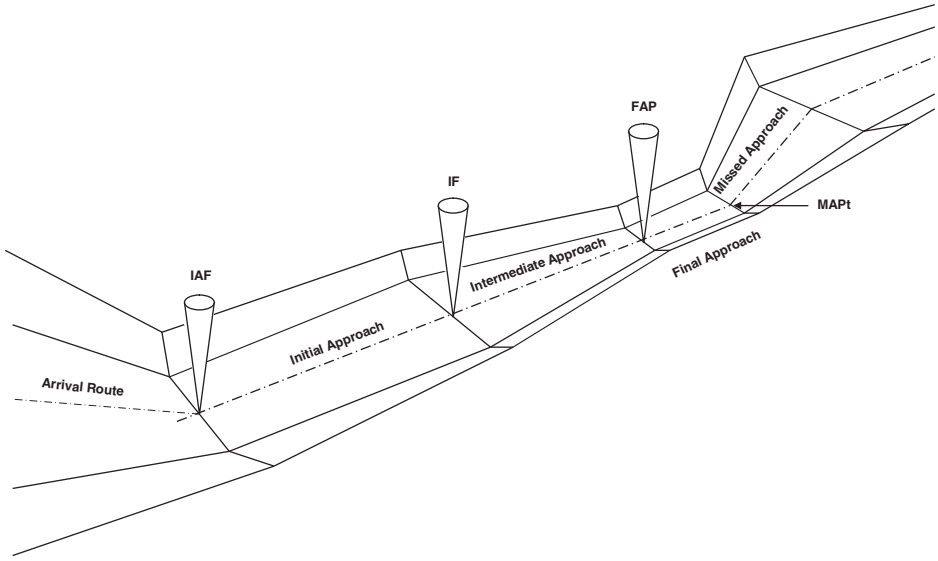


Abb. 22.73 Segmente eines Instrumentenanflugverfahrens [114]

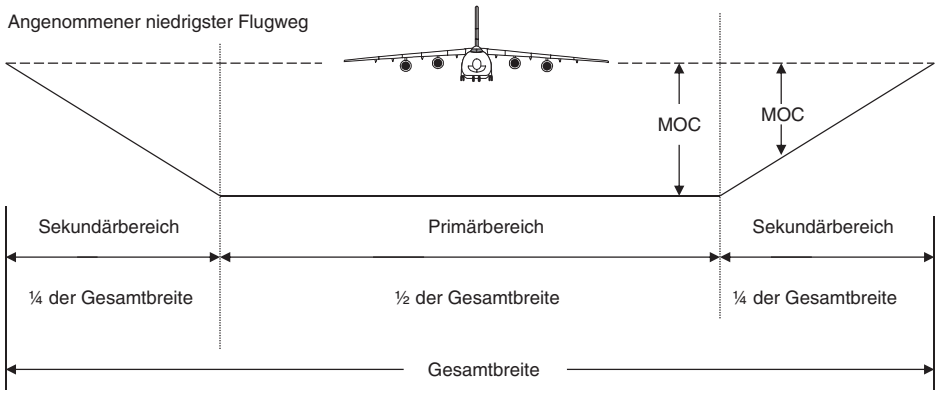


Abb. 22.74 Einflugstreckensegment unter Berücksichtigung der Hindernissituation [114]

Das **Zwischenanflugsegment** dient dazu, das Flugzeug auf der verlängerten Anfluggrundlinie für den Endanflug (Landekurs) zu stabilisieren, die Geschwindigkeit zu reduzieren und das Einleiten des Sinkflugs für den Endanflug bei Erreichen des Final Approach Fix (FAF) vorzubereiten. Der Sinkgradient sollte deshalb gleich Null sein, die Hindernisfreiheit beträgt in dieser Phase 492 ft (150 m).

Bei Erreichen des Final Approach Fix bzw. bei Durchführung eines ILS-Anfluges (Instrumenten-Landesystem) beginnt mit dem Erfliegen des ILS-Gleitweges das **Endanflugsegment**, d. h. hier wird der Endanflug eingeleitet. Der Sinkgradient sollte 5 %

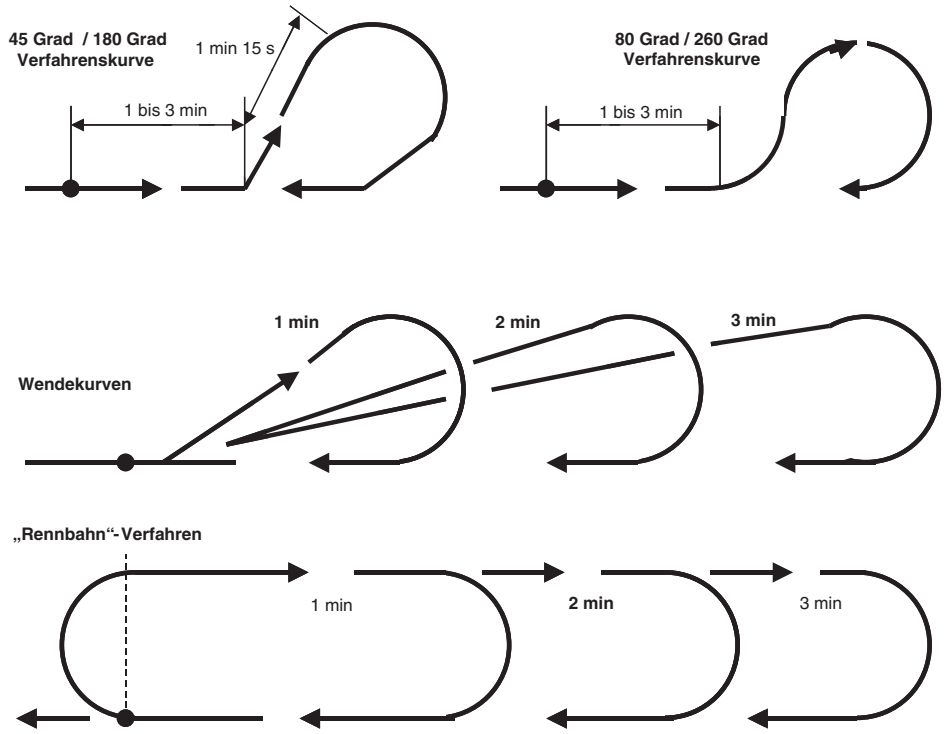


Abb. 22.75 Verfahrenskurven für den Anfangsanflug [115]

betragen, die Sinkrate sollte 300 ft/NM entsprechen. Der definierte Endanflug endet am Fehlanflugpunkt (Missed Approach Point (MAPt)), jedoch nicht tiefer als die jeweilige Höhe der Hindernisfreiheit (Obstacle Clearance Altitude/Height (OCA/H)).

Sollte, bedingt durch eine betriebliche Notwendigkeit, ein Anflugverfahren ohne FAF festgelegt sein, so beginnt der Sinkflug, wenn das Flugzeug auf dem Endanflugkurs eine stabile Fluglage eingenommen hat. Wenn auf dem Endanflugkurs ein Stufen-Sinkflug-Fix festgelegt ist, darf die angegebene Überflughöhe vor Erreichen des Fixes nicht unterschritten werden.

Das **Fehlanflugsegment** dient letztendlich dazu, ein Fehlanflugverfahren einzuleiten, wenn der Flugzeugführer bei Erreichen der entsprechenden Landeminima (seiner Entscheidungshöhe) keine ausreichende Sicht hat, um den Endanflug mit einer sicheren Landung abzuschließen. Das Fehlanflugsegment beginnt am MAPt. An diesem Punkt muss der Fehlanflug eingeleitet werden, um die vorgeschriebene Hindernisfreiheit nicht zu unterschreiten. Im Fall, dass ein Fehlanflug vor Erreichen des MAPt eingeleitet wird, wird davon ausgegangen, dass der Flugzeugführer bis zum MAPt fliegt, und dann dem Fehlanflugverfahren folgt, auch wenn der Fehlanflug bereits in einer größeren Höhe als dem Landeminimum eingeleitet wurde.

Falls es sich um einen Nichtpräzisionsanflug (Kursführung, keine Höhenführung) handelt, wird nach einer horizontalen Distanz (Anfangsphase), die maximal 15 Sekunden

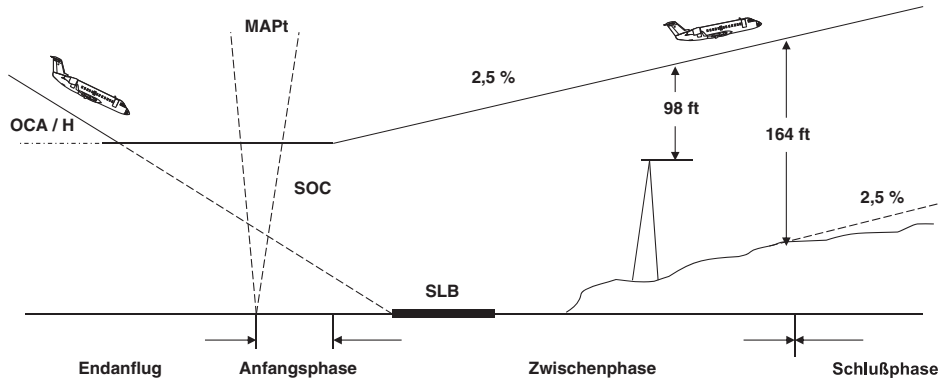


Abb. 22.76 Phasen des Fehlanfluges [115]

Flugzeit entspricht, oder, an einem Punkt 900 m nach der Schwelle, falls es sich um einen Präzisionsanflug (Kursführung und Höhenführung) handelt, ein Steigflug mit einer Steigrate von 152 ft/NM (2,5 %) angenommen (Zwischenphase). Sobald eine Hindernisfreiheit von 164 ft (50 m) erreicht ist, beginnt die Schlussphase des Fehlanfluges, die auf der Grundlage des 2,5 %igen Steiggradienten bis zu einem Punkt führt, von dem aus ein erneuter Anflug, ein Warteverfahren oder ein Streckenflug (jeweils mit den entsprechenden Hindernisfreiheiten) begonnen werden kann (vgl. Abb. 22.76).

Die Hindernisfreiheit (Obstacle Clearance Altitude/Height (OCA/H)) wird aufgrund des höchsten Hindernisses im Anflugbereich oder der größten Durchdringung der Fehlanflugflächen durch ein Hindernis berechnet. Sie wird auf der Instrumenten-Anflugkarte als Höhe über NN (OCA) oder als Höhe über dem Flugplatz (OCH) angegeben. Bei Präzisionsanflugverfahren bezieht sich die Höhe auf die Schwelle der Start-/Landebahn. Je nach Fall, ob es sich um ein Nichtpräzisionsverfahren (VOR, NDB, SRE, ILS-GP inop.) oder ein Präzisionsanflugverfahren (ILS, MLS, GBAS, PAR) handelt, werden folgende Hindernisfreihöhen festgelegt:

- für einen Nichtpräzisionsanflug mit FAF:
  mindestens 246 ft (75 m) über dem höchsten Hindernis.
- für einen Nichtpräzisionsanflug ohne FAF:
  mindestens 295 ft (90 m) über dem höchsten Hindernis.
- für einen Präzisionsanflug:
  mindestens gleich der Höhe des höchsten Hindernisses im Endanflugbereich oder der höchsten äquivalenten Höhe eines Hindernisses im Fehlanflugbereich zuzüglich eines pauschalen Höhenverlustwertes (vgl. Tab. 22.6).

Die in der Tab. 22.6 angegebenen Werte basieren auf folgenden Standardbedingungen:

a) Verwendung eines Druckhöhenmessers bei ILS CAT I;
b) Verwendung eines Radiohöhenmessers und einer Flugkommandoanlage oder des Autopiloten bei ILS CAT II;

Tab. 22.6 Höhenverluste unter Verwendung eines Radio- oder Druckhöhenmessers

Flugzeug-kategorie V_{at}	Höhenverlustwert unter Verwendung eines Radiohöhenmessers		Höhenverlustwert unter Verwendung eines Druckhöhenmessers	
	m	ft	m	ft
A 169 km/h (90 kt)	13	42	40	130
B 223 km/h (120 kt)	18	59	43	142
C 260 km/h (140 kt)	22	71	46	150
D 306 km/h (165 kt)	26	85	49	161

c) Spannweite nicht mehr als 60 m und Vertikalabstand zwischen Fahrgestell und Gleitwegantenne in der Landekonfiguration nicht mehr als 6 m;
d) Steiggradient im Fehlanflug 2,5 %.

Für die Flugzeugmuster, die die unter Punkt c) genannten Standarddimensionen überschreiten („Large Aircraft"), können auf den ILS-Anflugkarten gesonderte Hindernishöhen veröffentlicht werden. Diese gelten für Flugzeuge mit einer Spannweite von mehr als 60 m jedoch nicht mehr als 65 m u./o. einem Vertikalabstand zwischen Fahrgestell und Gleitwegantenne von mehr als 6 m, jedoch nicht mehr als 7,3 m. Bei der Berechnung der Hindernishöhen für die Kategorie „Large Aircraft" wird der Höhenwertverlust für die Flugzeugkategorie „D" verwendet. Auf der Grundlage der Hindernisfreihöhe (OCA/H) bestimmt die Luftverkehrsgesellschaft die Landeminima gemäß ICAO Annex 6 (vgl. Abb. 22.77), wie:

- die Decision Altitude/Height (DA/DH), die Entscheidungshöhe für einen Präzisionsanflug bzw.
- die Minimum Descent Altitude/Height (MDA/MDH), die Mindestsinkflughöhe für einen Nichtpräzisionsanflug.

Soll der Flugzeugführer ein von dem veröffentlichten Verfahren abweichendes Fehlanflugverfahren durchführen, so muss die Flugverkehrskontrolle ihm dies mit der Freigabe für einen Instrumentenanflug mitteilen. Diese Mitteilung muss mindestens folgende Informationen enthalten:

- Steuerkurs über Grund,
- Flughöhe, auf die das Flugzeug auf dem anfänglichen Steuerkurs oder Kurs über Grund zu steigen hat, bevor es für einen neuen Anflug zur Anflugnavigationshilfe zurückkehrt.

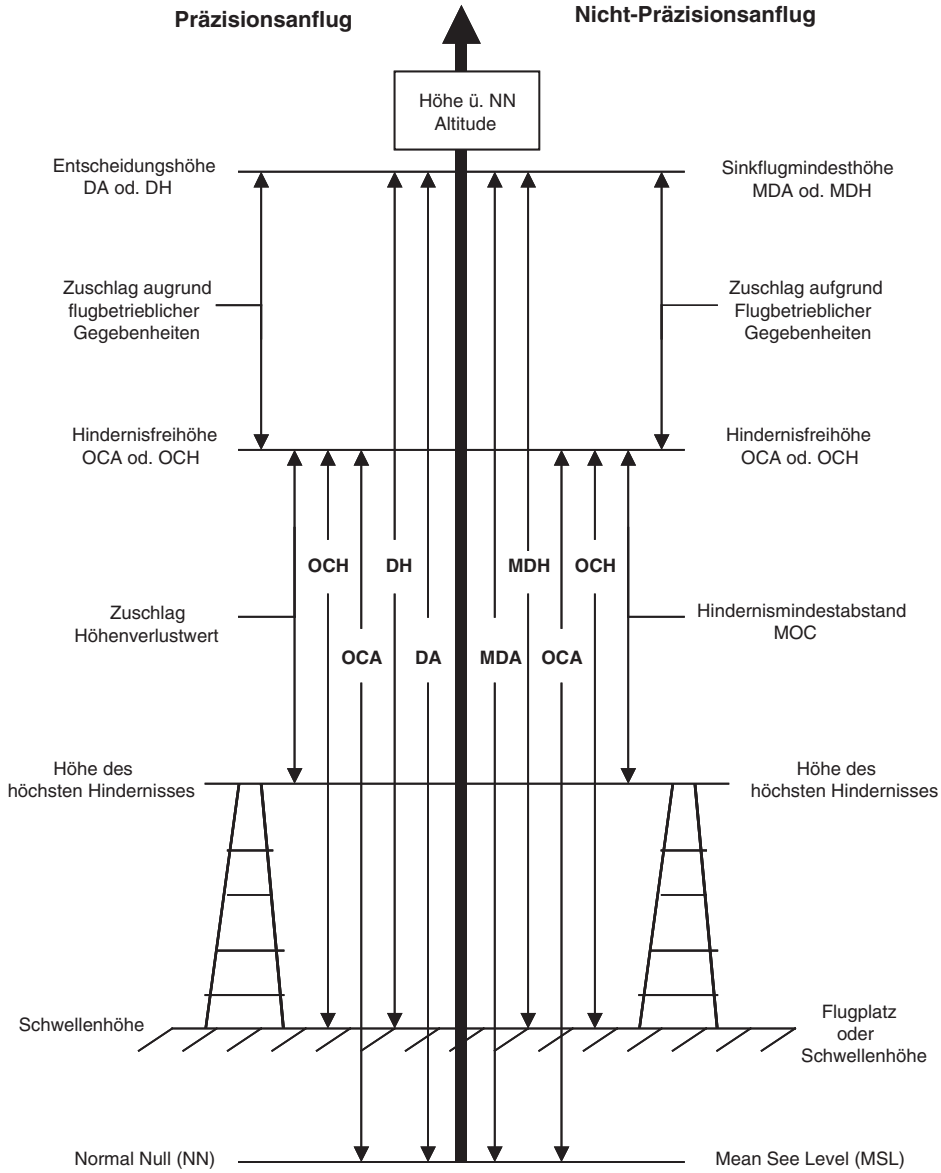


Abb. 22.77 Beziehungen zwischen OCA/OCH und MDA/MDH [115]

22.15.1.3 Präzisionsanflugverfahren

Ein Präzisionsanflugverfahren zeichnet sich dadurch aus, dass der Flugzeugführer für den gesamten Anflug sowohl eine Kursführungsinformation zum Aufsetzpunkt als auch eine Höhenführung (Gleitweginformation) erhält. Für Präzisionsanflüge steht das Instrumentenlandesystem (ILS), das Mikrowellenlandesystem (MLS), oder das

satellitengestützte Landesystem (GBAS), zur Verfügung. Radargeführte Präzisionsanflüge basieren auf einem Präzisionsanflugradar (Precision Approach Radar (PAR)), die heute allerdings nur noch in der militärischen Luftfahrt angewandt werden.

Zur Unterstützung und Orientierung stehen dem Flugzeugführer darüber hinaus auch Anflugkarten zur Verfügung, aus denen er, bezogen auf die jeweilige anlagentechnische Anflughilfe (z. B. ILS) die nötigen Hindernishöhen, Entfernungen, Sinkgeschwindigkeiten und Sinkraten entnehmen kann. Die Anflugkarten sind nachfolgend, beispielhaft für den Verkehrsflughafen Frankfurt/M, erläutert.

Für das erste Instrumentenanflugsegment, die Einflugstrecke, benutzt der Flugzeugführer die so genannte „Standard Arrival Chart – Instrument", auf der alle, für den jeweiligen Flugplatz standardisierten Einflugstrecken (Standard Arrival Route's (STAR's)) eingezeichnet sind.

Auf diesen Strecken gelangt der Flugzeugführer vom ATS-Routennetz zu den definierten Anfangsanflugpunkten (Initial Approach Fix (IAF)). Dies sind für Frankfurt/M, von Westen kommend, die Funknavigationsanlagen CHARLIE und METRO bzw. RIED und TAUNUS für Anflüge auf die Landebahnen 07L/C/R und 25L/C/R. Können die Landeanflug nicht unmittelbar fortgeführt werden können, so sind über den angegebenen Funknavigationsanlagen Warteverfahren durchzuführen. Die Standard Arrival Chart – Instrument – für Frankfurt/M für die Landbahnen 07L/C/R und 25L/C/R zeigt die Abb. 22.78.

Für die weiteren Instrumentenanflugsegmente benutzt der Flugzeugführer dann die „Instrument Approach Charts". Diese Karten beziehen sich immer auf die funktechnische Anflughilfe und die entsprechende Landebahnrichtung (im nachfolgenden Beispiel ILS CAT II & III oder LOC, RWY 07R, Flughafen Frankfurt/M, vgl. Abb. 22.79).

Der Flugzeugführer beginnt den Anfangsanflug (Initial Approach) in einer Höhe von 5.000 ft über der IAF-Funknavigationsanlage TAUNUS (bzw. 5.000 ft über RIED) und erfliegt die verlängerte Anfluggrundlinie der Landebahn 07R mit der magnetischen Peilung von 178° (302°). Auf dem magnetischen Kurs von 068° erreicht das Flugzeug dann den Final Approach Fix (FAF ROBSA) und beginnt mit dem Endanflug auf dem ILS-Gleitweg.

Aus den zugeordneten Tabellen sind weitere Informationen zu entnehmen wie die OCA (OCH) für die Flugzeug-Kategorien A-D in Abhängigkeit der Landekategorie. Einer weiteren Tabelle. sind die DME-Entfernungen (NM) mit zugehörigen Höhenwerten bis zur Landebahnschwelle zu entnehmen, sowie letztendlich eine Zuordnung der Geschwindigkeit über Grund (Groundspeed (GS)) zu der benötigten Zeit bis zur Landeschwelle (Threshold (THR)) sowie die entsprechenden Sinkraten (Rate of Descent). Auch der Punkt für das Fehlanflugsegment (MAPt) ist eingezeichnet, die Verfahrensanweisung bei einem Fehlanflug (Missed Approach Procedure) ist angegeben.

Abbildung 22.80 zeigt die Anflugkarte ILS CAT II & III oder LOC, RWY 07L, Flughafen Frankfurt/M. Die Informationen entsprechen der Erläuterung zum Anflug auf die Landerichtung 07R.

Hat der Flugzeugführer die Landung erfolgreich ausgeführt, so muss er nunmehr das Flugzeug zu seiner Abfertigungs- bzw. Abstellposition führen. Dazu dient ihm die Flugplatzkarte (Aerodrome-Chart, vgl. Abb. 22.81).

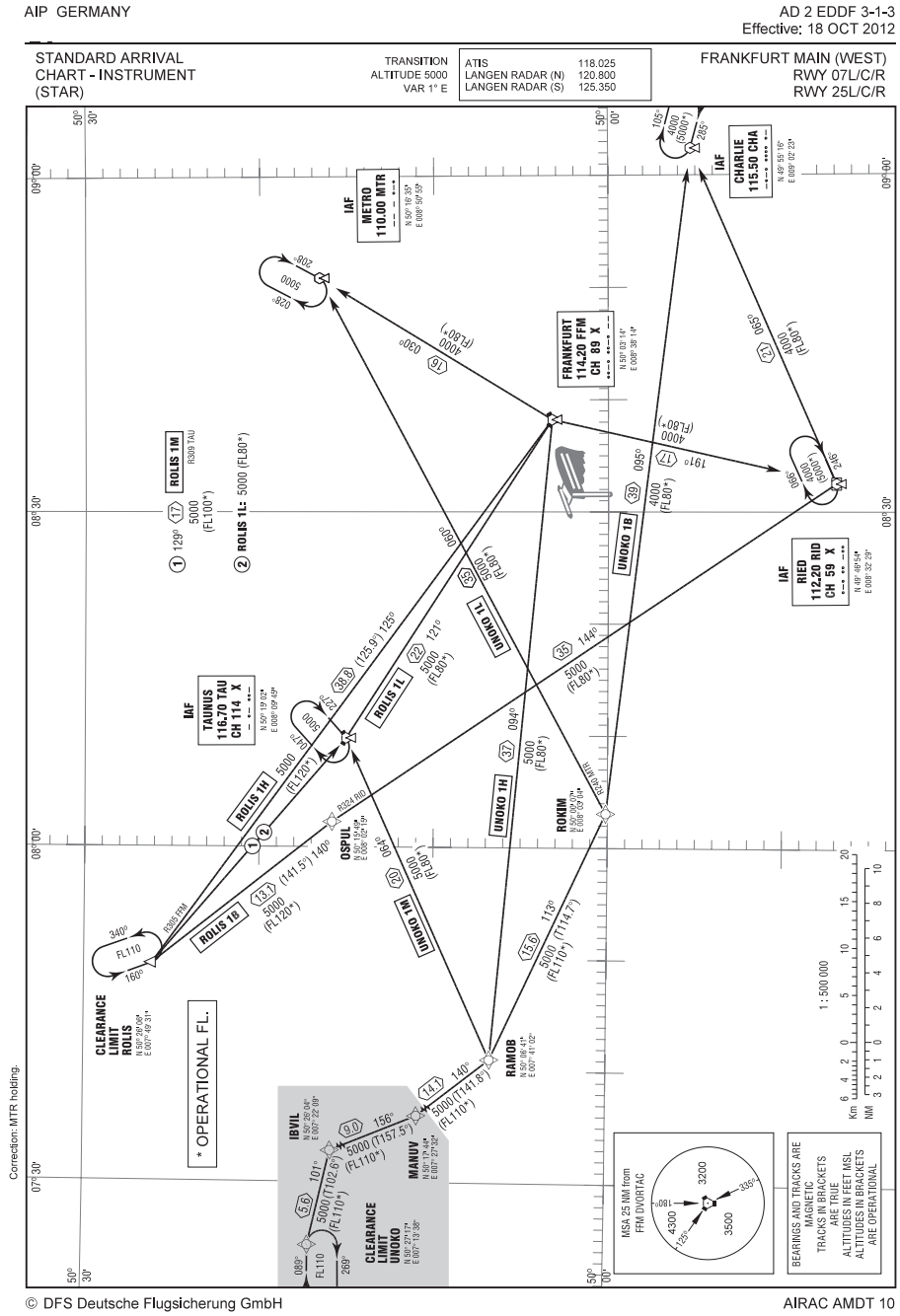


Abb. 22.78 Standard Arrival Chart – Instrument, 07L/C/R und 25L/C/R, Verkehrsflughafen Frankfurt/Main [58], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

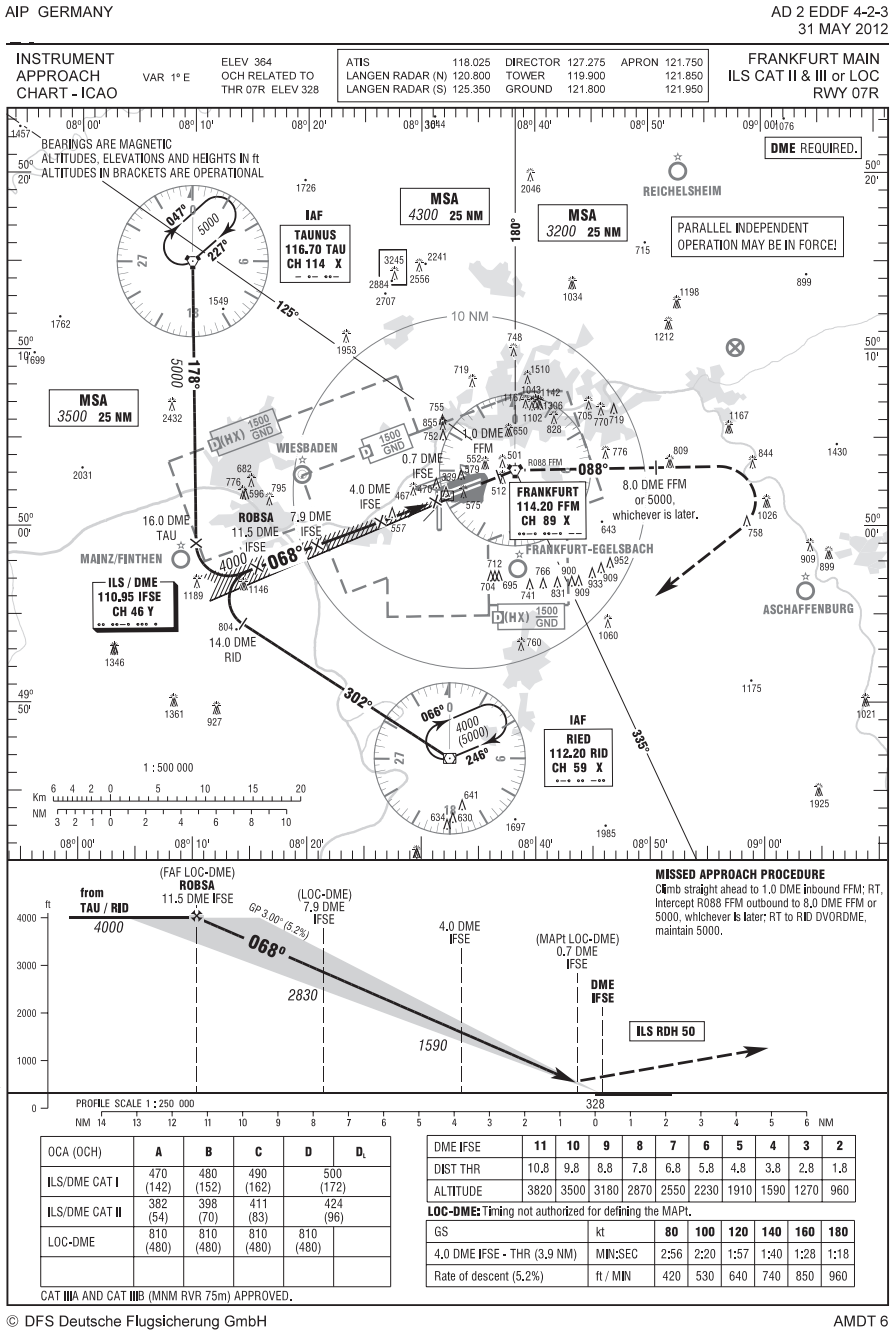


Abb. 22.79 Instrumentenanflugkarte für einen ILS-Anflug auf die Landebahn 25R des Verkehrsflughafens Frankfurt/Main [58], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

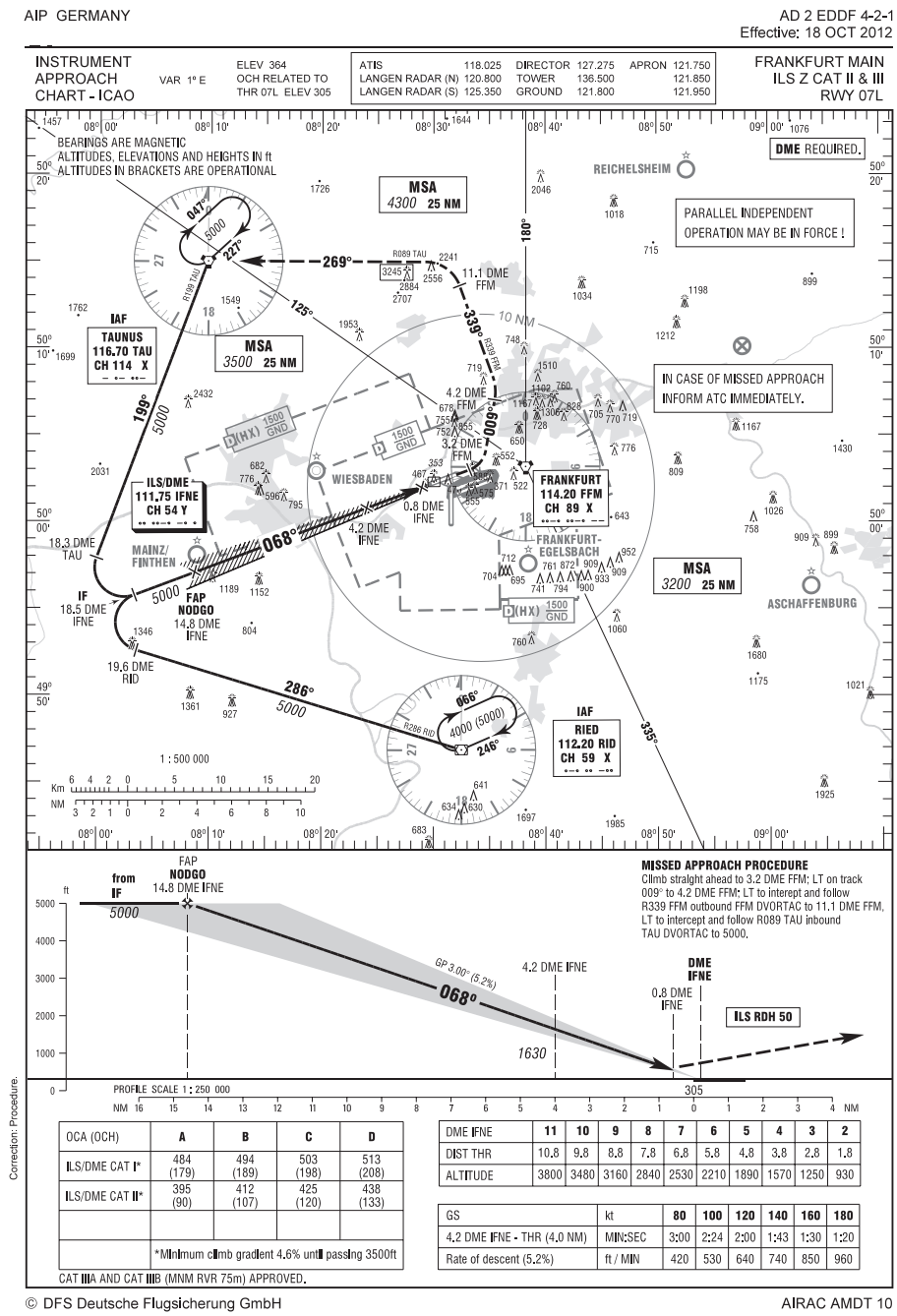


Abb. 22.80 Instrumentenanflugkarte für einen ILS-Anflug auf die Landebahn 07L des Verkehrsflughafens Frankfurt/Main [58], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

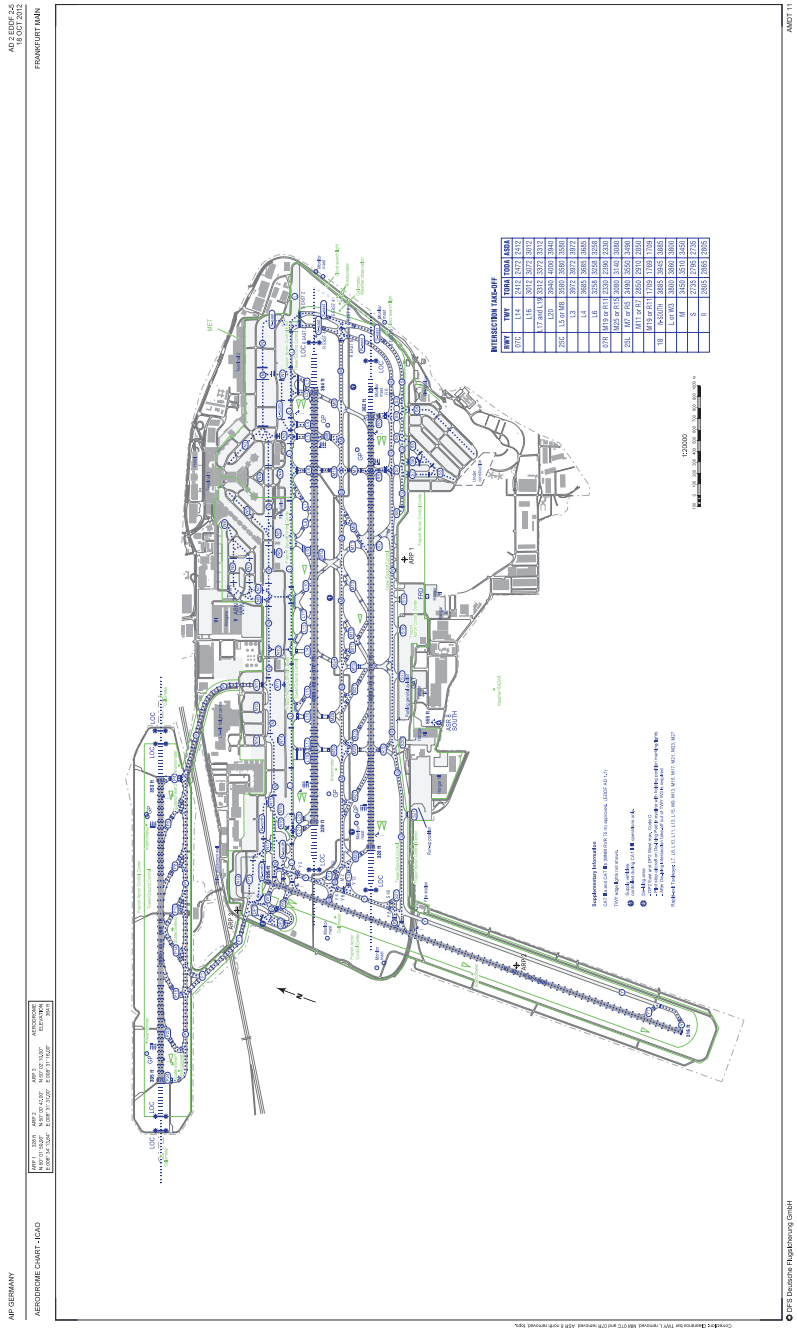


Abb. 22.81 Flugplatzkarte des Verkehrsflughafens Frankfurt/Main [58], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

Aus dieser Karte sind die Flugbetriebsflächen wie die Start-/Landebahn einschließlich ihrer Abmessungen, die Abrollwege, Befeuerung, Radar- und Funknavigationsanlagen sowie das Vorfeld, das Flughafenterminal mit den Abstellpositionen und alle relevanten Anlagen bzw. wichtige Informationen für den Rollverkehr zu entnehmen.

Für die Rollbewegungen steht eine weitere Karte (Beispiel Abb. 22.82, Ground Movement Chart (Bereich Terminal 2) des Verkehrsflughafens Frankfurt/M) zur Verfügung.

Ein Präzisionslandeanflug lässt sich auch radargestützt durchführen. Für einen solchen Anflug ist ein Precision Approach Radar (PAR) erforderlich. Im Schirmbild des PAR sind die Anfluggrundlinie und der Gleitweg hinterlegt. Der PAR-Gleitweg ist die Schnittlinie zweier gedachter Ebenen, die im Gegensatz zum ILS nicht funktechnisch erzeugt, sondern von zwei Radarstrahlen abgetastet werden. Der Flugverkehrslotse kann jederzeit auf dem Radarschirm die Position des erfassten Flugzeuges in Bezug auf den Sollgleitweg und die Anfluggrundlinie feststellen. Dieses Anflugverfahren wird in der Bundesrepublik Deutschland nur noch im militärischen Bereich angewandt.

22.15.1.4 Nichtpräzisionsanflugverfahren

Bei den Nichtpräzisionsanflugverfahren steht dem Flugzeugführer zwar eine Kursführungsinformation zur Verfügung, nicht aber eine Höhenführung (Gleitwegführung). Die Kursführungsinformation erhält der Flugzeugführer von den Funknavigationsanlagen VOR, NDB oder als GPS Koordinaten. Auch ein Flughafen-Rundsichtradar liefert Kursinformationen, ebenso der Localizer (LLZ) einer ILS- Anlage bei ausgefallenem Gleitwegsender (GP inoperativ). Abbildung 22.83 zeigt eine VOR Anflugkarte, Abb. 22.84 eine NDB Anflugkarte, Abb. 22.85 eine GPS/FMS RNAV Anflugkarte zum Final Approach Fix, und Abb. 22.86 eine RNAV (GPS) Anflugkarte. Die Wegpunkte auf den RNAV (GPS) Karten basieren nicht auf bodengebundenen Funknavigationsanlagen, sondern sind als virtuelle Wegpunkte zu verstehen.

Allen Karten sind wiederum die Anflugwegeführungen vom Initial Approach Fix (IAF) zum Aufsetzpunkt, die Höhenprofile sowie das entsprechende Missed Approach Procedure zu entnehmen. Aus den zugeordneten Tabellen sind entsprechende weitere Informationen wie die OCA (OCH) für die Flugzeug-Kategorien A-D zu entnehmen. Einer weiteren Tabelle. sind die DME-Entfernungen (NM) mit zugehörigen Höhenwerten bis zur Landebahnschwelle zu entnehmen, sowie letztendlich eine Zuordnung der Geschwindigkeit über Grund (Groundspeed (GS)) in Knoten (kt) zu der benötigten Zeit bis zur Landeschwelle (Threshold (THR)) in Min/Sek. sowie die entsprechenden Sinkraten (Rate of Descent) in ft/Min. Auch der Punkt für das Fehlanflugsegment (MAPt) ist eingezeichnet, die Verfahrensanweisung für einem Fehlanflug (Missed Approach Procedure) ist beschrieben.

22.15.1.5 Lärmmindernde Anflugverfahren

Die stark gestiegene Zahl der Flugbewegungen und das ständig wachsende Umweltbewusstsein der Bevölkerung, haben dazu geführt, dass auch die Geräuschemissionen von Flugzeugen (Fluglärm) als Umweltbelastung angesehen werden.

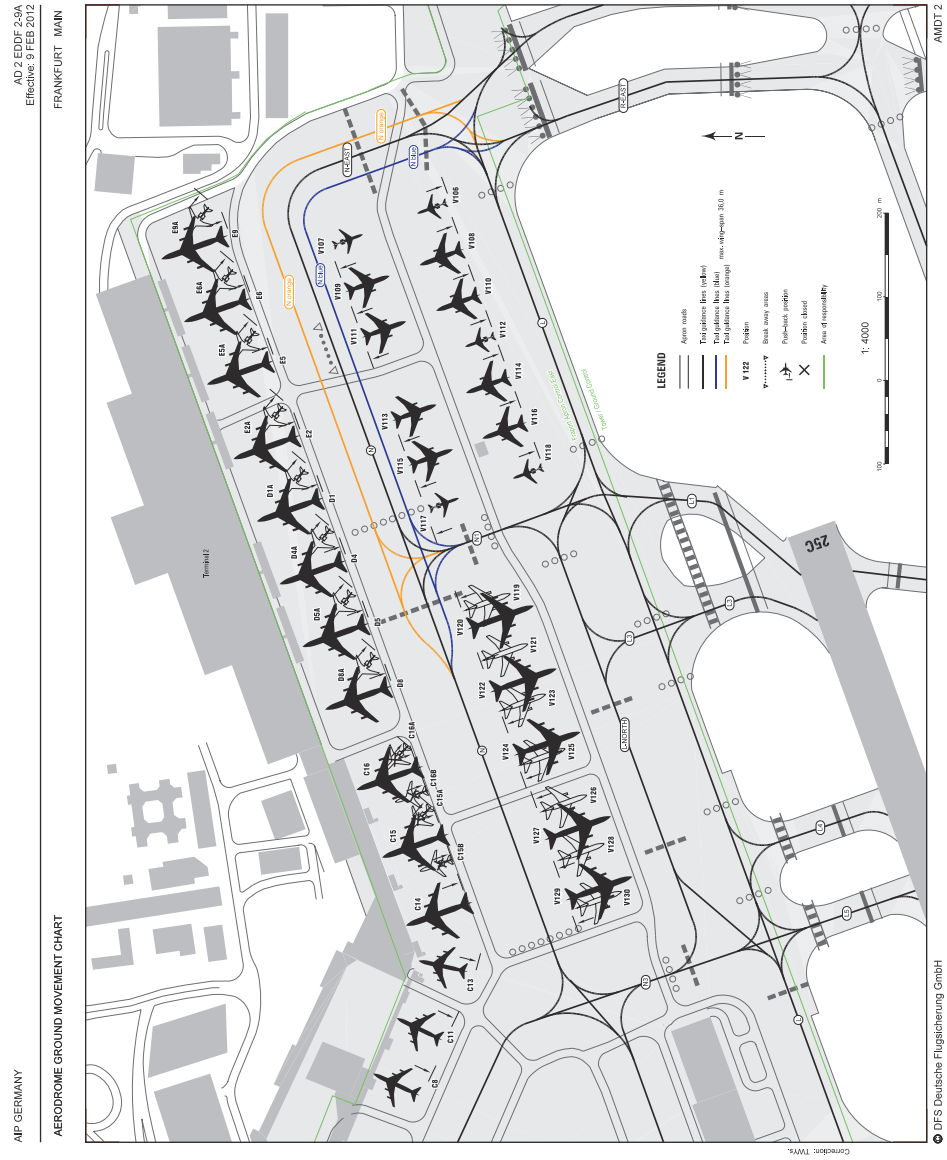


Abb. 22.82 Ground Movement Chart (Bereich Terminal 2) des Verkehrsflughafens Frankfurt/M [58], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

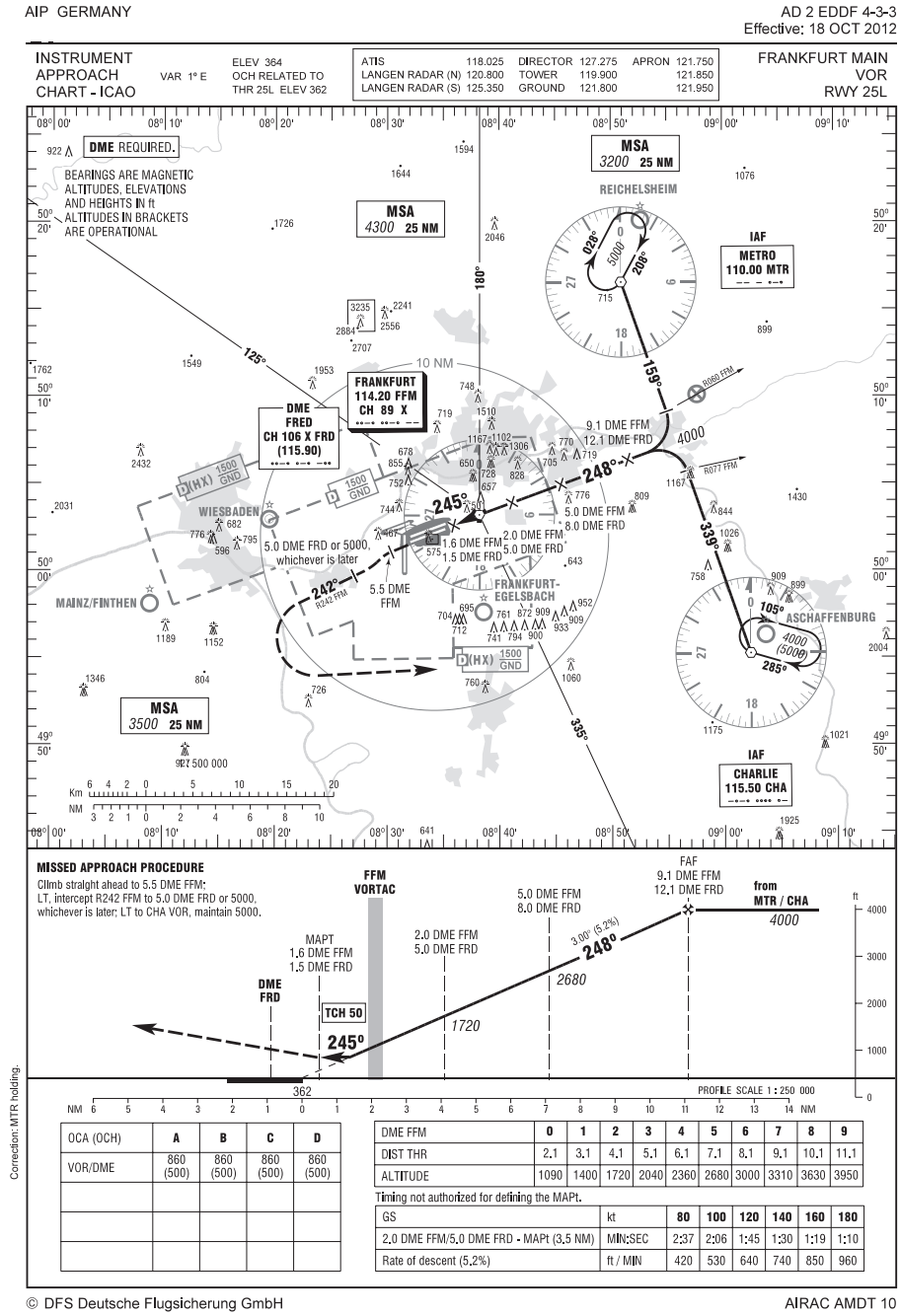


Abb. 22.83 VOR Anflugkarte Verkehrsflughafen Frankfurt/M [58], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

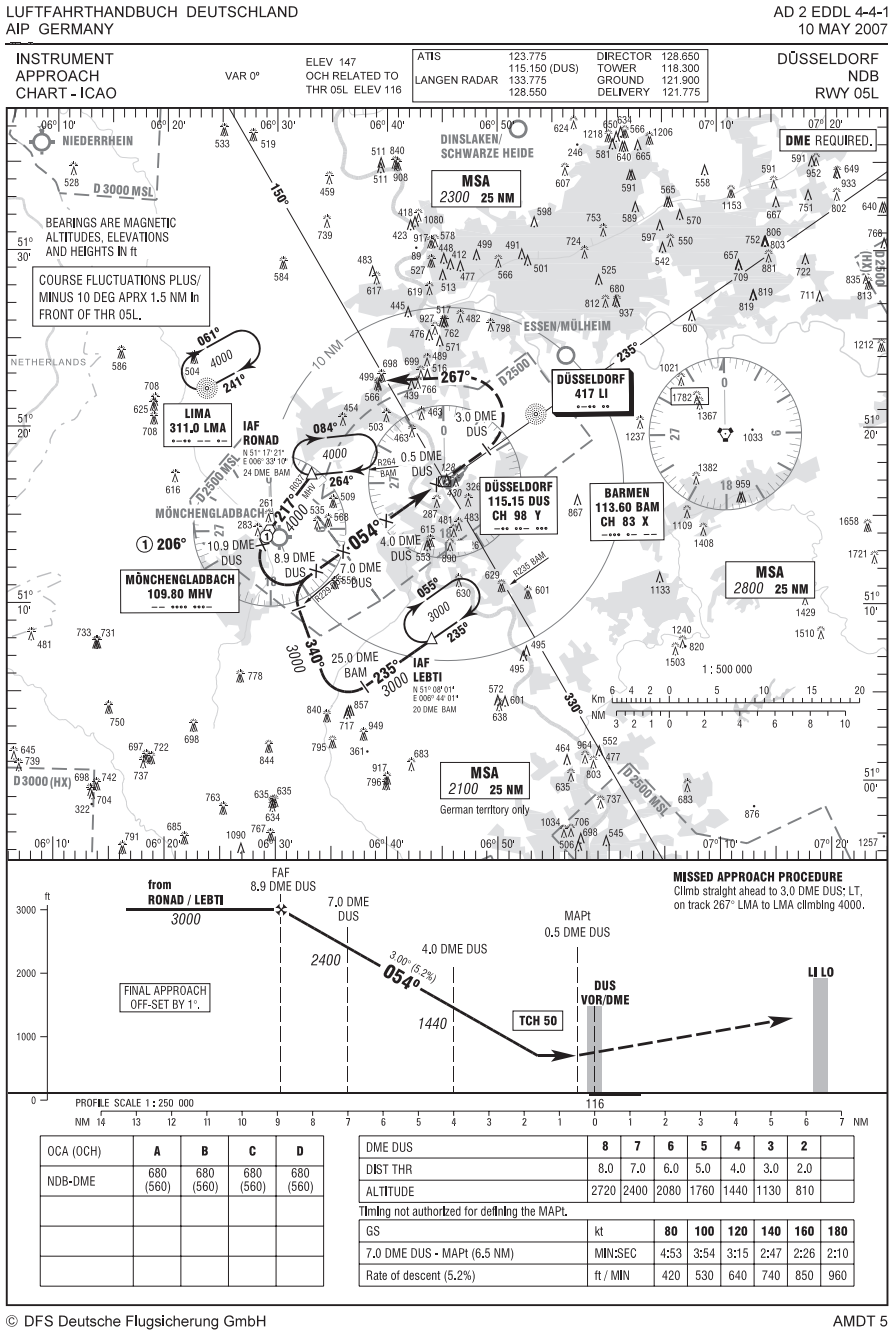


Abb. 22.84 NDB Anflugkarte Verkehrsflughafen Düsseldorf [58], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

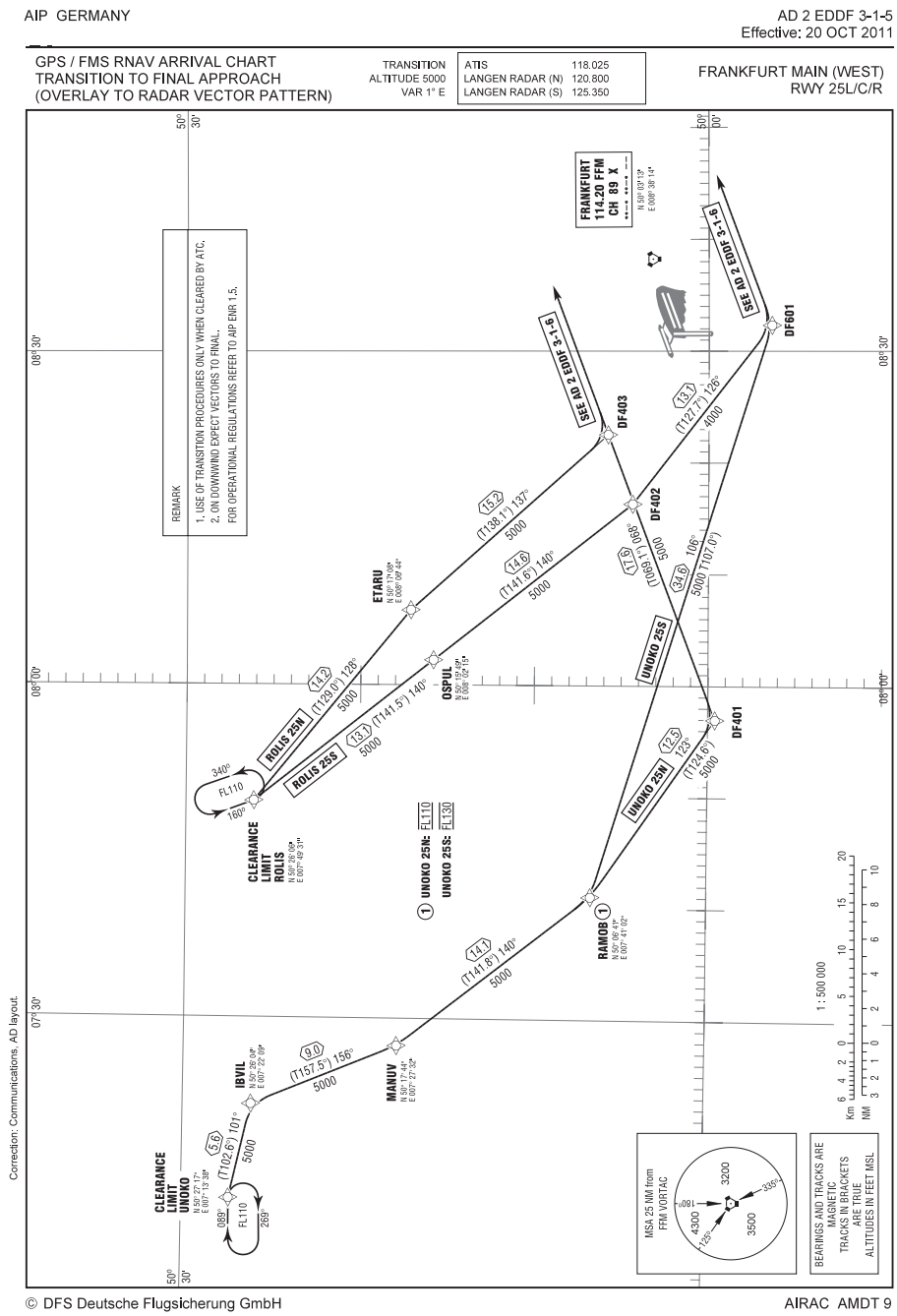


Abb. 22.85 GPS/FMS-RNAV Anflugkarte Verkehrsflughafen Frankfurt/M [58], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

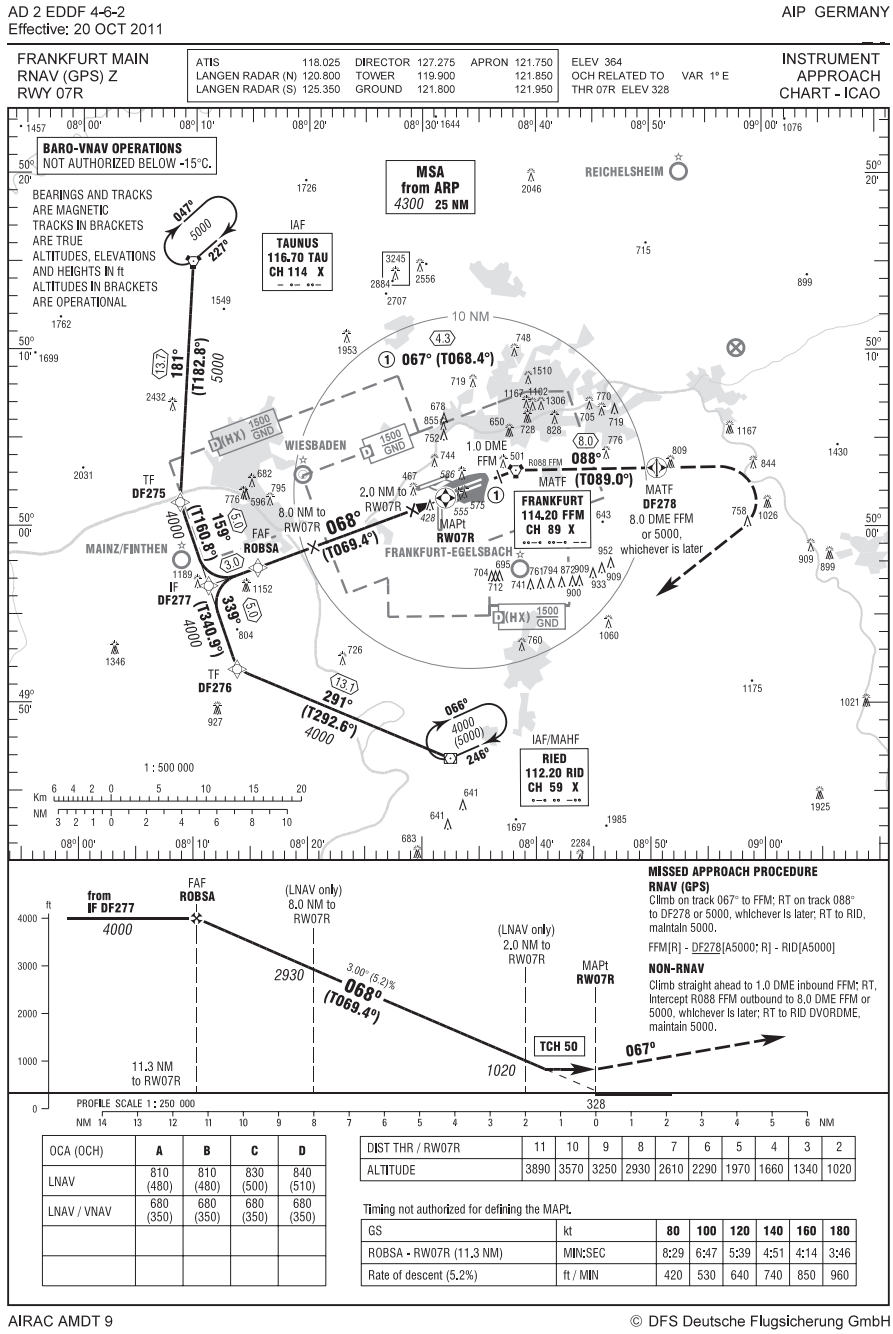


Abb. 22.86 RNAV (GPS) Anflugkarte Verkehrsflughafen Frankfurt/M [58], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

Diese Entwicklung hat auf der Verfahrensseite dazu geführt, lärmmindernde An- und Abflugverfahren zu entwickeln, wie auch entsprechende An- und Abflugwegeführungen festzulegen, damit die Lärmbelastung der betroffenen Gebiete ein erträgliches Niveau nicht überschreitet. Ferner zählen auch Nachtflugbeschränkungen an Verkehrsflughäfen, Noise Preferential Runways mit längeren Rollwegen oder auch, soweit vertretbar, Rücken- (Tail-) bzw. Querwind- (Crosswind-) Starts zu betrieblichen Maßnahmen, die in bestimmten Situationen zur Minderung der Geräuschbelastung führen.

Die flugbetrieblichen und flugsicherungsmäßigen Vorgaben lassen bei den Anflugverfahren allerdings keinen allzu großen operationellen Spielraum. Die Maßnahmen zur Reduktion der Geräuschbelastung betreffen seitens der Anflugstreckenführung die beiden ersten Anflugsegmente, seitens des Flugzeuges die Anflugkonfiguration und den Abbremsvorgang nach dem Aufsetzen auf der Landebahn.

Die Flugzeugführer sollten ihren Flug so einteilen, dass das Anfangsanflugfunkfeuer mit einer Fluggeschwindigkeit verlassen werden kann, die eine Reiseflugkonfiguration des Flugzeuges erlaubt. Die Fluggeschwindigkeit sollte bis zu einer Entfernung von ca. 12 NM vor der Landebahnschwelle beibehalten werden. Für diesen Teil des Anfluges wird eine angezeigte Fluggeschwindigkeit von 210 ±10 kt empfohlen, sofern nicht aus Flugleistungsgründen eine höhere Fluggeschwindigkeit erforderlich ist.

Der anschließende Teil des Anfluges bis zu einem Punkt kurz vor dem Voreinflugzeichen sollte mit einer Fluggeschwindigkeit von 160 ±10 kt geflogen werden, wobei die Auftriebshilfen in eine für das jeweilige Flugzeug geeignete Zwischenposition gefahren werden und das Fahrwerk eingefahren bleibt. Diese Flugphase wird normalerweise den Übergang vom Horizontalflug zum Sinkflug auf dem Gleitweg einschließen, der eine Höhe von nicht weniger als 3.000 ft über der Aufsetzzone vorsehen sollte.

Das Flugzeug sollte sich kurz vor oder über dem Voreinfugzeichen in Landekonfiguration befinden, d. h. zu diesem Zeitpunkt sollte das Fahrwerk ausgefahren, die Auftriebshilfen in Landestellung gefahren, und mit einer sicheren Anfluggeschwindigkeit stabilisiert sein.

Zur Einsparung von Kraftstoff und zur Minderung der Geräuschemission der Flugzeuge kann der so genannte **Continuous Descent Approach** (CDA) durchgeführt werden. Das Verfahren kann auf Anforderung durch den Flugzeugführer angewandt, oder von der Flugverkehrskontrolle angeboten werden. Es ist nur in Verbindung mit einem ILS-Anflug möglich.

Die Flugzeuge werden von der Anflugkontrolle mittels Radar geführt und für einen kontinuierlichen Sinkflug zu der Zwischenanflugshöhe so freigegeben, dass nach Erreichen dieser Zwischenanflugshöhe auf dem Landekurs, noch etwa eine NM zum Erfliegen des Gleitweges im Horizontalflug zur Verfügung steht. Dieses Zwischenanflugsegment dient der Geschwindigkeitsreduzierung. Es wird davon ausgegangen, dass der kontinuierliche Sinkflug mit 300 ft/NM (Sinkwinkel ca. 3 Grad) bis zur freigegebenen Höhe durchgeführt wird.

Müssen aus bestimmten Gründen (z. B. Stafflung, Luftraumstruktur, Hindernisse) anfänglich Höhen zugewiesen werden, die über der Zwischenanflugshöhe liegen, werden

diese Beschränkungen so frühzeitig aufgehoben, dass der kontinuierliche Sinkflug mit 300 ft/NM nicht unterbrochen werden muss.

Angaben über die Entfernung vom Aufsetzpunkt werden mit der Freigabe zum Sinkflug sowie in der Regel bei 20, 15 und 10 NM vom Aufsetzpunkt an den Flugzeugführer übermittelt. Dadurch wird der Flugzeugführer in die Lage versetzt, nötige Korrekturen an der Sinkrate vorzunehmen.

Ein weiteres bekanntes geräuschreduzierendes Anflugverfahren trägt die Bezeichnung **Low Drag-/Low Power-Approach** und folgt der Philosophie, dass das Flugzeug bei reduziertem Luftwiderstand auch eine geringere Antriebsleistung benötigt. Flugbetrieblich beruht das Verfahren darauf, die Endanflugkonfiguration bedeutend später einzunehmen als beim Standard Approach.

Das bedeutet für den Flugzeugführer einen erhöhten Arbeitsaufwand, beginnend im Bereich des Outer Markers bis ca. 1.000 ft über Grund, indem er in relativ kurzer Zeit Schub, Geschwindigkeit und Trimmung stabilisieren muss.

Die geräuschmindernde Wirkung, d. h. reduzierte Geräuschemissionspegel und Schalleinwirkzeiten, werden in den Anflugsegmenten Initial- und Intermediate Approach durch die widerstandsarme Flugzeugkonfiguration (Clean Configuration) und die noch relativ hohe Fluggeschwindigkeit erzielt .

Beim so genannten **Two Segment Approach** handelt es sich um einen aus zwei Segmenten bestehenden Landeanflug, der mit unterschiedlichen Gleitwinkeln durchgeführt wird. Das erste Segment wird mit einem Gleitwinkel von 6° bis 1.000 ft über Grund, das zweite Segment mit einem Gleitwinkel von 3° erflogen.

Die Herabsetzung der Geräuschemission wird einerseits durch das steilere Anflugverfahren im ersten Segment, andererseits auch durch die wiederum reduzierte Triebwerksleistung bewirkt. Das Verfahren ist nicht unumstritten, da es flugsicherheitsrelevante Punkte berührt:

- hohe Sinkraten in Bodennähe,
- Gefahr der Gleitwegunterschreitung beim Segmentübergang,
- Konfigurationsänderung in Bodennähe,
- problematischer Geschwindigkeitsabbau auf dem 6° Bahnsegment,
- hohe Leerlaufleistung bei Triebwerken mit großem Bypassverhältnis bedingt Konfigurationsprobleme im 6° Bahnsegment.

Das **Delayed Flap Approach** Verfahren beruht letztendlich darauf, die Landeklappen zu einem möglichst späten Zeitpunkt auszufahren. Auch dieses Verfahren ist darauf ausgerichtet, die Endanflugkonfiguration möglichst spät einzunehmen, um die Geräuschemission an den Schallquellen, den Triebwerken und dem Flugwerk, zu reduzieren. Problematisch ist bei diesem Verfahren, dass der Geschwindigkeitsabbau innerhalb von 10 NM Segmentlänge stattfinden muss, und das Erreichen der stabilen Endanflugkonfiguration erst 500 ft über Grund erfolgt.

22.15.1.6 Platzrundenanflüge

Unter einem Platzrundenanflug versteht man die Fortführung eines Instrumentenanflugverfahrens, wobei einem Flugzeug die Landung auf einer Landebahn, die nicht für einen Direktanflug vorgesehen ist, ermöglicht wird.

Der Platzrundenbereich für einen Platzrundenanflug wird durch Kreisbögen begrenzt (vgl. Abb. 22.87). Der Kreisbogenradius ist abhängig von der Flugzeug-Kategorie, für die eine Hindernisfreihöhe festzulegen ist. Alle Kurven sind mit einem durchschnittlichen Querneigungswinkel von 20° oder mit einer Drehgeschwindigkeit von 3° pro Sekunde, je nachdem, welcher der beiden Werte den kleineren Querneigungswinkel zulässt, durchzuführen.

Die Hindernisfreihöhe (OCA/H) bestimmt sich durch das höchste Hindernis im Platzrundenbereich zuzüglich der aus der Tab. 22.7 zu entnehmenden Werte für die Hindernisfreiheit.

22.15.1.7 Start- und Abflugverfahren

Für standardisierte Abflugverfahren sind die Standard-Instrument-Departure Routes (SID's) festgelegt. Diese Routenführungen sind horizontal und vertikal definiert und im Luftfahrthandbuch der Bundesrepublik Deutschland (AIP) veröffentlicht. Bis zu einer Flughöhe von 1.500 ft ist der als „Take-off Flight Path" bezeichnete Abflugweg in Sektoren eingeteilt, wobei die Konfiguration des Flugzeuges so vorgegeben ist, dass unter der Annahme des Ausfalls des kritischen Triebwerks bei V_1 das sichere Überfliegen aller Hindernisse im Abflugsektor gewährleistet ist (vgl. Abb. 22.88). Im einzelnen wird unterschieden zwischen:

- Take-off-Run (Beschleunigungsphase) vom Startabrollpunkt bis zum Erreichen der Rotationsgeschwindigkeit V_R,

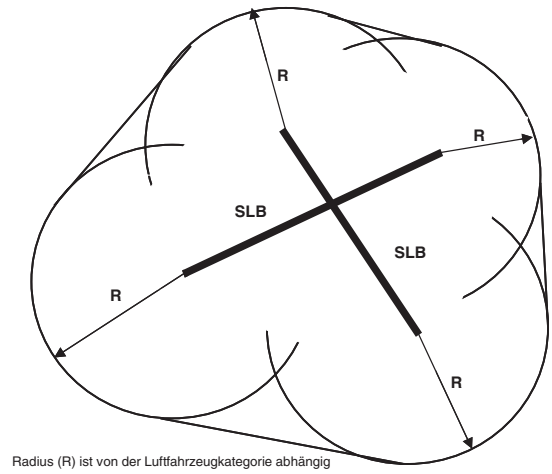


Abb. 22.87 Platzrundenbereich für einen Platzrundenanflug [115]

Tab. 22.7 Hindernisfreiheiten für Platzrundenanflüge

Flugzeugkategorie	Hindernisfreiheit ft (m)
A	295 (90)
B	295 (90)
C	394 (120)
D	394 (120)

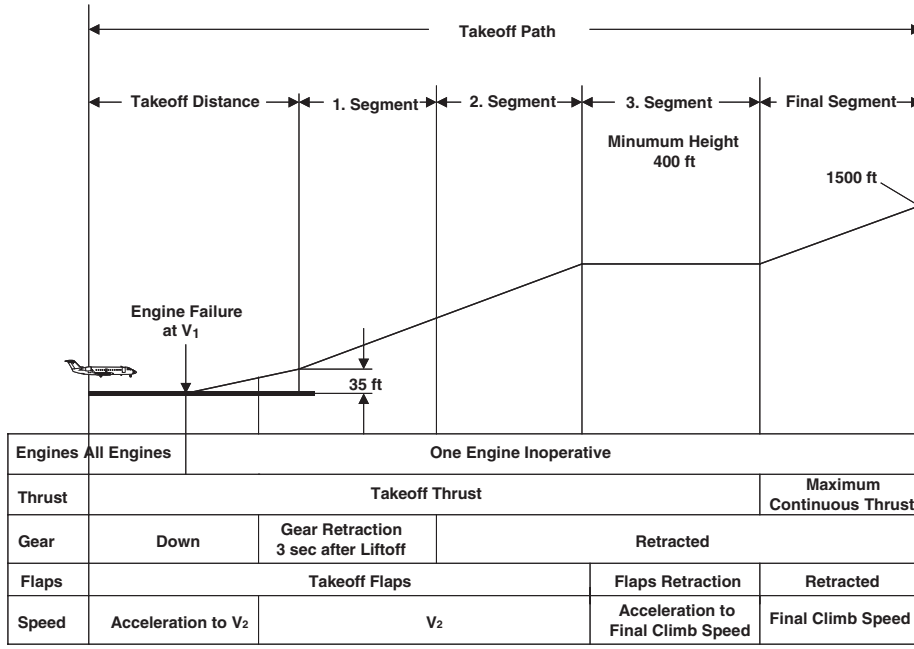


Abb. 22.88 Take-off Path mit Take-off Distance und Take-off Flight Path [50]

- Rotationsphase bis zum Erreichen der sicheren Fluggeschwindigkeit $V_2 + 10/20$ kt in 35 ft Höhe über der Startbahn, mit folgenden Konfigurationen:
  1. Steigsegment vom Beginn des Take-off Flight Path bis zu dem Punkt, an dem das Fahrwerk voll eingefahren ist,
  2. Steigsegment bis zu dem Punkt, an dem mit dem Einfahren der Klappen begonnen wird, wobei dieser Punkt in Abhängigkeit vorhandener Hindernisse, jedoch nicht unter einer Höhe von 400 ft über der verlängerten Startbahngrundlinie, festgelegt wird,
  3. Steigsegment bis zu dem Punkt, an dem die Enroute-Konfiguration erreicht ist.
  4. Letztes (finales) Segment bis zu dem Punkt, an dem eine Höhe von 1.500 ft gegenüber der Startbahngrundlinie erreicht ist.

Neben dem Begriff „Take-off Flight Path“ existiert weiterhin der Begriff „Net Take-off Flight Path“. Mit diesem Begriff wird die Flugbahn beschrieben, die sich ergibt, wenn die von einem Flugzeug unter festgelegten Bedingungen tatsächlich geflogene Bahn an jedem Ort um die in den Lufttüchtigkeitsforderungen vorgeschriebenen Beträge vermindert wird.

Entsprechend sind die Begriffe „Net Gradient“ und „Net Height“ festgelegt. Die „Net Gradients“ lassen sich durch prozentualen Abzug von den tatsächlichen, aus Flugversuchen nachgewiesenen Werten (Gross Flight Path) ermitteln, d. h. für:

- 2 motorige Flugzeuge 0,8 %
- 3 motorige Flugzeuge 0,9 %
- 4 motorige Flugzeuge 1,0 %

Dies geschieht wiederum aus Sicherheitsgründen, um zu gewährleisten, dass bezugnehmend auf den Net Take-off Flight Path zu allen, unter dem definierten Abflugsektor gelegenen Hindernissen, ein Mindestabstand von 35 ft eingehalten werden kann (vgl. Abb. 22.89).

Das Standard-Abflugverfahren hat sich seit Jahren in der flugbetrieblichen Praxis bewährt und stellt auch das wirtschaftlichste Verfahren dar. Die widerstandsreiche Startkonfiguration (Klappen) wird nur kurze Zeit beibehalten, sodass sowohl kraftstoff- als auch zeitoptimal geflogen werden kann. Die Abb. 22.90 und 22.91 zeigen die Abflugkarten für ein Standard Departure Chart – Instrument, SID und ein GPS/FMS RNAV Abflugverfahren für den Verkehrsflughafen Frankfurt/M [58].

22.15.1.8 Lärmmindernde Abflugverfahren

Für lärmmindernde Abflugverfahren, auch als Noise Abatement Take-off Procedures bezeichnet, wird zwischen Flugzeugen, die nach ICAO Anhang 16, Kap. 2, 3 oder 4

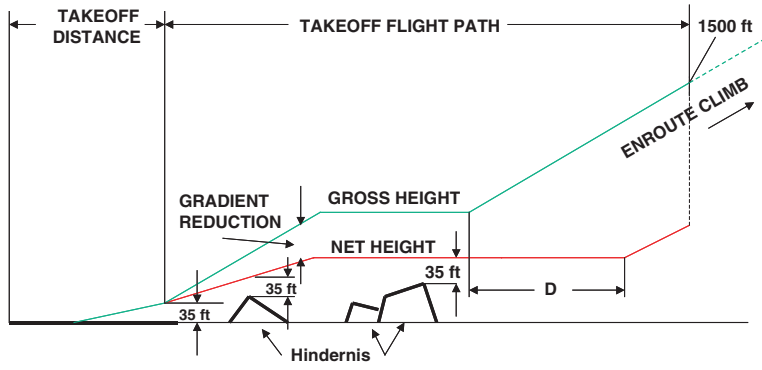


Abb. 22.89 Net Flight Path and Gross Flight Path [50]

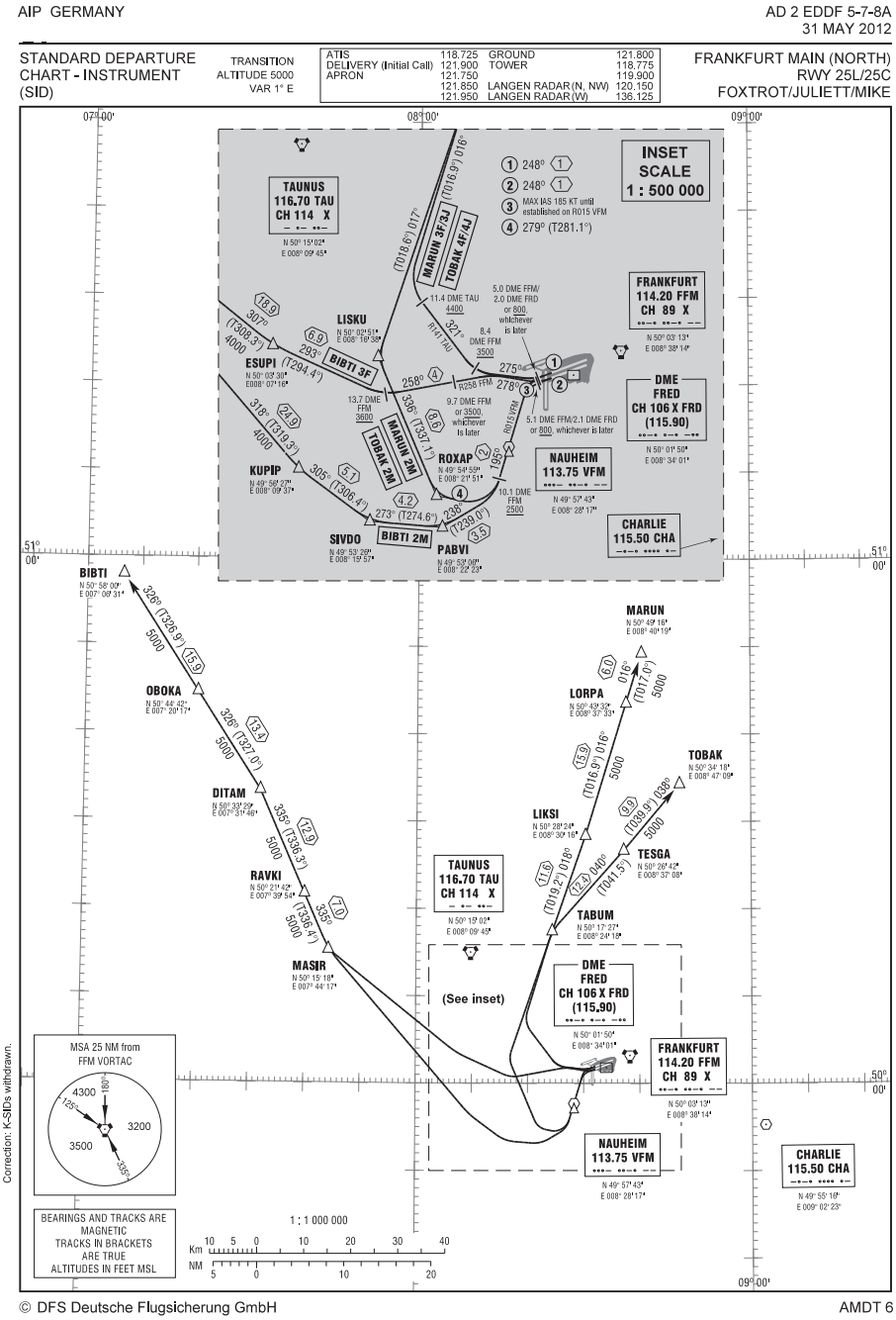


Abb. 22.90 Standard Abflugverfahren (Instrument) Verkehrsflughafen Frankfurt/M [58], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

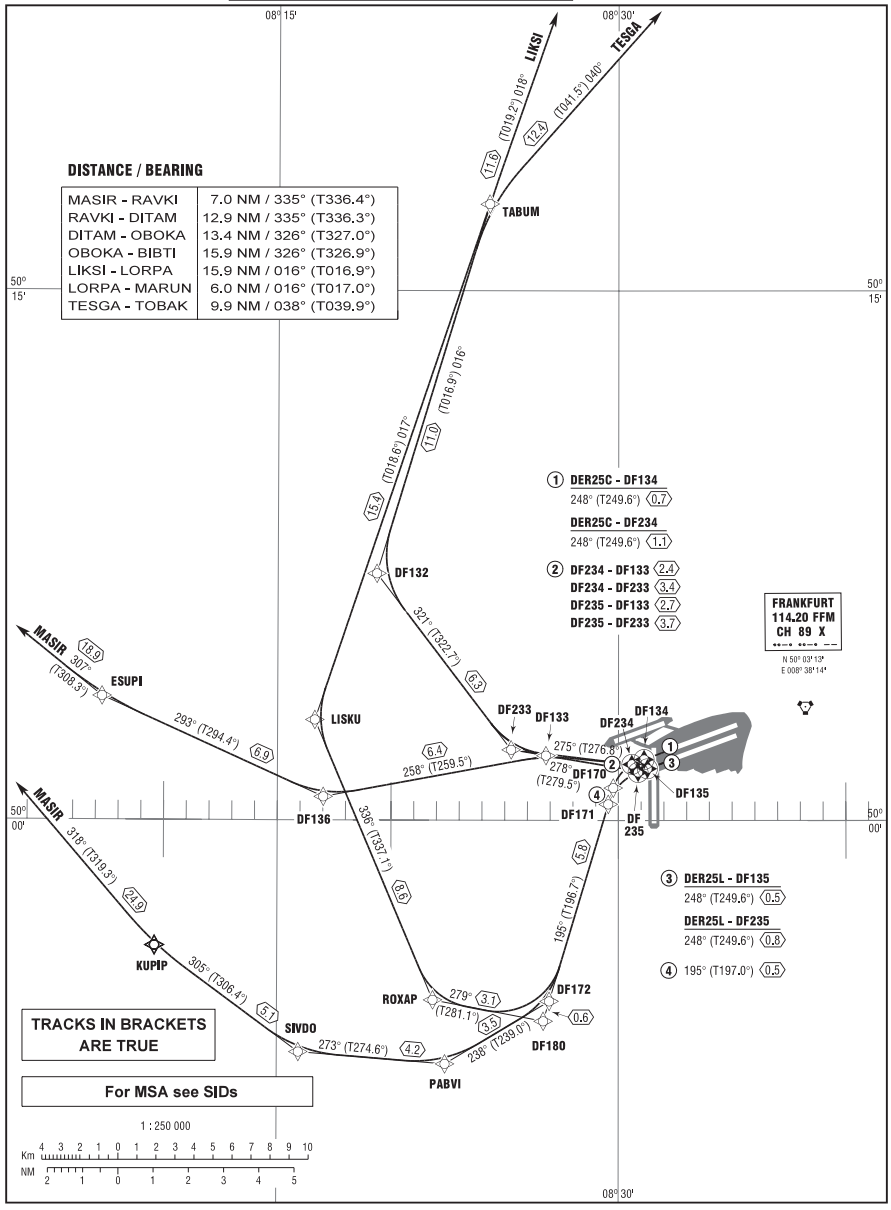


Abb. 22.91 GPS/FMS RNAV Abflugverfahren Verkehrsflughafen Frankfurt/Main [58], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

zugelassen sind, unterschieden. Bezogen auf die erläuterten Steigflugsegmente gilt für die Steigflugleistungen der Kap. 2 Flugzeuge [58]:

1. Start bis 1.500 ft über GND mit:
   - Startleistung,
   - Auftriebshilfen in Startstellung,
   - Steigflug mit $V_2 + 10$ kt (oder wie durch den Anstellwinkel begrenzt).
2. Bei Erreichen von 1.500 ft über GND:
   - Triebwerksleistung auf nicht weniger als Steigflugleistung reduzieren,
3. Von 1.500 ft über GND bis 3.000 ft über GND:
   - Steigflug mit $V_2 + 10$ kt,
4. Bei Erreichen von 3.000 ft über GND:
   - Aufholen von Geschwindigkeit im Steigflug und Einziehen der Auftriebshilfen,
   - Normaler Übergang zum Streckensteigflug.

Bezogen auf die erläuterten Steigflugsegmente gilt für die Steigflugleistungen der Kapitel 3/4 Flugzeuge [58]:

1. Start bis 1.500 ft über GND mit:
   - Startleistung,
   - Auftriebshilfen in Startstellung,
   - Steigflug mit $V_2 + 10$ kt (oder wie durch den Anstellwinkel begrenzt).
2. Bei Erreichen von 1.500 ft über GND:
   - Triebwerksleistung auf nicht weniger als Steigflugleistung reduzieren,
   - Aufholen von Geschwindigkeit im Steigflug und Einziehen der Auftriebshilfen,
   - Normaler Übergang zum Streckensteigflug.

Ein Verzicht auf den maximal verfügbaren Startschub (Flexible Thrust Procedure) ist grundsätzlich immer dann möglich, wenn die reduzierte Triebwerksleistung zur Erfüllung der sicherheitsbedingten Mindestanforderungen an das Start-/Steigflugprofil ausreicht. Dies ist beispielsweise bei Starts mit geringen Abflugmassen, bei günstigen meteorologischen Bedingungen oder mehr als ausreichenden Startbahnlängen der Fall.

Erwähnenswert seien in diesem Zusammenhang auch die als „Minimum Noise Routings“ deklarierten Streckenführungen. Diese Streckenführungen sind mit dem Ziel ausgearbeitet, Flugzeuge so auf die Flugverkehrsstrecken (ATS-Routen) zu führen, dass Siedlungen etc. möglichst wenig beschallt werden. Die Strukturen geräuschminimaler Abflugstrecken werden von den maßgeblichen geographischen Gegebenheiten, sowie von der Topographie und teilweise auch von den Navigationshilfen in Flugplatznähe bestimmt. Als allgemeine Anforderungen an diese Flugwegführungen sind zu nennen:

- Kurvenflüge während der Startphase sollten vermieden werden, bis das Flugzeug eine Höhe von mindestens 500 ft (150 m) über Grund und dem höchsten Hindernis unterhalb des Flugweges erreicht hat,

- Der Rollwinkel für Kurvenflüge soll möglichst während der Startphase auf 15° begrenzt bleiben,
- Die Streckenführung muss ohne erhebliche Mehrbelastung für den Flugzeugführer fliegbar sein.

Abbildung 22.92 zeigt die Minimum Noise Routing Struktur am Beispiel des Rhein-Main Luftraums [58].

In der ICAO Publikation „Procedures for Air Navigation Services, Aircraft Operations, Part 5, Chapter 3, Aeroplane Operating Procedures – Take-off", werden zwei prinzipielle geräuschminimale Startverfahren vorgeschlagen (als Procedure A und Procedure B bezeichnet, vgl. Abb. 22.93 und 22.94).

Die Verfahren wurden unter der Prämisse entwickelt, einerseits sichere Startverfahren zu gewährleisten, andererseits die Geräuschimmissionen während des Starts zu minimieren. Die Verfahren sind routinemäßig für alle Starts anwendbar. Flugversuche und Lärmmessungen haben ergeben, dass Procedure A zu einer höheren Geräuschbelastung im weiteren Verlauf das Steigflugprofils, Procedure B zu einer höheren Geräuschbelastung im anfänglichen Teil des Steigflugprofils führt. Das Procedure, dass letztendlich für einen bestimmten Flugplatz Anwendung findet, ist abhängig vom Umland des Flugplatzes, von der Bebauung bzw. der Lage der geräuschsensitiven Gebiete zum Flugplatz, die durch die Abfluggeräusche belastet werden, sowie durch die Performance und die Abflugmasse der Flugzeuge selbst. Unter Berücksichtigung der Sicherheit des Flugbetriebs sind Varianten in der Performance der Flugzeuge und der festzulegenden Höhe des Cutback-Punktes (Cutbackhöhe) möglich.

22.15.2 Warteverfahren

Unter einem Warteverfahren versteht man das ein- oder mehrmalige Befliegen einer Standard-Warteschleife. Das Befliegen einer Warteschleife (Holding Pattern) ist erforderlich, wenn das anfliegende Flugzeug aus verkehrlichen oder betrieblichen Gründen seinen Landeanflug nicht unverzüglich ausführen kann.

Warteschleifen sind deshalb im Nahbereich aller großen Flugplätze vorgesehen. Als Wartepunkt (Fix) dient meist eine Navigationsanlage (z. B. ein VOR), um dem Flugzeugführer das Er- und Befliegen der Warteschleife zu erleichtern und diese bzgl. ihrer Ausprägung festzulegen. Da die Warteverfahren in unterschiedlicher Höhe und von unterschiedlichen Flugzeugen beflogen werden, sind die nachfolgend beschriebenen Regeln und Verfahren genau einzuhalten.

Zunächst darf die angezeigte Eigengeschwindigkeit (IAS) des Flugzeuges beim Einflug in die Warteschleife und bei der Durchführung von Warteverfahren die in der angeführten Werte nicht überschreiten (vgl. Tab. 22.8). Bei starker Turbulenz können die Grenzwerte, die Zustimmung der zuständigen FVK-Stelle vorausgesetzt, auf 280 kt IAS oder 0,8 Mach, je nachdem, welches die geringere Geschwindigkeit ist, heraufgesetzt werden. Alle Kurven sind mit einem Querneigungswinkel von 25° oder mit

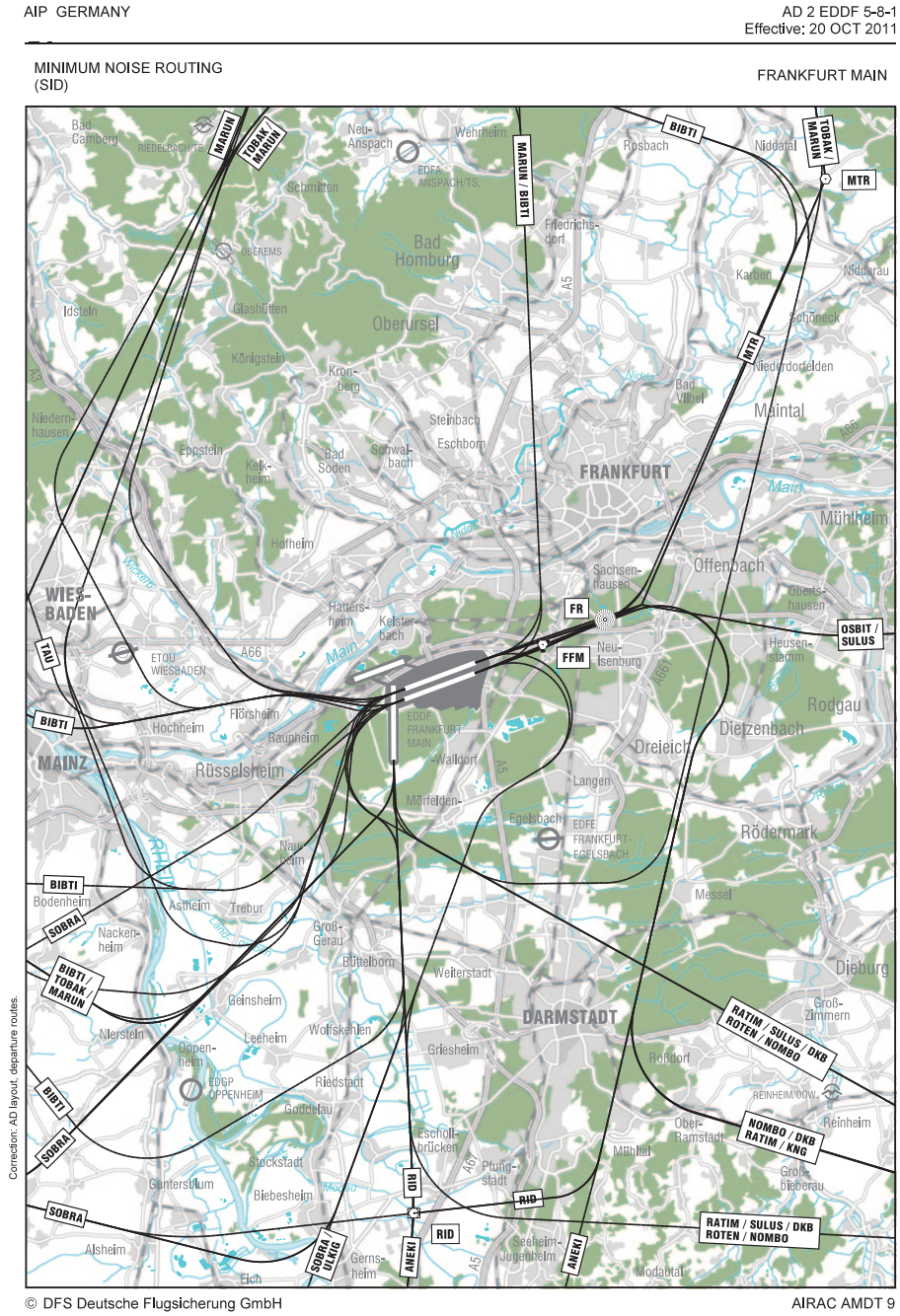


Abb. 22.92 Minimum Noise Routing Struktur am Beispiel des Frankfurter Luftraums [58], *Anmerkung* Karte darf nicht für navigatorische Zwecke verwendet werden

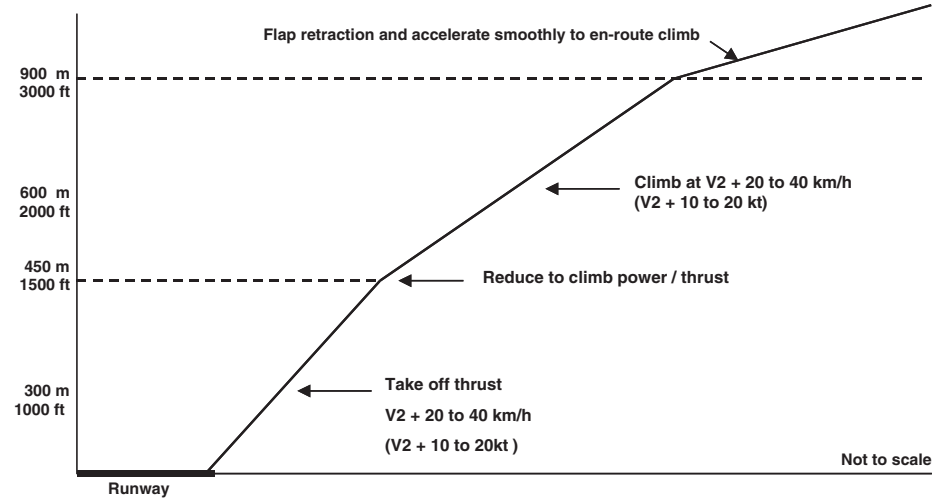


Abb. 22.93 Noise Abatement Take-off Climb – Procedure A [115]

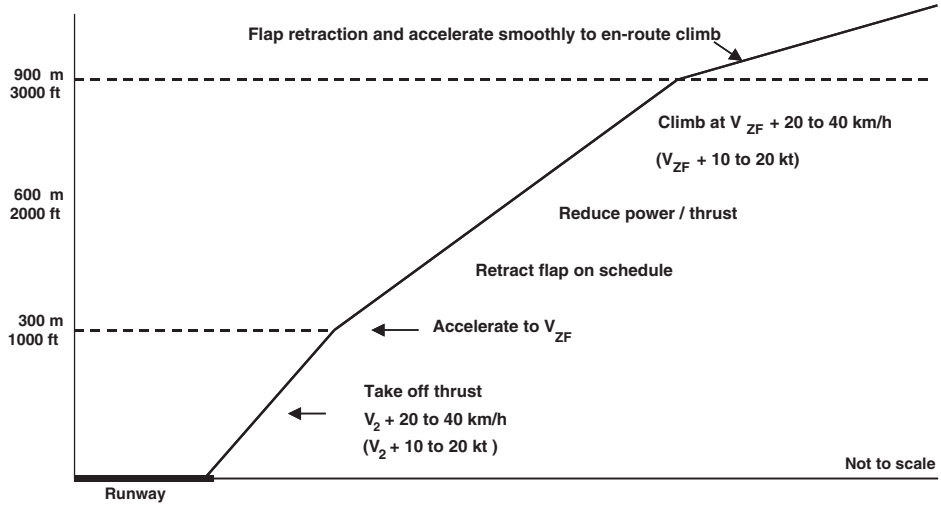


Abb. 22.94 Noise Abatement Take-off Climb – Procedure B [115]

einer Drehgeschwindigkeit von 3° pro Sekunde, je nachdem, welcher der beiden Werte den kleineren Querneigungswinkel ergibt, durchzuführen. Soweit bei der Festlegung des Warteverfahrens nichts anderes bestimmt ist, sind alle Kurven nach Einflug in die Warteschleife nach rechts zu fliegen. Die Dauer des Abfluges wird ab Überfliegen des Wartepunktes oder einer Position „Querab vom Wartepunkt“, je nachdem, welcher Punkt zuletzt überflogen wird, gezählt. Die Dauer des Abfluges beträgt:

- bis zur Flugfläche 140 (FL 140) 1 min,
- oberhalb der Flugfläche 140 (FL 140) 1,5 min.

Tab. 22.8 Flughöhen und Maximalgeschwindigkeiten in Warteschleifen

Wartehöhe	Geschwindigkeit	Anmerkung
bis einschließlich FL 140	230 kt IAS	Sofern das Warteverfahren nicht auf eine niedrigere Geschwindigkeit beschränkt ist.
FL 140 bis einschließlich FL 200	240 kt IAS	Höhere Geschwindigkeiten, z. B. bei starker Turbulenz, sind nur mit vorheriger Zustimmung der Flugverkehrs-Kontrollstelle erlaubt.
oberhalb FL 200	265 kt IAS	

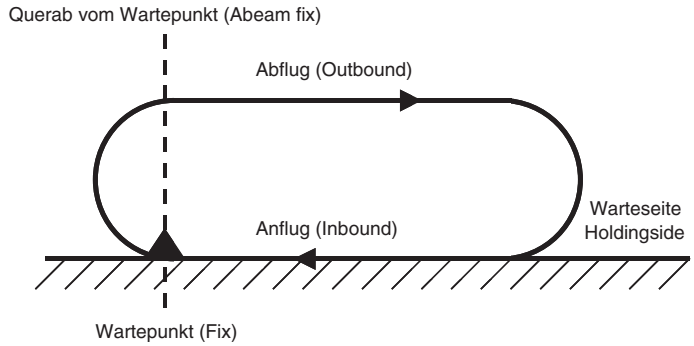


Abb. 22.95 Standard- Warteschleife [115]

Bei Vorhandensein eines DME treten festgelegte Entfernungswerte an die Stelle der Zeitzählung. Die entsprechenden Windverhältnisse sind zu berücksichtigen. Eine Standard-Warteschleife zeigt Abb. 22.95.

Da sich die Flugzeuge aus unterschiedlichen Richtungen dem Wartepunkt nähern, ist für das Einflugverfahren der Einflugsektor maßgeblich, aus dem das Flugzeug anfliegt. Der Einflugsektor wird auf der Basis des geflogenen Steuerkurses bestimmt, wobei Abweichungen bis zu 5° von den Grenzen des maßgeblichen Einflugsektors zulässig sind. Der Einflug in Warteschleifen von VOR-Kurskreuzungen ist auf den VOR-Leitstrahlen, aus denen die Kurskreuzung gebildet wird, durchzuführen. Der Einflug in eine Warteschleife über einem VOR/DME-Standort ist auf dem Leitstrahl oder dem DME-Abstandskreisbogen, aus denen der Standort gebildet ist, durchzuführen. Die Einflugsektoren und Verfahren beim Erfliegen einer Warteschleife zeigt Abb. 22.96.

Fliegt ein Flugzeug aus dem **Sektor 1** ein, so muss es:

1. beim Erreichen des Wartepunktes auf Abflug-Steuerkurs drehen und diesen für die vorgeschriebene Zeitdauer beibehalten,
2. sodann nach links bei rechter Warteschleife bzw. nach rechts bei linker Warteschleife auf den Anflugkurs über Grund drehen oder direkt zum Wartepunkt zurückkehren und

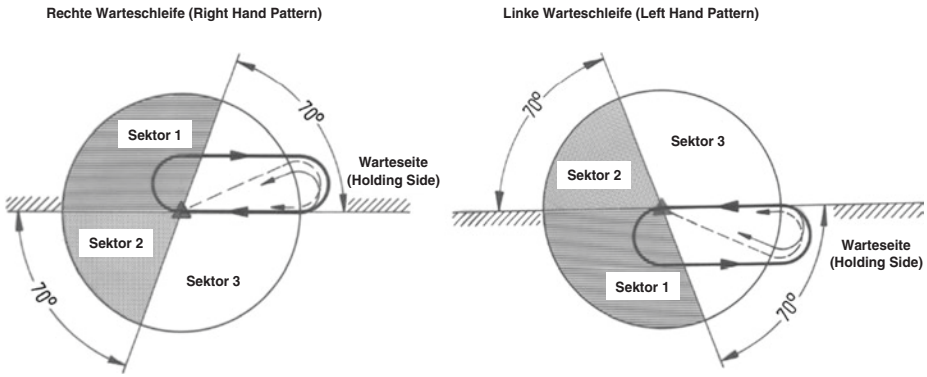


Abb. 22.96 Einflugsektoren und Verfahren beim Erfliegen einer Warteschleife [115]

3. beim zweiten Überflug des Wartepunktes nach rechts bei rechter Warteschleife bzw. nach links bei linker Warteschleife drehen und dem vorgeschriebenen Warteverfahren folgen.

Bei einem Einflug aus **Sektor 2** ist:

1) beim Erreichen des Wartepunktes auf einen Abflugkurs zu drehen, der auf der Warteseite mit dem veröffentlichten oder zugewiesenen Anflugkurs über Grund einen Winkel von nicht mehr als 30° bildet, und dieser Kurs ist für die vorgeschriebene Zeitdauer beizubehalten,
2) weiterhin ist dann nach rechts bei rechter Warteschleife bzw. nach links bei linker Warteschleife auf den veröffentlichten oder zugewiesenen Anflugkurs über Grund zu drehen und dem vorgeschriebenen Warteverfahren zu folgen.

Erfolgt der Einflug aus **Sektor 3**, so dreht das Flugzeug bei Erreichen des Wartepunktes nach rechts bei rechter Warteschleife bzw. nach links bei linker Warteschleife, und folgt dem vorgeschriebenen Warteverfahren.

Nach dem Einflug in die Warteschleife ist beim zweiten und allen weiteren Überflügen des Wartepunktes eine Kurve in der vorgeschriebenen Richtung zum Abflugkurs über Grund durchzuführen, die das Flugzeug zu einem, für die Einleitung einer Kurve zum veröffentlichten oder zugewiesenen Anflugkurs über Grund, günstigsten Ausgangspunkt bringt.

Nach Erhalt der Freigabe zum Verlassen der Warteschleife hat der Flugzeugführer seinen Flug innerhalb der Grenzen des festgelegten Warteverfahrens so einzurichten, dass er den Wartepunkt zu dem in der Freigabe festgelegten Zeitpunkt verlässt.

Im Bedarfsfall wird bei Benutzung eines Base-Turn-Verfahrens der Einflug in dieses Verfahren aus der Warteschleife festgelegt. Dieses „Leaving Procedure“ gilt für alle Flugzeugkategorien, und ist vom Flugzeugführer gemäß der Darstellung in den Instrumentenanflugkarten einzuhalten.

Die Mindest-Wartehöhe liegt 1.000 ft (ca. 300 m), über den Alpen mindestens 2.000 ft (600 m) über dem höchsten Hindernis innerhalb der seitlichen Begrenzung des für ein Warteverfahren zu schützenden Luftraums.

22.15.3 Not- und Sonderverfahren

Die Not- und Sonderverfahren finden Anwendung bei allen denkbaren Notlagen, in die Flugzeuge kommen können. Diese Verfahren betreffen Hilfestellungen für Flugzeugführer mit navigatorischen Schwierigkeiten (gerätetechnisch bedingt oder auch durch Verlust der Orientierung), Notlandungen und auch Flugzeugentführungen.

Zuständig für das Einleiten von Notverfahren ist grundsätzlich die Flugverkehrskontrollstelle, in deren Zuständigkeitsbereich der Notfall eintritt oder die zuerst Kenntnis von der Notlage erhält. Der Flugverkehrskontrolldienst koordiniert die Maßnahmen mit anderen Dienststellen und Organisationen.

Gerät ein Flugzeug in eine Notsituation, so muss durch Signale versucht werden, diesen Notfall zu melden und Hilfe anzufordern. Festgelegt sind zunächst Verfahren, die bei Ausfall der Funkverbindung einzuhalten sind. Man geht davon aus, dass der Flugzeugführer in solchen Fällen den Transpondercode A 7600 schaltet und je nach angewandter Flugregel wie folgt verfährt:

a) nach Erhalt einer „TRANSITION"-Freigabe:
   Unverzügliche Schaltung des Transponder-Codes A7600 und Fortsetzung des Fluges gemäß lateraler und vertikaler Beschreibung des Verfahrens mit anschließendem Endanflugteil eines veröffentlichten Standard Instrumenten-Anflugverfahrens.
b) nach Erhalt einer Freigabe basierend auf individuell zugewiesenen Wegpunkten:
   Unverzügliche Schaltung des Transponder-Codes A7600 und den Flug bis zum letzten, auf dem Gegenanflugsteil, veröffentlichten Wegpunkt mit anschließendem Eindrehen zum Endanflug der jeweilig zugeordneten Landebahn, fortsetzen mit anschließendem Endanflugteil eines veröffentlichten Standard Instrumenten-Anflugverfahrens.
c) Nach Erhalt einer Freigabe direkt zu einem Wegpunkt auf der Anfluggrundlinie:
   Unverzügliche Schaltung des Transponder-Codes A7600, gemäß freigegebenem Wegpunkt und Eindrehen mit anschließendem Endanflugteil eines veröffentlichten Standard Instrumenten-Anflugverfahrens.

Während die geschilderten Verfahren Situationen betreffen, bei denen die Flugverkehrskontrolle voll funktionsfähig ist und Hilfe leisten kann, sei es, den Luftraum des betroffenen Flugzeuges von anderen Flugzeugen freizuhalten, kann auch der Fall eintreten, dass die Flugverkehrskontrolle, bedingt durch Systemausfälle, die Kontrollfunktion nur noch unter Anwendung besonderer Maßnahmen wahrnehmen kann.

Dies ist beispielsweise bei Ausfall von Radaranlagen gegeben. In einem solchen Fall informiert der Flugverkehrslotse alle betroffenen Flugzeugführer und ordnet aus Sicherheitsgründen erhöhte Staffelungswerte an. Bleibt diese Sondersituation längere Zeit bestehen, so muss versucht werden, den Verkehr im betroffenen Gebiet so zu reduzieren, wie es die erhöhten Staffelungswerte zulassen.

Ein weiteres Verfahren wird angewandt, wenn ein Flugzeug aus einer Notlage heraus landen muss, seine Landemasse aber noch nicht erreicht hat. Will der Flugzeugführer keine „Overload Landing" (Landung mit einer Masse, das über der zulässigen strukturellen Landemasse liegt) ausführen, oder ist dies nicht möglich, so muss der Kraftstoff im Fluge abgelassen werden, bis die zulässige strukturelle Landemasse erreicht ist.

Da das Ablassen von Kraftstoff nicht ungefährlich ist, soll es möglichst abseits großer Städte und in Lufträumen mit geringer Verkehrsdichte erfolgen. Dem betroffenen Flugzeug muss ein genügend großer Aktionsraum zur Verfügung stehen.

Die zuständige Flugverkehrskontrolle weist dem Flugzeugführer soweit möglich das Gebiet zu und auch die Mindesthöhe, die für das Ablassen von Kerosin nicht unter 5.000 ft über Grund, für das Ablassen von Flugbenzin nicht unter 2.000 ft über Grund beträgt. Für die sich im Umfeld des betroffenen Flugzeuges befindlichen Flugzeuge werden erhöhte Staffelungswerte angewandt.

Neben den Notverfahren finden Sonderverfahren Anwendung. Diese dienen im wesentlichen dazu VFR-Flüge, die sich in navigatorischen Schwierigkeiten befinden, zu unterstützen. Stellt sich heraus, dass ein Flugzeugführer die Orientierung verloren hat, so versucht die Flugverkehrskontrolle ihm zu helfen.

Die Flugverkehrskontrolle erfragt die verbleibende Kraftstoffmenge bzw. Flugzeit und versucht zunächst, das Flugzeug durch Radar zu identifizieren. Gelingt das, so wird dem Flugzeugführer seine Position mitgeteilt.

Bittet der Flugzeugführer um Kursführung, so kann ihn der Flugverkehrslotse zu einer Auffanglinie (z. B. Autobahn, Fluss, Eisenbahnlinie) oder zu einem Flugplatz führen. Hat der Flugzeugführer weder Erdsicht noch ausreichende Flugsicht, so ist das Flugzeug zunächst in ein Gebiet zu führen, in dem der Weiterflug nach Sicht möglich ist.

In Fällen von Flugzeugentführungen versucht die zuständige Flugsicherungsorganisation, den Wünschen der Flugzeugführer im Rahmen des Möglichen zu entsprechen. Die Flugverkehrslotsen initiieren keinen weiteren Sprechfunkverkehr, verfolgen das Flugzeug auf dem Radarschirm und versuchen, Kontroll- und Koordinationsmaßnahmen mit angrenzenden Flugverkehrskontrollstellen durchzuführen.

Meldet ein Flugzeugführer eine kritische Kraftstoffsituation, so wird der Flug als Notfall behandelt und erfährt die nötige Unterstützung.

22.15.4 Reiseflugverfahren

Nach dem erfolgreich durchgeführten Startverfahren erreicht das Flugzeug seine Reiseflughöhe und setzt den Flug auf der ersten Reiseflugfläche, auf dem „Initial Cruise

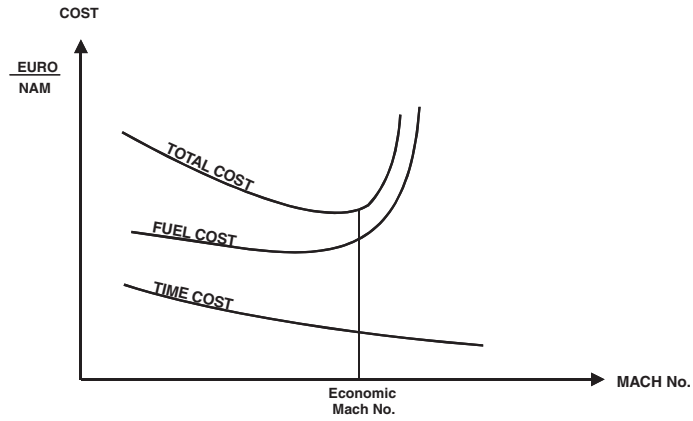


Abb. 22.97 Zusammenhang zwischen Flugzeitkosten und Kraftstoffkosten zur Ermittlung der wirtschaftlichste Reisefluggeschwindigkeit [50]

Level", fort. Als Streckenführung stehen die ATS-Routen zur Verfügung. Je nach Flugzeugmasse und Entfernung zwischen Startort und Zielort sowie Flugaufgabe wird das Flugzeug die Flugfläche einnehmen, die aufgrund der auf das Flugzeug wirkenden Kräfte, d. h. Widerstand, Schub, Masse und Auftrieb, die wirtschaftlichste Flugfläche ist.

Bezogen auf die Gesamtstrecke kommt in den meisten Fällen ein Kompromiss zwischen minimaler Flugzeit und minimalem Kraftstoffverbrauch zustande, sodass man unter Heranziehung sowohl der Flugzeitkosten als auch der Kraftstoffkosten die wirtschaftlichste Reisefluggeschwindigkeit ermittelt (vgl. Abb. 22.97).

Da sich die ökonomische Flughöhe des Flugzeuges aufgrund des Masseverlustes durch Kraftstoffverbrauch während des Fluges ständig ändert, wäre die wirtschaftlich ideale Flugbahn eine Parabel, d. h. ein permanenter Steigflug entsprechend der Masseabnahme durch Kraftstoffverbrauch bis hin zum „Top of Climb" (TOC). An diesem Punkt, der dann gleichermaßen auch den „Top of Descent" (TOD) repräsentieren würde, würde das Flugzeug zu sinken beginnen, um seine potentielle Energie in kinetische umzuwandeln, und so, ohne weitere Energiezufuhr durch die Triebwerke, seinen Zielort zu erreichen.

Da solche kontinuierlich durchgeführten Steig- bzw. Sinkflüge aufgrund der Verkehrssituation, Separation und Luftraumstruktur nicht oder nur sehr selten möglich sind, werden die Flüge als „Level Flight's", d. h. auf Druckflächen in konstanter Flughöhe durchgeführt, wobei der Flugzeugführer in Abstimmung mit der Flugverkehrskontrolle die Flugfläche auch wechseln kann, was ggf. zu einem definierten Zwischensteigflug (Stepclimb) führt.

Auch das Abweichen von einer ATS-Route in einer bestimmten Höhe ist möglich, wenn die zuständige Flugverkehrskontrolle dies bei entsprechender Verkehrslage verantworten kann. Der Flugzeugführer bekommt dann die Freigabe für einen direkten Kurs zu einem bestimmten Ort, ggf. mit Unterlegung von GPS-Koordinaten (GPS-Wegpunkten).

Aus der Sicht der Luftverkehrsgesellschaften ist bei den Reiseflugverfahren zu unterscheiden zwischen „Maximum Range“ (maximale Reichweite), „Long Range“ (große Reichweite = 99 % maximale Reichweite), „Minimum Cost“ (kostenoptimal), „Maximum Endurance“ (maximale Flugdauer) und „Standard Mach“ (konstante Standard-Machzahl).

Mit Ausnahme des Standard-Mach-Verfahrens ergibt sich entsprechend der jeweiligen Flughöhe und der aktuellen Flugzeugmasse bei den übrigen Verfahren eine variierende Geschwindigkeit (Speed Schedule), um den Erfordernissen des betreffenden Verfahrens gerecht zu werden.

Welches der jeweiligen Verfahren zur Anwendung gelangt ist u. a. von der Flugaufgabe, der Interessenslage der Luftverkehrsgesellschaft und anderen flugbetrieblichen Faktoren, auf denen die Flugdurchführungsplanung basiert, abhängig.

Das Maximum-Range-Verfahren bezeichnet das Geschwindigkeitsverfahren, mit dem eine maximale spezifische Reichweite erzielt wird. Bei Anwendung des Long-Range-Verfahrens verzichtet man auf 1 % der spezifischen Reichweite, d. h. gegenüber dem Maximum-Range-Verfahren kann man dadurch die Fluggeschwindigkeit erhöhen.

Die Geschwindigkeit für Maximum Endurance ist die, bei der sich das Flugzeug am längsten in der Luft halten kann. Da diese Geschwindigkeit eine so genannte “instabile Geschwindigkeit” darstellt, d. h. bei dieser Geschwindigkeit kehrt das Flugzeug nach einer Auslenkung (z. B. durch Böen) aus der dynamisch stabilen Fluglage nicht mehr selbstständig in diese zurück, wird eine solche Geschwindigkeit bei normalen Flugverfahren, wie z. B. im Warteflug (Holding) nicht angewandt, sondern die etwas höhere so genannte neutrale Geschwindigkeit. Diese gewährleistet noch eine dynamische Stabilität.

22.16 Flugplätze

22.16.1 Elemente der Flughafenplanung

Für den Begriff Planung gibt es in der Literatur unterschiedliche Definitionen. Generell ist unter Planung ein mentaler, in die Zukunft gerichteter Prozess zu verstehen, der dazu dient, unter Anwendung eines festzulegenden Maßnahmenkataloges kurz-, mittel- oder langfristige Ziele zu erreichen. Man unterscheidet zwischen Zielplanung (politische Ziele, Sachziele), Mittelplanung (Ressourcen) und Ablaufplanung (Aktionsprogramm, Maßnahmen).

Die Planung eines Flugplatzes (Flughafens) stellt sich als komplexer Prozess mit vielfältigen Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Planungselementen und Planungsebenen dar. Dazu kommt der rechtliche, ordnungspolitische Rahmen, in dem sich die Planung bewegen muss, um die Planfeststellung und Genehmigung nicht negativ zu beeinflussen. Die Planung umfasst eine Vielzahl von flugplatzbezogenen Sach- und Fachgebieten, ist aber auch eingebunden in die Verkehrs- und Ordnungspolitik, die Sozial- und Umweltpolitik, und wird natürlich auch als Faktor der Volks- und Verkehrswirtschaft des jeweiligen Landes gesehen. Dabei ergeben sich bezüglich der

unterschiedlichen Anforderungen an die Planung der einzelnen Disziplinen und Bereiche verständlicherweise Zielkonflikte, die es iterativ zu lösen gilt.

Global gesehen sind drei Bereiche der Flughafenplanung zu unterscheiden, die interdependent, und somit aufeinander abgestimmt zu planen sind. Diese werden als Landseite, Terminalbereich und Luftseite bezeichnet. Auch unter Berücksichtigung der Interdependenzen gibt es für die drei Bereiche eine Vielzahl von unterschiedlichen Gestaltungs- und Auslegungsmöglichkeiten, um neben den luftrechtlichen und ordnungspolitischen, den speziellen verkehrlichen, landesplanerischen und geographischen Gegebenheiten gerecht zu werden. Für die Planung sind zunächst globale Fragen wie: Verfügbarkeit der benötigten Flächen, Hindernissituation, Luftraumsituation, Passagieraufkommen im Einzugsbereich, Wirtschaftswachstum und Einkommensverhältnisse in der Region, Umweltverträglichkeit, Erschließungsmöglichkeiten durch bodengebundene Verkehrsträger (Intermodalität), Finanzierungsmodelle, Zweck des Flugplatzes (Passagiere u./o. Fracht), Verkehrsflughafen oder Sonderflughafen, Hub oder Spokesystem, kapazitive Auslegung, Flugzeugmuster, etc. an potentiellen Standorten zu prüfen und einer vergleichenden Betrachtung zu unterziehen.

Ausgehend von diesen globalen, meist ordnungspolitischen und verkehrswirtschaftlichen Vorgaben, lassen sich drei Planungsebenen unterscheiden:

1. Ebene der globalen Verkehrssystemplanung,
2. Master Planung (Master Plan),
3. Detaillierte Projektplanung (Ablaufplanung).

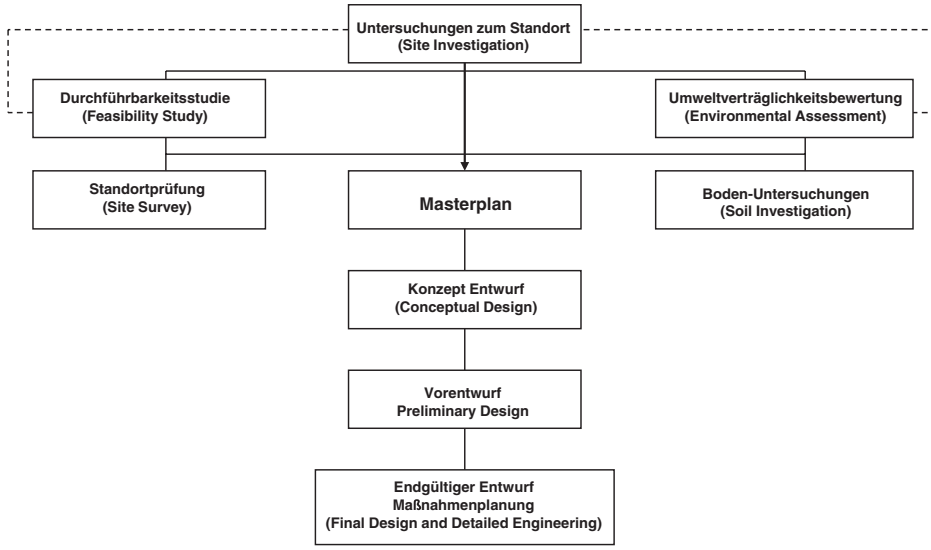


Abb. 22.98 Prinzipielle Planungshierarchie [167]

Die prinzipielle Planungshierarchie zeigt Abb. 22.98

- *Untersuchungen zum Standort*:

Die Untersuchungen zum Standort dienen der vergleichenden Betrachtung verschiedener Standorte auf deren Eignung im Hinblick auf verkehrspolitische, verkehrswirtschaftliche sowie die projektbezogenen Zielsetzungen.

- *Durchführbarkeitsstudie*:

Durchführbarkeitsstudien dienen der Prüfung unterschiedlicher, für die Realisation des Projektes wichtiger Punkte, wie Finanzierungsbedarf, Wirtschaftlichkeit, politische-, ggf. militärische Anforderungen, technische und betriebliche Anforderungen etc.

- *Umweltverträglichkeitsbewertung*:

Analyse und Bewertung der Auswirkungen von Emissionen (Schadstoffe und Lärm), die von Fahrzeugen, Luftfahrzeugen, Gebäuden und Anlagen ausgehen und auf das Umfeld einwirken.

Insbesondere werden berücksichtigt und bewertet:

Soziale Faktoren, wie Landnutzung, notwendige Um- und Ansiedlungen, Parks, Erholungs- und Naturschutzgebiete, historische oder archäologische Stätten, Naturschönheiten, Konsistenz mit der lokalen Planung.

Ökologische Faktoren wie: Tierwelt (Brutstätten und Lebensräume artgeschützter oder vom Aussterben bedrohter Tiere), Flora und Fauna, Sumpfgebiete und Küstenregionen.

Technisch/betriebliche Faktoren wie: Windverhältnisse, mögl. Überflutung etc., landseitige Anbindung.

- *Standortprüfung*:

Die Standortprüfung dient dazu, den ausgewählten Standort im Hinblick auf die Planungsparameter und konzeptionelle Vorstellungen zu prüfen und zu vermessen.

- *Boden-Untersuchungen*:

Bodenuntersuchungen dienen der Untersuchung der Konsistenz und Eignung des Untergrundes im Hinblick auf zu errichtende Bauwerke im Hoch- und Tiefbaubereich, ggf. erforderliche Absenkung des Grundwasserspiegels etc.

- *Master Plan*:

Der Masterplan ist inhaltlich in seiner Struktur in verschiedenen internationalen Dokumenten festgelegt und beschrieben und zeigt die mittel- oder langfristige Entwicklung des zu planenden Flugplatzes auf. Er beinhaltet Statistiken und Prognosen, die Funktionsplanung, die Landnutzung des Flugplatzareals und des Umlandes, soweit für die Verkehrserschließung erforderlich, die Umweltverträglichkeitsuntersuchung, die Planungsphasen und die Pläne, sowie Kotenabschätzungen zu den Teilbereichen der Planung.

22.16.2 Planungskriterien und Faktoren der Flugplatz-Standortauswahl

22.16.2.1 Planungskriterien

Die Kriterien, die der Planung eines Flugplatzes zugrunde liegen, sind vielfältig und sollten Entwicklungen berücksichtigen, die im Planungsstadium teilweise kaum abzuschätzen sind. Dazu gehören einerseits die verkehrspolitischen Vorgaben und konkrete Vorstellungen über die Einbindung eines Flugplatzes in ein luftverkehrliches Gesamtkonzept, andererseits aber auch differenzierte Kenntnisse über die Entwicklung des Luftverkehrs sowie die technische Entwicklung der luftverkehrlichen Infrastruktur und der Luftfahrzeuge selbst. Von der Berücksichtigung dieser Kriterien hängt letztendlich die Leistungsfähigkeit des Verkehrsweges Flugplatz der nach Inbetriebnahme entscheidend ab. Die maßgeblichen Kriterien sind im einzelnen:

- Einbindung in ein Verkehrsgesamtkonzept (Raumplanung, Verkehrswegeplan, wirtschafts- und verkehrspolitische Vorgaben);
- Einbindung in ein Luftverkehrskonzept, ggf. Flughafensystem;
- Berücksichtigung des Flugplatzes als Wirtschaftsfaktor und Wirtschaftszentrum der Region;
- Kenntnis über die Entwicklungstendenzen im Luftverkehr, (Statistiken, Prognosen Passagier- und Frachtbereich);
- Technische Entwicklung der Luftfahrzeuge (Trends) im Hinblick auf Erfordernisse der verkehrlichen und betrieblichen Abfertigung auf Flugplätzen;
- Art und Zweck des Flugplatzes selbst (z. B. Hub, Spoke);
- Art der zu erwartenden Verkehre (z. B. Fluglinien- u./o. Charterverkehre, Low Cost-Verkehre);
- Art des Flugzeugmixes (Verkehrsstruktur, MTOM Struktur)
- Leistungsfähigkeit (Kapazität) der Terminals, des Start-/Landebahnsystems und der Flugbetriebsflächen (Dimensionierung);
- Landseitige Anbindung, Oberflächenverkehre, Straße, Schiene, (Intermodale Schnittstelle);
- Finanzierungskonzept, Kapitalbeschaffungskonzept;
- Unternehmensform des Flugplatzbetreibers.

22.16.2.2 Faktoren der Standortauswahl

Während die Kriterien, die der Planung eines Flugplatzes zugrunde liegen, grundsätzlichen Überlegungen folgen und globaler u./o. politischer Natur sind, orientieren sich die Faktoren zur Standortauswahl größtenteils an den praktischen Gegebenheiten sowie den luftrechtlichen, ordnungspolitischen und sozioökonomischen Rahmenbedingungen. Im wesentlichen sind dies beispielhaft:

- Luftrechtliche Faktoren (Luftverkehrsgesetz und Verordnungen des Landes);
- Lage zum Luftraum (An- u. Abflugwege, Kontrollzone, Nahverkehrsbereich);

- Raumordnungspolitische Faktoren, übergeordnete landesplanerische Gesichtspunkte;
- Lage zum Einzugsgebiet (Erreichbarkeit);
- Verkehrsanbindung (Schiene, Straße);
- Flächenbedarf (abhängig von Art und Zweck des Flugplatzes);
- Geländeerwerbsmöglichkeiten (Kostenfaktor);
- Gelände- und Bodenbeschaffenheit, Hindernissituation (Kostenfaktor);
- Wasserwirtschaft;
- Klimatologische Bedingungen, signifikante Wetterlagen (Betriebsbeeinflussung);
- Besiedlungsstruktur (An- und Umsiedlungen)
- Emissionen wie Fluglärmauswirkungen, Schadstoffbelastung (betroffene Bevölkerung und Umland);
- Umweltverträglichkeit, Natur- und Tier- und Pflanzenschutz (ökologische Beeinträchtigung des Umlandes);
- Finanzierung, Kapitalbeschaffung;
- etc.

22.16.3 Flugplatz-Planungshierarchie

22.16.3.1 Master Plan

Die angestrebte effiziente Planung eines Flugplatzes liegt in einem ganzheitlichen Ansatz, der entsprechend der relevanten Verkehrsprognosen ausreichende Kapazitäten (Gebäude und Flächen) für den Betrieb der Luftfahrzeugmuster, die Abfertigung von Passagieren und Fracht sowie die Bodenabfertigungsdienste, unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Verfahrensweisen für die Betreiber des Luftfahrtgerätes und für die Bodenabfertiger, zu angemessenem Kapitalbedarf und zu vertretbaren Betriebskosten bereitstellt.

Die Planung sollte im gewissen Rahmen flexibel sein und grundsätzlich auch Ausbaumöglichkeiten mit berücksichtigen.

Eine generell akzeptierte Definition des allen Planungen von Flugplätzen zugrunde liegenden „Master Plans“ lautet „An airport masterplan presents the planner’s conception of the ultimate development of a specific airport. It effectively presents the research and logic from which the plan was evolved and artfully displays the plan in a graphic and written report. Master plans are applied to the modernization and expansion of existing airports and of the construction of new airports, regardless of there size or functional role“ [122].

1. Ein Master Plan ist eine generelle Leitlinie für:
   - Entwicklung der physikalischen Anlagen und Einrichtungen zur Nutzung durch die Luftfahrt sowie der Entwicklung der so genannten „non aviation“ Einrichtungen (tertiärer Bereich eines Flugplatzes);
   - Entwicklung der Flächenzuteilung auf dem Flugplatzgelände und in der Umgebung;

- Bestimmung der Effekte und Auswirkungen der Flugplatzanlagen und des Flugbetriebs auf die Umwelt;
- Festschreibung der Anforderungen an den Zugang zum Flugplatz.

Ein Master Plan dient auch:

- Als Leitlinie zur kurz-, mittel-, und langfristigen Entscheidungsfindung;
- Zur Identifizierung potentieller Probleme, aber auch der Chancen und Möglichkeiten;
- Zur Unterstützung der Finanzierung;
- Als Grundlage bei der Abstimmung der Interessen zwischen Betreiber und Konzessionären;
- Zur Generierung lokaler Interessen und Unterstützung.

2. Differenziert nach in den Master Planungsprozess involvierten Disziplinen sind folgende Bereiche abgedeckt:

Politik und Koordination:

- Projektziele und Objekte;
- Entwicklung von Arbeitsprogrammen, Zeitplänen und Budgets;
- Formalisierung von Entscheidungsfindungsprozessen;
- Koordinationsmechanismen und Überwachungsprozeduren;
- Daten-/Informationsmanagement/-verwaltung, Öffentlichkeitsarbeit.

Wirtschaftlichkeit

- Analyse des Luftverkehrsmarktes und Luftverkehrsprognosen;
- Bestimmung von Nutzen und Kosten in Verbindung mit Entwicklungsalternativen;
- Bewertung der Auswirkungen auf die Wirtschaft der Region in verschiedenen Bereichen.

Anlagenplanung:

- Luftraumkonfiguration und Flugverkehrskontrolleinrichtungen;
- Konfiguration der Flugbetriebsflächen und der An-/Abflugbereiche;
- Terminalkonfiguration/-gestaltung;
- Kommunikationssysteme;
- Versorgungs- und Serviceeinrichtungen;
- Bodengebundene Verkehrssysteme;
- Generelle Flächenzuteilung;
- Safety and Security.

Umweltbelange:

- Bewertung der Umweltbedingen und Auswirkungen durch den Flugplatz (Tierwelt, Klima, Topographie, natürliche Ressourcen etc.);
- Dokumentation der Auswirkungen auf relevante Gebiete;
- Stellungnahmen und Meinungen der betroffenen Gemeinden.

Finanzplanung:
- Finanzierungsquellen und Vorgaben;
- Durchführbarkeitsstudien verschiedener Flugplatzalternativen unter finanziellen Gesichtspunkten;
- Vorläufige Finanzierungspläne und Finanzierungsprogramme für das verabschiedete Flugplatzkonzept.

Planungsschritte im Planungsprozess:
- Vorbereitung von Arbeitsprogrammen;
- Bestandsverzeichnisse und Dokumentation existierender Vereinbarungen;
- Prognosen, Anforderungen an das Verkehrsaufkommen;
- Anforderungsprofile an die Anlagen;
- Existierende und potentielle Beschränkungen;
- Konzeptionelle- oder Masterplan-Alternativen zu Vergleichszwecken;
- Durchführung von Vergleichen der Alternativen;
- Auswahl der endgültigen Alternative, nötige Modifikationen.

Empfehlungen für Updates zum endgültigen Master Plan:
- Jährliche Anpassung an aktuelle Gegebenheiten;
- Modifikationen alle fünf Jahre bei signifikanten Änderungen wirtschaftlicher, operationeller, finanzieller oder umweltbedingter Art.

Der Master Plan ist als Leitfaden zu verstehen, nicht als Ausführungsprogramm. Er thematisiert die einzelnen Bereiche der Planung, zeigt Entwicklungsrichtungen auf sowie Alternativen, Risiken und Chancen. Er ist ein fortzuschreibendes Dokument [122].

Besondere Bedeutung kommt der Funktionsplanung der Flugplatz- (Flughafen-) Elemente zu. Die Flugbetriebsanlagen eines Flugplatzes sind unverzichtbar und beanspruchen einen Großteil der gesamten Fläche. Sie umfassen die Flugbetriebsflächen, das Start-/Landebahnsystem, die Zu- und Abrollwege und die Vorfelder mit den Flugzeugabstellpositionen sowie die Vorfeldstraßen und Abstellflächen für Abfertigungsgeräte. Der Flächenbedarf für die Flugbetriebsflächen und das Passagierterminal ergibt sich aus der prognostizierten Nutzung in den Spitzenstunden unter Berücksichtigung der relevanten Rahmenbedingungen, z. B. Flächenbedarf für Flugzeugstandplätze in Anhängigkeit der Ausmaße der operierenden Flugzeugmuster. Auch für die Auslegung von Frachtterminals sind entsprechende Prognosen und Überlegungen erforderlich.

- *Luftfahrzeugserviceanlagen*

Die Luftfahrzeugserviceanlagen umfassen die Luftfahrzeugwartung, (Luftfahrzeughanger und Betriebsflächen zum Abstellen der Luftfahrzeuge während der Wartung), die Luftfahrzeugbetankung (Tanklager und Tankdienste) und die Luftfahrzeugversorgung. Dazu gehören die konzessionierten Bodenverkehrsdienste, und auch Fremdabfertiger. Die Luftrfahrzeugserviceflächen grenzen an die Flugbetriebsflächen oder sind aufgrund der

erforderlichen Minimierung der Andienzeiten und -wege im unmittelbaren Umfeld der Flugbetriebsflächen angeordnet. Wesentliche Einflussfaktoren des Bedarfs sind die Art und die Anzahl der zeitgleich zu bedienenden Luftfahrzeuge.

- *Passagiertransportsysteme und Gepäckförderanlagen*

Passagiertransportsysteme dienen dem Transport der Passagiere zwischen dem Passagierterminal im Rahmen der garantierten Umsteigezeiten. Die meist unterirdischen Gepäckförderanlagen (inklusive ihrer Eingabe- und Entnahmestellen) dienen dem Transport und der Verteilung der Gepäckstücke zwischen dem Terminal und der Luftseite des Flugplatzes. Primäre Auswirkung auf den Flächenbedarf und die Auslegung der Systeme hat das im Betrachtungszeitraum erwartete zahlenmäßige Passagieraufkommen (ankommende, abfliegende und umsteigende Passagiere).

- *Luftfrachtanlagen*

Die Luftfrachtanlagen umfassen die Flughafenbereiche, die zum Umschlag und zur Lagerung ein- und ausgehender Fracht und Post durch Abfertiger, selbst abfertigende Luftverkehrsgesellschaften und Speditionen genutzt werden. Die vorzuhaltenden Umschlagflächen ergeben sich aus dem Luftfrachtaufkommen auf dem Flugplatz und der Flächenproduktivität der einzelnen Funktionen und Dienstleister.

- *Landseitige Verkehrsanlagen*

Die landseitigen Verkehrsanlagen beinhalten alle Bereiche, die die Erreichbarkeit der Flugplatzeinrichtungen mittels der bodengebundenen Verkehrsträger Straße und Schiene sicherstellen. Diese umfassen öffentliche und interne Verkehrsflächen wie Parkflächen, Bahnanlagen sowie Geh- und Radwege. Einflussfaktoren für die Planung sind im Wesentlichen die Anzahl der An- und Abfahrten durch Passagiere, Lieferanten, Spediteure, Besucher und Begleiter sowie deren Verteilung auf die Verkehrsträger (Modal Split).

- *Sonstige gewerbliche Anlagen*

Die sonstigen gewerblichen Anlagen beinhalten Funktionen, die auf einem Flugplatz zwar nicht zwingend notwendig sind, sich jedoch aus den Anforderungen der Kunden des Flugplatzes (Passagiere, Luftverkehrsgesellschaften etc.) hinsichtlich des Bedienungsmanagements ergeben. Hierzu zählen das Catering sowie die Besucher- und kommerziellen Anlagen, wie z. B. Retailing (Ladengeschäfte, Freizeiteinrichtungen). Der Flächenbedarf ist anforderungsorientiert.

- *Sonstige Betriebsanlagen*

Die sonstigen Betriebsanlagen werden durch eine Vielzahl von Funktionen bestimmt, die insgesamt die Infrastruktur des Flugplatzes definieren. Hierzu gehören die Verwaltung, Flugsicherungseinrichtungen, die Flughafensicherheitsdienste, die Schulungs- und Sozialeinrichtungen, die Lager und Werkstätten, der Reinigungs- und Winterdienst, die Ver- und Entsorgungseinrichtungen, Einrichtungen zur Informations- und Kommunikationstechnik sowie die Anlagen und Einrichtungen von Bundes- und

Abb. 22.99 Struktur der Funktionsplanung der Flugplatz-Elemente [167]

Landesbehörden. Die Ausprägungen aller Einflussfaktoren bestimmen sich hier aus dem Bedarf, ermittelt aus Flugbewegungen, Passagieraufkommen, Fracht und Post, Beschäftigtenanzahl, Anzahl von Kunden und Besuchern sowie der Menge und Zusammensetzung des landseitigen Verkehrsaufkommens.

Einen beispielhaften Überblick über die Struktur der Elemente der Funktionsplanung eine Flugplatzes zeigt Abb. 22.99.

22.16.3.2 Konzept Entwurf

Der konzeptionelle Entwurf ist auf einen bestimmten, individuellen Flugplatz ausgerichtet. Das Anlagenkonzept und der Anlagenentwurf sind im Rahmen der Funktionsplanung konzeptionell ausgeführt. Auch die öffentlich/rechtlichen Zuständigkeiten und durchzuführenden Amtshandlungen, die die konzeptionelle Umsetzung betreffen, sind berücksichtigt.

Der konzeptionelle Entwurf zeigt auch Interdependenzen und Alternativen in speziellen Bereichen auf, nicht aber die Architektur selbst. Die Genauigkeit der Kostenabschätzungen liegt bei 20 %.

22.16.3.3 Vorentwurf

Der Vorentwurf basiert auf dem konzeptionellen Entwurf. Er beinhaltet die Architektur und die Statik der Hoch- und Tiefbauanlagen. Ein besonderer Teil beinhaltet die zu vergebenden Arbeiten im öffentlichen Bereich, wie: Erdarbeiten, wasserwirtschaftliche Arbeiten, Landschaftsgestaltung, Straßenbau auf der Landseite, Parkflächen, Parkhäuser, ggf. Brücken und Tunnel etc. Die Genauigkeit der Kostenabschätzungen liegt bei mindestens 15 %.

22.16.3.4 Endgültiger Entwurf, Maßnahmenplanung

Der endgültige Entwurf beinhaltet letztendlich die Hoch- und Tiefbaumaßnahmen im Detail und deckt alle Facetten der Anlagentechnik und Ausstattung bautechnischer

22.16.4 Verfahren zur Planung, Planfeststellung und Genehmigung der Anlage und des Betriebs von Flugplätzen

22.16.4.1 Zuständigkeiten und Rechtsgrundlagen

An der Planung, Planfeststellung und Genehmigung der Anlage und des Betriebs von Flugplätzen (Flughäfen) sind neben der Flughafenbetriebsgesellschaft, entsprechend der nationalen Gesetzgebung auch Bundes- und Landesbehörden beteiligt, die die begleitenden Verfahren zur Planung und Bauausführung bis hin zur Genehmigung vorschreiben und administrativ begleiten. Dabei ist prinzipiell folgende Aufgabenverteilung, bzw. sind folgende Zuständigkeiten nach deutschem Recht üblich. Der Flughafenbetriebsgesellschaft obliegt die Planung, die luftrechtliche Antragstellung und die Realisierung des Ausbaus des Flugplatzes. Die Raumordnungsbehörde ist zuständig für die landesplanerische Rechtfertigung (Raumordnungsverfahren) und die Absicherung des Flugplatzausbaus (Siedlungsbeschränkung). Die Luftfahrtbehörde des Landes, in dessen Zuständigkeit der Flugplatz geplant ist, führt das luftrechtliche Genehmigungs- und Planfeststellungsverfahren durch und ist für die Überwachung der Auflagen sowie ggf. der Abnahme eines Ausbaus zuständig. Die örtlich zuständige Baubehörde erteilt die Genehmigung der Hochbauten.

Dabei sind folgende Gesetze zu beachten:

a) Bundesgesetze
- Luftverkehrsgesetz (LuftVG) mit:
  - LuftVG § 6 Genehmigung,
  - LuftVG § 7 Vorarbeiten,
  - LuftVG § 8 Planfeststellung für Flughäfen,

  - LuftVG § 8a Veränderungssperre,
  - LuftVG § 9 Inhalt der Planfeststellung,
  - LuftVG § 10 Planfeststellungsbehörde, Verfahren.
- Luftverkehrs-Zulassungs-Ordnung (LuftVZO) mit:
  - LuftVZO § 39 Genehmigungsbehörde,
  - LuftVZO § 40 Antrag auf Erteilung der Genehmigung,
  - LuftVZO § 42 Erteilung und Umfang der Genehmigung, Festlegung des Ausbauplans,
  - LuftVZO § 44 Betriebsaufnahme,
  - LuftVZO § 45 Pflichten des Flughafenunternehmers,
  - LuftVZO § 47 Aufsicht,
  - LuftVZO § 48 Rücknahme und Widerruf der Genehmigung.
- Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz,
- Bundesimmissionsschutzgesetz und Verordnungen,
- Raumordnungsgesetz,
- Bundesnaturschutzgesetz,
- Bundesbodenschutzgesetz,
- Bundesberggesetz,
- Wasserhaushaltsgesetz.

b) Landesgesetze
  - Verwaltungsverfahrensgesetz,
  - Abfallgesetz,
  - Naturschutzgesetz,
  - Wassergesetz,
  - Bauordnung,
  - Denkmalschutzgesetz,
  - Datenschutzgesetz,
  - Enteignungsgesetz.

§ 6 LuftVG besagt, dass Flugplätze (Flughäfen, Landeplätze und Segelfluggelände) nur mit Genehmigung angelegt oder betrieben werden dürfen. Im Genehmigungsverfahren für Flugplätze, die einer Planfeststellung bedürfen, ist die Umweltverträglichkeit zu prüfen. (§ 15 Abs. 1 Satz 2 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung). Die erteilte Genehmigung kann mit Auflagen verbunden, u./o. befristet sein.

Vor Erteilung der Genehmigung ist besonders zu prüfen, ob die geplanten Maßnahmen den Erfordernissen der Raumordnung entsprechen und ob die Erfordernisse des Naturschutzes und der Landschaftspflege sowie des Städtebaus und der Schutz vor Fluglärm angemessen berücksichtigt sind. Ist das in Aussicht genommene Gelände ungeeignet oder rechtfertigen Tatsachen die Annahme, dass die öffentliche Sicherheit oder Ordnung gefährdet wird, ist die Genehmigung zu versagen. Ergeben sich später solche Tatsachen, so kann die Genehmigung auch widerrufen werden.

Die Genehmigung eines Flughafens, der dem allgemeinen Verkehr dienen soll, ist außerdem zu versagen, wenn durch die Anlegung und den Betrieb des beantragten Flughafens die öffentlichen Interessen in unangemessener Weise beeinträchtigt werden.

Die Genehmigung ist zu ergänzen oder zu ändern, wenn dies nach dem Ergebnis des Planfeststellungsverfahrens (§§ 8 bis 10 LuftVG) notwendig ist. Eine Änderung der Genehmigung ist auch erforderlich, wenn die Anlage oder der Betrieb des Flugplatzes wesentlich erweitert oder geändert werden soll.

Für das Genehmigungsverfahren gelten § 10 Abs. 2 Nr. 3 Satz 1 bis 3 sowie § 74 Abs. 4 und 5 des Verwaltungsverfahrensgesetzes.

Die Genehmigungsbehörde kann dem Antragsteller die zur Vorbereitung seines Antrages (§ 6 LuftVG) erforderlichen Vorarbeiten gestatten, wenn eine Prüfung ergeben hat, dass die Voraussetzungen für die Erteilung der Genehmigung voraussichtlich vorliegen.

Die Dauer der Erteilung der Erlaubnis soll zwei Jahre nicht überschreiten. Diese Erlaubnis gibt keinen Anspruch auf Erteilung der Genehmigung nach § 6 LuftVG.

Die Beauftragten der Genehmigungsbehörde können Grundstücke, die für die Genehmigung in Betracht kommen, auch ohne Zustimmung des Berechtigten betreten, diese Grundstücke vermessen und sonstige Vorarbeiten vornehmen, die für die endgültige Entscheidung über die Eignung des Geländes notwendig sind. Zum Betreten von Wohnungen sind sie nicht berechtigt.

Die Genehmigungsbehörde kann die Vorarbeiten auch von Auflagen abhängig machen. Ist durch die Vorarbeiten ein erheblicher Schaden zu erwarten, hat die Genehmigungsbehörde Sicherheitsleistung durch den Antragsteller anzuordnen.

Wenn durch die Vorarbeiten Schäden verursacht werden, hat der Antragsteller unverzüglich nach Eintritt des jeweiligen Schadens volle Entschädigung in Geldwerten zu leisten oder auf Verlangen des Geschädigten den früheren Zustand wiederherzustellen. Über Art und Höhe der Entschädigung entscheiden im Streitfalle die ordentlichen Gerichte.

22.16.4.2 Raumordnungsverfahren

Das Raumordnungsgesetz (ROG) regelt u. a. die Bindungswirkungen der Erfordernisse der Raumordnung. Es heißt: Die Ziele der Raumordnung sind von öffentlichen Stellen bei ihren raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen zu beachten. Dies gilt auch bei:

1. Genehmigungen, Planfeststellungen und sonstigen behördlichen Entscheidungen über die Zulässigkeit raumbedeutsamer Maßnahmen öffentlicher Stellen;
2. Planfeststellungen und Genehmigungen mit der Rechtswirkung der Planfeststellung über die Zulässigkeit raumbedeutsamer Maßnahmen von Personen des Privatrechts.

Abbildung 22.100 Planungsebenen im öffentlich/rechtlichen Bereich.

Das Raumordnungsverfahren ist dem Planfeststellungsverfahren vorgeschaltet. Es soll im Vorfeld des gesamten Genehmigungsverfahrens klären, ob überörtlich raumbedeutsame Vorhaben mit den Erfordernissen der Raumordnung vereinbar sind. Zum Raumordnungsverfahren gehört auch eine raumordnerische Umweltverträglichkeitsuntersuchung.

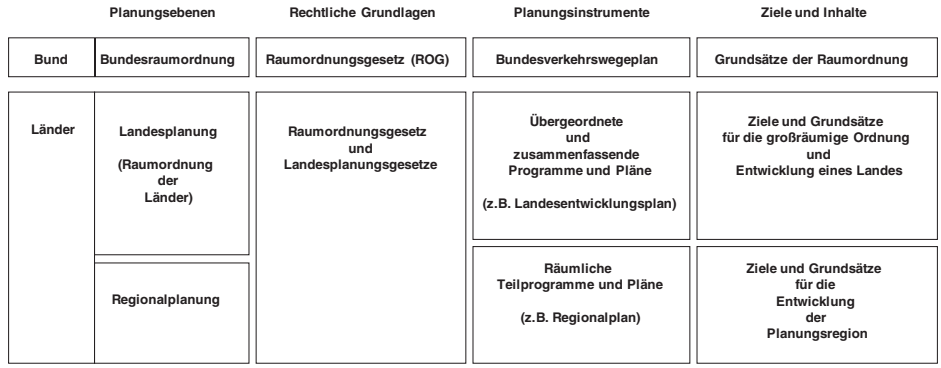


Abb. 22.100 Planungsebenen im öffentlich/rechtlichen Bereich

Im Vorfeld von raumbedeutsamen Planungen und Maßnahmen (z. B. Fernstraßen, Energieleitungen, Kraftwerke, Flugplätze) wird geklärt, ob diese mit den Erfordernissen der Raumordnung vereinbar sind und wie sie mit anderen Planungen und Maßnahmen (anderer Planungsträger) abgestimmt werden können (Raumverträglichkeitsprüfung). Häufig werden dabei mehrere Standorte (bei Flugplätzen) bzw. Trassen (bei Straßenführungen) untersucht und beurteilt. Zum Raumordnungsverfahren gehört auch eine raumordnerische Umweltverträglichkeitsprüfung.

Das Raumordnungsverfahren (ROV) gehört somit zu den drei klassischen Instrumenten der Landesplanung. Dies sind neben dem ROV die Landesentwicklungsprogramme und die Regionalpläne für Deutschland. Die gesetzlichen Grundlagen bilden §15 ROG und die Landesplanungsgesetze der Länder.

Ein ROV hat die Aufgabe, die Übereinstimmung des konkreten Vorhabens mit den Zielen und Grundsätzen der Raumordnung und der Landesplanung zu überprüfen. Es ist querschnittsorientiert und integriert somit ökonomische, ökologische, kulturelle und auch soziale Aspekte. Es soll für den Investor Planungssicherheit und in der Öffentlichkeit Akzeptanz für das Vorhaben schaffen. Es bildet eine Informations- und Beurteilungsbasis für das nachfolgende Zulassungsverfahren.

Ein ROV kann entweder von Amts wegen oder auf Initiative eines Projektträgers eingeleitet werden. Zunächst wird die Notwendigkeit des Verfahrens überprüft, d. h.:

- Wie ist der Planungsstand der Raumordnung und Landesplanung?
- Liegen Neuplanungen oder Planänderungen vor?
- Liegt eine ausreichende Koordination zwischen Raumordnung und Landesplanung vor?
- Besteht ein Anspruch auf das Raumordnungsverfahren?

Danach wird das Raumordnungsverfahren mit Hilfe staatlicher Stellen vorbereitet. Die notwendigen Planunterlagen werden erstellt und die Träger öffentlicher Belange (TöB)

werden involviert. Im Anschluss kann das Raumordnungsverfahren durch Zusendung der Unterlagen förmlich eröffnet werden. Im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung werden dann die Pläne erörtert und ggf. überarbeitet. Gleichzeitig werden die Programm- und Planungsträger beteiligt und eventuelle Verfahrensprobleme diskutiert.

Nach Abschluss wird das Raumordnungsverfahren nicht rechtsverbindlich und hat keine unmittelbare Rechtswirkung nach außen. Es ist verwaltungsgerichtlich nicht anfechtbar und hat lediglich einen gutachtlichen Charakter. Grundsätzlich kann es 3 mögliche Ergebnisse liefern:

1) Das Projekt entspricht den Anforderungen der Raumordnung und Landesplanung. Es gibt keine Probleme bei der Umsetzung;
2) Das Projekt entspricht *nicht* den Anforderungen der Raumordnung und Landes planung. Als Alternative kann auf Initiative der Politik nun nur noch ein so genanntes Zielabweichungsverfahren angestrebt werden;
3) Das Projekt entspricht mit Maßgaben den Anforderungen der Raumordnung und Landesplanung. In diesem Fall werden dem Projektträger Auflagen erteilt, z. B. Ausgleichsmaßnahmen oder Lärmschutzmaßnahmen (dies ist der Fall, der am häufigsten vorkommt).

22.16.4.3 Abgrenzung der planfeststellungspflichtigen Flugplätze

Die Abgrenzung zwischen planfeststellungspflichtigen und nicht planfeststellungspflichtigen Flugplätzen richtet sich im deutschen Luftrecht nach den erforderlichen Bauschutzbereichen. Alle Flugplätze, für die ein Bauschutzbereich erforderlich ist, d. h. Flughäfen nach § 12 LuftVG und ggf. Landeplätze nach § 17 LuftVG sind planfeststellungspflichtig. Flugplätze ohne Bauschutzbereich unterliegen keiner Planfeststellung.

22.16.4.4 Verfahren zur Planfeststellung

§ 8 LuftVG legt fest, das Flughäfen sowie Landeplätze mit beschränktem Bauschutzbereich nach § 17 LuftVG nur angelegt werden dürfen, bestehende nur geändert werden dürfen, wenn der Plan nach § 10 LuftVG vorher festgestellt wurde. Bei der Planfeststellung sind die von dem Vorhaben berührten öffentlichen und privaten Belange einschließlich der Umweltverträglichkeit im Rahmen der Abwägung zu berücksichtigen.

An Stelle eines Planfeststellungsbeschlusses kann eine Plangenehmigung erteilt werden, wenn:

1. es sich bei dem Vorhaben nicht um ein Vorhaben handelt, für das nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen ist;
2. mit den Trägern öffentlicher Belange, deren Aufgabenbereich berührt wird, das Benehmen hergestellt worden ist, und
3. Rechte anderer nicht beeinträchtigt werden oder die Betroffenen sich mit der Inanspruchnahme ihres Eigentums oder eines anderen Rechts schriftlich einverstanden erklärt haben.

Die Plangenehmigung hat die Rechtswirkungen der Planfeststellung nach § 9 Abs. 1 LuftVG. Auf ihre Erteilung finden die Vorschriften über das Planfeststellungsverfahren keine Anwendung. § 75 Abs. 4 des Verwaltungsverfahrensgesetzes und die entsprechenden landesrechtlichen Bestimmungen gelten entsprechend. Vor Erhebung einer verwaltungsgerichtlichen Klage bedarf es keiner Nachprüfung in einem Vorverfahren.

Planfeststellung und Plangenehmigung können bei Änderungen oder Erweiterungen von unwesentlicher Bedeutung unterbleiben. Fälle unwesentlicher Bedeutung liegen vor, wenn:

1. es sich nicht um eine Änderung oder Erweiterung handelt, für die nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen ist;
2. andere öffentliche Belange nicht berührt sind oder die erforderlichen behördli chen Entscheidungen vorliegen und sie dem Plan nicht entgegenstehen, und
3. Rechte anderer nicht beeinflusst werden oder mit den vom Plan Betroffenen entsprechende Vereinbarungen getroffen werden.

Betriebliche Regelungen und die bauplanungsrechtliche Zulässigkeit von Hochbauten auf dem Flugplatzgelände können Gegenstand der Planfeststellung sein. Änderungen solcherart getroffener betrieblicher Regelungen bedürfen nur einer Regelung entsprechend § 6 Abs. 4 Satz 2 LuftVG.

Für die zivile Nutzung eines aus der militärischen Trägerschaft entlassenen ehemaligen Militärflugplatzes ist eine Änderungsgenehmigung nach § 6 Abs. 4 Satz 2 LuftVG durch die zuständige Zivilluftfahrtbehörde erforderlich, in der der Träger der zivilen Nutzung anzugeben ist. Die Genehmigungsurkunde muss darüber hinaus die für die entsprechende Flugplatzart vorgeschriebenen Angaben enthalten (§ 42 Abs. 2, § 52 Abs. 2, § 57 Abs. 2 der Luftverkehrs-Zulassungs-Ordnung). Eine Planfeststellung oder Plangenehmigung findet nicht statt, jedoch muss das Genehmigungsverfahren den Anforderungen des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung entsprechen, wenn die zivile Nutzung des Flugplatzes mit baulichen Änderungen oder Erweiterungen verbunden ist, für die nach dem Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung eine Umweltverträglichkeitsprüfung durchzuführen ist. Ein militärischer Bauschutzbereich bleibt bestehen, bis die Genehmigungsbehörde etwas anderes bestimmt. Spätestens mit der Bekanntgabe der Änderungsgenehmigung nach § 6 Abs. 4 Satz 2 LuftVG gehen alle Rechte und Pflichten von dem militärischen auf den zivilen Träger über.

Die Genehmigung nach § 6 LuftVG ist nicht Voraussetzung für ein Planfeststellungsverfahren oder ein Plangenehmigungsverfahren.

Absatz 5 Satz 1 bis 3 LuftVG gilt entsprechend bei der zivilen Nutzung oder Mitbenutzung eines nicht aus der militärischen Trägerschaft entlassenen Militärflugplatzes.

Sobald der Plan ausgelegt oder andere Gelegenheit gegeben ist, den Plan einzusehen, dürfen auf den vom Plan betroffenen Flächen bis zu ihrer Inanspruchnahme wesentlich wertsteigernde oder die geplanten Baumaßnahmen erheblich erschwerende Veränderungen nicht vorgenommen werden (§ 8a LuftVG, Veränderungssperre).

Veränderungen, die in rechtlich zulässiger Weise vorher begonnen worden sind, Unterhaltungsarbeiten und die Fortführung einer bisher ausgeübten Nutzung werden davon nicht berührt. Unzulässige Veränderungen bleiben bei der Anordnung von Vorkehrungen und Anlagen und im Entschädigungsverfahren unberücksichtigt.

Dauert die Veränderungssperre über vier Jahre, können die Eigentümer für die dadurch entstandenen Vermögensnachteile Entschädigung verlangen. In den genannten Fällen steht dem Unternehmer an den betroffenen Flächen ein Vorkaufsrecht zu.

Die Planfeststellung ersetzt alle nach anderen Rechtsvorschriften notwendigen öffentlich/rechtlichen Genehmigungen, Verleihungen, Erlaubnisse und Zustimmungen. Durch sie werden alle öffentlich/rechtlichen Beziehungen zwischen dem Unternehmer und den durch den Plan Betroffenen rechtsgestaltend geregelt. Diese Regelungen gelten nicht für Entscheidungen des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung nach § 27d Abs. 1 und 4 und Entscheidungen der Baugenehmigungsbehörden aufgrund des Baurechts.

Im Planfeststellungsbeschluss sind dem Unternehmer die Errichtung und Unterhaltung der Anlagen aufzuerlegen, die für das öffentliche Wohl oder zur Sicherung der Benutzung der benachbarten Grundstücke gegen Gefahren oder Nachteile notwendig sind.

Ist der Plan rechtskräftig festgestellt, so sind Beseitigungs- und Änderungsansprüche gegenüber festgestellten Anlagen ausgeschlossen.

Wird der Plan nicht innerhalb von fünf Jahren nach Rechtskraft durchgeführt, so können die vom Plan betroffenen Grundstückseigentümer verlangen, dass der Unternehmer ihre Grundstücke und Rechte insoweit erwirbt, als nach § 28 LuftVG die Enteignung zulässig ist. Kommt keine Einigung zustande, so können sie die Durchführung des Enteignungsverfahrens bei der Enteignungsbehörde beantragen. Im übrigen gilt § 28 LuftVG (§ 9 LuftVG).

Zuständige Behörden und Verfahren Planfeststellungsbehörde ist nach § 10 LuftVG die von der Landesregierung bestimmte Behörde des Landes, in dem das Gelände liegt. Erstreckt sich das Gelände auf mehrere Länder, so trifft die Bestimmung die Landesregierung des Landes, in dem der überwiegende Teil des Geländes liegt. Die Planfeststellungsbehörde stellt den Plan fest, erteilt die Plangenehmigung und trifft die Entscheidungen. Für das Anhörungsverfahren gilt § 73 des Verwaltungsverfahrensgesetzes mit folgenden Maßgaben:

1. Die Pläne sind der von der Landesregierung bestimmten Behörde (Anhörungsbehörde) zur Stellungnahme vorzulegen. Diese hat alle in ihrem Aufgabenbereich durch das Vorhaben berührten Behörden des Bundes, der Länder, der Gemeinden und die übrigen Beteiligten zu hören und ihre Stellungnahme der Planfeststellungsbehörde zuzuleiten.
2. Die Einholung der Stellungnahmen der Behörden sowie die Auslegung des Plans in den Gemeinden, in denen sich das Vorhaben voraussichtlich auswirkt, veranlasst die Anhörungsbehörde innerhalb eines Monats, nachdem der Unternehmer den Plan bei ihr eingereicht hat.

3. Die Behörden, deren Aufgabenbereich berührt wird, haben ihre Stellungnahmen innerhalb einer von der Anhörungsbehörde zu setzenden Frist abzugeben, die drei Monate nicht übersteigen darf. Danach eingehende Stellungnahmen der Behörden müssen bei der Feststellung des Plans nicht berücksichtigt werden. Dies gilt nicht, wenn später von einer Behörde vorgebrachte öffentliche Belange der Planfeststellungsbehörde auch ohne ihr Vorbringen bekannt sind oder hätten bekannt sein müssen. Die Gemeinden legen den Plan innerhalb von drei Wochen nach Zugang aus. Sie machen die Auslegung ortsüblich bekannt.
4. Die Erörterung nach § 73 Abs. 6 des Verwaltungsverfahrensgesetzes hat die Anhörungsbehörde innerhalb von drei Monaten nach Ablauf der Einwendungsfrist abzuschließen. Sie gibt ihre Stellungnahme nach § 73 Abs. 9 des Verwaltungsverfahrensgesetzes innerhalb eines Monats nach Abschluss der Erörterung ab.
5. Bei der Änderung eines Flughafens oder eines Landeplatzes mit beschränktem Bauschutzbereich nach § 17 LuftVG kann von einer förmlichen Erörterung im Sinne des § 73 Abs. 6 des Verwaltungsverfahrensgesetzes und des § 9 Abs. 1 Satz 2 des Gesetzes über die Umweltverträglichkeitsprüfung abgesehen werden. Vor dem Abschluss des Planfeststellungsverfahrens ist den Einwendern Gelegenheit zur Äußerung zu geben. Die Stellungnahme der Anhörungsbehörde nach § 73 Abs. 9 des Verwaltungsverfahrensgesetzes ist innerhalb von sechs Wochen nach Ablauf der Einwendungsfrist abzugeben.

Die Maßgaben gelten entsprechend, wenn das Verfahren landesrechtlich durch ein Verwaltungsverfahrensgesetz geregelt ist.

Werden öffentliche Interessen berührt, für die die Zuständigkeit von Bundesbehörden oder von Behörden, die im Auftrag des Bundes tätig werden, gegeben ist, und kommt eine Verständigung zwischen der Planfeststellungsbehörde und den genannten Behörden nicht zustande, so hat die Planfeststellungsbehörde im Benehmen mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung zu entscheiden.

Einwendungen gegen den Plan, die nach Ablauf der Einwendungsfrist erhoben werden, sind ausgeschlossen. Hierauf ist in der Bekanntmachung der Auslegung oder der Einwendungsfrist hinzuweisen. Nach dem Erörterungstermin eingehende Stellungnahmen der Behörden müssen bei der Feststellung des Planes nicht berücksichtigt werden. Dies gilt nicht, wenn später von einer Behörde vorgebrachte öffentliche Belange der Planfeststellungsbehörde auch ohne ihr Vorbringen bekannt sind oder hätten bekannt sein müssen.

Der Planfeststellungsbeschluss ist denjenigen, über deren Einwendungen entschieden worden ist, mit Rechtsbehelfsbelehrung zuzustellen. Die Vorschriften des Verwaltungsverfahrensgesetzes über die Bekanntgabe bleiben im übrigen unberührt.

Die Anfechtungsklage gegen einen Planfeststellungsbeschluss oder eine Plangenehmigung für den Bau oder die Änderung von Flughäfen oder Landeplätzen mit beschränktem Bauschutzbereich hat keine aufschiebende Wirkung. Der Antrag auf Anordnung der aufschiebenden Wirkung der Anfechtungsklage gegen einen Planfeststellungsbeschluss oder eine Plangenehmigung nach § 80 Abs. 5 Satz 1 der

Verwaltungsgerichtsordnung kann nur innerhalb eines Monats nach Zustellung des Planfeststellungsbeschlusses oder der Plangenehmigung gestellt und begründet werden. Der § 58 der Verwaltungsgerichtsordnung gilt entsprechend. Treten später Tatsachen ein, die die Wiederherstellung der aufschiebenden Wirkung rechtfertigen, so kann der durch den Planfeststellungsbeschluss oder die Plangenehmigung Beschwerte einen hierauf gestützten Antrag nach § 80 Abs. 5 Satz 1 der Verwaltungsgerichtsordnung innerhalb von einem Monat stellen. Die Frist beginnt in dem Zeitpunkt, in dem der Beschwerte von den Tatsachen Kenntnis erlangt.

Der Kläger hat innerhalb einer Frist von sechs Wochen die zur Begründung seiner Klage dienenden Tatsachen und Beweismittel anzugeben. § 87b Abs. 3 und § 128a der Verwaltungsgerichtsordnung gelten entsprechend.

Mängel bei der Abwägung der von dem Vorhaben berührten öffentlichen und privaten Belange sind nur erheblich, wenn sie offensichtlich und auf das Abwägungsergebnis von Einfluss gewesen sind. Erhebliche Mängel bei der Abwägung oder eine Verletzung von Verfahrens- oder Formvorschriften führen nur dann zur Aufhebung des Planfeststellungsbeschlusses oder der Plangenehmigung, wenn sie nicht durch Planergänzung oder durch ein ergänzendes Verfahren behoben werden können. Die §§ 45 und 46 des Verwaltungsverfahrensgesetzes und die entsprechenden landesrechtlichen Bestimmungen bleiben unberührt.

Die Vorschrift des § 14 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes gilt für Flugplätze entsprechend.

Antrag auf Planfeststellung Für die inhaltliche Gestaltung eines Antrags auf Planfeststellung existiert im deutschen Luftrecht keine generelle Verwaltungsvorschrift. Der Flughafenunternehmer hat zunächst jede beabsichtigte bauliche und betriebliche Neuerung, Erweiterung oder Änderung der Genehmigungsbehörde rechtzeitig anzuzeigen (LuftVZO § 45 (2)). Die zuständige Genehmigungsbehörde prüft den Sachverhalt und entscheidet von Fall zu Fall und je nach Sachlage, ob eine Planfeststellung erforderlich ist. Wenn dies der Fall ist, legt die Genehmigungsbehörde fest, wie der Antrag auf Planfeststellung zu gestalten ist und welche zweckdienlichen Unterlagen von der Genehmigungsbehörde benötigt werden.

Baubeschränkungen im Bauschutzbereich Bei Genehmigung eines Flughafens ist für den Ausbau ein Plan festzulegen. Dieser ist maßgebend für den Bereich, in dem die nachfolgend bezeichneten Baubeschränkungen gelten (Bei Flughäfen ist immer ein Bauschutzbereich nach § 12 LuftVG vorzusehen). Der Plan muss enthalten:

1. die Start- und Landebahnen einschließlich der sie umgebenden Schutzstreifen (Start- und Landeflächen);
2. die Sicherheitsflächen, die an den Enden der Start- und Landeflächen nicht länger als je 1.000 Meter und seitlich der Start- und Landeflächen bis zum Beginn der Anflugsektoren je 350 Meter breit sein sollen;

3. den Flughafenbezugspunkt, der in der Mitte des Systems der Start- und Landeflächen liegen soll;
4. die Startbahnbezugspunkte, die je in der Mitte der Start- und Landeflächen liegen sollen;
5. die Anflugsektoren, die sich beiderseits der Außenkanten der Sicherheitsflächen an deren Enden mit einem Öffnungswinkel von je 15 Grad anschließen. Sie enden bei Hauptstart- und Hauptlandeflächen in einer Entfernung von 15 km, bei Nebenstart- und Nebenlandeflächen in einer Entfernung von 8,5 km vom Startbahnbezugspunkt.

Nach Genehmigung eines Flughafens darf die für die Erteilung einer Baugenehmigung zuständige Behörde die Errichtung von Bauwerken im Umkreis von 1,5 km Halbmesser um den Flughafenbezugspunkt, sowie auf den Start- und Landeflächen und den Sicherheitsflächen nur mit Zustimmung der Luftfahrtbehörden genehmigen. Die Zustimmung der Luftfahrtbehörden gilt als erteilt, wenn sie nicht binnen zwei Monaten nach Eingang des Ersuchens der für die Erteilung einer Baugenehmigung zuständigen Behörde verweigert wird. Ist die fachliche Beurteilung innerhalb dieser Frist wegen des Ausmaßes der erforderlichen Prüfungen nicht möglich, kann sie von der für die Baugenehmigung zuständigen Behörde im Benehmen mit der für die Flugsicherung zuständigen Stelle verlängert werden. Sehen landesrechtliche Bestimmungen für die Errichtung von Bauwerken die Einholung einer Baugenehmigung nicht vor, bedarf die Errichtung dieser Bauwerke der Genehmigung der Luftfahrtbehörde unter ausschließlich luftverkehrssicherheitlichen Erwägungen.

In der weiteren Umgebung eines Flughafens ist die Zustimmung der Luftfahrtbehörden erforderlich, wenn die Bauwerke folgende Begrenzung überschreiten sollen:

1. Außerhalb der Anflugsektoren:
   a) im Umkreis von 4 km Halbmesser um den Flughafenbezugspunkt eine Höhe von 25 m (Höhe bezogen auf den Flughafenbezugspunkt);
   b) im Umkreis von 4–6 km Halbmesser um den Flughafenbezugspunkt die Verbindungslinie, die von 45–100 Meter Höhe (Höhen bezogen auf den Flughafenbezugspunkt) ansteigt.
2. Innerhalb der Anflugsektoren:
   a) von dem Ende der Sicherheitsflächen bis zu einem Umkreis um den Startbahnbezugspunkt von 10 km Halbmesser bei Hauptstart- und Hauptlandeflächen und von 8,5 km bei Nebenstart- und Nebenlandeflächen die Verbindungslinie, die von 0 Meter Höhe an diesem Ende bis 100 Meter Höhe (Höhen bezogen auf den Startbahnbezugspunkt der betreffenden Start- und Landefläche) ansteigt;
   b) im Umkreis von 10–15 km Halbmesser um den Startbahnbezugspunkt bei Hauptstart- und Hauptlandeflächen die Höhe von 100 m (Höhe bezogen auf den Startbahnbezugspunkt der betreffen den Start- und Landeflächen).

Zur Wahrung der Sicherheit der Luftfahrt und zum Schutz der Allgemeinheit können die Luftfahrtbehörden ihre Zustimmung davon abhängig machen, dass die Baugenehmigung unter Auflagen erteilt wird.

Sofern Baubeschränkungen im Bauschutzbereich infolge besonderer örtlicher Verhältnisse oder des Verwendungszwecks des Flughafens in bestimmten Geländeteilen für die Sicherheit der Luftfahrt nicht in dem nach § 12 LuftVG festgelegten Umfang notwendig sind, können die Luftfahrtbehörden für diese Geländeteile Bauhöhen festlegen, bis zu welchen Bauwerke ohne ihre Zustimmung genehmigt werden können [67].

Bauwerke außerhalb des Bauschutzbereichs Außerhalb des Bauschutzbereichs darf die für die Erteilung einer Baugenehmigung zuständige Behörde die Errichtung von Bauwerken, die eine Höhe von 100 m über der Erdoberfläche überschreiten, nur mit Zustimmung der Luftfahrtbehörden genehmigen.

Das gleiche gilt für Anlagen von mehr als 30 Meter Höhe auf natürlichen oder künstlichen Bodenerhebungen, sofern die Spitze dieser Anlage um mehr als 100 Meter die Höhe der höchsten Bodenerhebung im Umkreis von 1,6 km Halbmesser um die für die Anlage vorgesehene Bodenerhebung überragt. Im Umkreis von 10 km Halbmesser um einen Flughafenbezugspunkt gilt als Höhe der höchsten Bodenerhebung die Höhe des Flughafenbezugspunktes (§ 14 LuftVG).

Andere Luftfahrthindernisse Auch Bäume, Freileitungen, Masten, Dämme sowie andere Anlagen und Geräte sowie Gruben, Anlagen der Kanalisation und ähnliche Bodenvertiefungen gelten sinnesgemäß als Luftfahrthindernisse.

Die Errichtung dieser genannten Luftfahrthindernisse bedürfen der Genehmigung. Falls die Genehmigung von einer anderen als der Baugenehmigungsbehörde erteilt wird, bedarf diese der Zustimmung der Luftfahrtbehörde. Ist eine andere Genehmigungsbehörde nicht vorgesehen, so ist die Genehmigung der Luftfahrtbehörde erforderlich (§ 15 LuftVG).

Die Eigentümer und anderen Berechtigten haben auf Verlangen der Luftfahrtbehörden zu dulden, dass Bauwerke und andere Luftfahrthindernisse, welche die festgelegten Höhen überragen, auf diese Höhen abgetragen werden.

Das Recht des Eigentümers oder eines anderen Berechtigten und eine nach anderen Vorschriften bestehende Verpflichtung, diese Maßnahmen auf eigene Kosten selbst durchzuführen, bleiben unberührt (§ 16 LuftVG).

Die Eigentümer und anderen Berechtigten von Bauwerken und von Gegenständen im Sinne des § 15 LuftVG, die die nach § 14 LuftVG zulässige Höhe nicht überschreiten, haben auf Verlangen der zuständigen Stelle zu dulden, dass die Bauwerke und Gegenstände in geeigneter Weise gekennzeichnet werden, wenn und insoweit dies zur Sicherheit des Luftverkehrs erforderlich ist. Das Bestehen sowie der Beginn des Errichtens oder Abbauens von Freileitungen, Seilbahnen und ähnlichen Anlagen, die in einer Länge von mehr als 75 m Täler oder Schluchten überspannen oder Steilabhängen

folgen und dabei die Höhe von 20 m über der Erdoberfläche überschreiten, sind der zuständigen Stelle von den Eigentümern und anderen Berechtigten unverzüglich anzuzeigen (§ 16a LuftVG).

Beschränkter Bauschutzbereich Bei der Genehmigung von Landeplätzen und Segelfluggeländen können die Luftfahrtbehörden bestimmen, dass die zur Erteilung einer Baugenehmigung zuständige Behörde die Errichtung von Bauwerken im Umkreis von 1,5 km Halbmesser um den dem Flughafenbezugspunkt entsprechenden Punkt nur mit Zustimmung der Luftfahrtbehörden genehmigen darf (beschränkter Bauschutzbereich nach § 17 LuftVG,).

Der Umfang des Bauschutzbereichs ist den Eigentümern von Grundstücken im Bauschutzbereich und den anderen zum Gebrauch oder zur Nutzung dieser Grundstücke Berechtigten sowie den dinglich Berechtigten, soweit sie der zuständigen Behörde bekannt oder aus dem Grundbuch ersichtlich sind, bekanntzugeben oder in ortsüblicher Weise öffentlich bekanntzumachen (§ 18 LuftVG).

Bauwerke dürfen nicht errichtet werden, wenn die für die Flugsicherung zuständige Stelle der obersten Luftfahrtbehörde des Landes gegenüber anzeigt, dass durch die Errichtung der Bauwerke Flugsicherungseinrichtungen gestört werden. Die für die Flugsicherung zuständige Stelle unterrichtet die oberste Luftfahrtbehörde des Landes über die Standorte aller Flugsicherungseinrichtungen und Bereiche um diese Anlagen, in denen Störungen durch Bauwerke zu erwarten sind. Die obersten Luftfahrtbehörden der Länder unterrichten die für die Flugsicherung zuständige Stelle, wenn sie von der Planung derartiger Bauwerke Kenntnis erhalten.

Die Eigentümer und anderen Berechtigten haben auf Verlangen der für die Flugsicherung zuständigen Stelle zu dulden, dass Bauwerke, die den Betrieb von Flugsicherungseinrichtungen stören, in einer Weise verändert werden, dass Störungen unterbleiben, es sei denn, die Störungen können durch die für die Flugsicherung zuständige Stelle mit einem Kostenaufwand verhindert werden, der nicht über dem Geldwert der beabsichtigten Veränderung liegt (§ 18a LuftVG).

Bauwerke dürfen in den Bereichen, die für die Einrichtung und Überwachung von Verfahren für Flüge nach Instrumentenflugregeln aus Gründen der Hindernisfreiheit zu bewerten sind, nur errichtet werden, wenn die zuständige Luftfahrtbehörde zuvor über das Vorhaben informiert wurde. Die für die Flugsicherung zuständige Stelle unterrichtet die obersten Luftfahrtbehörden der Länder über die Bereiche, die für die Einrichtung und Überwachung von Verfahren für Flüge nach Instrumentenflugregeln aus Gründen der Hindernisfreiheit zu bewerten sind. Die obersten Luftfahrtbehörden der Länder unterrichten die für die Flugsicherung zuständige Stelle über Bauwerke, welche in diesem Bereich errichtet werden sollen (§ 18b LuftVG).

Entstehen durch Maßnahmen aufgrund der Vorschriften der §§ 12, 14 bis 17 und 18a LuftVG dem Eigentümer oder einem anderen Berechtigten Vermögensnachteile, so ist hierfür eine angemessene Entschädigung in Geld zu leisten. Hierbei ist die entzogene Nutzung, die Beschädigung oder Zerstörung einer Sache unter gerechter

Abwägung der Interessen der Allgemeinheit und der Beteiligten zu berücksichtigen. Für Vermögensnachteile, die nicht im unmittelbaren Zusammenhang mit der Beeinträchtigung stehen, ist den betroffenen Personen eine Entschädigung zu zahlen, wenn und soweit dies zur Abwendung oder zum Ausgleich unbilliger Härten geboten erscheint.

Unterlässt der Berechtigte eine Änderung der Nutzung, die ihm zuzumuten ist, so mindert sich seine Entschädigung um den Wert der Vermögensvorteile, die ihm bei Ausübung der geänderten Nutzung erwachsen wären.

Werden Bauwerke und sonstige Luftfahrthindernisse (§ 15 LuftVG), deren entschädigungslose Entfernung oder Umgestaltung nach dem jeweils geltenden Recht gefordert werden kann, aufgrund von Maßnahmen nach § 16 LuftVG ganz oder teilweise entfernt oder umgestaltet, so ist eine Entschädigung nur zu leisten, wenn es aus Gründen der Billigkeit geboten ist. Sind sie befristet zugelassen und ist die Frist noch nicht abgelaufen, so ist eine Entschädigung nach dem Verhältnis der restlichen Frist zu der gesamten Frist zu leisten.

Dinglich Berechtigte, die nicht zum Gebrauch oder zur Nutzung der Sache berechtigt sind, sind nach den Artikeln 52 und 53 des Einführungsgesetzes zum Bürgerlichen Gesetzbuch auf die Entschädigung des Eigentümers angewiesen.

Die Entschädigung ist in den Fällen der §§ 12 und 17 LuftVG von dem Flugplatzunternehmer zu zahlen. In den Fällen des § 18a LuftVG und soweit die bezeichneten Maßnahmen Grundstücke oder andere Sachen außerhalb der Bauschutzbereiche der §§ 12 und 17 LuftVG betreffen, ist die Entschädigung, wenn es sich um Maßnahmen der Flugsicherung handelt, die sich nicht auf den Start- und Landevorgang beziehen, von der für die Flugsicherung zuständigen Stelle, im übrigen von dem jeweiligen Flugplatzunternehmer zu leisten. In den Fällen des § 16a LuftVG ist die Entschädigung von demjenigen zu leisten, der ein Interesse an der Kennzeichnung geltend macht (§ 19 LuftVG).

Geräuschmessung und schalltechnische Gutachten Die Betriebsgesellschaft eines Verkehrsflughafens, der dem Fluglinienverkehr angeschlossen ist, hat innerhalb einer von der Genehmigungsbehörde festzusetzenden Frist auf dem Verkehrsflughafen und in dessen Umgebung Anlagen zur fortlaufend registrierenden Messung der durch die an- und abfliegenden Luftfahrzeuge entstehenden Geräusche einzurichten und zu betreiben. Die Mess- und Auswertungsergebnisse sind der Genehmigungsbehörde und der Kommission nach § 32b LuftVG sowie auf Verlangen der Genehmigungsbehörde anderen Behörden mitzuteilen. Sofern ein Bedürfnis für die Beschaffung und den Betrieb von Anlagen nicht besteht, kann die Genehmigungsbehörde Ausnahmen zulassen (§ 19a LuftVG).

Umweltverträglichkeitsprüfung Flugplätze (Flughäfen, Landeplätze und Segelfluggelände) dürfen nur mit Genehmigung angelegt oder betrieben werden. Im

Genehmigungsverfahren für Flugplätze, die einer Planfeststellung bedürfen, ist die Umweltverträglichkeit zu prüfen (§ 6 LuftVG). Zweck des Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetzes (UVPG) ist es sicherzustellen, dass bei bestimmten öffentlichen und privaten Vorhaben sowie bei bestimmten Plänen und Programmen zur wirksamen Umweltvorsorge nach einheitlichen Grundsätzen:

1. die Auswirkungen auf die Umwelt im Rahmen von Umweltprüfungen (Umweltverträglichkeitsprüfung und Strategische Umweltprüfung) werden frühzeitig und umfassend ermittelt, beschrieben und bewertet;
2. die Ergebnisse der durchgeführten Umweltprüfungen werden:
   a) bei allen behördlichen Entscheidungen über die Zulässigkeit von Vorhaben,
   b) bei der Aufstellung oder Änderung von Plänen und Programmen so früh wie möglich berücksichtigt.

Die Umweltverträglichkeitsprüfung ist ein unselbstständiger Teil verwaltungsbehördlicher Verfahren, die der Entscheidung über die Zulässigkeit von Vorhaben dienen. Die Umweltverträglichkeitsprüfung umfasst die Ermittlung, Beschreibung und Bewertung der unmittelbaren und mittelbaren Auswirkungen eines Vorhabens auf:

1. Menschen, einschließlich der menschlichen Gesundheit, Tiere, Pflanzen und die biologische Vielfalt;
2. Boden, Wasser, Luft, Klima und Landschaft;
3. Kulturgüter und sonstige Sachgüter, sowie
4. die Wechselwirkung zwischen den vorgenannten Schutzgütern.

Die Umweltverträglichkeitsprüfung wird unter Einbeziehung der Öffentlichkeit durchgeführt. Wird über die Zulässigkeit eines Vorhabens im Rahmen mehrerer Verfahren entschieden, werden die in diesen Verfahren durchgeführten Teilprüfungen zu einer Gesamtbewertung aller Umweltauswirkungen zusammengefasst. Ein Vorhaben ist:

1. nach Maßgabe des Gesetzgebers:
   a) die Errichtung und der Betrieb einer technischen Anlage;
   b) der Bau einer sonstigen Anlage;
   c) die Durchführung einer sonstigen in Natur und Landschaft eingreifenden Maßnahme.
2. die Änderung, einschließlich der Erweiterung:
   a) der Lage, der Beschaffenheit oder des Betriebes einer technischen Anlage;
   b) der Lage oder der Beschaffenheit einer sonstigen Anlage;
   c) der Durchführung einer sonstigen in Natur und Landschaft eingreifenden Maßnahme.

Entscheidungen im Sinne der Punkte 1 und 2, wozu auch der Bau eines Flugplatzes im nach den Begriffsbestimmungen der ICAO, Anhang 14, mit einer Start- und Landebahngrundlänge von 1.500 m oder mehr gehört, sind:

1. Bewilligung, Erlaubnis, Genehmigung, Planfeststellungsbeschluss und sonstige behördliche Entscheidungen über die Zulässigkeit von Vorhaben, die in einem Verwaltungsverfahren getroffen werden, mit Ausnahme von Anzeigeverfahren;
2. Linienbestimmungen und Entscheidungen in vorgelagerten Verfahren nach den §§ 15 und 16 UVPG;
3. Beschlüsse nach § 10 des Baugesetzbuchs über die Aufstellung, Änderung oder Ergänzung von Bebauungsplänen, durch die die Zulässigkeit von bestimmten Vorhaben, wie beispielsweise der Bau eines Flugplatzes mit einer Start-/Landebahngrundlänge von 1.500 m oder mehr, begründet werden soll, sowie Beschlüsse nach § 10 des Baugesetzbuchs über Bebauungspläne, die Planfeststellungsbeschlüsse für entsprechende Vorhaben ersetzen.

Die Strategische Umweltprüfung ist ein unselbstständiger Teil behördlicher Verfahren zur Aufstellung oder Änderung von Plänen und Programmen, die von einer Behörde, einer Regierung oder im Wege eines Gesetzgebungsverfahrens angenommen werden.

Pläne und Programme im Sinne dieses Gesetzes sind bundesrechtlich vorgesehene Pläne und Programme, zu deren Ausarbeitung, Annahme oder Änderung eine Behörde durch Rechts- oder Verwaltungsvorschriften verpflichtet ist. Ausgenommen sind Pläne und Programme, die ausschließlich den Zielen der Verteidigung oder des Katastrophenschutzes dienen, sowie Finanz- und Haushaltspläne und -programme.

Öffentlichkeit im Sinne dieses Gesetzes sind einzelne oder mehrere natürliche oder juristische Personen sowie deren Vereinigungen. Betroffene Öffentlichkeit im Sinne dieses Gesetzes ist für die Beteiligung in den Verfahren jede Person, deren Belange durch eine der genannten Entscheidungen oder einen entsprechenden Plan oder ein entsprechendes Programm berührt werden (§ 2 UVPG).

Für die Linienbestimmung nach § 16 Abs. 1 des Bundesfernstraßengesetzes und nach § 13 Abs. 1 des Bundeswasserstraßengesetzes sowie im vorgelagerten Verfahren nach § 6 Abs. 1 des Luftverkehrsgesetzes (Genehmigung für Flugplätze) aufgeführten Vorhaben wird die Umweltverträglichkeit nach dem jeweiligen Planungsstand des Vorhabens geprüft. Diese Regelung gilt nicht, wenn in einem Raumordnungsverfahren bereits die Umweltverträglichkeit geprüft wurde und dabei die entsprechenden Anforderungen erfüllt sind. In die Prüfung der Umweltverträglichkeit sind bei der Linienbestimmung alle ernsthaft in Betracht kommenden Trassenvarianten oder Standorte einzubeziehen.

Zur Einbeziehung der Öffentlichkeit bei der Linienbestimmung sind die Unterlagen nach § 6 UVPG auf Veranlassung der zuständigen Behörde in den Gemeinden, in denen sich das Vorhaben voraussichtlich auswirkt, einen Monat zur Einsicht auszulegen. Die Gemeinden haben die Auslegung vorher ortsüblich bekannt zu geben. Jeder kann sich bis zwei Wochen nach Ablauf der Auslegungsfrist äußern. Die Öffentlichkeit ist über die Entscheidung durch ortsübliche Bekanntmachung zu unterrichten.

Zur Einbeziehung der Öffentlichkeit im vorgelagerten Verfahren nach § 6 Abs. 1 LuftVG ist entsprechend vorzugehen.

Im nachfolgenden Zulassungsverfahren kann die Prüfung der Umweltverträglichkeit auf zusätzliche oder andere erhebliche Umweltauswirkungen des Vorhabens beschränkt werden (§ 15 UVPG).

Für das Raumordnungsverfahren bei der Genehmigung des Baus eines Flugplatzes regeln die Länder, unter welchen Voraussetzungen eine Umweltverträglichkeitsprüfung erforderlich ist, sowie das Verfahren für die Durchführung der Umweltverträglichkeitsprüfung.

Im nachfolgenden Zulassungsverfahren kann die Prüfung der Umweltverträglichkeit auf zusätzliche oder andere erhebliche Umweltauswirkungen des Vorhabens beschränkt werden. (§ 16 UVPG).

22.16.4.5 Rechtsgrundlagen für Genehmigung und Betrieb eines Flughafens

Die Genehmigung eines Flughafens wird von der Luftfahrtbehörde des Landes erteilt, in dem das Gelände liegt.

Erstreckt sich das Gelände oder der Bauschutzbereich auf mehrere Länder, so ist Genehmigungsbehörde und Luftfahrtbehörde nach den Vorschriften des Luftverkehrsgesetzes über Baubeschränkungen im Bauschutzbereich die Behörde des Landes, in dem der überwiegende Teil des Geländes liegt. Die Genehmigung bedarf der Zustimmung der Luftfahrtbehörden der beteiligten Länder (§ 39 LuftVZO).

Antrag auf Erteilung der Genehmigung eines Flughafens Der Antrag auf Erteilung der Genehmigung (§ 40 LuftVZO) [71] muss enthalten:

1. den Namen, Wohnsitz oder Sitz des Antragstellers, eine Erklärung über schwebende Strafverfahren und darüber, dass ein Führungszeugnis nach § 30 des Bundeszentralregistergesetzes zur Vorlage bei der Genehmigungsbehörde beantragt worden ist, bei juristischen Personen und Gesellschaften des Handelsrechts außerdem den Namen und Wohnsitz der vertretungsberechtigten Personen sowie auf Verlangen eine Bescheinigung des Registergerichts, dass die Eintragung in das Vereins-, Handels- oder Genossenschaftsregister nur noch von der Erteilung der Genehmigung abhängt;
2. die Angabe der Staatsangehörigkeit, sofern der Antragsteller eine natürliche Person ist;
3. den Nachweis der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit des Antragstellers;
4. die Angaben über die bestehenden örtlichen und baulichen Verhältnisse des Geländes, bei Wasserflughäfen auch über den Verkehr von Wasserfahrzeugen;
5. eine Beschreibung der geplanten Anlagen und Betriebseinrichtungen sowie der beabsichtigten Flug- und Flughafenbetriebsabwicklung;
6. a) einen Übersichtsplan im Maßstab 1:25.000 mit Höhenschichtlinien, aus dem ersichtlich sind die Grenzen des Flughafens, die Anfluggrundlinien, die Einzelheiten des Ausbauplans, der Bauschutzbereich gegebenenfalls mit einem Vorschlag für Höhenfestlegungen nach den §§ 13 und 15 des Luftverkehrsgesetzes, die

Rollbahnen, die Vorfeldflächen, die Bebauungszone mit Bauhöhen und die Luftfahrthindernisse im Bauschutzbereich, bei Wasserflughäfen außerdem die Wassertiefen, die Stromrichtung und -geschwindigkeit, die Fahrrinnen und die Anker- und Anlegestellen für Wasserfahrzeuge;

b) einen Lageplan des Gebietes bis mindestens 2 km von den Enden der Start- und Landeflächen und bis mindestens 1,5 km beiderseits der Anfluggrundlinien im Maßstab 1:5.000 oder 1:2.500 mit den unter Buchstabe a) bezeichneten Eintragungen;

7. a) je einen Längsschnitt durch die Mittellinie der Start- und Landeflächen mit den Sicherheitsflächen und Anflugsektoren im Längenmaßstab 1:25.000 und im Höhenmaßstab 1:2.500; die höchsten Erhebungen in den genannten Flächen und Sektoren sowie die tiefsten Vertiefungen in den genannten Flächen zu beiden Seiten der Schnittlinie sind deutlich unterscheidbar auf die Längsschnitte zu projizieren;

   b) je einen Längsschnitt durch die unter Buchstabe a) bezeichneten Mittellinien bis mindestens 2 km von den Enden der Start- und Landeflächen im Längenmaßstab 1:5.000 und im Höhenmaßstab 1:500 oder im Längenmaßstab 1:2.500 und im Höhenmaßstab 1:250 mit den unter Buchstabe a) zweiter Halbsatz bezeichneten Eintragungen;

   c) Querschnitte durch die Start- und Landeflächen und die Sicherheitsflächen im Maßstab 1:2500;

8. bei Flughäfen, die in mehreren Stufen ausgebaut werden, in den nach Nummer 5 bis 7 vorzulegenden Unterlagen sowie eine besonders herausgehobene Darstellung der ersten Ausbaustufe;
9. ein Gutachten des Deutschen Wetterdienstes über die flugklimatologischen Verhältnisse und über die Möglichkeiten einer Flugwetterberatung;
10. a) das Gutachten eines technischen Sachverständigen über das Ausmaß des Fluglärms, der in der Umgebung des Flughafens zu erwarten ist, und

    b) das Gutachten eines medizinischen Sachverständigen über die Auswirkungen dieses Lärms auf die Bevölkerung;
11. bei Sonderflughäfen die Angabe des Zwecks, dem dieser dienen soll.

Die Genehmigungsbehörde kann weitere Unterlagen, insbesondere auch Sachverständigengutachten, fordern. Sie bestimmt, in welcher Anzahl der Antrag und die Unterlagen einzureichen sind.

Weiterhin bestimmt die Genehmigungsbehörde die Unterlagen, die von dem Flughafenunternehmer einzureichen sind, wenn der Ausbauplan, die Anlage oder der Betrieb des Flughafens wesentlich erweitert oder geändert werden soll (§ 41 LuftVG).

Erteilung und Umfang der Genehmigung, Festlegung des Ausbauplans Die Genehmigung des Flughafens (§ 42 LuftVZO) [71] ist für seine Anlegung und seinen Betrieb zu erteilen. Sie kann mit Auflagen, insbesondere zur Einschränkung von

Lärmauswirkungen auf die Umgebung des Flughafens, verbunden und befristet werden. Die Genehmigungsurkunde muss enthalten:

1. die Bezeichnung des Flughafens,
2. die Lage des Flughafens,
3. die geographische Lage und Höhe des Flughafenbezugspunktes,
4. die Angabe, zu welcher Klasse des Anhangs 14 des Abkommens über die Internationale Zivilluftfahrt (ICAO) der Flughafen, gegebenenfalls entsprechend seiner ersten Ausbaustufe, gehört,
5. die Richtung und Länge der Start- und Landebahnen,
6. die Angaben über den Umfang der ersten Ausbaustufe, falls der Flughafen in mehreren Stufen ausgebaut wird,
7. die Arten der Luftfahrzeuge, die den Flughafen benutzen dürfen,
8. bei einem Sonderflughafen den Zweck, dem dieser dienen soll,
9. eine Auflage zum Abschluss einer Haftpflichtversicherung mit Festlegung der Höhe der Versicherungssumme.

Mit der Genehmigung ist die Festlegung des Ausbauplans zu verbinden. Die Genehmigungsbehörde veranlasst die Bekanntmachung der Genehmigung in den Nachrichten für Luftfahrer und in den Amtsblättern der Länder, auf die sich der Bauschutzbereich erstreckt.

Festlegung eines Bauschutzbereichs Flughäfen im Sinne des deutschen Luftverkehrsgesetzes bedürfen eines Bauschutzbereiches nach § 12 LuftVG (vgl. Abschn. 4.2.2.4) und der Planfeststellung (vgl. Abschn. 4.2.2).

22.16.5 Betriebsaufnahme und Pflichten des Flughafenunternehmers

22.16.5.1 Betriebsaufnahme

Der Flughafen darf erst in Betrieb genommen werden, wenn die Genehmigungsbehörde dies aufgrund einer Abnahmeprüfung gestattet (§ 44 LuftVZO) [71]. Die Genehmigungsbehörde veranlasst die Bekanntmachung der Betriebsaufnahme in den Nachrichten für Luftfahrer. Dies gilt sinngemäß auch auf die Genehmigung wesentlicher Erweiterungen oder Änderungen der Anlage und des Betriebes.

22.16.5.2 Pflichten des Flughafenunternehmers

Der Flughafenunternehmer hat den Flughafen in betriebssicherem Zustand zu erhalten und ordnungsgemäß zu betreiben. Vorkommnisse, die den Betrieb des Flughafens wesentlich beeinträchtigen, sind der Genehmigungsbehörde unverzüglich anzuzeigen. Die Genehmigungsbehörde kann den Flughafenunternehmer von der Betriebspflicht befreien.

Der Flughafenunternehmer hat beabsichtigte bauliche und betriebliche Erweiterungen und Änderungen der Genehmigungsbehörde rechtzeitig anzuzeigen. Luftfahrthindernisse im Flughafen und innerhalb des Bauschutzbereiches sind nach näherer Weisung der Genehmigungsbehörde kenntlich zu machen.

Der Flughafenunternehmer hat auf Verlangen der Genehmigungsbehörde eine oder mehrere sachkundige Personen für die Leitung des Verkehrs und Betriebes des Flughafens zu bestellen (§ 45 LuftVZO) [71].

22.16.5.3 Sicherung von Flughäfen

Der Flughafenunternehmer hat den Flughafen so einzufrieden, dass das Betreten durch Unbefugte verhindert wird (§ 46 LuftVZO) [71].

Die Genehmigungsbehörde kann in besonderen Fällen den Flughafenunternehmer von dieser Verpflichtung befreien und ihm auferlegen, Verbotsschilder aufzustellen. Die Schilder sollen entlang der Grenze der nicht allgemein zugänglichen Teile des Flughafens und in Abständen von 250 m und bei einmündenden Geh- oder Fahrwegen mindestens in 1 Meter Höhe über dem Boden angebracht werden. Sie sollen 70 cm breit und 50 cm hoch sein und die Beschriftung „Flugplatz Betreten durch Unbefugte verboten“ tragen. Dies gilt bei Wasserflughäfen nur hinsichtlich der zugehörigen Landflächen.

Das Betreten der eingefriedeten oder durch Verbotsschilder gekennzeichneten Teile des Flughafens ist Unbefugten verboten.

22.16.6 Aufsicht der Genehmigungsbehörde

Die Genehmigungsbehörde ist berechtigt, nachzuprüfen, ob:

1. der bauliche und betriebliche Zustand des Flughafens entsprechend der Genehmigung fortbesteht;
2. die erteilten Auflagen eingehalten werden, und
3. der Flughafenbetrieb ordnungsgemäß durchgeführt wird. Sie kann die hierfür notwendigen Auskünfte verlangen und ist berechtigt, ihre Nachprüfungen auf dem Flughafen durchzuführen.

Die Zuständigkeit anderer Behörden zur Wahrnehmung ihrer Aufgaben auf dem Flughafen bleibt unberührt (§ 47 LuftVZO).

22.16.6.1 Widerruf der Betriebsgenehmigung

Das Luftverkehrsgesetz regelt nur die Anlage und den Betrieb von Flughäfen. Eine ausdrückliche Regelung für die Schließung eines Flughafens fehlt. Für den Widerruf der luftrechtlichen Betriebsgenehmigung kommen allerdings mehrere gesetzliche Regelungen in Betracht. Der Widerruf der luftrechtlichen Betriebsgenehmigung kann auf § 48 LuftVZO [71] basieren, wenn beispielsweise die Voraussetzungen für ihre

Erteilung nicht vorgelegen haben. Die luftrechtliche Betriebsgenehmigung ist auch zu widerrufen, wenn die Voraussetzungen für ihre Erteilung nachträglich nicht nur vorübergehend entfallen sind. Sie kann weiterhin widerrufen werden, wenn die erteilten Auflagen nicht eingehalten werden. Daneben kann auch § 49 VwVfG maßgeblich sein. Der Widerruf stellt die Beseitigung einer rechtmäßigen oder erst nach der Erteilung rechtswidrig gewordenen Genehmigung dar.

22.16.6.2 Befreiung von der Betriebspflicht

Nach § 45, Abs. 1, Satz 3 LuftVZO kann die Genehmigungsbehörde den Flughafenunternehmer von der Betriebspflicht befreien. Dazu muss der Flughafenunternehmer einen entsprechenden Antrag bei der Genehmigungsbehörde stellen. § 45, Abs. 1, Satz 3 LuftVZO nennt keine Befreiungsvoraussetzungen. Weder das LuftVG noch die LuftVZO legen besondere materielle Voraussetzungen für eine Befreiung fest. Die Entscheidung liegt vielmehr im pflichtgemäßen Ermessen (Abwägung der Belange) der Genehmigungsbehörde.

22.16.6.3 Entlassung der Anlagen und Flächen des Flughafens aus der luftverkehrsrechtlichen Zweckbestimmung

Bei der Entlassung der Anlagen und Flächen eines Flughafens aus der luftverkehrlichen Zweckbestimmung handelt es sich um die Aufhebung der Planfeststellung durch die der Genehmigungsbehörde. Die Zuständigkeit ergibt sich aus den Artikeln 85 und 87d des Grundgesetztes in Verbindung mit § 10 Abs. 1, Satz 1 LuftVG. Die Entlassung der Anlagen und Flächen des Flughafens aus der luftverkehrsrechtlichen Zweckbestimmung erfolgt dann von Amts wegen. Mit dem Wirksamwerden der Entlassung aus der luftverkehrsrechtlichen Zweckbestimmung ist auch der entsprechende Bauschutzbereich aufgehoben.

Die Verfahren zum Widerruf der Betriebsgenehmigung, der Befreiung von der Betriebspflicht und die Entlassung der Anlagen und Flächen des Flughafens aus der luftverkehrlichen Zweckbestimmung gelten entsprechend für Landeplätze, Segelfluggelände und Hubschrauberflugplätze.

22.16.7 Ordnungspolitische Regelwerke

22.16.7.1 Flughafenbenutzungsordnung

Die §§ 43 und 43a der LuftVZO [71] besagen, dass der Flughafenunternehmer der Genehmigungsbehörde vor der Betriebsaufnahme eine Flughafenbenutzungsordnung zur Genehmigung vorzulegen hat. Die Flughafenbenutzungsordnung hat Verhaltenspflichten, die dem Auftreten von betriebsbedingten und sonstigen Gefahren entgegenwirken, für Personen vorzusehen, die den Flughafen benutzen oder betreten. Insbesondere sind in Übereinstimmung mit dem Sicherheitsmanagementsystem des Flughafens Verhaltenspflichten der Flughafenbenutzer, einschließlich der Pflicht zur Befolgung von Einzelanweisungen, festzulegen. Die Genehmigungsbehörde veranlasst

die Bekanntmachung der Flughafenbenutzungsordnung in den Nachrichten für Luftfahrer (NfL's).

Weiterhin hat der Flughafenunternehmer bei Verkehrsflughäfen vor der Betriebsaufnahme Regelungen der Entgelte für das Starten, Landen und Abstellen von Luftfahrzeugen, sowie für die Benutzung von Fluggasteinrichtungen (Einrichtungen für Passagiere) der Genehmigungsbehörde zur Genehmigung vorzulegen.

Flughafenbenutzungsordnungen können je nach Größe und Notwendigkeit folgende Themenbereiche im Einzelnen umfassen:

Beschreibung des Flughafens, Gelände des Flughafens, Allgemeine Angaben zu den Wetterverhältnissen, Optischen Bodenhilfen, Informationen zum Bauschutzbereich, zu Luftfahrthindernissen, zum Flughafenunternehmer und den behördlichen Dienststellen auf dem Flughafen, zu Verkehrsverbindungen und verfügbaren Verkehrsmitteln, zu Benutzungsvorschriften und der Anwendbarkeit der Benutzungsordnung, zur Benutzung des Flughafens mit Luftfahrzeugen, Informationen zum Betreten und Befahren des Flughafengeländes, Informationen zu Sicherheitsbestimmungen, Fundsachen, Verunreinigungen, Abwässern, Einwilligungen und Erlaubnissen, Zuwiderhandlungen gegen die Flughafen-Benutzungsordnung, zum Erfüllungsort und Gerichtsstand.

In den Sicherheitsbestimmungen werden festgelegt: der Umgang mit Betriebsstoffen, der Betrieb von Luftfahrzeug-Triebwerken, Zonen mit Rauchverbot, Umgang mit offenem Feuer, der Betrieb von Fahrzeugen und Geräten mit Verbrennungsmotoren, das Arbeiten in Hallen und Werkstätten, die Aufbewahrung von Material, Geräten und Abfällen, Feuerlösch- und Rettungsdienste, Ergänzende Regeln zur Erbringung von Bodenabfertigungsdiensten auf dem Vorfeld des Flughafens.

Als weiterführende Bestimmungen zur Flughafen-Benutzungsordnung und somit als verbindliche Weisungen des Flughafenunternehmers im Sinne des § 45 LuftVZO (Pflichten des Flughafenunternehmers) in Verbindung mit den §§ 22 und 23 LuftVO (Flugbetrieb auf einem Flugplatz und in dessen Umgebung) sind in der jeweils gültigen Fassung zu beachten:

- die im Luftfahrthandbuch Deutschland (AIP), Band 1, Teil AGA, veröffentlichten örtlichen Flugbeschränkungen;
- die Betriebsanweisung für Notfälle;
- die Brandschutzverordnung;
- die allgemeine Flughafenordnung;
- die Verkehrs- und Zulassungsregeln;
- das Winterdiensthandbuch;
- die Richtlinien und Verfahrensvorschriften für Kunden;
- die Ausweisordnung.

22.16.7.2 Flughafenhandbuch und Safety Management System

Das Flugplatzhandbuch (Aerodrome Manual) ist eine umfassende Dokumentation des jeweiligen Flugplatzes, und ein fundamentaler Bestandteil der Zertifizierung von

Flugplätzen. Die Flughafenbenutzungsordnung hat nach gegenwärtiger Auslegung mehr die Funktion von allgemeinen Geschäftsbedingungen des Flugplatzes für seine Nutzer.

Der ICAO Annex 14 Volume 1 „Aerodrome Design and Operations, Certification of Aerodromes" [146] bindet die Betriebserlaubnis von Flugplätzen des öffentlichen Verkehrs durch die nationalen Genehmigungsbehörden an die Vorhaltung eines Sicherheitsmanagementsystems (Safety Management System, SMS [136, 137]). Ziel des SMS ist es, eine unternehmensweite Sicherheitskultur zur Gewährleistung der Sicherheit auf Flugplätzen zu schaffen. Dabei sollen nicht nur Verfahren und Prozesse der einzelnen Unternehmensbereiche auf einen kontrollierbaren Sicherheitsstandard gebracht werden, sondern zusätzlich bei Mitarbeitern des Flugplatzes und seiner Partner (Dienstleister) ein ausgeprägtes Sicherheitsbewusstsein gebildet werden. Diese Sicherheitskultur ist geprägt durch:

- die Definition von Sicherheitszielen;
- die regelmäßige Überprüfung von getroffenen Maßnahmen;
- die Analyse von sicherheitsrelevanten Zwischenfällen;
- die aktive Einbeziehung der Mitarbeiter.

Das ICAO Dokument Doc 9774 AN/969 [136] definiert das Safety Management System wie folgt: „Ein Safety Management System ist ein System zur Verwaltung der Sicherheit auf Flugplätzen, das eine organisatorische Struktur mit Verantwortlichkeiten, Verfahren, Prozessen und Vorkehrungen für die Anwendung von Flugplatz-Sicherheits-zielen seitens des Flugplatzbetreibers umfasst, die für die Kontrolle der Sicherheit am Flugplatz und für dessen sichere Nutzung sorgt".

Die deutsche Gesetzgebung regelt das Sicherheitsmanagementsystem in den §§ 45b und 45c der LuftVZO [71]. Dort heißt es:

1) Zur Erfüllung der Pflichten nach § 45 Abs. 1 Satz 1 LuftVZO hat der Flughafenunternehmer ein Sicherheitsmanagementsystem einzurichten, zu betreiben, fortzuentwickeln und die damit verbundenen Maßnahmen zu dokumentieren. Dieses System regelt für die betriebliche Sicherheit erhebliche Zuständigkeiten, Verfahren und Betriebsabläufe und enthält Vorgaben darüber, wie seine Umsetzung sicher gestellt wird.
2) Der Flughafenunternehmer überprüft in regelmäßigen Abständen durch geeignete Personen die Betriebssicherheit der Abläufe des Flughafens. Die Durchführung der Überprüfungen ist zu dokumentieren. In die Dokumentation sind die erkannten Gefahrenquellen, die im Zuge der Überprüfung geboten erscheinenden Abhilfemaßnahmen und die unmittelbar veranlassten Abhilfemaßnahmen aufzunehmen. Die Dokumentation ist für mindestens zehn Jahre aufzubewahren.

Der Flughafenunternehmer hat auch einen Beauftragten für das Sicherheitsmanagementsystem zu bestimmen. Der Gesetzgeber führt dazu aus [71]:

1) Der Flughafenunternehmer bestellt eine andere als die nach § 45 Abs. 4 Satz 1 LuftVZO bestellte Person als Beauftragten für das Sicherheitsmanagementsystem. Der Beauftragte

berät die Unternehmensleitung in allen Angelegenheiten, die für Einrichtung, Betrieb und Fortentwicklung des Sicherheitsmanagementsystems von Bedeutung sind. Die Unternehmensleitung hat den Beauftragten bei der Erfüllung seiner Aufgaben zu unterstützen und ihn soweit erforderlich von sonstigen betrieblichen Aufgaben freizustellen. Sie hat ihm insbesondere, soweit dies zur Aufgabenerfüllung erforderlich ist, Hilfspersonal sowie Räume, Einrichtungen und Mittel zur Verfügung zu stellen.

2) Der Flughafenunternehmer stellt durch innerbetriebliche Organisationsmaßnahmen sicher, dass der Beauftragte sich persönlich unmittelbar über alle Umstände informieren kann, die für das Sicherheitsmanagementsystem von Bedeutung sind und seine diesbezüglichen Vorschläge und Bedenken schriftlich oder mündlich unmittelbar der Unternehmensleitung unterbreiten kann. Bei nicht ausgeräumten Meinungsunterschieden über solche Umstände kann der Beauftragte von der Unternehmensleitung verlangen, ihn über die wesentlichen Gründe ihrer Haltung zu unterrichten.
3) Der Flughafenunternehmer darf Beauftragte für das Sicherheitsmanagementsystem und deren Hilfspersonal wegen der Erfüllung der übertragenen Aufgaben nicht benachteiligen. Der Widerruf der Bestellung als Beauftragter für das Sicherheitsmanagementsystem bedarf der Zustimmung der Genehmigungsbehörde."

Ein Flugplatzhandbuch enthält:

1) Einen allgemeinen Teil, aus dem Absicht und Geltungsbereich, rechtliche Grundlagen, Bedingungen für die Benutzung, Verfügbarkeit des AIS, die Dokumentation der Flugbewegungen, und die Pflichten der Flugplatzbetreiberin hervorgehen.
2) Aus einem zweiten Teil gehen die Einzelheiten zum Standort des Flugplatzes hervor. Dies sind der Name des Flugplatzes, ein Plan mit der Entfernungsangabe zur nächsten Stadt sowie Einrichtungen außerhalb des Flugplatzes, ein Plan mit den Flugplatzbegrenzungen, sowie ein Plan der Einrichtungen für den Betrieb des Flugplatzes.
3) Dem dritten Teil sind Einzelheiten zur Veröffentlichung im Aeronautical Information Service (AIS) zu entnehmen. Dies sind: Name, Lage, Flugplatzbetreiber, Koordinaten des Flugplatzbezugspunktes, Flugplatzhöhe, Höhen der Schwellen, Referenztempe- ratur, Flugplatzleuchtfeuer, Maße der Flugbetriebflächen incl. Rollwege und Vorfeld sowie Luftfahrzeugabstellflächen (geographische Koordinaten), Oberflächenbeschaf- fenheiten, Tragfähigkeiten (PCN und ACN Werte), Startroll- und Landestrecken (TORA, TODA, ASDA, LDA), Höhenangaben von Hindernissen Im An- und Abflug- bereich, der Platzrunde und in der Umgebung des Flugplatzes, Höhenmesserkontrollorte, Optische und funktechnisch basierte Landehilfen, Befeuerung und Markierungen, Einrollhilfen etc.
4) In einem vierten Teil sind die Betriebsverfahren und Sicherheitsmaßnahmen nachzulesen. Dies sind: Verfahren zum Berichtswesen, Berichtstattung aller Änderungen zu Flugplatz-Informationen im Luftfahrthandbuch und Verfahren zur Anforderung von NOTAM Veröffentlichungen, Wartung und Instandhaltung der Flugbetriebsflächen, Vorfeldmanagement etc.

Alle Bereiche, die die Sicherheit (Safety Manag ement) des Flugplatzes betreffen, sind dem Safety Management System zu ent nehmen, das in das Flugplatzhandbuch zu integrieren ist.

22.16.8 Rechtsgrundlagen für Genehmigung und Betrieb von Landeplätzen

22.16.8.1 Antrag und Erteilung der Genehmigung eines Landeplatzes

Die Genehmigung eines Landeplatzes (§ 50 LuftVZO) [71] wird von der Luftfahrtbehörde des Landes erteilt, in dem das Gelände liegt.

Der Antrag auf Erteilung der Genehmigung eines Landeplatzes für Landflugzeuge nach § 51 LuftVZO [71] muss enthalten:

1. die § 40 Abs. 1 Nr. 1 bis 5 und 11 LuftVZO entsprechenden Angaben und Nachweise;
2. a) einen Übersichtsplan im Maßstab 1:25.000 mit Höhenschichtlinien, aus dem ersichtlich sind der Landeplatz mit seiner Umgrenzung und dem anschließenden Gebiet bis zu einer Entfernung von 3 km, die Anfluggrundlinien, die Start- und Landeflächen, die Bebauungszone mit Bauhöhen, die Luftfahrthindernisse und – soweit vorgesehen – die Start- und Landeflächen, die Rollbahnen, den beschränkten Bauschutzbereich mit dem Bezugspunkt des Landeplatzes sowie ein Vorschlag für Höhenfestlegungen nach den §§ 13 und 15 des Luftverkehrsgesetzes, bei Wasserlandeplätzen außerdem die in § 40 Abs. 1 Nr. 6 Buchstabe a) LuftVZO für Wasserflughäfen vorgeschriebenen zusätzlichen Angaben;
   b) einen Lageplan des Gebietes bis mindestens 1 km von den Enden der Start- und Landeflächen und bis mindestens 0,5 km beiderseits der Anfluggrundlinien im Maßstab 1:5.000 oder 1:2.500 mit den unter Buchstabe a) bezeichneten Eintragungen;
3. a) je einen Längsschnitt durch jede Anfluggrundlinie bis mindestens 3 km von den Enden der zugehörigen Start- und Landeflächen im Längenmaß stab 1:25.000 und im Höhenmaßstab 1:2.500 unter Kenntlichmachung der An- und Abflugflächen; die höchsten Erhebungen in einer Fläche mit der vorgenannten Länge der jeweiligen Anfluggrundlinie und mit einer Breite von je 150 m beiderseits dieser Linie sind deutlich unterscheidbar auf die Längsschnitte zu projizieren; das gleiche gilt für die tiefsten Vertiefungen in einer Fläche mit einer Länge bis mindestens 250 m von den Enden der zugehörigen Start- und Landefläche und mit einer Breite von mindestens je 75 m beiderseits der Anfluggrundlinie;
   b) je einen Längsschnitt durch die unter Buchstabe a) bezeichneten Anfluggrundlinien bis mindestens 1 km von den Enden der Start- und Landeflächen im Längenmaßstab 1:5.000 und im Höhenmaßstab 1:500 oder im Längenmaßstab 1:2.500 und im Höhenmaßstab 1:250 mit den unter Buchstabe a) bezeichneten Eintragungen;
   c) Querschnitte durch die Start- und Landeflächen im Maßstab 1:2.500;
4. das Gutachten eines Sachverständigen über die Eignung des Landeplatzes;

5. ein Gutachten des Deutschen Wetterdienstes über die flugklimatologischen Verhältnisse des Landeplatzes und seiner Umgebung.

§ 40 Abs. 2 und § 41 LuftVZO sind sinngemäß anzuwenden. Auf Antrag kann die Genehmigungsbehörde Ausnahmen von den Antragserfordernissen zulassen. Für Landeplätze, die nicht oder nicht nur dem Verkehr von Landflugzeugen dienen sollen, bestimmt die Genehmigungsbehörde die Antragserfordernisse.

22.16.8.2 Erteilung und Umfang der Genehmigung eines Landeplatzes

Die Genehmigung des Landeplatzes ist für seine Anlegung und seinen Betrieb nach § 52 LuftVZO [71] zu erteilen. Sie kann mit Auflagen insbesondere zur Einschränkung von Lärmauswirkungen auf die Umgebung eines Landeplatzes und zum Abschluss einer Haftpflichtversicherung mit Festlegung der Höhe der Versicherungssumme verbunden und befristet werden. Die Genehmigungsurkunde muss enthalten:

1. die § 42 Abs. 2 Nr. 1 bis 3, 7 und 8 LuftVZO entsprechenden Angaben;
2. die Richtung und Länge der Start- und Landeflächen und gegebenenfalls der Start- und Landebahnen;
3. gegebenenfalls die Bestimmung eines beschränkten Bauschutzbereiches.

Festlegung eines Bauschutzbereichs Bei der Genehmigung von Landeplätzen im Sinne des deutschen Luftverkehrsgesetzes können die Luftfahrtbehörden einen beschränkten Bauschutzbereich nach § 17 LuftVG (vgl. Abschn. 4.2.2.7) vorschreiben.

22.16.8.3 Ordnungspolitische Regelwerke

Auch bei Landeplätzen hat der Flugplatzunternehmer der Genehmigungsbehörde eine Benutzungsordnung zur Genehmigung vorzulegen. Die Paragraphen, die für Flughäfen gelten (§ 43 Abs.1, §§ 44 und 45 Abs.1 und 2, § 47 und § 48 LuftVZO) [71], sind sinnesgemäß anzuwenden. Die Genehmigungsbehörde veranlasst die Bekanntmachung der Benutzungsordnung und die Regelung der Entgelte in den Nachrichten für Luftfahrer. Die Benutzungsordnung ist auf die Belange des jeweiligen Landeplatzes angepasst.

Ein Flugplatzhandbuch mit integriertem Safety Management System sind entsprechend den Regularien, die für Flughäfen gelten (vgl. Abschn. 3.16.7), auszuführen, und an die Erfordernisse des jeweiligen Landeplatzes anzupassen. Eine generell gültige Struktur existiert hierzu nicht.

22.16.9 Betriebsaufnahme und Pflichten des Landeplatzhalters

Für die Betriebsaufnahme und die Pflichten des Landeplatzhalters sind § 43 Abs. 1 LuftVZO, die §§ 44 und 45 Abs. 1 und 2 LuftVZO [71] anzuwenden.

22.16.9.1 Sicherung von Landeplätzen

Für die Sicherung von Landeplätzen ist § 46 Abs. 1–3 LuftVZO [71] mit der Maßgabe anzuwenden, dass die Sicherungsmaßnahmen auch auf Teile des Landeplatzes und bestimmte Zeiten beschränkt werden können. Das Betreten der eingefriedeten oder durch Verbotsschilder gekennzeichneten Teile des Landeplatzes ist Unbefugten verboten. Der Landeplatzhalter hat auf Verlangen der Genehmigungsbehörde eine oder mehrere Personen als Flugleiter zu bestellen.

22.16.9.2 Aufsicht der Genehmigungsbehörde

Für die Aufsicht der Genehmigungsbehörde ist § 47 LuftVZO [71] sinngemäß anzuwenden. Bei Landeplätzen, die ausschließlich dem Betrieb von Luftsportgeräten dienen, obliegt die Aufsicht dem Beauftragten.

22.16.9.3 Rücknahme und Widerruf der Genehmigung

Für die Rücknahme oder den Widerruf der Genehmigung des Landeplatzes ist § 48 LuftVZO [71] sinngemäß anzuwenden.

22.16.10 Rechtsgrundlagen für Genehmigung und Betrieb Segelfluggeländen

Die Genehmigung eines Segelfluggeländes nach § 55 LuftVZO [71] wird von der Luftfahrtbehörde des Landes erteilt, in dem das Gelände liegt. § 39 Abs. 2 ist anzuwenden.

22.16.10.1 Antrag auf Erteilung der Genehmigung eines Segelfluggeländes

Der Antrag auf Erteilung der Genehmigung muss enthalten:

1. die dem § 40 Abs. 1 Nr. 1, 2, 4 und 5 LuftVZO [71] entsprechenden Angaben;
2. den Nachweis der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit des Antragstellers, wenn das Segelfluggelände einen beschränkten Bauschutzbereich erhalten soll;
3. a) einen Übersichtsplan im Maßstab 1:25.000 mit Höhenschichtlinien, aus dem ersichtlich sind das Segelfluggelände mit seiner Umgrenzung und dem anschließenden Gebiet bis zu einer Entfernung von 1 km, die An- und Abflugrichtungen, die Luftfahrthindernisse und – soweit vorgesehen – der beschränkte Bauschutzbereich mit dem Bezugspunkt des Segel- fluggeländes sowie einen Vorschlag für Höhenfestlegungen nach den §§ 13 und 15 des Luftverkehrsgesetzes;
   b) einen Lageplan des Gebietes bis mindestens 1 km von den Enden und bis mindestens 0,5 km von den Seiten der Start- und Landeflächen im Maßstab 1:5.000 oder 1:2.500, aus dem ersichtlich sind die unter Buchstabe a) bezeichneten Eintragungen und die Start- und Landeflächen, die Aufstellplätze für Startwinden und die baulichen Anlagen mit Bauhöhen;
4. das Gutachten eines Sachverständigen über die Eignung des Segelfluggeländes.

22.16.10.2 Erteilung und Umfang der Genehmigung eines Segelfluggeländes

Die Genehmigung des Segelfluggeländes ist für seine Anlegung und seinen Betrieb nach § 57 LuftVZO [71] zu erteilen. Sie kann mit Auflagen, insbesondere zur Einschränkung von Lärmauswirkungen auf die Umgebung des Segelfluggeländes und zum Abschluss einer Haftpflichtversicherung mit Festlegung der Höhe der Versicherungssumme, verbunden und befristet werden. Die Genehmigungsurkunde muss enthalten:

1. die dem § 42 Abs. 2 Nr. 1 bis 3 entsprechenden Angaben;
2. gegebenenfalls die Bestimmung eines beschränkten Bauschutzbereichs;
3. die Arten der in § 54 bezeichneten Luftfahrzeuge, die das Segelfluggelände benutzen dürfen;
4. die Angabe der Startarten.

Die Genehmigungsbehörde macht die Genehmigung des Segelfluggeländes bei Eröffnung des Betriebes in den Nachrichten für Luftfahrer bekannt. Bei Bestimmung eines beschränkten Bauschutzbereiches veranlasst sie ferner die Bekanntmachung in den Amtsblättern der Länder, auf die sich der Bauschutzbereich erstreckt.

22.16.10.3 Betrieb von Segelfluggeländen

Auf den Betrieb des Segelfluggeländes sind § 44 Abs. 1 und § 45 Abs. 1 und 2 und § 53 Abs. 3 LuftVZO [71] sinngemäß anzuwenden. Für den Halter eines Segelfluggeländes besteht keine Betriebspflicht (§ 58 LuftVZO) [71].

22.16.10.4 Sicherung von Segelfluggeländen

Für die Sicherung von Segelfluggeländen ist § 46 Abs. 1 und 2 LuftVZO sinngemäß mit der Maßgabe anzuwenden, dass die Sicherungsmaßnahmen auch auf Teile des Segelfluggeländes und auf bestimmte Zeiten beschränkt werden können. Das Betreten der eingefriedeten oder durch Verbotsschilder gekennzeichneten Teile des Segelfluggeländes ist Unbefugten verboten (§ 59 LuftVZO).

22.16.11 Rechtsgrundlagen für Genehmigung und Betrieb von Hubschrauberflugplätzen

Aufgrund des Artikels 85 Abs. 2 Satz l des Grundgesetzes hat der Gesetzgeber für die Genehmigung und den Betrieb von Hubschrauberflugplätzen eine Allgemeine Verwaltungsvorschrift erlassen. Die Verwaltungsvorschrift konkretisiert bestimmte Anforderungen für die Genehmigung von Flugplätzen gemäß § 6 des Luftverkehrsgesetzes (LuftVG) und §§ 38 bis 53 der Luftverkehrs-Zulassungs-Ordnung (LuftVZO) [71], die für den Flugbetrieb mit Hubschraubern vorgesehen sind. Hier wird auch auf die Bestimmungen für gewerblichen Flugbetrieb (JAR-OPS 3 und die 6. DVO zur LuftBO) und für den Schutz vor Fluglärm (§ 6 LuftVG) hingewiesen.

Grundsätzlich gelten die getroffenen Regelungen sowohl für Hubschrauberflugplätze des allgemeinen Verkehrs (Hubschrauberverkehrsflugplätze) als auch für Hubschrauberflugplätze für besondere Zwecke (Hubschraubersonderflugplätze). Abweichungen können auf der Grundlage eines Sachverständigengutachtens, in dem auch eine flugbetriebliche Beurteilung auf der Grundlage der JAR-OPS 3 enthalten ist, durch die zuständige Genehmigungsbehörde im Einvernehmen mit dem Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung zugelassen werden.

Die bereits nach § 6 LuftVG in Verbindung mit §§ 38 ff. LuftVZO [71] genehmigten Hubschrauberflugplätze sind innerhalb von zwei Jahren nach Inkrafttreten der vorliegenden Verwaltungsvorschrift (vom 19. Dezember 2005) ihren Anforderungen anzupassen, sofern sie mehr als vierhundert Flugbewegungen pro Kalenderjahr aufweisen. Betriebsstandorte von Rettungshubschraubern sowie Hubschrauberflugplätze, die mehr als eintausend Flugbewegungen aufweisen, sind innerhalb eines Jahres den Anforderungen dieser Verwaltungsvorschrift anzupassen. In begründeten Ausnahmefällen kann diese Frist durch die Genehmigungsbehörde um ein Jahr verlängert werden. Für Hubschrauberflugplätze mit weniger als vierhundert Flugbewegungen pro Kalenderjahr sowie für Hubschraubersonderflugplätze, die Zwecken des öffentlichen Rettungsdienstes dienen, sind der Anpassungsbedarf und die Frist für die Anpassung im Einvernehmen mit der zuständigen Luftfahrtbehörde festzulegen.

Die Anlagen der Flugplätze sind im Übrigen so zu konzipieren, dass sie den Anforderungen der auf ihnen verkehrenden Hubschrauber genügen.

Soweit in den Vorschriften bezüglich des Anwendungsbereiches dieser Allgemeinen Verwaltungsvorschrift keine Regelung getroffen ist, sind ergänzend die Bestimmungen des Anhangs 14, Band II des ICAO-Abkommens anzuwenden [134, 147, 148], sofern dem nicht die zwingenden Vorschriften des deutschen Rechts entgegenstehen.

Die örtlich zuständigen Dienststellen des deutschen Flugsicherungsunternehmens, des Deutschen Wetterdienstes, des Rettungsdienstes und der Feuerwehr müssen durch eine Fernmeldeverbindung vom Hubschrauberflugplatz aus erreichbar sein.

Bei Neuanlagen und bei bestehenden Hubschrauberflugplätzen ist die Festlegung eines beschränkten Bauschutzbereiches gemäß § 17 LuftVG zu prüfen.

22.16.11.1 Antrag auf Erteilung der Genehmigung eines Hubschrauberflugplatzes

Die Erteilung der Genehmigung eines Hubschrauberflugplatzes erfolgt auf der luftrechtlichen Basis der Genehmigung von Landeplätzen (Sonderlandeplätzen). Entsprechend finden die §§ 49 bis 53 LuftVZO [71] sinnesgemäß Anwendung.

22.16.11.2 Erteilung und Umfang der Genehmigung eines Hubschrauberflugplatzes

Die Erteilung und der Umfang der Genehmigung von Hubschrauberflugplätzen bezieht sich auf die Zwecke bzw. besonderen Zwecke, die dem Antrag auf Erteilung

der Genehmigung zugrunde liegen. Als Beispielsweise für besondere Zwecke lassen sich Hubschrauberflugplätze auf Krankenhäusern für Rettungshubschrauber, oder Hubschrauberflugplätze für Hubschrauber der Küstenwache benennen.

22.16.11.3 Betrieb eines Hubschrauberflugplatzes

Der Betrieb eines Hubschrauberflugplatzes darf aufgenommen werden, wenn die Genehmigungsbehörde dies aufgrund einer Abnahmeprüfung gestattet. Die Genehmigungsbehörde veranlasst die Bekanntmachung der Betriebsaufnahme in den Nachrichten für Luftfahrer. Die Betriebsverfahren sind dem ICAO Annex 14, Volume II, Heliports [134, 147, 148], oder dem Bundesanzeiger „Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Genehmigung der Anlage und des Betriebs von Hubschrauberflugplätzen“ [34] zu entnehmen.

22.16.11.4 Sicherung eines Hubschrauberflugplatzes

Für die Sicherung von Hubschrauberflugplätzen ist ebenfalls § 46 Abs. 1 bis 3 LuftVZO [71] sinnesgemäß anzuwenden.

22.16.12 Struktur, Elemente und Anlage eines Flugplatzes

Betrachtet man existierende Flugplätze, so ist ein klares Konzept oft schwer zu erkennen. Der Grund liegt größtenteils in der historischen Entwicklung vieler Flugplätze, die, ausgehend von Flugfeldern zum Beginn der Fliegerei, kontinuierlich ausgebaut und erweitert wurden.

Der Ausbau und die vorgenommenen Erweiterungen waren jeweils bestimmt von der Anpassung an die wachsende Verkehrsnachfrage und die technische Entwicklung der eingesetzten Flugzeuge. Durchdachte und konsistente Flugplatzkonzepte lassen sich nur bei neuen Flugplätzen realisieren.

Im Bereich einzelner Anlagenelemente, z. B. der Start-/Landebahnsysteme oder der Terminalanlagen sind dagegen Strukturen/Konzepte erkennbar. Abbildung 22.101 zeigt die generellen Strukturelemente des Systems Flugplatz.

Ein Flugplatz ist generell eingeteilt in die Landseite, den Terminalbereich (Abfertigungs- oder Transitbereich) und die Luftseite. Die Landseite bindet den Flugplatz an die bodengebundene Verkehrsstruktur an (Schiene, Straße), hält Vorfahrt- und Parkmöglichkeiten für den Individualverkehr vor. Die Terminal (Passagier- und Frachtterminal) bilden die Schnittstelle zwischen Land- und Luftseite. Im Passagierterminal erfolgt die Abfertigung der an- und abfliegenden Passagiere sowie die Versorgung und Neuzuordnung der Transitpassagiere. Im Frachtterminal wird die an- und abgehende Fracht für den jeweiligen Weitertransport dokumentenmäßig und physisch aufbereitet und abgefertigt. Auf der Luftseite befinden sich die Flugbetriebsflächen, d. h. das Vorfeld, auf dem sich die Abstellpositionen der Luftfahrzeuge befinden und auf dem die verkehrliche und betriebliche Abfertigung der Luftfahrzeuge stattfindet. Auf den Rollwegen rollen die Luftfahrzeuge

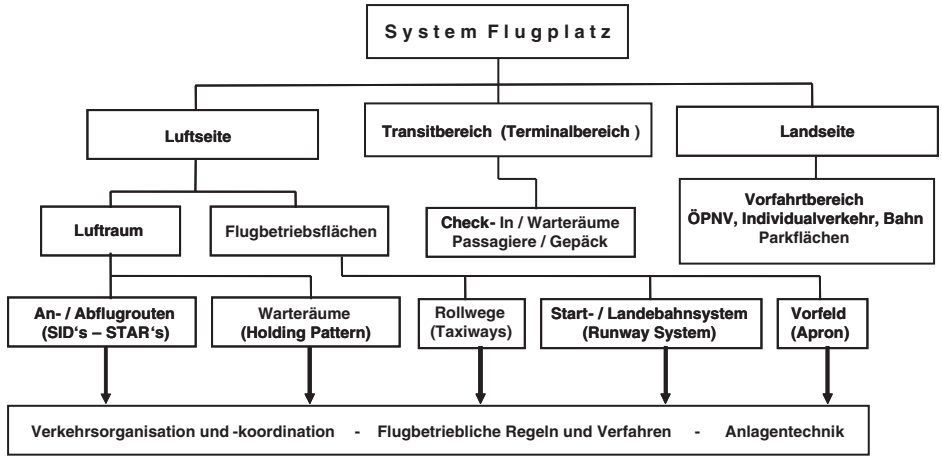


Abb. 22.101 Generelle Struktur eines Fluglatzes [167]

zum Start, oder nach der Landung auf das das Vorfeld. Die Start-/Landebahnen dienen dem Start und der Landung der Luftfahrzeuge. Weiterhin befinden sich auf der Luftseite des Flugplatzes alle Einrichtungen infrastruktureller Art, die zur verkehrlichen und betrieblichen Abfertigung der Luftfahrzeuge erforderlich sind. Auch Werften und Reparaturbetriebe sind hier neben den weiteren, vom Flugplatz vorzuhaltenden Serviceeinrichtungen, wie Feuerwehr, Winterdienste etc. anzutreffen. Indirekt lassen sich auch der umgebende Luftraum mit seiner auf den Flugplatz abgestimmten Struktur von An- und Abflugwegen (Nahverkehrsbereich) zum Verkehrsweg Flugplatz zählen.

Um die Verkehrsprozesse zu unterstützen, sind eine Vielzahl von Infrastrukturelementen, technische Systeme und Betriebsanlagen erforderlich, die übersichtsmäßig den Abb. 22.102, 22.103 und 22.104 zu entnehmen sind. Der Flugplatz selbst stellt eine Betriebsstätte dar, die durch die Flugplatzbetriebsgesellschaft in Form eines Unternehmens repräsentiert wird.

22.16.13 Elemente der Landseite eines Flugplatzes

Der Landseite eines Flugplatzes lässt sich grob einteilen in die Anbindungen an die bodengebundenen Verkehrsträger der Region, wie straßengebundene Zufahrt- und Abfahrtwege zu den Terminalanlagen, schienengebundene Verkehrssysteme des Nah-, Regional- und Fernverkehrs, öffentliche Zugänge zu den Passagier- und Frachtterminals (Vorfahrtbereiche) sowie den Verwaltungs- und Bürogebäuden des Flugplatzes.

Bei der Planung eines Flugplatzterminals ist bei der Bemessung des zugehörigen Vorfahrtbereichs und der Zufahrt- und Abfahrtwege sicherzustellen, sodass kapazitiv ein gleichmäßiger Verkehrsflusses zwischen Land- und Luftseite stattfinden kann. Dies bedeutet, dass die für die Abfertigung der Passagiere erforderlichen Anlagen und

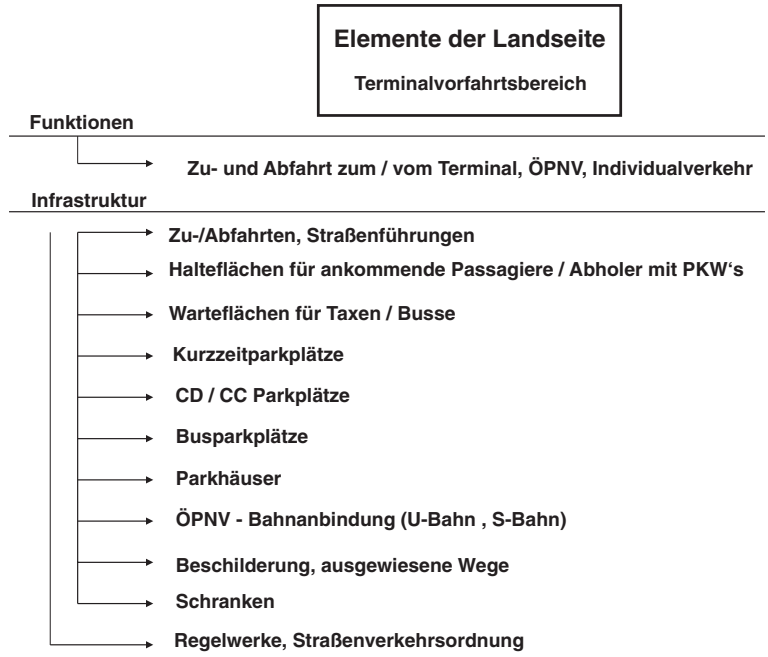


Abb. 22.102 Funktionen und infrastrukturelle Betriebsanlagen der Landseite eines Flugplatzes [122]

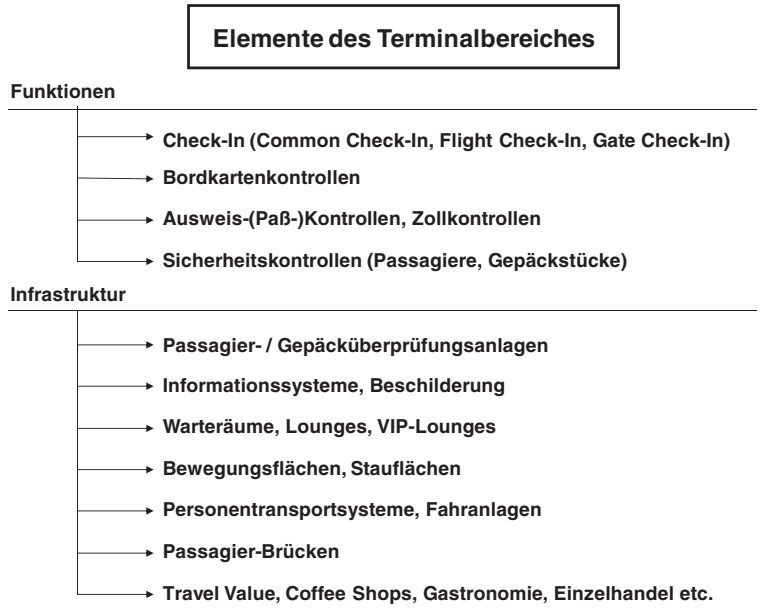


Abb. 22.103 Funktionen und infrastrukturelle Betriebsanlagen im Terminalbereich eines Flugplatzes [122]

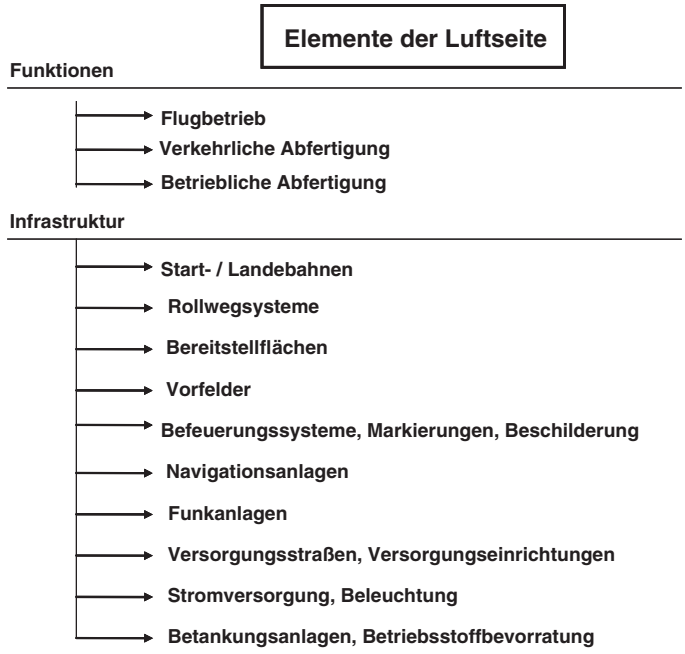


Abb. 22.104 Funktionen und infrastrukturelle Betriebsanlagen der Luftseite eines Flugplatzes [122]

Einrichtungen eine aufeinander abgestimmte Leistungsfähigkeit aufweisen müssen. Ist der Vorfahrtbereich des Terminals beispielsweise über seine Leistungsfähigkeit hinaus belastet, so sind auch die vor- bzw. nachgeordneten Einrichtungen und Anlagen problembehaftet. Unter Gesichtspunkten der Zusammenhänge des „Level of Service" ist daher der Vorfahrtbereich eines Terminals als Prozessglied in der Reisekette des Passagiers und als Teilprozess der Abfertigung von Passagieren an Flugplätzen entsprechend zu sehen und kapazitiv angemessen zu bemessen.

22.16.13.1 Zufahrt- und Abfahrtwege zum Flugplatz

Unter den Zufahrt- und Abfahrtwegen zu den Terminals an Flugplätzen versteht man die bodengebundenen Anbindungen des Flugplatzes an das öffentliche Straßenetz der Region. Die Verkehrsführung im Flugplatzbereich richtet sich an der Art und Anlage der Terminals und der entsprechenden Vorfahrbereiche aus (Einebenen-/Zweiebenenvorfahrt). Gegenläufige Verkehrsführungen sind aus Kapazitäts- und Sicherheitsgründen zu vermeiden.

Die kapazitive Bemessung der Zufahrt- und Abfahrtwege erfolgt anhand von Bemessungsfahrzeugen, die die einzelnen Fahrspuren der Zufahrt- und Abfahrtwege benutzen. Vorteilhaft ist eine Trennung der Fahrspuren im Flugplatzbereich zwischen dem Individualverkehr und bevorzugten Nutzergruppen (wie Taxen, öffentlichen Linienbussen etc.), damit bei temporären Behinderungen auf den Zufahrtwegen (Verkehrsstaus) der Betrieb für bevorzugte Nutzergruppen weiterhin möglich ist. Zusätzlich ist auch eine

bessere Zufahrtmöglichkeit für Rettungsfahrzeuge gegeben. Generell sind mindestens zwei Fahrspuren pro Richtung vorzuhalten, damit bei Störungen auf einer Fahrspur zumindest die zweite Fahrspur weiter genutzt werden kann.

Zufahrtwege sollten, falls flächenmäßig und bautechnisch realisierbar, eine ausreichende Länge haben, um temporäre Verkehrsstaus in den Vorfahrtbereichen der Terminals kompensieren zu können. Ist dies nicht der Fall, werden entstehende Verkehrsstaus Auswirkungen auf das angeschlossene öffentliche Straßennetz haben.

Die Leistungsfähigkeit einer Fahrspur wird bei freier Fahrt in der Literatur mit ca. 1.800 Fahrzeugen/Stunde angenommen. Dieser Wert kann hier allerdings nicht verwendet werden, da die Leistungsfähigkeit des Vorfahrtbereiches eines Terminals, die Aufnahmekapazität von Kurzzeithalte- und Parkplätzen bei freiem Zufluss je Fahrspur die limitierenden Größen darstellen. Bei der Verkehrsbelastung bzw. Bemessung der Zufahrt- und Abfahrtwege ist auch die Verteilung der Passagiere, Begleiter, Besucher, Bedienstete etc. auf die bodengebundenen Verkehrsträger zu beachten (Modal Split), d. h. die verkehrliche Anbindung des Flugplatzes an die öffentlichen Verkehrsträger der Region haben einen bestimmenden Einfluss auf die Wahl und Nutzung der Verkehrsmittel und somit auf das Verkehrsaufkommen des Individualverkehrs. Weiterhin sind Verkehre, die nicht unmittelbar auf die Vorfahrtbereiche der Terminals wirken, wie beispielsweise Mietwagenrückgaben, aber eine Belastung der Zufahrt- und Abfahrtswege darstellen, bei der Bemessung der Zufahrt- und Abfahrtwege zu berücksichtigen.

Für die Bauausführung der Verkehrswege gelten die Vorschriften und Verordnungen des öffentlichen Straßenbaus. Für die Nutzung mit dem Verkehrsmittel PKW sowie die weiteren öffentlichen Verkehrsmittel gilt, falls nicht abweichend angezeigt, die gültige Straßenverkehrsordnung.

22.16.13.2 Vorfahrtbereiche vor Passagierterminalanlagen

Der Vorfahrtbereich eines Terminals ist einer der wichtigsten Bereiche der Landseite des Systems Flugplatz. Im Vorfahrtbereich lassen sich verschiedene Funktionsbereiche im Hinblick auf die Nutzung gegeneinander abgrenzen. Der Begriff „Vorfahrtbereich" bezeichnet generell einen definierten Bereich auf der Straßenseite an Gebäuden zum Zwecke des Ein- u./o. Aussteigens, des Ein- u./o. Ausladens von Gepäck oder Waren, oder des Umsteigens von einem Verkehrsmittel in ein anderes Verkehrsmittel. Unter „vorfahren" versteht man generell eine Fahrtunterbrechung oder das Ende einer Fahrt in einem Vorfahrtbereich zum Zwecke des Ein- und Aussteigens u./o. des Ein- und Ausladens von Gepäck oder Waren. Diese allgemeingültigen Formulierungen lassen sich auch auf die Beschreibung von Vorfahrtbereichen an Passagierterminals übertragen.

Der Begriff Terminalvorfahrtbereich definiert sich daher wie folgt:

„Der Vorfahrtbereich eines Terminals ist derjenige Bereich auf der Landseite eines Flugplatzes, in welchem Passagiere, Begleitpersonen, Besucher und Bedienstete des Flugplatzes von bodengebundenen Zubringerverkehrsmitteln in das Terminal gelangen um anschließend ein Luftfahrzeug zur Weiterreise zu nutzen (Passagiere), oder um Einrichtungen des Flugplatzes zu besuchen (Besucher, Bedienstete). Ebenso finden

ankommende Passagiere, Besucher etc. nach Verlassen des Terminals im Vorfahrtbereich des Terminals bodengebundene Verkehrsmittel vor, die eine Fortsetzung der Reise zu ihrem Zielort, oder die Rückreise zu ihrem Startort ermöglichen".

Aufgabe und Funktion des Vorfahrtbereichs eines Passagierterminals besteht darin, den Flugplatz landseitig an die bodengebundenen Verkehrssysteme der Region anzubinden. Das sind der öffentliche schienengebundene Nah-, Regional- u./o. Fernverkehr, S-Bahn u./o. U-Bahn, RE, IC, ICE, sowie der straßengebundene Individualverkehr. Der Schienenverkehr ist meist örtlich/räumlich getrennt vom eigentlichen Vorfahrtbereich, und innerhalb (Tiefbahnhöfe) oder außerhalb des Terminals (Bahnhöfe) angebunden. Die örtliche/räumliche Trennung kann sowohl horizontal als auch vertikal auf mehreren Ebenen des Terminals erfolgen. Mischformen aus vertikaler und horizontaler Trennung sind ebenfalls vorzufinden.

Die einzelnen Nutzungsfunktionen eines Vorfahrtbereichs gehen über das reine Ein- und Aussteigen von Passagieren hinaus. Auch Gehwege, Querungsanlagen, Brücken, Tunnel etc. gehören zum Vorfahrtbereich eines Flugplatzes und sind kapazitiv und im Sinne der Sicherheit (Fluchtwege, Wege für Rettungsdienste etc.) entsprechend zu bemessen. Zu den mit einbezogenen Bereichen gehören weiterhin die Zu- und Abfahrten der Vorfahrten des Vorfahrtbereiches, Einrichtungen, die das Kurzparken vor dem Terminal ermöglichen, Warte- und Aufstellbereiche für Taxen, Querungsanlagen für Fußgänger sowie Anlagen für den öffentlichen Reisebus- und Linienbusverkehr.

22.16.13.3 Aufgaben, Funktionen und Nutzergruppen der Vorfahrtbereiche

Vorfahrtbereiche von Passagierterminals sind normalerweise frei zugängliche Straßen, die von den Passagieren, Besuchern, Mitarbeitern etc. des Flugplatzes mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln benutzt werden können. Die Benutzung der Vorfahrtbereiche durch den Schwerverkehr spielt im Vorfahrtbereich mit Ausnahme der Busverkehre eine untergeordnete Rolle. Vorfahrtbereiche von Passagierterminals haben im laufenden Betrieb eines Flugplatzes verschiedene Aufgaben und Funktionen zu erfüllen, die den Ansprüchen der einzelnen Nutzergruppen, wie Passagieren, Besuchern, Mitarbeitern des Flugplatzes etc. in Kombination mit den gewählten Verkehrsmitteln, genügen müssen.

Aufgaben und Funktionen Vorfahrtbereiche von Passagierterminals haben im System Flugplatz verschiedene Funktionsbereiche vorzuhalten. Diese Funktionen untergliedern sich in Hauptfunktionen sowie Neben- und Zusatzfunktionen. Die Hauptfunktion eines Vorfahrtbereichs ergibt sich analog der begrifflichen Abgrenzung. Es gilt, den abfliegenden Passagieren das Aussteigen aus einem bodengebundenen Verkehrsmittel und ggf. das Entladen des Reisegepäcks zu ermöglichen, um anschließend auf kurzen Wegen die Terminaleingänge zu erreichen. Ankommende Passagiere sollen im Vorfahrtbereich ein geeignetes straßen- oder schienengebundenes Verkehrsmittel zur Weiterreise in

die Region bzw. zu ihrem endgültigen Zielort vorfinden. Es ist deshalb erforderlich, die notwendigen Verkehrsflächen für den fließenden und den ruhenden Verkehr in diesem Bereich zur Verfügung zu stellen, um die Funktion des Ein- und Aussteigens sowie des Be- und Entladens von Reisegepäck für die Passagiere zu ermöglichen. Dabei sind auch Passagiere, die mit sperrigem Gepäck reisen, bei der Gestaltung der Vorfahrbereiche zu berücksichtigen.

Zu den Verkehrsmitteln, die den Vorfahrtbereich von Passagierterminals in Anspruch nehmen zählen meist Personenkraftwagen, Taxen, Kleinbusse und Busse. Neben den genannten Hauptfunktionen, der Bereitstellung von Verkehrsflächen für diese Verkehrsmittel, müssen Vorfahrtbereiche weitere Funktionen erfüllen. Dazu gehört die Bereitstellung von Aufenthaltsflächen für Passagiere, Begleiter und Abholer, Besucher sowie Beschäftigte am Flugplatz. Häufig ist auch die Überquerung des Vorfahrtbereiches durch Passagieren oder beschäftigte Personen erforderlich, um von verschiedenen Parkflächen zum Terminal und umgekehrt zu gelangen. Insbesondere muss die sichere Verbindung zwischen Terminalausgängen und den Taxi-Bedienungspunkten sowie den Busparkplätzen gewährleistet sein.

Ein generelles Problem im Vorfahrtbereich ist die Bereitstellung von Parkflächen sowie die Festsetzung und Überwachung der Höchstparkdauer auf diesen Parkflächen. Im Hinblick auf die Hauptfunktion des Vorfahrtbereichs d. h. das Ein- und Aussteigen der Passagiere und den, bedingt durch Reisegepäck erforderlichen Ladevorgängen von geringer zeitlicher Dauer, sollten normalerweise keine Parkflächen erforderlich sein. Die Praxis zeigt jedoch, dass den Flugplatznutzern eine lediglich kurze Verweildauer im Vorfahrtbereich nicht ausreicht. Sind also keine Parkflächen im Vorfahrtbereich vorhanden, so ist davon auszugehen, dass ein großer Teil der Nutzer die Halteflächen als Parkflächen nutzt. Dieses Verhalten ist durch umfangreiche bzw. permanente Kontrollen zu ahnden, was sich aufgrund des hohen Personalbedarfs und der zu erwartenden Unstimmigkeiten mit den Nutzern als problematisch erweist. Daher ist es als eine Nebenfunktion eines Vorfahrtbereichs zu sehen, eine ausreichende Anzahl an Kurzzeitparkplätzen bereitzustellen. Die weiteren vorzuhaltenden Funktionen sind von Flugplatz zu Flugplatz verschieden und auch bedarfs- und flächenabhängig. Zu den weiteren Funktionen im Servicebereich zählen die Bereitstellung von Gepäckwagen (ggf. gegen Entgelt), verschiedene Informationsangebote für Passagiere, Werbeflächen, Gastronomieangebote, sicherheitsrelevante Einrichtungen (Rettungs- und Fluchtwege) etc.

Nutzergruppen nach Verkehrsmitteln Der Vorfahrbereich muss kapazitiv und funktional den Nutzeranforderungen der Flugplatznutzer entsprechen. Dabei muss einerseits nach der Art der Nutzung sowie andererseits nach Art des gewählten Verkehrsmittels unterschieden werden. Es können sich verschiedene Konstellationen aus der Art der Nutzung und der Wahl gewählten Verkehrsmittel ergeben.

Als Nutzergruppen sind im wesentlichen zu nennen: Abfliegende Passagiere, Ankommende Passagiere, Begleiter, Abholer (privat, geschäftlich), Besucher, Beschäftigte, Lieferanten, Crewmitglieder der Luftverkehrsgesellschaften.

Zur An- und Abreise stehen dazu prinzipiell folgende Verkehrsmittel zur Verfügung: PKW (privat), PKW (gewerblich), Mietwagen, Taxen, Busse des öffentlichen Personennahverkehrs, Reisebusse, Kleinbusse, Transporter, Motorräder, ggf. Straßenbahnen, U-Bahnen, S-Bahnen, sowie schienengebundener Nah- und Fernverkehr. Die schienengebundenen Verkehrsmittel verfügen meist über separate Trassen bzw. separate Stationen (Haltestellen, Bahnhöfe).

Verhalten der Nutzergruppen nach Verkehrsmitteln Das Verhalten der Nutzergruppen nach Verkehrsmitteln und die damit verbundenen Anforderungen der Nutzer an den Vorfahrtbereich sind höchst unterschiedlich. Es ist bei den Verkehrsmitteln zunächst wiederum zu unterscheiden zwischen Personenkraftwagen (Begleiter, Abholer, Selbstfahrer), Taxen, Bussen (Linienbusse, Reisebusse), privaten Zubringerdiensten, Mietwagen, Crewbussen der Luftverkehrsgesellschaften sowie Liefer- und Wirtschaftsverkehren.

Das Verhalten der Nutzergruppe, die sich für das Verkehrsmittel PKW entschieden hat, hängt entscheidend davon ab, ob es sich hier um Selbstfahrer, Begleiter, abfliegende oder ankommende Passagiere handelt. Auch der Reisezweck des Nutzers, wie Urlaubsreise, Geschäftsreise, etc. bestimmt das Verhalten in Bezug auf die Nutzung des Vorfahrtbereiches. Die unterschiedlichen Verhaltensweisen der Nutzer werden beschrieben, um die daraus resultierenden Belastungen im Vorfahrtbereich im Hinblick auf die Bemessungskriterien ableiten zu können.

Als **Passagiere** werden die originären Nutzer bezeichnet, die den Flugplatz anfahren, um eine Reise mit dem Verkehrsmittel Luftfahrzeug anzutreten, oder den Flugplatz, von einer Flugreise kommend, verlassen wollen. Die Passagiere nutzen die bodengebundenen Verkehrsmittel entsprechend des Modal Split.

Als **Begleiter** werden diejenigen Nutzer bezeichnet, die die originären Passagiere mit einem PKW zum Flugplatz fahren. Das Ziel dieser PKW's ist derjenige Terminaleingang im Vorfahrtbereich, der auf kurzem Wege zum Check-in-Schalter des jeweiligen Abfluges führt. Dadurch entsteht eine Belastung des Vorfahrtbereichs durch den entsprechenden PKW in Form des Aussteigens der Passagiere, des Entladens des Reisegepäcks und der Verabschiedung der Passagiere durch die Begleitperson. Als mittlere Verweildauer (Haltezeit des PKW's) sind ca. 5 min anzunehmen. Bei professionellen Zubringerdiensten ist die Verweildauer im Vorfahrtbereich kürzer, da es sich hier in der Regel nur um den Aussteige- und Ausladevorgang handelt. Anschließend wird der Begleiter-PKW den Vorfahrtbereich und somit den Flugplatzbereich über die Abfahrtwege wieder verlassen. Auch der Reisezweck von Bedeutung. Während bei Geschäftsreisenden eine Ankunft am Flugplatz möglichst zeitnah zum Abflugtermin und ein zügiger Aussteigevorgang vorausgesetzt werden kann, ist bei Urlaubsreisenden mit einer deutlich früheren Ankunft und einer längeren Verweildauer im Vorfahrtbereich zu rechnen. Die Gründe sind darin zu sehen, dass häufig Familien mit Kindern zur Nutzergruppe der Urlaubsreisenden gehören. Es ist davon auszugehen, dass Urlaubsreisende mit dem Flugplatzbetrieb weniger vertraut sind und die entsprechenden Abläufe daher mehr Zeit benötigen. Auch die Begleitung

der Urlaubsreisenden durch weitere Personen in das Terminal selbst zur dortigen Verabschiedung ist möglich, wodurch der PKW dann zwangsläufig anderweitig geparkt werden muss.

Die Gruppe der **Abholer** ist analog zur Gruppe der Begleiter zu sehen, mit dem Unterschied, dass es sich bei Abholern um Personen handelt, die auf ankommende Passagiere warten. Der Unterschied zu den Begleitern abfliegender Passagiere ist, dass die Verweildauer der PKW's von Abholern auf dem Flugplatzgelände zeitlich wesentlich länger ist. Dies liegt darin begründet, dass die tatsächlichen Ankunftszeiten der Luftfahrzeuge, und damit die der abzuholenden Passagiere für den Abholer am Terminalausgang nicht exakt bekannt sind. Selbst wenn es keine Verspätungen von Luftfahrzeugen gäbe, wäre der tatsächliche Ankunftszeitpunkt (verlassen des Terminals durch den Passagier) nicht exakt planbar, da nach der Landung des Luftfahrzeugs eine unterschiedlich lange Zeitspanne für den Rollvorgang des Luftfahrzeugs zur Parkposition, den Transfer zum Terminal (bei einer Vorfeldposition des Luftfahrzeugs), und der Gepäckausgabe bis zum Verlassen des Terminals durch den Passagier, zur Landezeit hinzugerechnet werden muss. Dazu kommt weiterhin die Zeitplanung des Abholers, der Eventualitäten wie Verkehrsstaus, schlechtes Wetter etc. berücksichtigt, und somit früher als geplant am Flugplatz eintrifft. Für diese Wartezeit, die in der Regel nicht unerheblich ist, sollte der PKW in den vorhandenen Parkhäusern oder auf sonstigen dafür vorgesehenen Parkplätzen abgestellt werden. Dennoch wird ein Teil der Abholer die Wartezeit im Vorfahrtbereich verbringen, um die abzuholenden Passagiere direkt am Terminalausgang in Empfang nehmen zu können.

Die erlaubte Höchstparkdauer für den Abholprozess im Vorfahrtbereich ist aus kapazitiven Gründen jedoch so ausgelegt, dass sie für eine längere Wartezeit nicht ausreicht. Die Benutzung einer Parkierungseinrichtung ist daher für den Abholvorgang zwangsläufig notwendig, wobei der Vorfahrtbereich dazu nicht in Anspruch genommen werden sollte. Ausnahmen bilden hier Situationen, die die Aufnahme schwerer Reisegepäckstücke direkt vor dem Terminal bedingen, sowie das Abholen von Passagieren nach vorheriger Anforderung. Es bietet sich an, dass der Passagier den Abholer nach der Landung telefonisch benachrichtigt, wodurch die Abholung zu einem vereinbarten Zeitpunkt im Vorfahrtbereich erfolgen kann. Die Wartezeit kann der Abholer im PKW dann außerhalb des Vorfahrtbereichs verbringen, und so den abzuholenden Passagier zur vereinbarten Zeit am vereinbarten Treffpunkt aufnehmen. Diese Vorgehensweise ist durch die Kommunikationsmöglichkeiten per Mobilfunk möglich und gängig.

Selbstfahrer sind Passagiere, die mit dem eigenen PKW zum Flugplatz fahren, welchen sie dort für die Dauer der Flugreise parken. Nach der Rückkehr von der Flugreise wird der Flugplatz mit dem eigenen Fahrzeug wieder verlassen. Da die Selbstfahrer bei ihrer Ankunft am Flugplatz das Ziel Parkhaus haben und von dort aus mit ihrem Reisegepäck das Terminal betreten, ist davon auszugehen, dass der Vorfahrtbereich durch diese Personengruppe nicht belastet wird. Geht man allerdings von schwerem Reisegepäck oder mehreren Passagieren in einem PKW aus, ist es aber dennoch möglich, dass der Vorfahrtbereich benutzt wird, um den PKW zu entladen und die übrigen

Passagiere aussteigen zu lassen. Danach wird der PKW für die Dauer der Flugreise in einem Parkhaus abgestellt. Im Fall der Ankunft wird der Passagier mit Reisegepäck zu seinem PKW in das Parkhaus gehen und den Flugplatz über die Abfahrtwege verlassen. Der Umweg über den Vorfahrtbereich ist im Falle von sperrigem Reisegepäck oder mehreren Passagieren pro PKW ebenfalls denkbar. Der PKW wird in diesem Fall aus dem Parkhaus geholt und im Vorfahrtbereich beladen, um anschließend den Flugplatz über die Abfahrtwege zu verlassen.

Taxen belasten den Vorfahrtbereich sowohl im Abflug- als auch im Ankunftsabschnitt. Die Verkehrsabläufe in den Ankunfts- und Abflugabschnitten (je nach Ebenen unterschiedlich) unterscheiden sich insofern, als dass ein Taxi, welches Passagiere zum Flugplatz bringt, eine geringe Verweildauer im Vorfahrtbereich aufweist, während Taxis im Ankunftsabschnitt über einen längeren Zeitraum auf Passagiere warten und somit entsprechende Halteflächen benötigen. Die Nutzung von Taxen ist normalerweise bei ankommenden Passagieren größer als bei abfliegenden Passagieren. Dies ist darin begründet, dass die Beförderung von Passagieren zum Flugplatz durch eine Begleitperson wesentlich leichter zu organisieren ist als das Abholen von Passagieren. Der Zeitbedarf für den Transport zum Flugplatz ist kürzer und leichter planbar. Die Abholung eines Passagiers ist generell zeitaufwendiger und mit Unsicherheiten wie Verspätung des Luftfahrzeugs, nicht planbarem bodengebundenem Verkehrsaufkommen, der zufälligen Parksituation etc. verbunden.

Ein Taxi befördert Passagiere zum Flugplatz und wird für ca. 1,5–2 min im Vorfahrtbereich verweilen. In dieser Zeit finden der Entgeltvorgang des Taxifahrers, der Aussteigvorgang des Passagiers und das Entladen des Reisegepäcks statt. Somit belasten diese Vorgänge den Vorfahrtbereich zeitlich in nur geringem Maße. Im Anschluss daran wird das Taxi den Vorfahrtbereich verlassen und weitere Fahraufträge abwickeln, oder einen Taxinachrückplatz anfahren.

Die Situation im Ankunftsabschnitt ist differierend zu der Abflugsituation zu werten. Taxen benötigen hier Fahrspuren, auf denen sie auf ankommende Passagiere warten und Fahrgäste in Empfang nehmen. In Spitzenzeiten wird die zur Verfügung stehende Spurlänge allerdings nicht ausreichen, um alle wartenden Passagiere bedienen zu können. Daher bedarf es einer Haltefläche, von der aus Taxen zum Vorfahrtbereich auf die Taxispur nachrücken, und somit die wartenden Passagiere aufnehmen können. Um einen bedarfsgerechten Verkehrsfluss zu gewährleisten, ist ein ständiger Kontakt zwischen Vorfahrtsbereich und Taxinachrückplatz erforderlich. Ein Stau oder eine Störung durch den Individualverkehr ist im Bereich zwischen Nachrückplatz und Taxispur zu vermeiden, da ansonsten keine kontinuierliche Passagieraufnahme durch ungehindert nachrückende Taxen gewährleistet werden kann.

Flugplätze werden meist regelmäßig von verschiedenen **Buslinien** angefahren, die für Passagiere, Flughafenbedienstete und Besucher die Verbindung zuwischen Flugplatz und der Region herstellen. Es ist zu unterscheiden zwischen Linienbussen des öffentlichen Nahverkehrs, Reisebussen und Fernbussen, die aufgrund ihrer Zweckbestimmung unterschiedliche Anforderungen an den Vorfahrtbereich stellen.

Linienbusse des öffentlichen Nahverkehrs fahren den Flugplatz normalerweise regelmäßig im Rahmen der jeweiligen Fahrplangestaltung an. Das Fahrgastpotential umfasst sowohl Passagiere, Flugplatzbedienstete und auch Besucher des Flugplatzes. Weiterhin gehören zu den Linienbussen auch solche, die der Flugplatzbetreiber selbst auf dem Areal des Flugplatzes einsetzt. Diese Linienbusse stehen den Flugplatzbediensteten zur Verfügung und bringen die Flugplatzbediensteten zu ihrem Arbeitsplätzen auf dem Flugplatzgelände. Sind an einem Flugplatz mehrere Terminals vorhanden, so sind auch zwischen den Terminals Busverbindungen eingerichtet, die von Passagieren, Bediensteten und ggf. Besuchern genutzt werden. Die Haltestellen der Linienbusse befinden sich in unmittelbarer Nähe der Terminaleingänge, möglichst zentral, um nicht zu weite Wege zu den Check-in Bereichen entstehen zu lassen. Daraus ergibt sich ein Flächenbedarf für Linienbusse meist im mittleren Abschnitt des Vorfahrtbereiches. Dort verweilen die Busse im Rahmen ihrer fahrplanmäßigen Haltezeit. Die Haltezeit ist entsprechend der Anzahl der aus- und zusteigenden Passagiere einschließlich des aus-/einzuladenden Reisegepäcks ausgelegt. Zu lange Standzeiten sind im Vorfahrtbereich allerdings zu vermeiden um die knappen Flächen nicht unnötig zu belasten. Sollte eine längere Verweildauer von Linienbussen notwendig sein, so ist diese Zeitspanne auf einer Fläche zu verbringen, die nicht im Vorfahrtbereich liegt, wobei die schnelle Erreichbarkeit des Vorfahrtbereichs jedoch sicher gestellt sein muss.

Bei **Reisebussen** muss grundsätzlich zwischen den Fällen Ankunft und Abflug unterschieden werden. Im Fall des Abflugs wird ein Reisebus den Vorfahrtbereich anfahren und die Passagiere aussteigen lassen. Die Verweildauer ist abhängig von der Kapazität des Busses sowie vom Sitzladefaktor. Sie liegt bei ca. 10–15 min. Anschließend verlässt der Bus den Vorfahrtbereich über die Abfahrtwege. Reisebusse, die ankommende Passagiere abholen, müssen in der Nähe des Vorfahrtbereichs parken um die Wartezeit bis zur Ankunft der Passagiere zu überbrücken. Daher ist es erforderlich, für diese Busse einen entsprechenden Busbahnhof etc. zur Verfügung zu stellen, der den flächenmäßigen Anforderungen der Busse entspricht. Die Entfernung des Busbahnhofs zum Terminaleingang darf nicht zu groß sein, da eine Vielzahl von Passagieren mit Reisegepäck diese Entfernung per Fußweg zurücklegen muss. Die Passagiere müssen den Vorfahrtbereich überqueren, um zu dem Busbahnhof zu gelangen. Daher ist hier mit einer hohen Anzahl an Fußgängern im Vorfahrtbereich zu rechnen. Vor diesem Hintergrund sollten hinsichtlich der Entlastung der Querungsanlagen für Fußgänger im Vorfahrtbereich alternative Querungsmöglichkeiten in Form von Tunneln oder Brücken zwischen Terminal und Busbahnhof angelegt werden.

Neben den Hauptnutzern wird der Vorfahrtbereich von weiteren Nutzergruppen belastet, die mit dem Flugplatzbetrieb eng verbunden sind. Dazu zählen private Zubringerdienste, Shuttlebusse diverser Hotels in Flugplatznähe und Fahrzeuge für VIP-Dienste. Für diese Nutzergruppen ist ebenfalls ein entsprechendes Flächenangebot vorzuhalten. Die Gruppe der privaten Zubringerdienste und Shuttlebusse nutzt als Verkehrsmittel meist Kleinbusse, die in die Klasse der bis 9-sitzigen Fahrzeuge fällt. Der Flächenbedarf pro Fahrzeug entspricht daher in etwa dem eines Transporters. Hotelbusse, die regelmäßig zu festen Zeiten verkehren, können die Haltestellen des ÖPNV mitbenutzen, wenn eine Abstimmung mit dem

ÖPNV-Fahrplan möglich ist, und Behinderungen des ÖPNV-Verkehrs dadurch ausgeschlossen werden. Unregelmäßig verkehrende Zubringerfahrzeuge benutzen die gleichen Haltezonen, die auch für die den Individualverkehr vorgesehen sind, um die Passagiere ein- oder aussteigen zu lassen. Die Fahrzeuge verlassen nach einer kurzen Verweildauer den Vorfahrtbereich und tragen somit nicht zu einer längeren Belastung des Vorfahrtbereichs bei. An größeren Flugplätzen (Verkehrsflughäfen) mit entsprechend hohem Aufkommen an Hotelbussen ist eine zentrale Fläche vorzuhalten, die ausschließlich den Hotelbussen zur Verfügung steht. Dort ist auch eine Kommunikationseinrichtung für die Anforderung von Hotelbussen installiert, von der aus die Busse geordert werden können. Durch die Order ist die Verweildauer der Hotelbusse im Vorfahrtbereich kurz, da eine Wartezeit des Fahrzeugs vor Ort auf ankommende Passagiere entfällt. Die privaten Zubringerdienste zeigen sich vermehrt als Konkurrenz zu den Taxidiensten. Diese sind tariflich flexibler als Taxen, was eine häufigere Nutzung durch die Passagiere mit sich bringt. Die Verweildauer dieser Fahrzeuge ist im Falle der Ankunft von Passagieren verhältnismäßig hoch. Es ist mit einer durchschnittlichen Verweildauer von ca. 30 min zu rechnen. Dieser Zeitraum liegt deutlich über der erlaubten Höchstparkdauer im Vorfahrtbereich. Eine mögliche Begründung dafür ist, dass die Fahrer der Zubringerdienste das Fahrzeug meist nicht verlassen, um die Fluggäste im Terminal selbst in Empfang zu nehmen. Die längere Verweildauer im Vorfahrtbereich wird teilweise geduldet, da sich die Fahrer in ihren Fahrzeugen befinden und somit auf die jeweilige Situation reagieren können.

Besonders der Bereich der **Mietwagen** benötigt aufgrund der Vielzahl an Fahrzeugen große Parkflächen. Diese Flächen können sich allerdings nicht im Vorfahrtbereich des Terminals befinden, da das Flächenangebot hier bei weitem nicht ausreicht. Daher sind die Park- und Stellplätze der Mietwagenanbieter in den umliegenden Parkhäusern oder auf Parkplätzen eingerichtet. Dort werden die Fahrzeuge von den Mietern in Empfang genommen und auch wieder abgegeben. Es ist jedoch häufig zu beobachten, dass Mietwagen von den Passagieren auf den Parkplätzen abgeholt, um anschließend vor das Terminal gefahren zu werden, und das Reisegepäck und weitere Passagiere aufzunehmen. Ebenso verhält es sich bei der Rückgabe der gemieteten Fahrzeuge am Flugplatz, wobei das Reisegepäck zunächst im Vorfahrtbereich ausgeladen wird. Anschließend wird das Fahrzeug zur Rückgabestation gebracht. Dadurch entsteht eine Belastung des Vorfahrtbereichs, die generell vermeidbar wäre. Eine verminderte Verkehrsbelastung durch Mietwagen im Vorfahrtbereich ist durch eine eindeutige Beschilderung zur Mietwagenrückgabestation zu erreichen.

Crew-Busse von Luftverkehrsgesellschaften befördern ankommende Crews und bringen abfliegende Crews zum Terminal. Es ist auffällig, dass die Verweildauer bei der Abholung von Crews unverhältnismäßig lang ist. Teilweise kommt es zu einer Verweildauer von über einer Stunde im Vorfahrtbereich. Die Luftverkehrsgesellschaften stellen Busse vor dem Terminal bereit, damit die Crews nicht warten müssen. Die Crews verlassen das Terminal nach der Ankunft des Luftfahrzeugs allerdings nicht immer zum erwarteten Zeitpunkt, was einerseits organisatorisch und andererseits privat (Einkauf,

etc.) zu begründen ist. Aus diesen Gründen wird die Haltestelle für Crew-Busse häufig als „Bus-Depot" verwendet, obwohl sich die vorgesehene Nutzung auf das reine Ein- und Aussteigen beschränken sollte.

Die im Terminal ansässige Gastronomie sowie Läden und Geschäfte werden regelmäßig mit Waren beliefert. Es entsteht **Liefer- und Wirtschaftsverkehr**. Die Belieferung wird teilweise über die Terminaleingänge sowie über nicht öffentliche Bereiche des Terminals abgewickelt. Somit entsteht eine Belastung des Vorfahrtbereichs durch lieferbedingte fließende und ruhende Verkehre. Lieferanten sind auf Ladezonen in der Nähe der Terminaleingänge angewiesen, da ihnen weite Entfernungen zum Terminal zur Warenanlieferung nicht zugemutet werden können. Die Belieferung findet regelmäßig, meist mit Kleintransportern oder kleineren LKW's, statt. Die Verweildauer im Vorfahrtbereich liegt bei ca. 20–30 min. Für diese Verweildauer ist die knappe Fläche im Vorfahrtbereich blockiert, was sich besonders zu den Spitzenverkehrszeiten als problematisch erweist. Daher sollten die Lieferzeiten in den Tageszeiten liegen, an denen die Belastung des Vorfahrtbereichs durch den regulären Fahrzeugbetrieb relativ gering ist. Eine Sicherstellung geregelter Lieferzeiten erfolgt nach Absprache mit Lieferanten und den belieferten Einrichtungen im Terminal über Hinweisschilder im Bereich der Zufahrten und allgemeine Bekanntmachungen.

Es ist festzustellen, dass die Aufteilung der zur Verfügung stehenden Flächen im Vorfahrtbereich derart erfolgen muss, dass die betrieblich wichtigen Nutzergruppen die Sicherheit haben, einen Standplatz zum Be- und Entladen zu erhalten. Diese Nutzergruppen würden ohne besondere Vorkehrungen zu Spitzenzeiten keinen freien Standplatz zum Be- und Entladen vorfinden. Darüber hinaus muss die ständige Erreichbarkeit der Standplätze gewährleistet sein. Um Staus durch die übrigen Verkehrsteilnehmer zu verhindern, ist für die wichtigen Nutzer eine entsprechende Fahrspur vorzuhalten, die nur von Berechtigten befahren werden darf. Die Sicherung dieser Bereiche muss durch Schranken oder andere Absperrungen, wie Poller, Geländer etc. erfolgen. Zu den betrieblich wichtigen Nutzergruppen gehören Fahrzeuge des ÖPNV, Busshuttledienste, Crew-Busse, Dienstfahrzeuge der Polizei/Bundespolizei, Zoll, Rettungs- und Sicherheitsdienste sowie Taxen. Die Nutzung dieser geregelten Bereiche sollte auch für Lieferanten sowie Servicefahrzeugen des Flugplatzbetreibers möglich sein. Die Priorität bei der Abwicklung des Verkehrsgeschehens liegt heute eindeutig auf der vorrangigen Berücksichtigung des öffentlichen Personennahverkehrs. Haltestellen befinden sich in unmittelbarer Nähe der Ein- und Ausgänge der Terminals. Die Fahrspuren für den Busverkehr sind auf berechtigte Nutzer beschränkt, wodurch eine Behinderung der Busverkehre durch Fahrzeuge des Individualverkehrs weitestgehend vermieden wird.

22.16.13.4 Einflussfaktoren auf die Gestaltung der Vorfahrtbereiche

Die Gestaltung von Vorfahrtbereiche ist maßgeblich von den Gegebenheiten des jeweiligen Flugplatzes abhängig. Die grundsätzlichen Einflussfaktoren für die Gestaltung und die Dimensionierung der Vorfahrtbereiche sind die Konzeptionen der Terminalkonfigurationen,

das zu erwartende Gesamtverkehrsaufkommen sowie die Ausgestaltung der landseitigen Anbindung an die Region insgesamt.

Die Terminalkonfiguration wirkt sich insofern auf die Gestaltung und Dimensionierung eines Vorfahrtbereichs aus, als dass verschiedene Terminalgrundkonzepte und Mischformen aus diesen Grundkonzepten zu beachten sind. Die Grundkonzepte sind in den so genannten Linear-, Satelliten-, oder Pierkonzepten zu sehen. Daraus haben sich auch unterschiedliche Mischformen ausgebildet. Das hat zur Folge, dass die für die Vorfahrtbereiche zur Verfügung stehenden Längen vor den Terminalgebäuden relativ zu der Leistungsfähigkeit der Terminals, gemessen in Passagieren pro Zeiteinheit, abnimmt. Das bedeutet je nach Terminalkonfiguration, dass das Passagieraufkommen größer sein kann, als die kapazitive Aufnahmefähigkeit des zur Verfügung stehenden Vorfahrtbereichs. So ist beispielsweise bei gleicher Länge des Terminalvorfahrtbereichs die Leistungsfähigkeit eines linearen Terminals hinsichtlich der Anzahl der abzufertigenden Flugzeuge deutlich geringer als z. B. bei einem Pierkonzept. Der entsprechende Vorfahrtbereich bleibt dagegen gleich oder verändert sich nur in geringem Maße. Somit ist die relative Belastung des Vorfahrtbereichs bei einem Pierkonzept durch die entsprechende Anzahl der Flugzeugpositionen größer als bei einem Linearkonzept (vorausgesetzt, es existieren keine weiteren Standplätze auf dem Vorfeld). Dieser Sachverhalt bringt es mit sich, dass die Leistungsfähigkeit eines Vorfahrtbereichs nicht durch eine Verlängerung der Spurlängen erreicht werden kann. Vielmehr ist eine Erhöhung der Kapazität des Vorfahrtbereichs nur in der Breite möglich. Es müssen im Vorfahrbereich mehrere Fahrspuren zur Verfügung stehen, die eine höhere Leistungsfähigkeit des gesamten Vorfahrtbereiches, verbunden mit einer größeren Anzahl an Stellplätzen für die verschiedenen Verkehrsmittel, ermöglichen.

Ein weiteres Gestaltungsmerkmal der Vorfahrtbereiche richtet sich nach der Anzahl der Ebenen der Terminals. Die Aufteilung der Passagierströme auf mehrere Ebenen hat den Vorteil, dass die Passagierströme und -wege von ankommenden und abfliegenden Passagieren räumlich getrennt werden können. Bei großen Verkehrsflughäfen ist demzufolge aufgrund des hohen Passagieraufkommens ein Mehrebenen-Konzept notwendig, da die erforderliche Grundfläche eines Terminals begrenzt ist und die entstehenden Wege für die Passagiere zu lang werden würden, wenn man nur eine Ebene vorsehen würde. Steht bei einem Passagierterminal lediglich eine Ebene zur Verfügung, so ist der Vorfahrtbereich zwangsläufig ebenfalls auf einer Ebene anzulegen. Die Trennung von Ankunft- und Abflugbereich erfolgt im Terminalgebäude dann auf einer Ebene. Die Funktionsbereiche innerhalb des Vorfahrtbereichs können dann ebenfalls nur über eine entsprechende Anordnung der Ein- und Ausgänge erfolgen. Besteht ein Terminalgebäude aus mehreren Ebenen, so ist eine vertikale Trennung der Passagierströme möglich. Der Vorfahrtbereich kann hier in einen Ankunftsvorfahrtbereich und einen Abflugvorfahrtbereich aufgeteilt werden. Die Vorfahrtbereiche sind somit örtlich/räumlich, auf verschiedenen Ebenen voneinander getrennt. Dadurch steht bei gleicher Terminalgebäudelänge ein etwa doppelt so langer Vorfahrtbereich gegenüber Terminalkonfigurationen mit nur einer Ebene zur Verfügung. Weiterhin ist durch die funktionale Trennung in einen Ankunfts- und einen Abflugvorfahrtbereich eine Optimierung der Vorfahrtstruktur möglich, da die

unterschiedlichen Anforderungen an Ankunft- und Abflugvorfahrtbereiche getrennt voneinander berücksichtigt werden können.

22.16.13.5 Gestaltung und Dimensionierung der Vorfahrtbereiche

Der Gestaltung und insbesondere der Dimensionierung der Terminalvorfahrtbereiche liegt zunächst das Gesamtverkehrsaufkommen eines Flugplatzes zugrunde. Das Gesamtverkehrsaufkommen ermittelt sich aus der Anzahl der Flugbewegungen pro Tag, unter Berücksichtigung der abzufertigenden Flugzeugmuster und deren Sitzladefaktoren. Daraus lässt sich die Anzahl der Passagiere ermitteln, die pro Tag, sowie in der täglichen Spitzenstunde, abzufertigen sind. Die Ermittlung der Belastung eines Terminalvorfahrtbereichs basiert auf den Passagierzahlen der Spitzenstunde. Die Passagiergesamtzahlen sind allerdings um die Passagiere zu korrigieren, die den Vorfahrtbereich nicht in Anspruch nehmen (z. B. Transitpassagiere). Die verbleibende Anzahl der Originärpassagiere wird entsprechend des ermittelten Modal-Splits des Flugplatzes den bodengebundenen Verkehrsträgern zugeteilt. Reduziert man die Anzahl der Originärpassagiere und den Anteil der Passagiere, die den Vorfahrtbereich nicht benutzen, erhält man die Anzahl der Passagiere, die für die Bemessung des Vorfahrtbereiches relevant sind. Auf der Basis dieser Passagierzahlen lassen sich die erforderliche Anzahl an Stellplätzen und auch die notwendigen Vorfahrtspurlängen für die einzelnen Verkehrsmittel berechnen. Über die durchschnittliche Personenzahl pro Verkehrsmittel ergibt sich die Anzahl von Fahrzeugen, die den Vorfahrtbereich benötigt und somit temporär belastet. Die erforderlichen Vorfahrspurlängen resultieren aus den mittleren Fahrzeuglängen der Bemessungsfahrzeuge und der Anzahl der Fahrzeuge.

Gestaltungsmerkmale der Vorfahrtbereiche Ausgehend von den Erfordernissen für die identifizierten Nutzergruppen und unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten aus der Praxis ergeben sich die Gestaltungsmerkmale der Vorfahrtbereiche. Bestimmenden Einfluss auf die Gestaltungsmerkmale der Vorfahrtbereiche haben im Rahmen von Sicherheitserwägungen:

- Vermeidung von gegenläufigen Passagierströmen;
- Vermeidung konzentrierter, starker Passagierströme, hervorgerufen durch Engstellen;
- Sicherung der fußläufigen Passagiere, wo nötig, durch Geländer, Poller, Absperrungen;
- Übersichtliche und logische Anordnung und Gestaltung der Funktionsbereiche;
- Vermeidung von Sichtbehinderungen im Vorfahrtbereich;
- Sinnvolle, eindeutige Wegweisung, Kennzeichnung und Beschilderung.

Bestimmenden Einfluss auf die Gestaltungsmerkmale der Vorfahrtbereiche haben im Rahmen des Passagierkomforts und der Qualität eines Flugplatzes:

- Kurze und freie Wege zu den Terminalein- und -ausgängen;
- Überdachter Vorfahrtbereich (Wetterschutz);
- Behindertengerechte Gestaltung;
- Landschaftsgerechte, angepasste Gestaltung und Bauausführung;
- Übersichtliche Informationssysteme für Passagiere;
- Bereitstellung von Gepäckwagen;
- Personentransportsysteme;
- Dynamische Informationssysteme und Führung bzgl. der freien Parkflächen.

Bestimmenden Einfluss auf die Gestaltungsmerkmale der Vorfahrtbereiche haben im Rahmen der Leistungsfähigkeit eines Flugplatzes:

- Die Zu- und Abfahrten sollten von den allgemeinen Verkehrswegen getrennt sein (nur Nutzer des Flugplatzes sollten den Vorfahrtbereich befahren);
- Leistungsfähige Anbindung an das öffentliche Straßennetz der Region;
- Ausreichende Bemessung der Zu- und Abfahrtswege;
- Bemessungsgrundlage sollte die prognostizierte Spitzenstunde sein;
- Trennung der Verkehrsströme der unterschiedlichen Nutzergruppen bzw. Verkehrsmittel;
- Leistungsfähige und ausreichende Anordnung der Halteplätze/Parkplätze;
- Ausweichmöglichkeiten bei Betriebsstörungen (Wegeredundanzen).

Bestimmenden Einfluss auf die Gestaltungsmerkmale der Vorfahrtbereiche haben im Rahmen der Wirtschaftlichkeit eines Flugplatzes:

- Vermietung von Werbeflächen;
- Bewirtschaftung der Parkflächen in Hinblick auf die zeitliche und örtliche Attraktivität der Nutzung;
- Flexibilität für kurzfristige Änderungen von Funktionsbereichen.

Zu den Gestaltungsmerkmalen eines Terminalvorfahrtbereichs selbst zählt zunächst die örtliche/räumliche Zuteilung der einzelnen Funktionsbereiche. Die sinnvoll aufeinander abgestimmte Anordnung der Vorfahrtbereiche entsprechend der Funktionsbereiche sichern einen reibungslosen und effektiven Vorfahrtbetrieb. Darauf folgt die Gestaltung der einzelnen Funktionsbereiche selbst. Das betrifft die die Gestaltung von Bereichen für PKW's, Taxen, Busse, Querungsanlagen sowie die Anbindung an die Zu- und Abfahrtswege.

Betrachtet man das Verhalten der einzelnen Nutzergruppen getrennt nach Abflug und Ankunft, ist dies im Abflugbereich auf Be- und Endladevorgänge sowie Kurzparken ausgerichtet, wohingegen das Verhalten im Ankunftsbereich überwiegend der Suche nach einem Kurzzeitparkplatz entspricht.

Bei der Wahl der flächenmäßigen Aufteilung von Funktionsbereichen ist generell zu unterscheiden zwischen der Lage im Querschnitt des Vorfahrtbereichs und der Lage längs des Vorfahrtbereichs. Die örtlichen Gegebenheiten sind hier entscheidend und limitieren die Gestaltungsmöglichkeiten.

Bei der Aufteilung der Funktionen über den Querschnitt ist die Ausnutzung der Breite eines Vorfahrtbereichs bestimmend und limitierend. Eine Aufteilung erfolgt hier durch eine streifenförmige Anordnung der Fahrspuren mit dazwischen liegenden Bereichen für die fußläufigen Passagiere. Es stehen folgende Elemente für die Anordnung der Streifen zur Verfügung:

- Fahrspuren für PKW's und Busse;
- Taxispuren;
- ggf. Spuren für Rettungsfahrzeuge und Lieferantenverkehre;
- Haltestreifen (evtl. mit Kurzparkmöglichkeiten);
- Fußgängerbereiche und -wege, Querungsanlagen;
- Taxinachrückplätze;
- Busparkplätze.

Sollten Aufenthaltsflächen zur Fahrgastaufnahme durch Taxen oder Busse vorgesehen oder notwendig sein, so sind die Gehwege an diesen Stellen entsprechend großzügiger anzulegen, ggf. durch bereichsweise Unterbrechung von Haltestreifen. Neben den Fahrspuren sind in ausreichender Anzahl Stellplätze zur Verfügung zu stellen, um den Passagieren das Ein- und Aussteigen zu ermöglichen sowie die Ladevorgänge abzuwickeln. Die Anordnung der Stellplätze kann entweder in Längsaufstellung, Schrägaufstellung, oder in Form von Sägezahnbuchten erfolgen. Bereiche für den Halt bzw. das Parken von Fahrzeugen können sich sowohl rechts und links der Fahrspuren als auch nur rechts der Fahrspuren befinden. Bei einer beidseitigen Anordnung ist allerdings mit einer größeren Belastung der aktiven Fahrspur durch rangierende Fahrzeuge zu rechnen.

Weitere Funktionsbereiche, die im Querschnitt eines Vorfahrtbereichs einzuordnen sind, sind Busparkplätze bzw. -bahnhöfe sowie Taxinachrückplätze. Die Anordnungen müssen so erfolgen, dass diese Flächen an diejenigen Fahrspuren angeschlossen sind, die von Taxen bzw. Bussen genutzt, bzw. für diese reserviert sind. Die Aufteilung der Funktionen längs des Vorfahrtbereichs sind sinnvoll aufeinander abzustimmen. Hierbei ist der Vorfahrtbereich von der terminalinternen Aufteilung der Funktionen abhängig. Somit muss die Gestaltung des Vorfahrtbereichs auf die Anordnung von Flugsteigen, Check-in Schaltern und der Ein- und Ausgänge ausgerichtet werden. Die Ein- und Ausgänge der Terminals müssen mit Gepäckwagen, Informationstafeln, Entsorgungsmöglichkeiten, ggf. Aschenbechern etc. ausgestattet sein. Vor den Ein- und Ausgängen befinden sich Querungsanlagen für den fußläufigen Passagierverkehr. In der Mitte des Vorfahrtbereichs des Terminals sollten sich die Haltestellen für die ÖPNV- Busse befinden, um den Passagieren kurze Wege zu ermöglichen. Auch Crew- und Hotelbusbereiche sollten sich im zentralen Vorfahrtbereich befinden. Das gilt auch für die Fahrgastaufnahme durch Taxen. Taxen sollten auch die Möglichkeit haben, Passagiere vor allen Eingängen abzusetzen. Um eine zu starke Belastung des Vorfahrtzentrums zu vermeiden, müssen die einzelnen Nutzergruppen auf verschiedene Fahrspuren im Vorfahrtbereich verteilt werden.

Die Stellplätze zum Halten und Parken im Vorfahrtsbereich sollten in den angesprochenen verschiedenen Anordnungen erfolgen. Zu diesen Anordnungsmöglichkeiten zählen die Längsaufstellung, Schrägaufstellung in verschiedenen Winkeln sowie die Aufstellung in Form von Sägezahnhaltebuchten. Von einer Senkrechtstellung und allzu großen Winkeln bei der Schrägstellung zur Fahrspur sollte im Vorfahrtbereich abgesehen werden, da sich der das Einfahren und Ausfahren negativ auf den Verkehrsfluss in den anliegenden Fahrspuren auswirkt, und es hierdurch zu Behinderungen kommen kann. Den größten Platzbedarf erfordern die Sägezahnhaltebuchten. Dafür ist das Rangieren bei dieser Anordnung besonders einfach, da normalerweise vorwärts ein- und wieder ausgefahren werden kann. Die Bemessung der Haltebuchten bzw. die Wahl des Bemessungsfahrzeuges für Haltebuchten ist schwierig. Wählt man als Bemessungsfahrzeug eine Oberklassenlimousine mit entsprechend großen Abmaßen, so wird es häufig der Fall sein, dass mehrere kleinere Fahrzeuge eine Haltebucht gleichzeitig nutzen können. Dadurch wird der Vorteil des einfachen Rangierens zunichte gemacht. Insgesamt erscheinen Haltebuchten aufgrund des hohen Platzbedarfs und der Bemessungs- und somit Nutzungsschwierigkeiten im Betrieb nur bedingt geeignet.

Anders stellt sich die Lage bei Bussen dar, da hier der Vorteil des einfachen Rangierens eine höhere Bedeutung hat. Ferner ist der Nachteil durch mehrere parkende Fahrzeuge hier nicht gegeben. Hinzu kommt, dass der Platzbedarf hinsichtlich der Längenentwicklung für Busstellplätze bei einer Längsaufstellung größer ist als bei einer Anordnung nach dem Sägezahnprinzip. Die Begründung liegt darin, dass bei der Längsaufstellung hohe Zuschläge auf die Länge eines Stellplatzes erforderlich sind, damit die Busse unabhängig voneinander ein- und ausfahren können. Für die Stellplätze des Individualverkehrs mit PKW's bleibt daher nur noch die Entscheidung für Längsparkplätze oder eine Anordnung in Schrägaufstellung. Die Vorteile der Längsparkplätze liegen im einfacheren rangieren sowie in dem geringeren Platzbedarf bzgl. der Breite eines Vorfahrtbereiches, wohingegen der Nachteil in der übermäßigen Längenentwicklung zu sehen ist. Die Schrägaufstellung bietet hinsichtlich der zur Verfügung stehenden Länge eine effektivere Ausnutzung des Platzangebotes mit einer größeren Anzahl an Parkplätzen für die in Anspruch genommene Fläche. Nachteilig wirkt sich der größere Rangieraufwand durch die Erfordernis des rückwärtigen Ausfahrens aus. Dieser Nachteil könnte allerdings durch eine weitere Fahrspur ausgeglichen werden, indem eine Fahrspur zum Einfahren dient, und der Parkplatz in Fahrtrichtung über eine weitere Fahrspur wieder verlassen wenden kann.

Sind die Terminalein- und -ausgänge gleichmäßig über die gesamte Länge des Terminals verteilt, so ist die Belastung des Vorfahrtbereichs nicht auf bestimmte Bereiche konzentriert, und somit ist eine gleichmäßigere Belastung durch fließenden und ruhenden Verkehr gegeben. Darüber hinaus ist auch die Nutzung der Ein- und -Ausgänge des Terminals entsprechend gleichmäßig belastet.

Bau allen denkbaren Konzepten hat die Sicherheit der fußläufigen Passagiere im Vorfahrtbereich in jedem Fall Priorität. Dazu sind über die Vorfahrtlänge verteilt Querungsanlagen für die Passagiere erforderlich. Mit besonders starken Passagierströmen ist in den Bereichen zu rechnen, in denen Fußwege zwischen Terminal und Busparkplätzen,

Taxiständen und Parkierungseinrichtungen ausgewiesen sind. Prinzipiell ist darauf zu achten, dass der Passagierverkehr nach Möglichkeit vom Vorfahrtbereich ferngehalten wird. So sind Parkierungseinrichtungen, Bahnhöfe, etc. durch Brücken oder Tunnel an das Terminal anzuschließen, wodurch die Belastung des Vorfahrtsbereichs durch Passagiere verringert wird. Querungsanlagen sollten jeweils vor den Terminalein- und -ausgängen angeordnet sein. Unter Sicherheitsaspekten ist eine Zwangsführung der Passagiere zu empfehlen. Dies wird durch die Installation von Geländern oder sonstigen Barrieren vom Passagierbereich zum Fahrspurenbereich sichergestellt. Im Bereich der Querungsanlagen befinden sich die Durchlässe der Barrieren, wodurch weitgehend gewährleistet ist, dass Passagiere ausschließlich die Querungsanlagen nutzen und nicht ungeordnet über den gesamten Vorfahrtbereich die Fahrspuren überqueren. Prinzipiell erfolgt somit eine Führung der Passagiere in Querrichtung über die Querungsanlagen und in Längsrichtung über die Gehwege entlang des Terminals sowie in den Bereichen zwischen den Fahrspuren. Als Überquerungshilfen eignen sich Aufpflasterungen in den Fahrspuren. Zusätzlich sollten auch die Haltestreifen aufgepflastert und mit einem Hochbord abgeschlossen werden, damit parkende Fahrzeuge die Fußgängerquerungsanlagen nicht blockieren.

Letztendlich sind auch sicherheitsrelevante Anlagen im Vorfahrtbereich anzulegen und vorzuhalten. Dies betrifft Rettungswege und Aufstellflächen für Rettungsfahrzeuge und Feuerwehrfahrzeuge. Rettungskräften muss eine permanente Zufahrtsmöglichkeit in den Vorfahrtbereich gegeben sein. Dazu ist die Nutzung der Fahrspuren für Berechtigte, in Verbindung mit der Nutzung der Zufahrt für den berechtigten Verkehr, ab dem Übergang vom öffentlichen Straßennetz der Region vorgesehen. Die zufahrtsbeschränkten Fahrspuren befinden sich normalerweise direkt vor dem Terminal, was für nötige Rettungsmaßnahmen von Vorteil ist. Sind in einem Vorfahrtbereich keine reservierten Fahrspuren eingerichtet, oder ist dies nur teilweise der Fall, so könnten die Einsatzfahrzeuge der Rettungskräfte in Folge von überlasteten Fahrspuren oder Zufahrten den Vorfahrtbereich nicht ungehindert erreichen. Dieser Fall ist daher durch entsprechende Planungen und Maßnahmen auszuschließen.

Dimensionierung der Vorfahrtbereiche Für die Dimensionierung von Terminalvorfahrtbereichen gibt es in der Literatur verschiedene generelle Empfehlungen [112, 146]. In überschlägigen Verfahren wird die erforderliche Länge eines Vorfahrtbereichs, getrennt nach Verkehrsmitteln sowie Abflug und Ankunft, in Abhängigkeit von verschiedenen flughafenspezifischen Annahmen ermittelt. Die relevanten Parameter ergeben sich aus der Anzahl der Passagiere der entsprechenden Spitzenstunde, welche mit Hilfe des Modal-Splits auf die einzelnen bodengebundenen Verkehrsträger verteilt sind. Die Ausprägungen der Parameter ergeben sich auf der Grundlage von komplexen Prognosemodellen. Über die mittlere Personenzahl pro Fahrzeug sowie die mittlere Verweildauer der verschiedenen Fahrzeuge im Vorfahrtbereich, wird die maximale Anzahl an Fahrzeugen ermittelt, die sich gleichzeitig in der Spitzenstunde im Vorfahrtbereich aufhalten kann. Durch die Länge der einzelnen Fahrzeuge zuzüglich eines notwendigen Rangierabstandes ergibt sich die erforderliche Vorfahrtspurlänge. Zusätzlich wird eine Überlastsicherheit 10 % berücksichtigt. Für die Auslastung und Verweildauer pro Fahrzeug werden Annahmen getroffen.

Die Annahmen können von Flugplatz zu Flugplatz variieren. Unter der Voraussetzung, dass der Vorfahrtbereich lediglich zum Ein- und Aussteigen und für Ladevorgänge genutzt wird, ist die Annahme einer Verweildauer von ca. 2 min realistisch. In vielen Fällen ist jedoch mit wesentlich längeren Verweildauern zu rechnen, die sich im Bereich der zulässigen Parkhöchstdauer im Vorfahrtbereich bewegen dürfte. Lediglich Taxen werden generell Verweildauern von unter 2 min einhalten. Weiterhin wird die Dimensionierung der Abflug- und der Ankunftsvorfahrtsbereiche weitestgehend gleich behandelt, obwohl sich das Verhalten der Nutzer in beiden Bereichen stark unterscheidet. Abflugseitig wird das Nutzerverhalten durch Be- und Entladevorgänge beschrieben, ankunftsseitig steht der Wunsch nach einem (Kurzzeit)Parkplatz im Vordergrund. Parken belastet die Vorfahrtspuren normalerweise nicht, da die Zufahrt zu den Parkeinrichtungen nicht über den Vorfahrtbereich erfolgen sollte. Weiterhin wird vorausgesetzt, dass für Busse ein separater Bereich zur Verfügung steht, der nicht in die Ermittlung eingeht. Es werden keine Empfehlungen zur Dimensionierung des Busbereichs gegeben.

Damit ergibt sich die erforderliche Gesamtlänge des Vorfahrtbereichs aus der Summe der Vorfahrtlängen der Bereiche Ankunft und Abflug für PKW's und Taxen. Das Verfahren lässt eine grobe Abschätzung der theoretisch erforderlichen Länge eines Terminalvorfahrtbereichs zu. Flughafenspezifische Rahmenbedingungen werden allerdings nicht berücksichtigt. Darüber hinaus macht das Verfahren keine Angaben darüber, wie die Fahrspuren im Vorfahrtbereich angeordnet sein sollten. Es wird nur eine Mindestlänge der Fahrspuren für verschiedene Verkehrsmittel ermittelt (Formel 22.1 und 22.2), die Minimalanforderungen an einen Vorfahrtbereich darstellen.

Die Gesamtvorfahrtlänge im **Abflugbereich** ermittelt sich wie folgt [146]:

$$\mathbf{L_{Abflug} = L_{PKW} + L_{Taxi} = \left[\frac{a \times p_{PKW} \times I \times t_{PKW}}{60 \times n_{PKW}} + \frac{a \times p_{Taxi} \times I \times t_{Taxi}}{60 \times n_{Taxi}} \right] + 10\,\%} \qquad (22.1)$$

mit:

L_{Abflug}:	Gesamtvorfahrtlänge im Abflugbereich	[m]
L_{PKW}:	Vorfahrtlänge im Abflugbereich für PKW's	[m]
L_{Taxi}:	Vorfahrtlänge im Abflugbereich für Taxi's	[m]
a:	Anzahl der Passagiere in der jeweiligen Spitzenstunde	[Pax/h]
p_{PKW}:	Anzahl der Anteil der Passagiere pro Verkehrsträger (Modal-Split)	[%]
I:	durchschnittliche Belegungslänge eines Fahrzeugs (PKW-Länge 4,7 m + Rangierabstand 0,8 × 2,3 m = 6.54 m)	[m/Fahrz.]
t_{PKW}:	durchschnittliche Verweildauer	[min/Fahrz.]
n_{PKW}:	durchschnittliche Fluggäste pro PKW	[Pax/Fahrz.]

Die Gesamtvorfahrtlänge im **Ankunftsbereich** ermittelt sich wie folgt [146]:

$$\mathbf{L_{Ankunft} = L_{PKW} + L_{Taxi} = \left[\frac{d \times p_{PKW} \times I \times t_{PKW}}{60 \times n_{PKW}} + \frac{d \times p_{Taxi} \times I \times t_{Taxi}}{60 \times n_{Taxi}} \right] + 10\,\%} \qquad (22.2)$$

mit:

$L_{Ankunft}$:	Gesamtvorfahrtlänge im Abflugbereich	[m]
L_{PKW}:	Vorfahrtlänge im Abflugbereich für PKW's	[m]
L_{Taxi}:	Vorfahrtlänge im Abflugbereich für Taxi's	[m]
d:	Anzahl der Passagiere in der jeweiligen Spitzenstunde	[Pax/h]
p_{PKW}:	Anzahl der Anteil der Passagiere pro Verkehrsträger (Modal-Split)	[%]
I:	durchschnittliche Belegungslänge eines Fahrzeugs (PKW-Länge 4,7 m + Rangierabstand 0,8 × 2,3 m = 6.54 m)	[m/Fahrz.]
t_{PKW}:	durchschnittliche Verweildauer	[min/Fahrz.]
n_{PKW}:	durchschnittliche Anzahl der Fluggäste pro PKW	[Pax/Fahrz.]

22.16.13.6 Vorfahrbereiche von Luftfrachtterminalanlagen

Die Gestaltung und Bemessung der Landseite (Vorfahrtseite) von Luftfrachtterminals wird im wesentlichen durch die Menge der umzuschlagenden Luftfracht und durch die Art der eingesetzten bodengebundenen Verkehrsmittel bestimmt. Das Frachtvolumen ist auch bestimmend für die erforderliche Anzahl der Ladepositionen und damit auch für die Länge der Vorfahrtseite des Terminals. Die Art der Zubringerfahrzeuge ist bestimmend für die erforderliche Tiefe der Bewegungs- und Standflächen und für die Gestaltung der Ladepositionen.

Es zeigt sich, dass mit steigendem Frachtumschlag von den Spediteuren und Luftfrachtversendern in zunehmendem Maße Sattelzüge eingesetzt werden, die bereits in Containern und auf Paletten verpackte Waren/Sendungen anliefern.

Die erforderliche Länge der Vorfahrtseite von Luftfrachtterminals wird im wesentlichen durch die Zahl der Ladepositionen bestimmt, die benötigt werden, um auch in Spitzenzeiten des Frachtumschlages eine zügige An- und Auslieferung der Luftfracht ohne größere Wartezeiten zu ermöglichen. Auch die Prüfung der Frachtdokumente ist zeitlich zu berücksichtigen. Die Länge der Vorfahrt ergibt sich letztendlich aus der Zahl und Breite der Ladepositionen, wobei als Durchschnittswert für Kopframpen eine Breite von 4—5 m angenommen werden kann. Bei Gebäuden mit getrennten Bereichen für Export und Import und damit getrennten Ladepositionen für die abgehende und die ankommende Fracht ist die Berechnung getrennt für beide Bereiche durchzuführen. Grundsätzlich kann die Laderampe in drei Arten ausgeführt werden:

1. Als Seitenrampe, bei der die Fahrzeuge parallel zur Gebäudefront aufgestellt werden. Diese Anordnung ermöglicht eine einseitige Längsentladung/-beladung der Fahrzeuge;
2. Als Kopframpe, bei der die Fahrzeuge senkrecht zur Gebäudefront aufgestellt werden. Diese Anordnung ermöglicht lediglich eine Heckentladung/-beladung der Fahrzeuge;
3. Als Sägezahnrampe, bei der die Rampenkante schräg zur Gebäudefront verläuft. Sie ermöglicht eine Heckentladung/-beladung der Fahrzeuge. Je nach Größe des Winkels

zwischen Rampenkante und Gebäudefront. Ist eine teilweise (bei 45 Grad) oder eine vollständige Längsbeladung (bei ca. 20 Grad) von einer Seite aus möglich.

Darüber hinaus sind kombinierte Seiten- und Kopframpen in Form von Dockrampen vorzufinden, bei denen die Laderampe in U-Form bis zum Fahrerhaus der Fahrzeuge vorgezogen ist. Sie ermöglichen eine Beladung der Fahrzeuge vom Heck und von beiden Längsseiten aus. Die Aufstellung der Fahrzeuge kann senkrecht oder unter einem Winkel von 45 Grad zur Gebäudefront erfolgen.

Bei Seitenrampen und bei flachen Sägezahnrampen muss die Gebäudelänge pro Ladeposition größer sein als die Länge des größten Zubringerfahrzeuges. Beide Rampenarten führen daher, um die für Luftfrachtterminals erforderliche Zahl von Ladepositionen unterzubringen, zu Forderungen hinsichtlich der Vorfahrtlänge, die kaum zu erfüllen sind. Dockrampen erfordern sehr große Rampenbreiten. Die dadurch entstehenden höheren Baukosten werden im allgemeinen durch die Vorteile, die sich durch die Möglichkeiten einer Längsbeladung der Fahrzeuge ergeben, nicht aufgewogen. Normalerweise findet daher für Ladepositionen von Luftfrachtterminals die Form der Kopframpe Anwendung. Sie erfordert mit ca. 4–5 m Rampenlänge pro Ladeposition die geringste Gebäudelänge. Die genaue Lage der Ladepositionen wird zweckmäßigerweise durch Fahrbahnmarkierungen eindeutig festgelegt. Für zusätzliche Ladepositionen für Spezialfahrzeuge kann bei Bedarf eine andere Rampenform vorgesehen werden. Die Breite der Laderampe sollte bei Gabelstaplerbetrieb auf der Rampe mindestens 3,5 m betragen. Bei Heckbeladung der Fahrzeuge mit Stetigförderern wie Gurt- oder Rollenförderern sind geringere Rampenbreiten erforderlich. Die Laderampe sollte nach Möglichkeit zum Schutz der Ladegüter und des Personals gegen Wettereinflüsse überdacht sein. Nicht überdachte Rampen sind mit einem Quergefälle von 1:30 bis 1:60 nach außen zum Ablauf des Regenwassers zu versehen. Die Festlegung der Rampenhöhe sollte nach den am häufigsten abzufertigenden Fahrzeugen erfolgen. Die erforderliche Zahl der Parkstände und damit die Größe der Parkplätze wird wesentlich von den örtlichen Verhältnissen bestimmt. Eine allgemein gültige Aussage ist daher nicht möglich. Auch für Personenkraftwagen wird im Allgemeinen die Senkrechtaufstellung wegen der besseren Raumausnutzung vorzuziehen sein.

Die Tiefe der Vorfahrt von Luftfrachtgebäuden sollte großzügig bemessen werden, um Verzögerungen im Verkehrsfluss zu vermeiden. Sie ist nach dem größten Fahrzeug, das als Zubringerfahrzeug das Terminal bedient, festzulegen. Unabhängig von der Größe der Fahrzeuge sind für die Tiefe der Vorfahrt jedoch mindestens 30 m vorzuhalten. Die Stand- und Bewegungsflächen vor der Laderampe sollten eine Tiefe von mindestens 22,5 m aufweisen, die Breite der daran anschließenden Vorfahrtstraße sollte mindestens 7,5 m betragen. Leitlinien auf den Fahrbahnen sollten die Abgrenzung der einzelnen Flächen und die eindeutig geregelte Verkehrsführung kennzeichnen.

Im Vorfahrtbereich sind auch Parkstände für Lastkraftwagen vorzusehen, die auf eine freie Ladeposition warten oder deren Fahrer mit der Erledigung von Abfertigungsformalitäten beschäftigt sind. Weitere Parkstände sind für Personenkraftwagen von Kunden, Angestellten und Besuchern vorzuhalten.

22.16.13.7 Anlagen des ruhenden Verkehrs

Bei Anlagen des ruhenden Verkehrs handelt es sich um Parkflächen an Flugplätzen in Form von Parkplätzen und Parkhäusern. Diese Flächen sind ausgerichtet auf die Parkbedürfnisse der verschiedenen Nutzergruppen und werden entsprechend bewirtschaftet. Als Kriterien zur Anlage dieser Parkflächen sind zu nennen:

- Die örtliche Zuordnung der Parkflächen zu den Flugplatzeinrichtungen sollte nach verschiedenen Nutzergruppen u./o. der Dauer der jeweiligen Inanspruchnahme erfolgen. Auch die Bewirtschaftung der Flächen richtet sich nach der Dauer und Ort der Inanspruchnahme;
- Die Unterbringung privater PKW ist in mehrgeschossigen Anlagen (Parkhäuser) möglich;
- Für Omnibus-, Taxen- und Mietwagenverkehre sind umfangreiche Stellplatz- und Betriebsanlagen erforderlich.

Zur Orientierung der Nutzer sind dynamischen Parkleitsysteme einzusetzen, die über das tageszeitlich schwankende Parkraumangebot des ruhenden Verkehrs informieren. Ziel der dynamischen Parkleitsysteme im Vorfahrtbereich ist es, Fahrzeuge frühzeitig zu geeigneten Parkflächen zu leiten, ohne dass diese den Vorfahrtsbereich befahren. Weiterhin müssen Fahrzeuge, die auf der Vorfahrt entladen wurden und anschließend geparkt werden sollen, durch ein Parkleitsystem auf kurzem Wege zu Parkierungseinrichtungen geleitet werden.

22.16.13.8 Anlage von Parkflächen und Parkhäusern für Personenkraftwagen

Die vorzuhaltenden Kapazitäten für Langzeitparker und Kurzzeitparker lassen sich nur durch Prognosen oder empirische Untersuchungen (Befragungen etc.) ermitteln. Auch der Zweck des Flugplatzes selbst (Hub- oder Spokeflugplatz) und die Art der Verkehre (Fluglinien-/Charterverkehre) sind bestimmend für das Parkverhalten und die benötigte Parkplatzkapazität.

In der Regel wird die Belegung und Benutzung von großen Parkierungsanlagen (Parkhäusern) durch Kontrolleinrichtungen gesteuert. Diese beschränken die Nutzung der Anlage entweder auf eine bestimmte Nutzergruppe (z. B. Mieter, Berechtigte) oder ermöglichen durch die Ausgabe eines Parktickets bei der Einfahrt die Erhebung einer Parkgebühr, indem die Entrichtung der Gebühr bei der Ausfahrt kontrolliert wird. An den Schnittstellen von Vorfahrten und Parkhäusern befinden sich meist Einfahrtkontrollen. Diese unterbrechen den freien Verkehrsfluss. Es muss sichergestellt sein, dass hierdurch kein Rückstau in das öffentliche Straßennetz der Region, oder in die Verkehrsflächen des Vorfahrtbereichs entsteht. Bei der Planung ist deshalb über eine Abschätzung der Leistungsfähigkeit der vorgesehenen Kontrollanlage nachzuweisen, dass der zur Verfügung stehende Rückstauraum zwischen den Verkehrsflächen des Vorfahrtbereichs und der Kontrolleinrichtungen ausreichend ist.. Die Leistungsfähigkeit

von Parkhauseinfahrten wird in der Literatur mit 350–450 Fahrzeugen/h pro Fahrspur in Abhängigkeit des gewählten Kontrollsystems angegeben. Bei hohen Verkehrsbelastungen oder beengten Verhältnissen kann die Leistungsfähigkeit der Kontrolleinrichtung durch mehrere Abfertigungsanlagen bzw. mehreren Fahrspuren nebeneinander erhöht werden.

Für die Parkflächen selbst sind je nach vorbestimmter Nutzergruppe die Kenngrößen der Bemessungsfahrzeuge (Fahrzeugart, Länge, Überlänge, Breite und Höhe) festzulegen. Parkplätze für Omnibusse sollten so angelegt werden, dass sie vorwärts angefahren und auch wieder vorwärts verlassen werden können. Darüber hinaus wird ein Aufstellwinkel von 45° empfohlen, wobei die Einfahrt im Linksbogen und die Ausfahrt im Rechtsbogen erfolgen soll.

22.16.13.9 Anlage von Busparkflächen und Busbahnhöfen

Unter Busbahnhöfen kann man „eine Zusammenfassung von Haltestellen mehrerer zu verknüpfender Buslinien auf einer Fläche außerhalb des öffentlichen Verkehrsraumes verstehen. Dient der Busbahnhof gleichzeitig als Umsteigestation zu einem anderen Verkehrsträger, ist er „intermodaler Verknüpfungspunkt." An einem Flugplatz stellt ein Busbahnhof daher einen intermodalen Verknüpfungspunkt dar. Das Umsteigen von Bus zu Bus hat hier keine, oder nur eine untergeordnete Bedeutung.

Die Funktion des Busbahnhofs als intermodaler Verknüpfungspunkt zwischen verschiedenen Verkehrsträgern erfordert nicht nur eine ausreichende Anzahl an Haltestellen, die von Bussen fahrplanabhängig angefahren werden, sondern auch die Einrichtung von ausreichenden Warteplätzen (Busparkflächen), die die Busse für die Wartezeit bis zur Ankunft der Passagiere und Besucher des Flugplatzes benutzen können. Die Bemessung der Anzahl der erforderlichen Haltestellen oder Parkstände ist von Flugplatz zu Flugplatz so unterschiedlich, dass keine Aussagen zur Anzahl der Stellplätze getroffen werden kann.

Bei der Planung von Busbahnhöfen, die auch von nicht standardisierten Bussen (z. B. Reisebussen, Gelenkbussen, Doppeldeckbussen, etc.) angefahren werden, sind bei der Grundrissgestaltung der Standplätze die jeweiligen Höchstmaße zugrunde zu legen. Dies ist an Flugplätzen meist der Fall. Die Querschnittsgestaltung der Fahrspuren muss ausreichend groß sein, damit ein störungsfreier Betrieb gewährleistet ist. Insbesondere die Zufahrten sind auf die Platzbedürfnisse der Busse auszurichten. Die einzelnen Fahrbewegungen sind mit den Schleppkurven der eingesetzten Fahrzeuge zu überprüfen und ggf. modellhaft zu simulieren. Die Abmessungen von Haltestreifen an Bussteigen sind so zu gestalten, dass ein bequemes und sicheres Ein- und Aussteigen der Passagiere bzw. das Be- und Entladen von Gepäck möglich ist. Die Gesamtlänge eines Haltestreifens oder Bussteiges setzt sich zusammen aus der Anzahl der Halteplätze, der Länge der eingesetzten Fahrzeuge, den Sicherheitsabständen sowie Zuschlägen für unabhängiges Ein- und Ausfahren. Durch die erforderlichen Zuschläge wird die Länge eines Bussteiges unverhältnismäßig groß. Daher werden Bussteige häufig sägezahnförmig angeordnet, wodurch sich dadurch die erforderliche Gesamtlänge der Bussteige deutlich reduziert.

22.16.13.10 Flugplatzbahnhöfe

Die ständig steigenden Anforderungen an die Verkehrsträger bedingen auch eine Vernetzung der Verkehrsträger untereinander. Bei der Ortsveränderung von Personen und Gütern werden im Regelfall mehr als nur ein Verkehrsträger in Anspruch genommen. Die Nutzung verschiedener Verkehrsträger zur Durchführung eines Transportprozesses ist mit dem Begriff Intermodalität belegt (*Intermodale Verkehre*).

In der Literatur findet man auch folgende Definition: „Intermodalität ist die nachfragegerechte Kooperation verschiedener Teilverkehrssysteme (Verkehrsträger, Verkehrsmittel, Verkehrsunternehmen), wobei den Schnitt- und Übergabestellen (Umsteigepunkten/Umladepunkten) besondere Bedeutung zukommt."

Das bedeutet in der Praxis, die Schnittstellen zwischen den Verkehrsträgern, die Verkehrsstationen, sind intermodal auszulegen, um den effizienten Übergang zwischen den verschiedenen Verkehrsträgern im Rahmen eines Transportprozesses zu gewährleisten.

Ein Beispiel für die Vernetzung zwischen den Verkehrsträgern Luftverkehr und schienengebundenem Verkehr stellen Flugplatzbahnhöfe da.

Abbildung 22.105 zeigt das überbaute AIRail-Terminal des Fernbahnhofs Frankfurt/M-Flughafen vor dem Passagierterminal 1 des Verkehrsflughafen Frankfurt/M. Abbildung 22.106 zeigt einen Bahnsteig des AIRail-Terminal des Fernbahnhofs Frankfurt/M-Flughafen vor dem Passagierterminal 1 des Verkehrsflughafen Frankfurt/M.

Es genügt allerdings nicht, nur die bauliche Infrastruktur einer intermodalen Schnittstelle zu schaffen, sondern auch die Dienstleistungskette des Transportprozesses darf nicht unterbrochen werden. Das bedeutet ein hohes Maß an Abstimmung zwischen

Abb. 22.105 AIRail-Terminal (Fernbahnhof) Verkehrsflughafen Frankfurt/M [102]

Abb. 22.106 AIRail-Terminal (Fernbahnhof, Bahnsteig) Verkehrsflughafen Frankfurt/M [102]

den Verkehrsträgern und eine bereitzuhaltende transportspezifische Infrastruktur, die auf Verkehrsspitzen ausgelegt sein muss (d. h. die Ankunft eines Zuges in einem Flugplatzbahnhof bedeutet, dass alle Reisenden zur gleichen Zeit ankommen).

Die Schnittstelle eines intermodalen Schienenverkehrs-/Luftverkehrssystems muss folgenden Anforderungen genügen:

- Buchung der Reise, Reservierungen der Plätze in den Verkehrsmitteln unterschiedlicher Verkehrsträger, Reisedokumente aus einer Hand;
- Abstimmung von Bahn-Fahrplänen und Flugplänen;
- Reisebegleitender Gepäcktransport/Gepäcktransfer zwischen den Verkehrsmitteln;
- Check-in/Zollkontrolle möglichst am Bahnhof (falls bautechnisch zu realisieren);
- Vertretbar lange Wege beim Wechsel des Verkehrsmittels;
- Vertretbar lange zeitliche Unterbrechung der Reise beim Wechsel des Verkehrsmittels;
- Verständliches und übersichtliches Informationssystem (Bahnhof/Flugplatz);
- Reisebegleitendes Informationssystem
  (zur sofortigen Information bei kurzfristigen Änderungen im Reiseverlauf);
- Reisebegleitende Serviceeinrichtungen.

Sollen die Möglichkeiten eines effizienten integrierten Gesamtverkehrssystems ausgeschöpft und zugleich möglichst weitgehend der Kurzstreckenfluglinienverkehr auf die Schiene

verlagert werden, so ist aus gesamtplanerischer Sicht besonderes Augenmerk auf diejenigen Vorhaben zur richten, die eine Vernetzung der Verkehrsträger Schiene und Luft verbessern. Das sind insbesondere die Anbindung und der Ausbau von Bahnhöfen an Flugplätzen im Zusammenhang mit dem Ausbau des Fernbahn- und Hochgeschwindigkeitsnetzes der Bahn sowie dem Ausbau der U- bzw. S-Bahnanschlüsse an Flugplätze.

Der Kurzstreckenflugverkehr ist derzeit eine wichtige Komponente der multizentralen Flugplatzstruktur. Er gewährleistet die guten Verbindungen aller Teile Deutschlands und Europas im Geschäftsreiseverkehr miteinander und zugleich die Anbindung an den internationalen Luftverkehr der Mittel- und Langstrecke. Nicht auf allen Verkehrsverbindungen kann er durch bodengebundene Verkehrsträger (Schienenverkehre) ersetzt werden.

Es ist anzumerken, dass erwünschte und machbare Verlagerungen von Luftverkehren auf die Schiene nicht zu einer Lösung der bestehenden und zu erwartenden Kapazitätsprobleme der deutschen Verkehrsflughäfen führen werden.

Entscheidend ist die Verkehrsmittelwahl des Reisenden, das wiederum von seiner Einschätzung der im Wettbewerb angebotenen alternativen Verkehrsmittel abhängt. Maßgeblich für den Reisenden ist zunächst, ob überhaupt erwägenswerte Alternativen angeboten werden. Selbst in Europa werden bei weitem nicht zu allen Flugverbindungen mit Gesamtreisezeiten von unter 4 Stunden wettbewerbsfähige Bahnverbindungen angeboten. Nicht die Entfernung zwischen zwei Punkten, sondern die Reisezeit, die Art und Qualität sowie der Preis und der Gesamtzweck der Reise sind für den Reisenden entscheidungsrelevant.

Handelt es sich um eine Reise zwischen zwei Orten, die gut und mit einer Gesamtreisezeit von unter vier Stunden durch die Bahn verbunden sind, so wählen Reisende bereits heute häufig die IC- oder ICE-Verbindungen. Die Bahn entwickelt darüber hinaus spezielle Produkte, die die Luftverkehrsnachfrage von Geschäftsreisenden auf die Schiene lenken sollen.

Bei einer Fernreise nimmt der Reisende die für ihn sehr entlastende durchgehende Abfertigung (Gepäck, Bordkarten) der Luftverkehrsgesellschaften über alle Teilstrecken des Fluges, auch für Teilkurzstrecken, in Anspruch. Erst wenn eine Zusammenarbeit mit der Deutschen Bahn die durchgehende Abfertigung mit gleichen Qualitätsstandards ermöglicht, werden auch Umsteigefluggäste für kurze Zubringerdienste auf die Schiene wechseln.

Für eine stärkere Nutzung der Schiene im Kurzstreckenverkehr sprechen ökonomische und ökologische Argumente. Eine möglichst weitgehende Integration der Verkehrsträger ist anzustreben. Nur bei integrativer Verknüpfung kann jeder Verkehrsträger im Wettbewerb seine jeweiligen Vorteile ausspielen. Abbildung 22.107 zeigt die Verkehrsanbindungen (ÖPNV) deutscher Verkehrsflughäfen (Stand 2012).

22.16.13.11 Schnittstelle Landseite/Passagierterminal

Bei der Anbindung der Passagierterminal an die Landseite eines Flugplatzes findet man prinzipiell die nachfolgenden Variationen, die sich je nach Größe und Komplexität des Flugplatzes bewährt haben. Zur Vermeidung gegenläufiger Verkehrsflüsse im Terminal, aber auch im Vorfahrtbereich der Landseite, bieten sich Zweiebenkonzepte an. Die bauliche Gestaltung ist vom Passagieraufkommen, dem Flugzeugmix sowie der

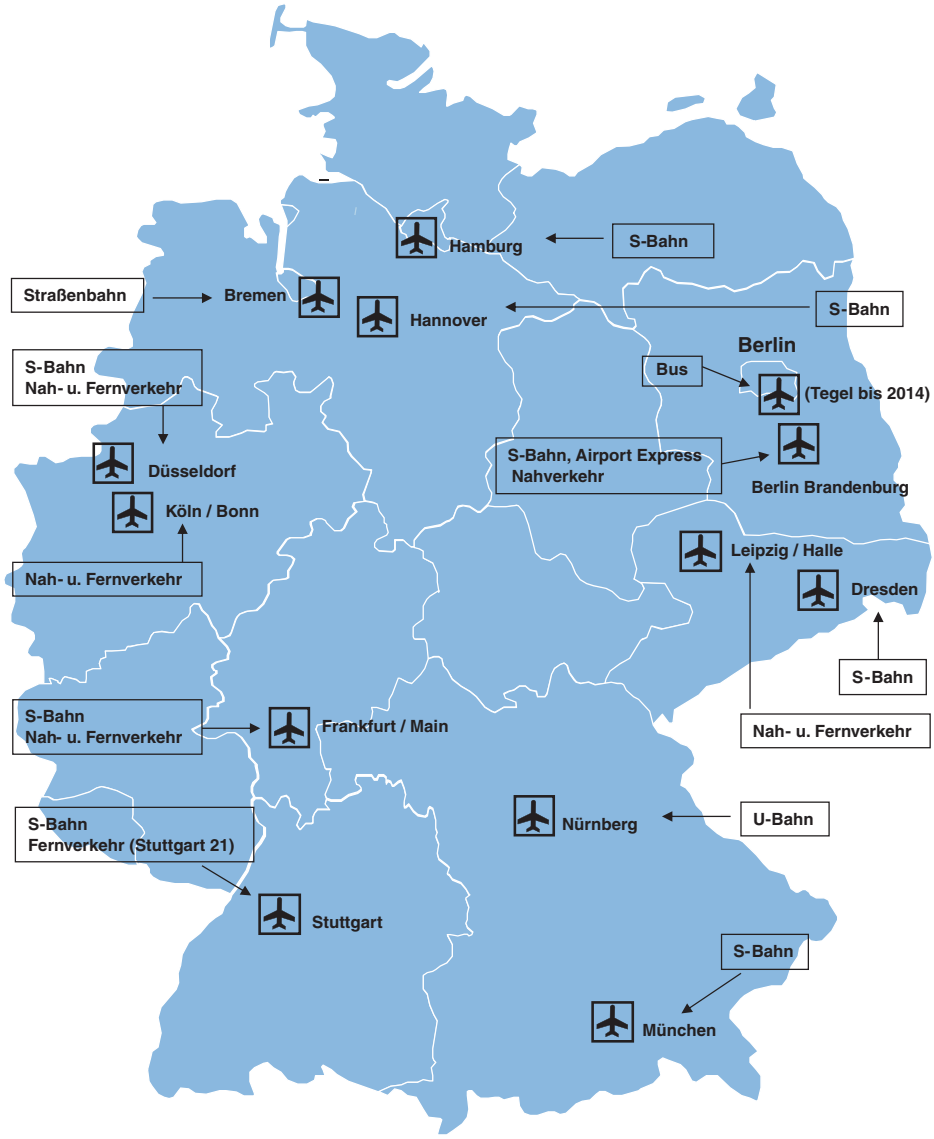


Abb. 22.107 Ausgewählte deutsche Verkehrsflughäfen mit Bahnanbindungen [167]

generellen Funktion des Flugplatzes (Hub oder Spoke) abhängig. Die gängigen baulichen Ausgestaltungen zeigt Abb. 22.108 mit:

Variante I: Abflug und Ankunft auf einer Ebene, einer Vorfahrtebene, einer Terminalebene,

Variante II: Abflug und Ankunft auf zwei Ebenen, einer Vorfahrtebene, zwei Terminalebene,

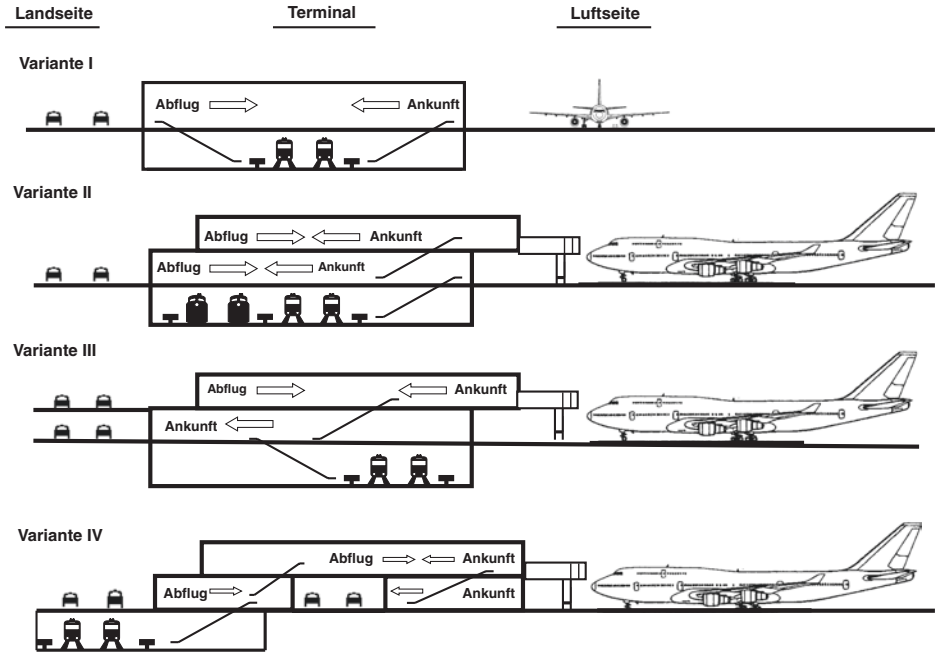


Abb. 22.108 Terminalvarianten, Schnittstelle: Landseite/Passagierterminalbereich mit Bahnanbindungen [112, 113]

Variante III: Abflug und Ankunft auf zwei Ebenen, zwei Vorfahrtebenen, zwei Terminalebene,

Variante IV: Abflug und Ankunft auf zwei Ebenen, einer Vorfahrtebene, Ankunft und Abflug getrennt, zwei Terminalebenen.

Moderne Passagierterminalkonzepte verfügen über S-/U-Bahn- u./o. Regional-/Fernbahnanbindungen im Terminalbereich.

Abbildung 22.109 zeigt das Passagierterminal des Verkehrsflughafens Berlin-Brandenburg mit der Anbindung an die Landseite (Straße/Schiene) und Luftseite (Vorfeld).

Ein Beispiel für einen Zweiebenen-Vorfahrtbereich mit Busbahnhof (Sägezahnparkstände) ist Abb. 22.110 zu entnehmen.

22.16.14 Elemente des Passagier-Terminalbereichs eines Flugplatzes

Grundsätzlich kann unterschieden werden zwischen Terminals zur Passagierabfertigung und Terminals zum Luftfrachtumschlag. Entsprechend der unterschiedlichen Nutzung erfolgt auch die Anlage und Auslegung der Terminals nach unterschiedlichen Kriterien.

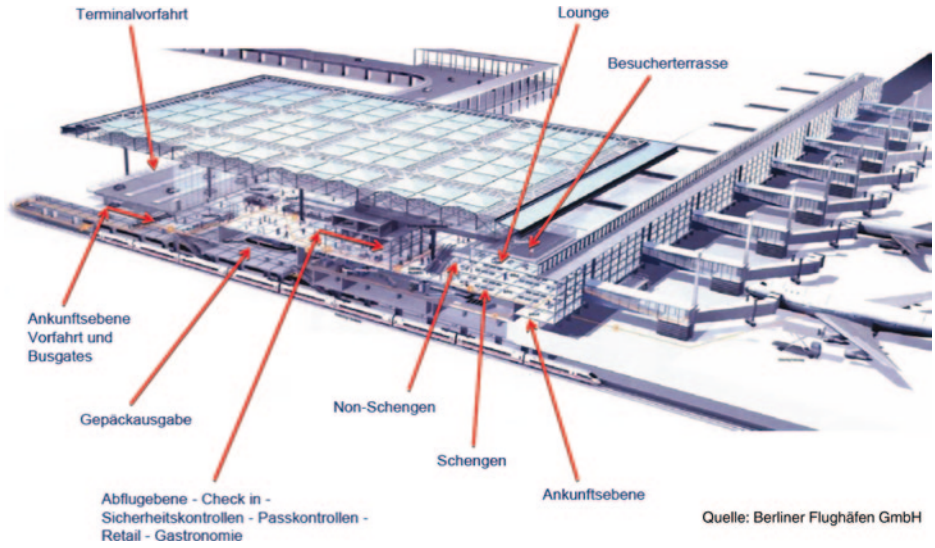


Abb. 22.109 Passagierterminal des Verkehrsflughafens Berlin-Brandenburg [24]

Abb. 22.110 Abflug/Ankunft auf zwei Ebenen (2 Vorfahrtebenen, 2 Terminalebenen) mit Busbahnhof am Terminal 1 des Verkehrsflughafen Frankfurt/M [167]

22.16.14.1 Passagierterminal-Konzepte

Terminalkonzepte in Reinkultur sind bei historisch gewachsenen Flugplätzen kaum anzutreffen. Man findet großenteils verschiedene Elemente, die in Rahmen der Ausbaumaßnahmen der Flugplätze entstanden sind und sich nach dem Zweck, den Erfordernissen und dem vor Ort Machbaren ausrichten.

Welches der nachfolgenden genannten Terminalgrundkonzepte von den Planern bei Neuanlagen von Flugplätzen gewählt wird, hängt von unterschiedlichen Faktoren ab. Dies betrifft einerseits die vorgesehene Nutzung des Flugplatzes, andererseits aber auch die bautechnischen und planungsrelevanten Gestaltungsmöglichkeiten vor Ort. Generell sind als Parameter zu nennen:

- Verfügbare Flächen (Breite und Tiefe),
- Lage im Umland,
- Möglichkeiten der Anbindung an die landseitigen Verkehrssysteme,
- Ausrichtung und Struktur des Start/Landebahnsystems,
- Lage zum Start-/Landebahnsystem,
- Art der Verkehrsstruktur (Flugzeugmix) und Anteil der Großraumflugzeuge,
- Quantitatives Verkehrsaufkommen,
- Art der Verkehre (Fluglinienverkehre, Charterverkehre, Low-Cost Verkehre).

Von Bedeutung ist weiterhin der Zweck und die Art und Nutzung des Flugplatzes, z. B.:

- Internationaler Hub (Mischung aus verschiedenen Terminalkonzepten aufgrund unterschiedlicher Abfertigungsanforderungen);
- Quell-/Zielflugplatz (z. B. einfaches Linearkonzept aufgrund des relativ geringen Verkehrsaufkommens);
- Saisonflugplatz (z. B. lineares Konzept oder Pierkonzept).

Terminal-Konzepte lassen sich in den Grundformen als Linearkonzepte, Pier- (Finger-) Konzepte oder Satellitenkonzepte unterscheiden. Es haben sich aber auch Kombinationen, mit entsprechender Positionierung der Flugzeuge, herausgebildet (vgl. Abb. 22.107, 22.108, 22.109, 22.110, 22.111).

Lineare Terminalkonzepte Bei linearen Terminalkonzepten werden an der luftseitigen Terminalfront die Flugzeuge angedockt, der Vorfahrtsbereich befindet sich direkt vor der landseitigen Terminalfront. Abfliegende und ankommende Passagiere haben bei diesem Konzept zwischen Luft- und Landseite normaler Weise nur kurze Wege zurückzulegen. Nachteilig wirken sich gegenläufige Passagierströme aus, falls es sich um ein Terminal auf einer Ebene handelt. Der Platz für Flugzeuge, an der luftseitigen Terminalfront anzudocken, ist begrenzt. Wird mehr Platz benötigt, so führt dies zu langen Terminals, was gleichermaßen für die ankommenden und abfliegenden Passagiere, aber auch für Transit- oder Transferpassagiere zu langen Wegen führen kann. (Abb. 22.111).

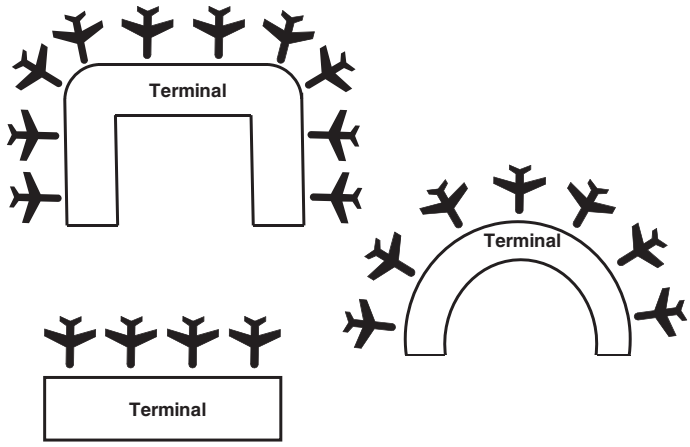


Abb. 22.111 Beispiele für Lineare Terminalkonzepte (Flugzeugpositionen am Terminal) [113]

Terminal als Pier-(Finger-)Konzept Bei Pier-(Finger-)Konzepten stehen die Flugzeuge nicht direkt an der luftseitigen Terminalfront, sondern an entsprechenden Gebäudeteilen, Flugsteigen (Pieren, Fingern), die mit dem Hauptgebäude verbunden sind. Für Passagiere, die im gleichen Pier das Flugzeug wechseln, bedeutet dies teilweise sehr kurze Wege. Nachteilig wirken sich auch hier gegenläufige Passagierströme aus. Pier-(Finger-) Konzepte ermöglichen allerdings kompaktere Bauweisen gegenüber Linearkonzepten. Beispiele zeigen die Abb. 22.112a–c.

Terminal in Satellitenanordnung Auch bei Terminalkonzepten in Satellitenanordnungen stehen die Flugzeuge nicht direkt an der luftseitigen Terminalfront, sondern an entsprechenden Gebäudeteilen oder Satelliten, die mit dem Hauptgebäude verbunden sind. Die Passagiere erreichen die Satelliten beispielsweise durch Tunnel, die teilweise mit Laufbändern ausgestattet sind. Für Passagiere, die im selben Satellit das Flugzeug wechseln, bedeutet dies wiederum teilweise sehr kurze Wege. Nachteilig wirken sich auch hier gegenläufige Passagierströme aus. Auch Satellitenkonzepte ermöglichen kompakte Bauweisen (Abb. 22.113).

Terminal mit Vorfeldparkpositionen Steht das Flugzeug auf dem Vorfeld, so wird ein Passagiertransportsystem benötigt, um die Passagiere vom Terminal zum Flugzeug, bzw. vom Flugzeug zum Terminal zu transportieren. Dazu werden Busse oder Mobil-Lounges verwendet. Für den Bustransfer benötigen die Warteräume des Terminals einen Ausgang zum Vorfeld, sodass die Passagiere den Bus zu betreten. Die Fahrgastkabine von Mobile-Lounges kann an verschiedene Höhen (Terminalausgang und Flugzeugtür) angepasst werden. Für den Transfer Terminal-Flugzeug sind bei Verwendung von Mobil-Lounges an der luftseitigen Terminalfront Türen angebracht, von denen die Passagiere vom

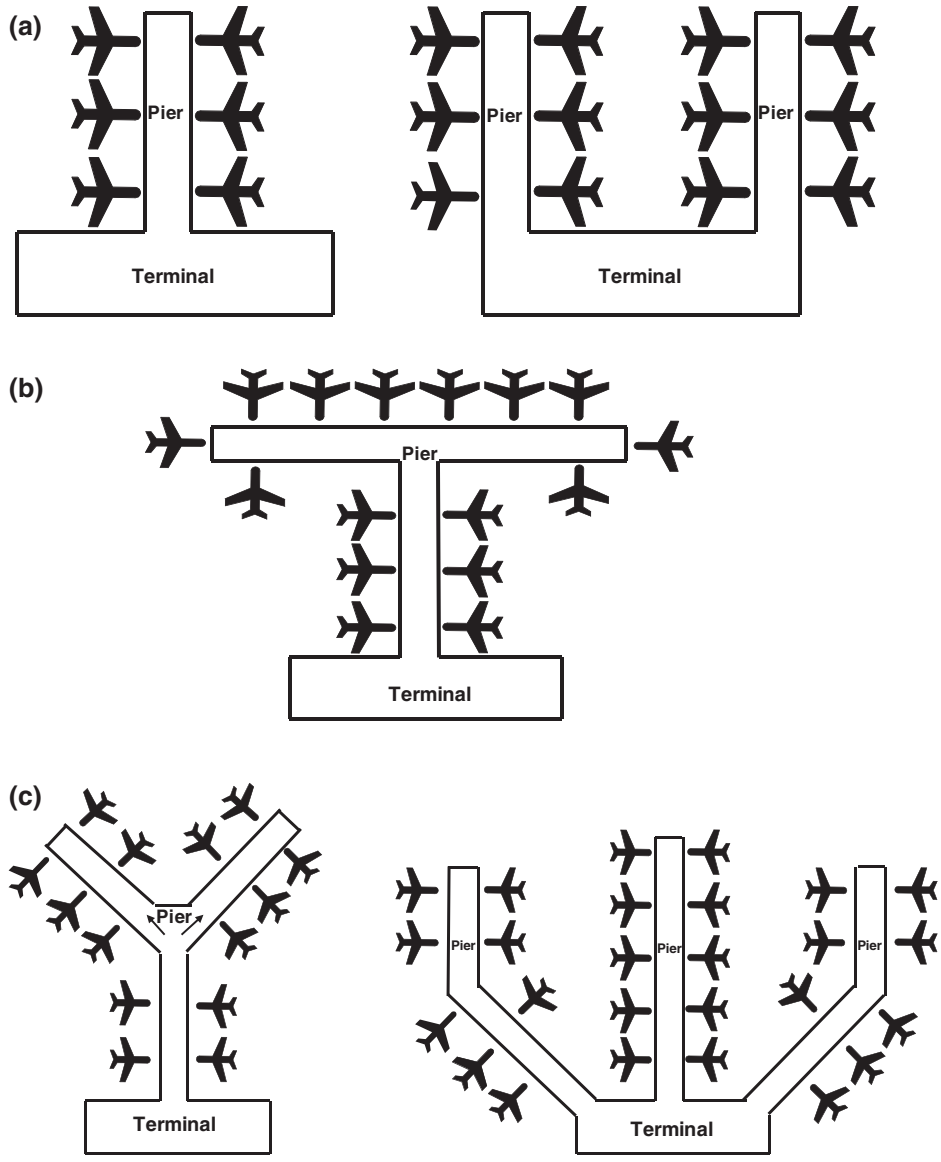


Abb. 22.112 **a** Terminal als Single-Pier-(Einfinger-)Konzept und Dual-Pier(Zweifinger-) Konzept [113], **b** Terminal als T-Pier-(Finger-)Konzept [113], **c** Terminal als Y-Pier-(Finger-) und Multiple-Pier-(Mehrfach-Finger-)Konzept [113]

Warteraum aus direkt die angedockte Mobile-Lounge betreten können. Ohne wenden zu müssen – die Mobile-Lounge hat an beiden Enden Fahrerstände – fährt die Mobile Lounge zum jeweiligen Flugzeug, dockt dort in Türhöhe an, sodass die Passagiere das Flugzeug betreten können (Abb. 22.114).

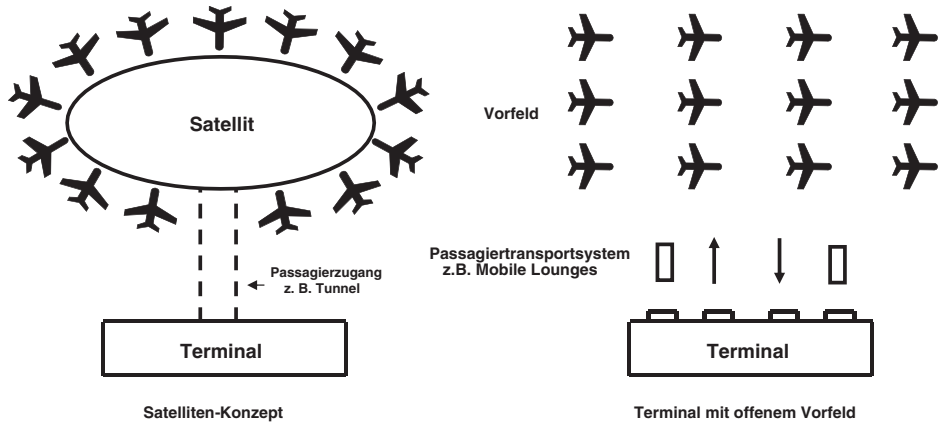


Abb. 22.113 Terminal mit Satellit und Terminal mit offenem Vorfeld [113]

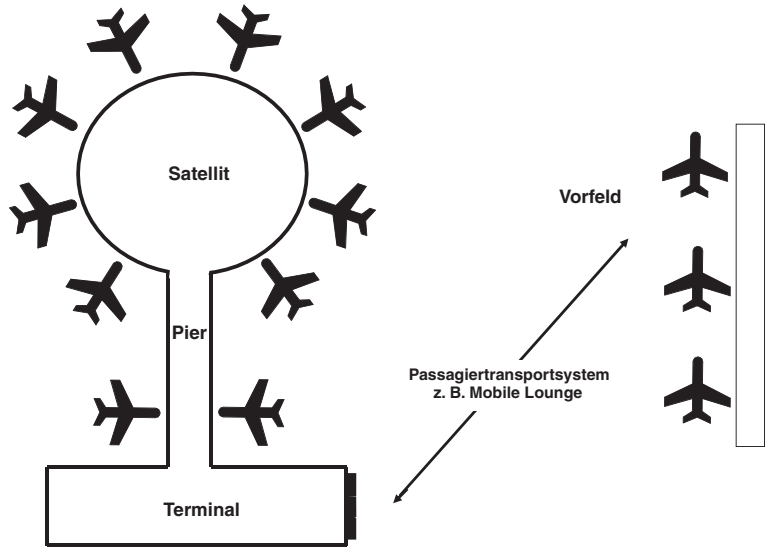


Abb. 22.114 Terminalkombination aus Pier, Satellit und Vorfeldparkpositionen [113]

Terminalkonzeptkombinationen In der Praxis sind, bedingt durch den stetigen Ausbau der Flugplätze, meist Terminalkombinationen unterschiedlichster Art anzutreffen. Die jeweiligen Kombinationen richten sich nach dem baulich Machbaren vor Ort, sowie den speziellen, meist kapazitiven Erfordernissen. Die Vor- und Nachteile ergeben sich entsprechend der Vor und Nachteile der Grundformen der Terminal-Konzepte (Abb. 22.115). Abbildung 22.116 zeigt eine Linear-/Pierkonzept mit zentralen, mittig gelegenen Zu- und Abfahrten und Abfertigungsgebäudeeinheiten (Abb. 22.117).

Abb. 22.115 Terminalkombination Linear/Pier-Konzept

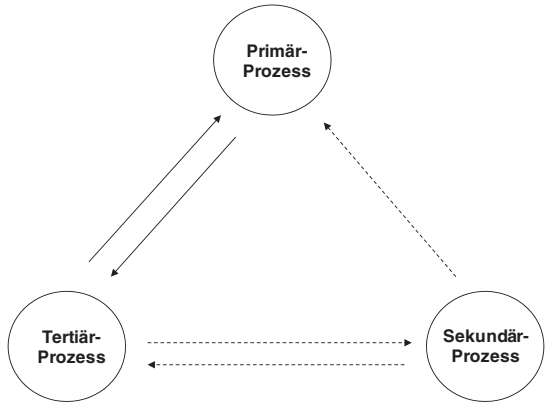


Abb. 22.116 Interaktive Prozessstrukturen eines Flugplatzes

22.16.14.2 Passagierterminal-Philosophien

Die Passagierterminal-Philosphien sind zunächst geprägt von exogenen Parametern. Bestimmend ist das Start-/Landebahnsystem, das nach der oder den Hauptwindrichtungen ausgerichtet werden muss. Platzbedarf, Hub- oder Spoke-Flugplatz sowie betriebliche Gegebenheiten sind weitere Kriterien. Auch die landseitige Anbindung an Straße und Schiene beeinflussen die bauliche Gestaltung des Terminalkomplexes. Letztendlich sind auch kulturspezifische Gesichtspunkte von Bedeutung, die teilweise die Architektur der Terminal prägend beeinflussen. Unter Kostengesichtspunkten eignen sich alle Terminalphilosophien, die, ausgehend von einem Grundkonzept, bei weiterem Verkehrswachstum einfach modifizierbar, bzw. in Form von Modulen erweiterbar sind.

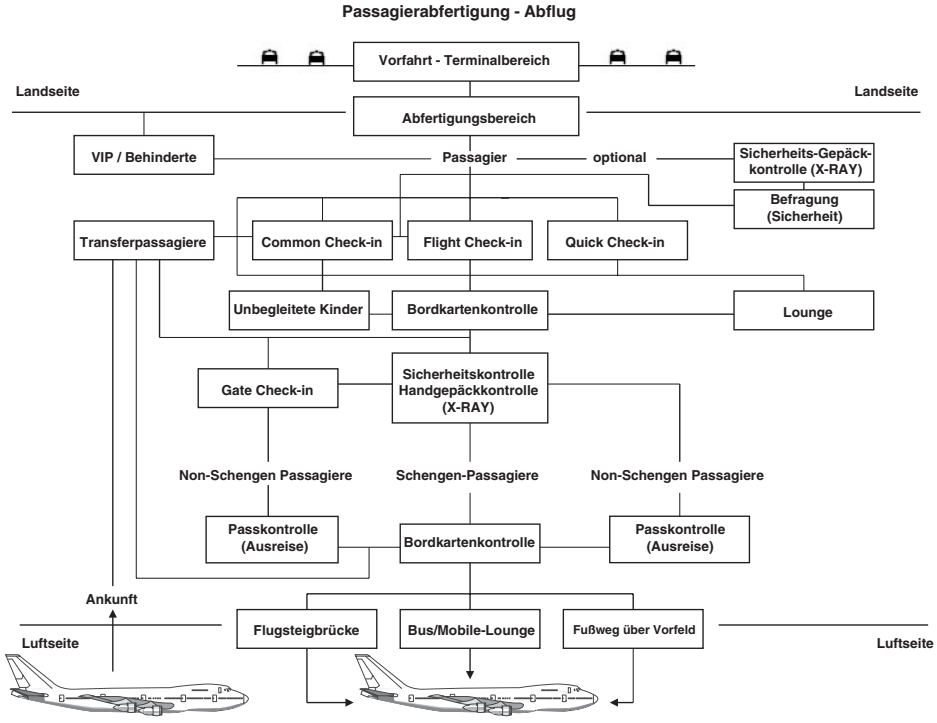


Abb. 22.117 Prozess Passagierabfertigung – Abflug [112]

Flugplatzbezogenes Terminalmanagement Das Terminalmanagement steht für optimale Nutzung des Terminals und die störungsfreien Betriebsabläufe im Terminal. Um dies zu gewährleisten, müssen die Abfertigungsprozesse das Check-in und die Sicherheits-, Pass- und Zollkontrollen der Passagiere und des Gepäcks beinhalten. Entsprechend muss das Terminalkonzept durchdacht sein. Vor allem gegenläufige Verkehrsflüsse (Passagierflüsse) sollten auch hier vermieden werden. Die Wege durch die Abfertigungsprozesse sollten kurz und eindeutig, aber auch sicher sein. Die Trennung zwischen abfliegenden, ankommenden, Transit- und Transferpassagieren, sowie Schengen- und Non-Schengen-Passagieren muss bautechnisch realisiert sein. Retail-Bereiche müssen für Passagiere gut erreichbar sein, sollten aber die abfertigungsbedingten Passagierflüsse nicht behindern. Unter Kostengesichtpunkten der Flugplatzbetreiber müssen alle Anlagen für alle Passagiere nutzbar sein, Abfertigungseinrichtungen und Informationssysteme müssen flexibel, je nach abzufertigendem Flug von jeder Luftverkehrsgesellschaft genutzt werden können. Dies gewährleistet eine optimale Auslastung der Abfertigungs- und Serviceeinrichtungen im jeweiligen Terminal.

Luftverkehrsgesellschaftbezogenes Terminalmanagement Im Gegensatz zum Flugplatzbetreiber sind die ansässigen Luftverkehrsgesellschaften an abgegrenzten, dauerhaft für eigene

Zwecke zu nutzenden Bereichen im Terminalkomplex interessiert. Dies bündelt einerseits personelle und abfertigungstechnische Ressourcen und lässt in diesem Bereich, entsprechend der Anzahl und Größe der abzufertigenden Flüge, eine flexible räumliche und zeitliche Ressourcenplanung zu. Bei langfristiger Anmietung bestimmter Bereiche erlaubt es den Luftverkehrsgesellschaften auch, die Bereiche luftverkehrsgesellschaftsspezifisch auszustatten, um so den Passagieren schon im Terminal das Gefühl zu geben, bei „ihrer" Luftverkehrsgesellschaft zu sein. Auch luftverkehrsgesellschaftseigene Terminals sind weltweit üblich, d. h. an einem solchen Terminal werden nur Flugzeuge der entsprechenden Luftverkehrsgesellschaft, ggf. auch der Allianzpartner abgefertigt. Für den Betreiber des Flugplatzes ist dies nur suboptimal. Die Bereiche sind zwar dauerhaft vermietet, gehören aber nicht mehr zum Dispositionsbereich des Flugplatzbetreibers, d. h. sie können nicht mehr in ein flexibles, auf maximale Auslastung bedachtes Terminalmanagement einbezogen werden.

22.16.14.3 Funktionen und Abfertigungsvarianten eines Passagier-Terminals

Bei den zu gewährleistenden Funktionen eines Passagier-Terminals ist zu unterscheiden zwischen den Primär-, Sekundär- und Tertiärfunktionen.

Den Funktionen lassen sich Prozessgruppen zuordnen, die sich entsprechend ihrer Aufgabenstellung gegenseitig beeinflussen können. Die Beeinflussung kann auf den jeweiligen Prozess und damit die Funktion fördernd oder auch hemmend wirken. Das Prinzip der interaktiven Beeinflussung zeigt Abb. 22.116 prinzipiell.

Die Primärprozesse beschreiben im erweiterten Sinne die direkten Abfertigungsprozesse verkehrlicher und betrieblicher Art, d. h.:

- An- und Abfahrt zum und vom Flugplatz (Parken, Be- und Entladen), von Passagieren, Fracht und Post;
- Verkehrliche Passagierabfertigung, Abflug und Ankunft;
- Verkehrliche Gepäck-, Fracht-, Postabfertigung, Abflug und Ankunft;
- Verkehrliche Abfertigung/Beförderung von Transitpassagieren, Transitgepäck, Transitfracht;
- Bodenverkehrsdienste zur Unterstützung der betrieblichen Abfertigungsprozesse der Flugzeuge auf der Luftseite;
- Wirtschaftsverkehre/Versorgungsverkehre (Betriebsstoffe, Catering etc.);
- Rettungsdienste, Sicherheitsdienste;
- Flugzeugrollverkehre auf den Flugbetriebsflächen.

Die Prozessketten richten sich an der so genannten Transferrichtung (Landseite zur Luftseite, Luftseite zur Landseite) aus, und weisen gleichartige oder auch variierende Prozessabläufe auf. Der Betreiber eines Flugplatzes schafft die räumlichen und betrieblichen Voraussetzungen zur Durchführung dieser Prozesse, und stellt gegen Entgelt

teilweise oder auch vollständig die Infrastruktur (in der gesetzlichen Zuständigkeit oder im Rahmen von Beteiligungen) zur Verfügung.

Als begleitende Maßnahmen, die die Primärfunktionen unterstützen bzw. ergänzen, sind beispielsweise der Verkauf von Flugtickets durch Reisebüros, Mietwagenservices, oder beispielsweise die Bereitstellung von Gepäckwagen etc. zu sehen. Sie stehen in direktem Zusammenhang mit den Primärfunktionen, müssen aber nicht alle zwangsläufig am Flugplatz direkt vorgehalten werden. Sie werden als Sekundärfunktionen bezeichnet.

Neben den Primär- und Sekundärfunktionen stellt der Flugplatz darüber hinaus weitere Infrastrukturen zur Verfügung, die nur tertiär den Abfertigungsprozessen zuzuordnen sind, aber die Attraktivität des Flugplatzes für die Passagiere und Besucher wesentlich erhöhen, und auch zum wirtschaftlichen Erfolg des Flugplatzes als Unternehmen erheblich beitragen können. Dazu gehören Restaurants, Geschäfte für die Bedürfnisse des tägliches Bedarfs/Reisebedarfs, Banken, Konferenzräume, Büros etc. Diese Einrichtungen üben Tertiärfunktionen aus.

Weiterhin hat der Flugplatz verschiedene Hilfsfunktionen zu erfüllen, wie die Bereitstellung von Gebäuden und Räumen für Speditionen, Polizei, Bundespolizei, Zoll, Wetterdienst, Flugsicherung, Postdienststellen, Einrichtungen zur medizinischen Versorgung, Lagerungsmöglichkeiten für Gepäck, Fracht etc. und sonstige spezielle Dienstleistungen.

Passagier-Abfertigungsprozesse Je nach Art der abzufertigenden Passagiere, d. h. abfliegende Passagiere, ankommende Passagiere oder auch Transitpassagiere, sowie nach Herkunftsland und Zielland (Schengen oder Non-Schengen Land), haben die Passagiere verschiedene Stationen im jeweiligen Terminal zu passieren, die dem speziellen Abfertigungsprozess entsprechen. Die zu passierenden Stationen sowie die Prozesse selbst sind den Abb. 22.117, 22.118, 22.119 zu entnehmen.

Passagier-Abfertigungsstationen Im Terminal selbst werden zur Passagierabfertigung (Passagier Check-in) wiederum prinzipielle Konzepte und unterschiedliche Anordnungen der Abfertigungsstationen unterschieden.

Common Check-in Anordnungen (Linearkonzept) Die Check-in Schalter befinden sich frei zugänglich im Terminal, und sind in einer oder mehreren Reihen angeordnet. Alle Flüge werden an allen Schaltern parallel abgefertigt. Der Passagier begibt sich an einen Schalter, wird abgefertigt („checkt ein"), bekommt seine Bordkarte oder gibt sein Gepäck ab, und tritt in gleicher Richtung zurück. Das aufgegebene Gepäck wird mit Hilfe der Gepäckförderanlage zur Gepäcksammelstelle für den jeweiligen Flug geleitet. (Abb. 22.120 und 22.121).

Common Check-in Anordnungen (Inselkonzept) Die Check-in Schalter sind in Insel-Form in der Abfertigungshalle des Terminals angeordnet. Der Passagier begibt sich an einen Schalter, wird abgefertigt („checkt ein"), bekommt seine Bordkarte oder gibt sein Gepäck ab und tritt in gleicher Richtung zurück. Das aufgegebene Gepäck wird mit

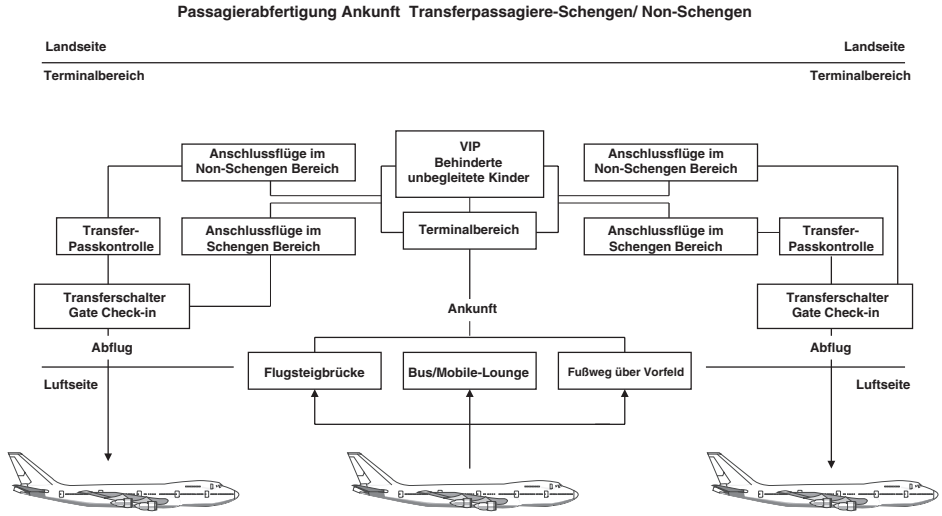


Abb. 22.118 Prozess Passagierabfertigung – Ankunft

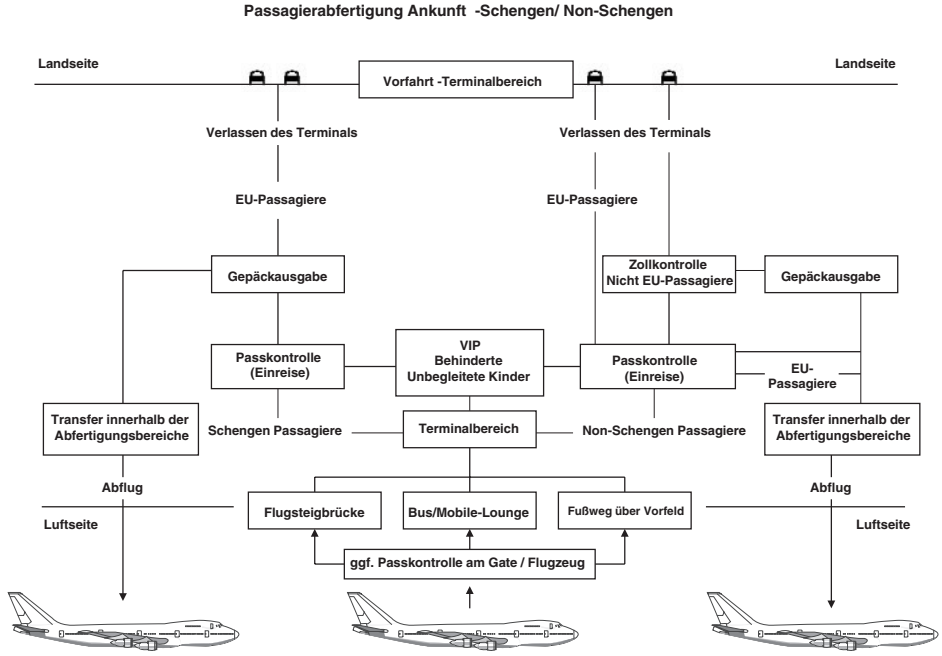


Abb. 22.119 Prozess Passagierabfertigung – Ankunft Schengen-/ Non-Schengen-Flüge [112]

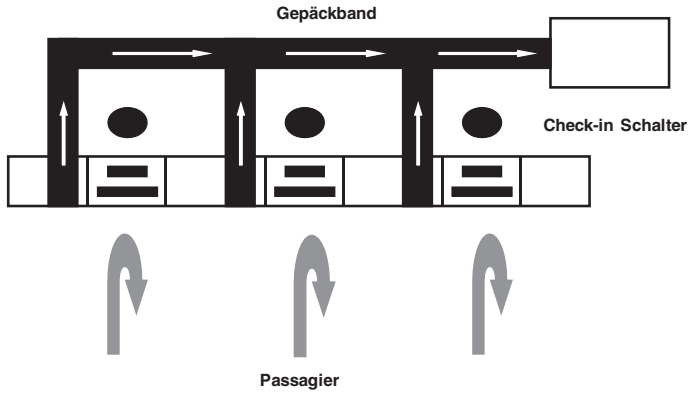


Abb. 22.120 Check-in Linear-Konzept (Linear Concept) [112]

Abb. 22.121 Common Check-in Linear-Konzept, Verkehrsflughafen Frankfurt/M [167]

Hilfe der Gepäckförderanlage zur Gepäcksammelstelle für den jeweiligen Flug geleitet (Abb. 22.122, 22.123).

Common Check-in Anordnungen (Durchgangskonzept) Die Check-in Schalter befinden sich in der Abfertigungshalle des Terminals. Der Passagier begibt sich an einen Schalter, wird abgefertigt („checkt ein"), bekommt seine Bordkarte und geht weiter (ggf.

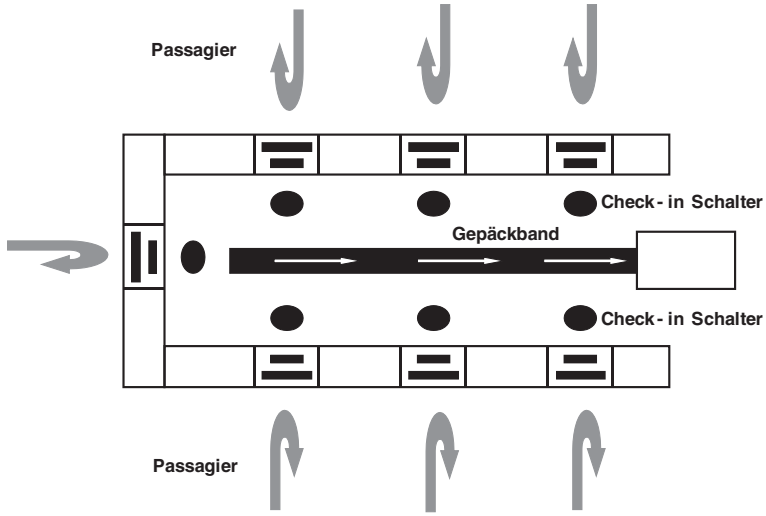


Abb. 22.122 Check-in Insel-Konzept (Island Concept) [112]

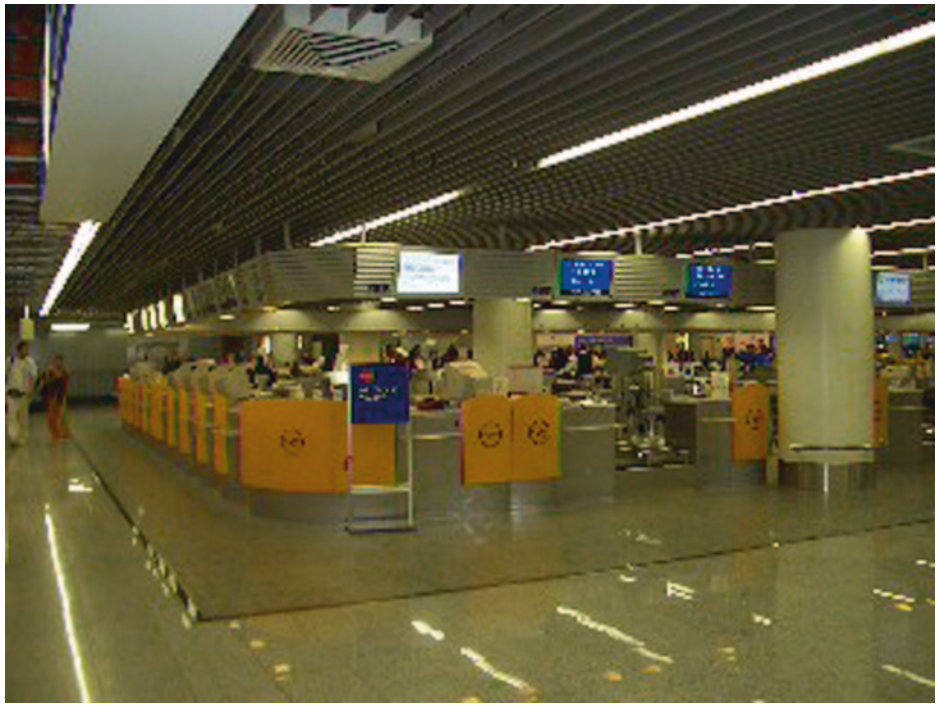


Abb. 22.123 Common Check-in Insel-Konzept, Verkehrsflughafen Frankfurt/M [167]

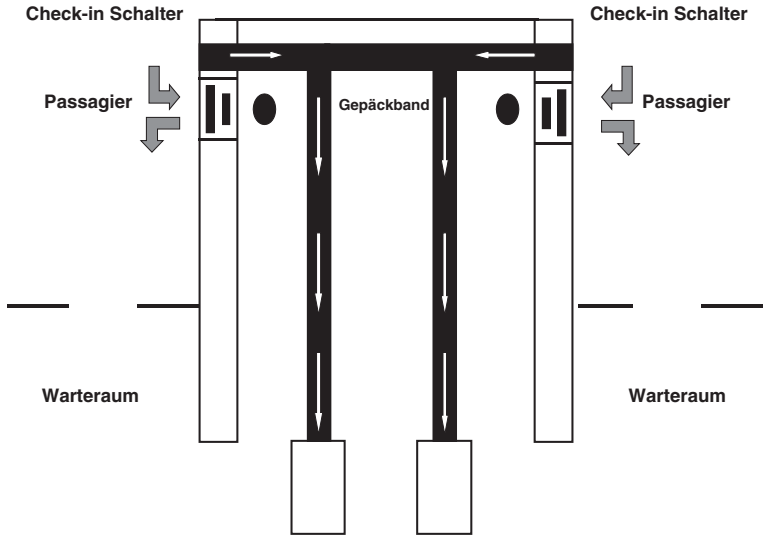


Abb. 22.124 Check-in Durchgangskonzept (Pass-Through Concept) [112]

in einen Warteraum). Das aufgegebene Gepäck wird mit Hilfe der Gepäckförderanlage zur Gepäcksammelstelle für den jeweiligen Flug geleitet (Abb. 22.124).

Flight Check-in Für jeden Flug gibt es separate Check-in Schalter, wodurch, je nach Größe und Anlage des Flugplatzes, eine weitgehende Entflechtung der Abfertigung (Flüge) erreicht wird. Das dort aufgegebene Gepäck ist nur für den abzufertigenden Flug bestimmt.

Gate Check-in Die Check-in Schalter befinden sich im Terminal direkt am Abfluggate. Die Abfertigung ist dem Flug (Flugzeug, falls Terminalposition) räumlich direkt zugeordnet. Der Passagier begibt sich an einen Schalter, wird abgefertigt („checkt ein"), bekommt ggf. seine Bordkarte und betritt das Gate (den Wartebereich zum Abflug). Passagiere, die nur Handgepäck mit sich führen, können hier direkt einchecken (Abb. 22.125, 22.126).

Neben diesen prinzipiellen Check-in Anordnungen sind je nach Art und Funktion des Flugplatzes, unterschieden nach abfliegenden oder ankommenden Personen sowie Fracht und Post, für Länder die dem Schengen Abkommen beigetreten sind oder für Drittländer, unterschiedliche Abfertigungskonzepte/-prozesse anzuwenden, die aufgrund der vorgeschriebenen räumlichen Trennung der entsprechenden Passagiergruppen einen erheblichen Einfluss auf die räumliche Gestaltung/Auslegung des Terminals haben.

Quick Check-in Für das elektronische Check-in, auch Quick Check-in genannt (Abb. 22.127), stehen am Abflugflughafen Automaten der entsprechenden Luftverkehrsgesellschaft (oder wählbar für verschiedene Luftverkehrsgesellschaften) zur Verfügung. Der Automat hat den z. B. über das Internet gebuchten und bestätigten Flugwunsch

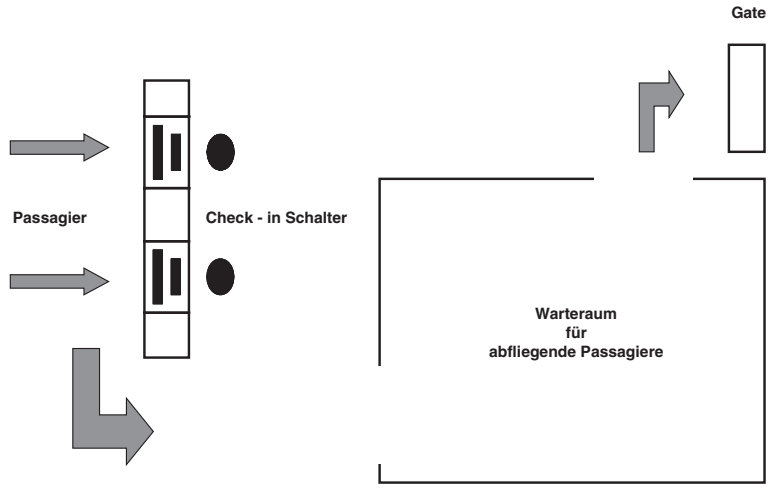


Abb. 22.125 Gate Check-in Anordnung [112]

Abb. 22.126 Gate Check-in am Verkehrsflughafen Frankfurt/M [167]

Abb. 22.127 Quick Check-in Automaten am Verkehrsflughafen Frankfurt/M [167]

gespeichert. Durch Einführen der Kreditkarte, mit der der Flug gebucht wurde, oder der Kundenkarte der Luftverkehrsgesellschaft in den Automat, lässt sich per Menüführung der Flug aufrufen und der Sitzplatz auswählen. Der Automat druckt die Bordkarte, ggf. den Gepäckanhänger und den Buchungsbeleg (Receipt) für den Flug aus. Die Aufgabe von Gepäck und die Ausgabe des Gepäckanhängers (Baggage Tag) erfolgen ebenfalls an einem Automaten menügesteuert. Teilweise erfolgt die Gepäckaufgabe aber auch noch gegen Vorlage der Bordkarte an einem Schalter.

Off-Airport Check-in Unter dem Off-Airport Check-in versteht man alle Möglichkeiten des „Einchecken" die nicht direkt im Terminal des Abflugflugplatzes stattfinden. In der Literatur wird dazu auch der Begriff „Split Check-in" verwendet [112]. Dazu zählen das Einchecken an Fernbahnhöfen oder in Stadthotels. Teilweise ist auch das Einschecken in Parkhäusern, Bürogebäuden oder Lounges möglich. Diese Check-in Stationen sind allerdings unterschiedlich ausgestattet. Steht nur ein Automat für die Ausgabe der Bordkarte zur Verfügung, so ist beispielsweise keine Aufgabe des Reisegepäcks möglich. Beim Einchecken auf Fernbahnhöfen kann größtenteils das Reisegepäck mit abgefertigt werden. Neben dem Online Check-in am PC lässt sich bei entsprechender Registrierung der Eincheckvorgang bei einigen

Luftverkehrsgesellschaften auch per Handy vornehmen. Der Barcode der elektronischen Bordkarte ist dann auf dem Display das Handys aufrufbar und ermöglicht papierlos den Zugang zum Flugzeug.

Gepäck-Abfertigungsprozesse Im Rahmen der Abfertigung zählt neben der Passagierabfertigung die Gepäckabfertigung zu den wichtigsten Dienstleistungen eines jeden Flugplatzes. Ein sicherer Betrieb und eine gute Organisation, d. h. eine möglichst geringe Gepäck-Fehlleitungsrate, gehören zu einem kundenorientierten Gepäckumschlag. Eine schnelle Gepäckausgabe, eine garantierte Umsteigezeit von z. B. 45 min (Frankfurt/M) und der Check-in bis kurz vor dem Abflug werden an vielen Flugplätzen angestrebt, und stellen letztendlich auch einen Wettbewerbsvorteil dar. Die Gepäckabfertigung ist im zeitlichen Verlauf der Abfertigungsprozesse das „Nadelöhr".

Aufgabe der Gepäckabfertigung ist es, die Gepäckstücke ankommender, umsteigender, und abfliegender Passagiere zwischen den Terminals sowie den ankommenden und abfliegenden Verkehrsflugzeugen zu sortieren, den einzelnen Flügen zuzuordnen und zu befördern (Abb. 22.128).

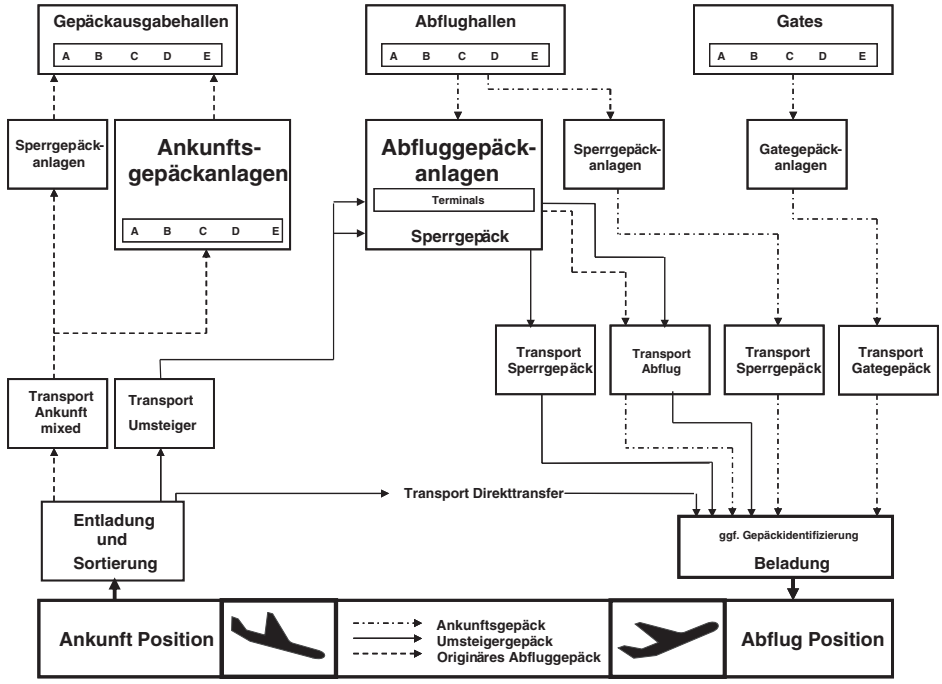


Abb. 22.128 Schematische Darstellung der Gepäckabfertigung mit unterschiedlichen Gepäckflüssen [103]

Die Gepäckabfertigung wird im Hinblick auf die unterschiedlichen Abfertigungsprozesse nach der unterschiedlichen Behandlung der Gepäckstücke unterschieden in:

- *Ankunftsgepäck*

Als Ankunftsgepäck wird Gepäck bezeichnet, das von einem ankommenden Flugzeug entladen, und direkt an den Passagier an seinem Zielflughafen ausgegeben wird. Ankunftsgepäck kann nach der Herkunft in Inlands- und Auslandsgepäck unterschieden werden.

- *Umsteigergepäck*

Umsteigergepäck wird ohne Zutun des Passagiers von dem ankommenden Flugzeug zielgerichtet dem vorbestimmten abfliegenden Flugzeug zugeführt und dort verladen.

- *Originäres Abfluggepäck*

Originäres Abfluggepäck wird vom Passagier am Abfertigungsschalter oder am Abfluggate aufgegeben (eingecheckt) und zielgerichtet dem abfliegenden Flugzeug zugeführt und dort verladen.

- *Sperrgepäck*

Unter Sperrgepäck sind Gepäckstücke zu verstehen, die über die Standardabmaße von Koffern hinausgehen, oder aufgrund ihrer Form nicht von einer Gepäckförderanlage transportiert werden können, z. B. Surfbretter, Kinderwagen, Skier, Fahrräder etc.

Gepäckabfertigung beim Check-in Beim konventionellen Check-in checkt der Passagier gleichzeitig mit seinen Gepäckstücken an einem Check-in Schalter ein. Der konventionelle Check-in umfasst die Reservierung des Sitzplatzes, die Ausgabe der Bordkarte, die Annahme der Gepäckstücke sowie unterschiedliche Sicherheitsmaßnahmen. Die Gepäckstücke werden gewogen und es werden Gepäck-Anhänger (Baggage Tag's) an den Gepäckstücken befestigt. Die „Tags" enthalten Informationen wie Flugnummer, Anschlussflugnummer bei Umsteigergepäck, Destinationen und die individuelle Nummer des jeweiligen Gepäckstückes. Nach dem Check-in werden die Gepäckstücke über die Gepäckförderanlage geleitet, wobei jedes Gepäckstück eine Codierung über die Eingabe der Flugnummer erhält. Sperrige Gepäckstücke wie Surfbretter, Fahrräder, Skier etc. werden über gesonderte Anlagen, wie breitere Bänder oder Aufzüge, transportiert. Nach der gesetzlich vorgeschriebenen Einführung der 100 %igen Gepäckkontrolle muss jedes Gepäckstück auf dem Weg zum Zielpunkt (Gepäcksammelstelle oder Flugzeugposition) aus Sicherheitsgründen durchleuchtet werden.

Der Passagier begibt sich, ggf. mit Handgepäck zur Sicherheitskontrolle und danach zum Abfluggate.

Die eingecheckten originären Abflug- und Umsteigergepäckstücke müssen dann von einer Vielzahl von Quellpunkten (Common Check-in Schaltern oder Gate Check-in Schaltern) jeweils zu einer Senke, Entnahme-/Gepäcksammelstelle (Zielpunkt) zusammengeführt werden. Zielpunkte sind die Flugzeugpositionen der abflugbereiten Flugzeuge. Die Zielpunkte des Umsteigergepäcks sind die Parkpositionen der Ankunftsflüge. Für die

automatische Sortierung und Leitung in der Gepäckförderanlage werden die Flugnummer oder die individuelle Gepäck-„Tag"-Nummer verwendet. Die automatisch dosierte Förderung zu einer Entnahmestelle ermöglicht es, dass für einen Abflug der Zeitpunkt für den Beginn der Gepäckaktivitäten festgelegt werden kann. Dieser Zeitpunkt liegt je nach Flugzeugmuster zwischen einer und drei Stunden vor der Abflugzeit. Ab diesem Zeitpunkt werden die Gepäckstücke für einen Abflug zur Entnahmestelle befördert und dort in Container oder auf Gepäckwagen verladen, um zum Flugzeug transportiert zu werden. In Abhängigkeit der Vorgaben der Luftverkehrsgesellschaften wird Abfluggepäck nach Passagierklassen, Umsteigezielen am Zielort, zeitkritischem Umsteigergepäck am Zielort oder nach Sicherheitskriterien sortiert. Die Trennung nach Passagierklassen hat das Ziel, als Serviceleistung eine zeitlich differenzierte Gepäckausgabe am Zielort zu ermöglichen. Sperrgepäck, das nicht über die automatischen Gepäckförderanlagen transportiert werden kann, muss manuell sortiert, und mit Flurfördermitteln direkt zu den Entnahmestellen oder Flugzeugpositionen gebracht werden.

Checkt der Passagier elektronisch an einem Quick Check-in Automaten ein, so kann er teilweise an Automaten, die an die Gepäckförderanlage angekoppelt sind, auch sein Gepäck einchecken. Der Eincheckvorgang erfolgt menügesteuert, Sitzplatzbuchung und Entnahme des Baggage Tag's sowie letztendlich auch Entnahme der Bordkarte aus dem Automaten sind durch den Passagier vorzunehmen. Die Gepäckstücke werden dann automatisch in die Gepäckförderanlage eingespeist und der Entnahmestelle zugeführt.

Nutzt der Passagier das „Fly and Rail" Angebot einer Luftverkehrsgesellschaft, so kann er am Ausgangsbahnhof an einem Schalter der Luftverkehrsgesellschaft einchecken. Er bekommt seine Bordkarte, mit der er auch die Bahn zum Flugplatz nutzen kann. Das eingecheckte Gepäck wird zunächst mit der Bahn, und dann ggf. unter Nutzung einer Gepäckförderanlage zur Entnahmestelle (Flugzeugposition) befördert. Normalerweise wird Gepäck am Reisetag angenommen.

Gepäckabfertigung zeitlich vor dem Check-in Bei einigen Luftverkehrsgesellschaften und bei Verfügbarkeit einer entsprechenden Infrastruktur (Gepäckförder-/ und -sortieranlage) am Flugplatz kann der Passagier sein Gepäck bis zu 23 Stunden vor Antritt der Reise zu jedem beliebigen Zeitpunkt einchecken. Das so genannte Frühgepäck wird in der Gepäckförderanlage zwischengespeichert (Frühgepäckspeicher). Abfluggepäck wird als Frühgepäck definiert, solange die Entnahmestelle des Abfluges noch nicht im System der Gepäckförderanlage bekannt ist. Mit der Eingabe der Entnahmestelle (Flugzeugposition) in das System der Gepäckförderanlage beginnt die Anlieferung der Frühgepäckstücke aus dem Speicher an die Entnahmestelle.

Gepäckförderanlagen Kernstück des Abfluggepäckumschlags an Flugplätzen sind elektronisch gesteuerte, automatische Gepäckanlagen. Die Grundfunktionen der Anlagen bestehen aus „fördern, sortieren und speichern". Auf Transportbändern werden Behälter durch Reibschluss zwischen Metallkufen und Gurten bzw. Rädern aus Kunststoff befördert. Sie bestehen aus einem Metallrahmen mit Führungsrollen und -stiften zur Zwangsführung in der Anlage sowie einer aufgesetzten Kunststoffschale, die Gepäckstücke bis $85 \times 65 \times 45$ cm

aufnimmt. Jeder Behälter hat eine eigene Nummer in Form einer Codierleiste am Stahlrahmen. Optische Lesestellen erfassen diese codierte Nummer und geben diese Information an den Gepäckrechner weiter. Aus der Kombination von Behälternummer und Flugnummer des Gepäckstücks, das in die Anlage eingegeben wird, ist an jedem beliebigen Punkt innerhalb der Anlage eine eindeutige Identifikation und Steuerung möglich.

Nach der Beladung am Check-in Schalter wird der Behälter von einem Lift abtransportiert. Die Behälter werden an Lesestellen erfasst und anhand der Flug- sowie Zielinformation wird mittels Weichen die Weg-(Richtungs-)Entscheidung getroffen. Hat der Flug noch keine Entnahmestelle, so wird das Gepäckstück zu Frühgepäckspeichern geleitet. Wenn für den betreffenden Flug die Abfertigung beginnt, wird die Entnahmestelle in das System eingegeben und die Gepäckrechner steuern anhand der Zielinformationen die Gepäckstücke dosiert von den Eingabestellen und -speichern zu den Entnahmestaubahnen. Entnahmestaubahnen sind Streckenabschnitte, an denen sich durch eine schaltbare Sperre die Behälter zeitweise lückenlos aufstauen können. Sie sind vor Be- und Entnahmestellen sowie an Zusammenführungen von zwei Strecken angeordnet. Der Behälter, der auf seiner Entnahmestaubahn angekommen ist, wird entladen und nach einer optischen „Leer-/Voll-Kontrolle“ in einen so genannten Stapler befördert. Je 4 Behälter fasst man in den Staplern automatisch zusammen. Sie werden entweder im Gate-Gepäckraum selbst, auf Vorratsbahnen vor den Check-in Schaltern oder aber im Frühgepäckspeicher abrufbereit gehalten. Die Überwachung aller Leerbehälterstaubahnen vermittelt dem Rechner eingenaues Bild des Vorrats. Anhand dieser Informationen werden leere Behälter bei Bedarf den Eingabestellen automatisch zugeführt. „Entstapler“ trennen die Behälter von einer Schalter- oder Umsteiger-Eingabestelle. Damit ist der Kreislauf geschlossen [106]. Abbildung 22.129 und 22.130 zeigen Abschnitte von Gepäckförderanlagen.

Gepäckausgabe Nach der Ankunft eines Flugzeuges soll das Gepäck innerhalb kürzester Zeit mit schonender Behandlung und servicefreundlich an den Passagier übergeben werden. An manchen Flugplätzen verfügt deshalb jeder Flugsteig eine Gepäckausgabehalle mit direkter Zuführung zu landseitigen Einrichtungen (Parkhäuser, Bahnanschluss etc.). Innerhalb jeder Gepäckausgabehalle befinden sich freistehende Rundläufe, denen die Gepäckstücke vom Vorfeld aus zugeführt werden. Nach Vorgabe der Luftverkehrsgesellschaften werden die Gepäckstücke zeitlich nacheinander, entsprechend der Passagierklassen ausgegeben. Hierzu werden die Gepäckstücke bereits am Abflug-Flughafen vorsortiert. Die Ausgabezeit sollte 25 min nach On-Block des Flugzeugs auf einer Vorfeldposition nicht überschreiten. Bei einer Gate-Position des Flugzeugs am Terminal sind kürzere Ausgabezeiten möglich. Die Ausgabeleistung der Gepäckbänder beträgt ca. 10 Gepäckstücke pro Minute.

Die Entladung der Gepäckstücke beginnt sofort nach Ankunft des Flugzeugs und dem Abschalten der Triebwerke auf seiner Parkposition (On-Block). In Schmalrumpfflugzeugen ist das Gepäck lose verstaut und wird manuell entladen. Falls Ankunfts- und Umsteigergepäck nicht separiert sind, wird dies bereits während des Entladens getrennt. Die Gepäckstücke werden zum Transport zu den Gepäckausgabehallen lose auf die Gepäckwagen verladen. Die Ladekapazität eines Gepäckwagens beträgt beispielsweise ca. 40

Abb. 22.129 Abschnitt einer Gepäckförderanlage [177]

Abb. 22.130 Abschnitt einer Siemens Gepäckförderanlage [177]

Koffer. In Großraumflugzeugen sind die Gepäckstücke in Containern oder auf Paletten verladen. Eine lose Verladung ist die Ausnahme. Am weitesten verbreitet ist der Einsatz der so genannten LD-3-Container. Dass Fassungsvermögen der LD-3 Container beträgt ca. 35–45 Gepäckstücke. Die Nutzung von Paletten und Iglus für Gepäckstücke ist eher die Ausnahme. Großraumflugzeuge verfügen in den Laderäumen über Fördereinrichtungen zum Bewegen der Container und Paletten zwischen Stellplätzen und Ladeluken. Der Höhenunterschied zwischen Ladeluke und Vorfeld beträgt bei einer Boeing B747 ca. 5,20 m. Die Ladeeinheiten werden mit Portalhubwagen an der Entladeluke übernommen, auf Vorfeldniveau abgesenkt, und auf Transportwagen, so genannten Gepäck-Container-Anhänger umgesetzt. Der Transport zu den Gepäckausgabehallen erfolgt mit Flurförderschleppern.

Das Gepäck wird von den Ausgabehallen den Rundläufen zugeführt und dort von den Passagieren entnommen. Die Gestaltung der Gepäckausgabehallen muss sich an den Abmessungen der Transporteinheiten (Gepäckwagen, Container), den Transportfahrzeugen (Schlepper) sowie den Bandzuführungen orientieren. Die Zuordnung eines Fluges zu einem Ausgabe-Rundlauf erfolgt bereits vor der Landung des Flugzeugs und orientiert sich an der Zahl der Passagiere, der Rundlauflänge sowie den Wünschen der Luftverkehrsgesellschaften. Über Informationstafeln im Terminal werden die Passagiere zu ihren Ausgabe-Rundläufen geführt, in der Abholerhalle zeigt eine Informationstafel, an welchen Ausgängen die an gekommenen Passagiere zu erwarten sind.

Fördertechnisch bestehen die Ausgaberundläufe aus Platten- oder Schuppenbändern an einer umlaufenden Kette. Die Rundläufe sind entweder als Flachrundlauf oder bis max. 30 Grad geneigt als Schrägumlauf ausgeführt. Die Umlaufgeschwindigkeiten liegen bei 0,4 m pro Sekunde. Die Bandbreiten betragen ca. 0,8 m bei Flachumläufen (Abb. 22.131) und ca.1,2 m bei Schrägumläufen (Abb. 22.132).

Sperrgepäck wird mit breiten Bandanlagen, Aufzügen oder auch manuell in die Gepäckausgabehallen gebracht. Für Passagiere, die nach der Gepäckausgabe einen Weiterflug antreten, ist in den Ausgabehallen größtenteils auch die Möglichkeit vorgesehen, Gepäckstücke wieder aufzugeben (einzuchecken).

Gepäck, das von keinem Passagier abgeholt wird, und auch keinem Passagier zuzuordnen ist, wird in so genannte 24-Stunden-Lager gebracht. Wird es nicht innerhalb dieser Zeit abgeholt, kommt es in das Zollgepäcksammellager. Es wird in der weltweiten Datenbank für herrenlose Gepäckstücke erfasst und ist für Nachforschungen zugänglich.

22.16.14.4 Passagierterminal-Einrichtungen

Sicherheitskontrollen und -ausrüstung Im Gepäckumschlag und auch bei der Mitnahme von Handgepäck durch die Passagiere ist sicherzustellen, dass sich keine gefährlichen Gegenstände (Waffen, Sprengstoffe etc.) in den Gepäckstücken befinden. Weiterhin werden nur Gepäckstücke (Koffer) befördert, wenn der dazugehörige Passagier an Bord ist. Die wichtigsten Sicherheitsverfahren die zur Anwendung kommen, sind das Röntgen des Reisegepäcks (X-Ray) und die Baggage Reconciliation (Abb. 22.133, 22.134). Mobile

Abb. 22.131 Gepäckausgabe – Flachrundlauf – Verkehrsflughafen Hamburg [167]

Abb. 22.132 Gepäckausgabe – Schrägrundlauf – Verkehrsflughafen Frankfurt/Main [106]

Abb. 22.133 Mobile Röntgenanlage für Reisegepäck Verkehrsflughafen Frankfurt/M [167]

Abb. 22.134 Stationäre Röntgenanlage für Reisegepäck [177]

Röntgengeräte können dezentral auch an Check-in Schaltern aufgestellt werden. Im Rahmen der gesetzlich vorgeschriebenen 100 %igen Gepäckkontrolle sind Röntgenanlagen in die Betriebsabläufe von Verkehrsflughäfen integriert.

Für Passagiere befinden sich derzeit Ganzkörperscanner in der Erprobungsphase.

Passkontrolle – Ein-/Ausreisekontrolle Die Pass-/Einreisekontrolle ist eine hoheitliche Aufgabe, die von der Bundespolizei wahrgenommen wird. Es ist anhand der Personalpapiere (Pass) zu überprüfen, ob die ankommende Person das Hoheitsgebiet des Landes betreten darf. Bei der Ausreise ist zu überprüfen, ob gegen die ausreisende Person etwas vorliegt, wodurch die Ausreise zu untersagen wäre. Die Bundespolizei ist auch für die Grenzfahndung und die Weiterleitung von Asylanträgen zuständig. Eine wichtige Unterscheidung ist bei der Ein-/Ausreise von Personen zwischen Bürgern der Staaten, die das Schengener Abkommen unterzeichnet haben, und Bürgern anderen Staaten (Drittstaaten) zu treffen.

Im Schengener Durchführungsübereinkommen (SDÜ), bekannt als Schengener Abkommen, vereinbarten mehrere europäische Staaten, auf Kontrollen des Personenverkehrs an ihren gemeinsamen Grenzen zu verzichten. Es ist in den EU-Staaten (mit Ausnahme von Großbritannien und Irland), in Island, Norwegen in der Schweiz und in den neuen EU-Ländern gültig.

Während in diesen Ländern die Grenzkontrollen weggefallen sind, wird an den Außengrenzen zu Drittstaaten genau kontrolliert. Deshalb gibt es an den Flugplätzen getrennte Abfertigungen für Personen (Bürger) der Europäischen Union und der assoziierten Schengen-Staaten (z. B. Norwegen, Island) und Reisenden aus Drittstaaten. Das Schengen-System beinhaltet u. a. Aufenthaltsverbote für den gesamten Schengen-Raum. Daher kann an jedem Punkt der Schengen-Außengrenze die Einreise verweigert werden, wenn kein Visum, insbesondere Schengenvisum vorhanden ist oder anderweitige Gründe gegen eine Einreise- u./o. Aufenthaltsgewährung sprechen.

Ist ein so genanntes Schengenvisum von einem Mitgliedsland erteilt, besteht Reisefreiheit und Aufenthaltserlaubnis in allen Schengen-Staaten. Das Problem sind die Schengen-Außengrenzen. Die deutschen Schengen-Außengrenzen sind die Seegrenzen der Ost- und Nordsee. In allen Schengen-Ländern erfolgen verschärfte innerstaatliche Zoll- und Polizeikontrollen. Sie werden durch die länderspezifischen Behörden wahrgenommen, in Deutschland durch die Bundespolizei und den Zoll.

In Ausnahmefällen, z. B. bei internationalen Großveranstaltungen wie Fußballeuropa- und Weltmeisterschaft oder Gipfeltreffen, kann das Schengen-Übereinkommen vorübergehend außer Kraft gesetzt und Grenzkontrollen eingeführt werden (Art. 2 des Vertragswerks). Als Ausgleich für die fehlenden Grenzkontrollen wurde ein elektronischer Fahndungsverbund (das Schengener Informationssystem) geschaffen und die Schleierfahndung und die polizeiliche Nacheile (kurzfristige Verfolgung von Straftätern auf ausländischem Staatsgebiet) eingeführt.

Im Vertrag von Amsterdam (2. Oktober 1997) wurde beschlossen, das Übereinkommen von Schengen in das EU-Recht zu integrieren. Dies wurde am 1. Mai 1999

umgesetzt. Die Folge ist, dass alle folgenden Neumitglieder der EU das Schengenabkommen unterzeichnen müssen. Die Inselstaaten wie das Vereinigte Königreich und Irland setzten eine Ausnahmeregelung durch und führen weiterhin Kontrollen an ihren Grenzen durch. Allerdings wehren sich diese Länder anders als beim völkerrechtlichen Abschluss des Schengener Abkommens nicht mehr gegen die Integration des Schengen-Besitzstands in den Rahmen der EU. Aufgrund des Schengen-Protokolls wurde es in den rechtlichen Rahmen der EU überführt. Seither sind die Organe der EU für die Fortentwicklung des Schengener Rechts verantwortlich, ohne dass dies notwendig in allen Mitgliedstaaten gilt. Dies ist eine Sonderform der Ungleichzeitigkeit innerhalb der EU nach dem Vorbild der Währungsunion.

Am 14. Juni 1985 unterzeichneten die Vertreter der fünf EU-Mitgliedstaaten Westdeutschland, Frankreich, Belgien, Niederlande und Luxemburg im deutsch-französisch-luxemburgischen Dreiländereck bei Schengen (Luxemburg) an der Mosel auf dem Fahrgastschiff „Princesse Marie-Astrid" das Schengener Übereinkommen. Für dieses historische Ereignis wurde Schengen ausgewählt, da es gemeinsam mit seinen Nachbargemeinden Perl (Deutschland) und Apach (Frankreich) einen Knotenpunkt in der Mitte Europas bildet.

Am 19. Juni 1990 unterzeichneten die genannten Länder dann das Schengener Durchführungsübereinkommen, in dem die konkreten Verfahrensabläufe der Umsetzung des Übereinkommens in gesetzlicher und technischer Hinsicht festgelegt sind. In den neuen Bundesländern auf dem Gebiet der ehemaligen DDR trat das Abkommen mit der Deutschen Wiedervereinigung am 3. Oktober 1990 automatisch in Kraft.

Inzwischen haben 33 Länder das Abkommen unterzeichnet bzw. nehmen faktisch an ihm teil. Es ist zu unterscheiden zwischen dem formalen Inkrafttreten des multilateralen Vertrages (nach Ratifikation durch alle teilnehmenden Staaten) und der faktischen Abschaffung der Grenzkontrollen. Die Grenzkontrollen können in einem Land erst dann abgeschafft werden, wenn die technischen Voraussetzungen (z. B. die Anbindung des Landes an das Schengener Informationssystem) erfüllt sind. Dies nimmt in der Regel einige Jahre in Anspruch.

Lounges Unter dem Begriff Lounges versteht man im Bereich eines Flugplatzes Aufenthaltsräume für Passagiere, die die Zeit zwischen zwei Flügen überbrücken müssen, oder ungestört auf einen gebuchten Flug warten möchten. Der Zugang zu den Lounges, die von Luftverkehrsgesellschaften, Kreditkartenanbietern und sonstigen Gewerbetreibenden vorgehalten werden, unterliegt Zugangsberechtigungen, die nach Art der Privilegien der Nutzer gestaffelt sind. Für Passagiere ohne besondere Privilegien sind teilweise entgeltliche Lounges anzutreffen. Das Angebot der verschiedenen Leistungen und Dienste in Lounges umfasst Speisen und Getränke unterschiedlichen Umfangs und Qualität, internationale Zeitschriften und Zeitungen, Internetzugang, Arbeitsmöglichkeiten für Geschäftsreisende bis hin zu Duschräumen. Über Monitore und durch Ansagen werden die Gäste (Passagiere) über den laufenden Flugbetrieb informiert, Abflüge werden aufgerufen.

Abfluggates Mit dem Begriff Gate (Tor, hier Flugsteig) wird an Flugplätzen der Bereich bezeichnet, der für Passagiere und ggf. auch Crews vom Terminal zu den Flugzeugen führt. Nach Betreten des jeweiligen Terminals geben die Passagiere am Check-in-Schalter ihrer Luftverkehrsgesellschaft unter Vorlage ihres Tickets sowie der Personaldokumente das Gepäck auf. Sie erhalten dann ihre Bordkarte mit Sitzplatz- und der Abfluggatenummer (falls nicht schon elektronisch vorhanden). Gates sind je nach vorgesehener Nutzung mit oder ohne Sicherheits- und Ausweiskontrollen ausgerüstet. Die Passagiere können in einem Wartebereich am Flugsteig auf ihren Abflug warten und bei internationalen Flügen zollfrei (travel-value, duty-free) einkaufen. Am Gate findet nach dem Aufruf zum Boarding (Betreten des Flugzeug) die Kontrolle der Bordkarten statt. Dadurch wird sichergestellt, dass Fluggast und Gepäck gemeinsam den richtigen Flug antreten.

Die Passagiere gelangen dann auf drei unterschiedliche Weisen zum Flugzeug. Wird ein Flugzeug direkt am Terminal abgestellt, kann es mit einer beweglichen Fluggastbrücke („Finger“) mit dem Flugzeug verbunden werden. Durch diesen Durchgang gelangen die Fluggäste direkt vom Wartebereich (Gate) in das Flugzeug. Der Finger wird nach dem Parken von einem Operator mit Hilfe einer hydraulischen Steuerung an die vordere Tür des Flugzeuges gefahren. Größere Flugplätze besitzen an einem Gate auch mehrere Fluggastbrücken, die es bei Großraumflugzeugen ermöglichen, dass Passagiere das Flugzeug gleichzeitig durch mehrere Fluggastbrücken betreten. Der Airbus A380 kann aus zwei Ebenen betreten werden.

Bei der zweiten Variante besteht das Gate aus einfachen Türen, die sich zum Vorfeld hin öffnen. Passagiere gelangen durch diese Türen zu einem Bus, der sie zum Flugzeug bringt. Hierdurch wird vermieden, dass die Passagiere sich zu Fuß über das Vorfeld zum Flugzeug begeben, das u.U. einige hundert Meter vom Terminal entfernt abgestellt ist (Vorfeldposition). In diesem Falle besteigen die Fluggäste das Flugzeug über flugzeugeigene oder herangefahrene Treppen (Gangway).

Bei der dritten Variante handelt es sich um Mobile Lounges. Diese busähnliche Fahrzeuge docken am Gate an, nehmen die Passagiere auf und fahren sie zum Flugzeug. Die Fahrzeuge verfügen an beiden Enden über Fahrerstände und können die Passagierkabine jeweils der Höhe des Gateausgangs am Terminal und der Flugzeugtür anpassen.

22.16.14.5 Personen-Transportsysteme (Air-Rail)

Bei flugplatzinternen Personentransportsystemen (Automated People Movers) handelt es sich um führerlose schienengebundene Fahrzeuge, die automatisch zwischen den Terminalgebäuden eines Flugplatzes betrieben werden, um Passagiere zwischen den Terminalgebäuden zu befördern. Die Fahrzeuge verkehren auf separaten Trassen und halten in verschiedenen Bereichen der Terminals (z. B. Flugsteig A, B, C etc.). Die Passagiere werden durch automatische Ansagen über den jeweiligen Halt informiert. Abbildung 22.135 zeigt das Personentransportsystemen des Frankfurter Verkehrsflughafens, das die Terminal 1 und 2 verbindet.

Terminal-Transportsysteme Verfügt das Terminal über mehrere Ebenen (Etagen), so sind Rolltreppen und Fahrstühle verfügbar. Um größere Entfernungen auf einer Ebene

Abb. 22.135 Personentransportsystem des Verkehrsflughafens Frankfurt/M [167]

zu überwinden, sind größtenteils Laufbänder installiert. Diese sind an den Gates unterbrochen, sodass die Passagiere jedes Abfluggate direkt erreichen können (Abb. 22.136).

Für gehbehinderte oder anderweitig hilfsbedürftige Passagiere jeglicher Art verfügen die Luftverkehrsgesellschaften u./o. die Flughafenbetreiber über akkubetriebene, meist 4-6-sitzige offene Fahrzeuge, mit denen die hilfsbedürftigen Passagiere von Bediensteten der Luftverkehrsgesellschaften u./o. der Flughafenbetreiber zu den Gates gefahren werden (Abb. 22.137).

Die Luftverkehrsgesellschaften u./o. die Flughafenbetreiber stellen auch Rollstühle zum Transport von gehbehinderten Passagieren im Terminal zur Verfügung. Zum Transport von Gepäck sind meist Trolleys (Handgepäckwagen), teilweise gegen Entgelt, vorhanden.

22.16.14.6 Passagierservicedienstleistungen/-einrichtungen

Als wichtigste Dienstleistungen zur Versorgung der Passagiere sind sicherlich der medizinischen Notfalldienste zu nennen. Je nach Größe eines Flugplatzes und nach Passagieraufkommen ist der Umfang der Dienste und die medizinische Ausstattung allerdings höchst unterschiedlich. Sie umfasst Einrichtungen für Notfallambulanzen mit Röntgengeräten, Operationseinrichtungen, Laboreinrichtungen, Schockräumen, Quarantäneabteilungen, Einrichtungen für HNO- und Augenuntersuchungen, Impfungen

Abb. 22.136 Laufbänder im Terminal 1 (A-Bereich) des Verkehrsflughafen Frankfurt/M [167]

und ggf. auch Impfberatungen, bis hin zu Zahnarztpraxen. Zur Ausrüstung zählen auch Spezialfahrzeuge für behinderte und erkrankte Personen/Passagiere (Behindertenservice, Krankenrollstühle).

Weiterhin sind folgende Einrichtungen an Flugplätzen zu nennen: Restaurants, Erlebnisgastronomie, Apotheken, Optiker, Rechtsanwaltpraxen, Reinigungen, Friseure, Fundbüros, Banken, Geldwechselstellen, Geldautomaten, Gepäckaufbewahrung, Duschen/Bäder, Dokumentenservice, Reisebüros, Hundepensionen, Besucherservice, Kinderbetreuung (Kinderspielplatz), Babywickelräume, Kirchlicher Sozialdienst, Andachtsraum, Behinderten-Wartezonen, Behinderten-Telefone, Behinderten-WC, Trinkbrunnen, Tankstellen, Hotels, Tagungsräume.

22.16.14.7 Institutionelle Einrichtungen

Der institutionelle Bereich ist an Verkehrsflughäfen meist mit folgenden Dienststellen vertreten: Dem Flugsicherungsunternehmen (DFS Deutsche Flugsicherung) oder der Luftaufsicht, dem Fluglärmschutz-/Umweltbeauftragten, dem Flughafenkoordinator für die Bundesrepublik Deutschland (nur Verkehrsflughafen Frankfurt), dem Zollamt, der Bundespolizei, einer Polizeidirektion, der Flughafen-Feuerwehr, einer Poststelle sowie der Flugplatzverwaltung.

Abb. 22.137 Terminaltransportsystem für hilfsbedürftige Passagiere [167]

22.16.14.8 Non-Aviation- (Retail-) Bereich

Die Immobilien- und Flächenvermarktung gewinnt an großen Verkehrsflughäfen immer mehr an Bedeutung. Unter dem Begriff „Airport-Retailing" versteht man die Geschäftsfelder Einzelhandel, Duty-Free/Travel-Value, Gastronomie, Banken & Geldwechsel, Telekommunikation, Werbung und Autovermietung. Auf der Einnahmeseite verbuchen namhafte internationale Verkehrsflughäfen heute bereits mehr als 50 % aus diesem, auch als „Non-Aviation Business" bezeichneten Geschäftsfeld. Der Flugplatz als „ Erlebniszentrum" oder „Einkaufmeile" ist dabei, sich zu etablieren. Das Angebot ist reichhaltig und umfasst vom Exklusivimbiss bis hin zum gehobenen Herren- und Damenbekleidungsausstatter die Sparten Kosmetik, Foto, Optik, Buchhandel etc. In den Terminals des Verkehrsflughafens Frankfurt erwarten den Reisenden u./o. Besucher beispielsweise etwa 85 Läden und 20 Travel-Value Shops, die zum Einkauf einladen.

Die sinnvolle Integration der Läden und Serviceeinrichtungen in den originären Flugplatzbetrieb stellt sich teilweise als schwierige Aufgabe dar. Einerseits müssen die Passagiere möglichst nahe an den Läden vorbeigeführt werden, um die präsentierten Angebote wahrzunehmen und die Kauflust anzuregen, andererseits sollten die Läden die Passagierströme auf dem Weg vom Check-in zum Abfluggate nicht behindern.

22.16.14.9 Generelle Dimensionierungskriterien eines Passagierterminals

Für generelle Dimensionierungskriterien sind zusammenfassend zu berücksichtigen:

- Anzahl der Passagiere, die in den (der) Spitzenstunde zu erwarten sind,
- Flugpläne der Luftverkehrsgesellschaften, d. h. Anzahl der gleichzeitig abzuferti- gende Flugzeuge,
- Art der Verkehre (international, national, Charterflüge, Billigflüge etc.),
- Check-in Konfiguration und Prozentzahl der Passagiere mit elektronischen Tickets,
- „Level of Service“ einschließlich der zugemuteten Wartezeiten für die Passagiere (Check-in, Sicherheitskontrollen etc.),
- Quantitatives Verhältnis zwischen Besuchern und Fluggästen,
- Zugemutete durchschnittliche Verweildauer der Passagiere für alle transportbezogenen Prozesse im Terminal.

Zur Abwicklung aller transportbezogenen Prozesse sind entsprechende Einrichtungen, auch unter sicherheitsrelevanten Aspekten, bautechnisch im Terminal zu realisieren. Unterschiedliche Passagierströme (Schengen-, Non-Schengen-Passagiere, ankommende Passagiere, abfliegende Passagiere, Transit Passagiere, Transfer Passagiere) müssen, räumlich getrennt, auf kurzen Wegen geführt werden, wobei auch Einzelhandel, Duty-Free/Travel-Value, Gastronomie, Banken & Geldwechsel, einschließlich der vorgeschriebenen administrativen Kontrollstellen, zu berücksichtigen sind. Auch Fluchtwege zur Evakuierung des Terminals sind hindernisfrei vorzusehen.

22.16.14.10 Kapazitäten von Passagierterminals

Neben den Kapazitäten auf der Luftseite eines Flugplatzes (Start-/Landebahnkapazität, Kapazität der Luftfahrzeugstandplätze, Bodenabfertigungskapazität) ist auch die Kapazität im Terminalbereich von großer Bedeutung. Dabei geht es nicht so sehr um den globalen Vergleich zwischen dem aktuellen Passagieraufkommen pro Jahr (Verkehrsstatistiken) und der Passagierzahl, für die ein bestimmtes Terminal „ausgelegt“ ist, sondern um die angesprochene Abfertigungskapazität des Terminals in der Spitzenstunde (verkehrsreichste Stunde) des Flugplatzes. Die Spitzenstunde ist nicht zuletzt abhängig vom Flugplan und kann mehrfach im Verkehrsjahr auftreten.

Die Anforderungen an die Abfertigungskapazitäten in der Spitzenstunde zeigen temporär den Grad der Auslastung eines Terminals. Ein aktueller Überblick über diese Terminalauslastungen an den internationalen Verkehrsflughäfen in Deutschland existiert nicht. In den letzten Jahren wurden allerdings verschiedene Terminal durch Baumaßnahmen erweitert, weitere Flugplätze planen Erweiterungen oder auch zusätzliche neue Terminals. Diese Maßnahmen zeigen, dass die kapazitiven Engpässe auf deutschen Verkehrsflughäfen nicht nur die Luftseite betreffen, sondern dass auch im Terminalbereich die Kapazitäten teilweise erreicht, oder überschritten werden. Abbildung 22.138 zeigt das Terminal 1 mit den Flugsteigen A (A+ im Bau) des Verkehrsflughafens Frankfurt/M [102]. Abbildung 22.139 zeigt das Terminal 2 des Verkehrsflughafens Frankfurt/M mit einer Vorfeldkontrolle [102].

Abb. 22.138 Terminal 1 mit Flugsteig A des Verkehrsflughafens Frankfurt/M [102]

Abb. 22.139 Terminal 2 des Verkehrsflughafens Frankfurt/M mit Vorfeldkontrolle [102]

22.16.15 Elemente des Fracht-Terminalbereichs eines Flugplatzes

Luftfrachtterminals sind die Umschlagspunkte des Luftfrachtverkehrs zwischen bodengebundenen Verkehrsträgern (Straße/Schiene) und dem Flugzeug. Luftfrachtterminals können ihre Funktionen nur erfüllen, wenn die Abfertigungseinrichtungen d. h. die Schnittstellen und der Transferbereich der Waren/Güter für einen schnellen, zweckmäßigen und wirtschaftlichen Umschlag der Luftfracht zwischen den involvierten Transportmitteln ausgelegt sind. Die Interessen der Luftverkehrsgesellschaften, der Luftfrachtversender, der Spediteure und der Betriebsgesellschaften der Luftfrachtterminals müssen berücksichtigt, und aufeinander abgestimmt sein.

22.16.15.1 Auslegungskriterien von Luftfrachtterminals

Die Dimensionierung eines Luftfrachtterminals sowie die Abfertigungseinrichtungen werden entscheidend durch die Zusammensetzung des Luftfrachtaufkommens nach Anteilen für Empfang, Versand und Transit, Inlands- und Auslandsverkehren in Nurfrachtflugzeugen und in Passagierflugzeugen mit Beiladefracht, die verschiedene Stückgrößen und Stückvolumen erfordern, bestimmt. Diese Parameter erfahren bei einzelnen Flugplätzen sehr unterschiedliche Ausprägungen, die sich über der Zeit ändern können. Es ist daher nicht möglich, einen generellen Grundentwurf für Luftfrachtterminal zu erstellen, der im Bedarfsfall an den Umfang des Frachtvolumens flexibel anzupassen wäre.

Luftfrachtterminals müssen folgenden Auslegungskriterien genügen:

- Das Gebäude und die Abfertigungseinrichtungen müssen so gestaltet sein, dass jede Art von Luftfracht wie Stückgüter, Schwergüter, Fracht auf Paletten und in Containern abgefertigt werden können;
- Die eingehende und abgehende Fracht muss mit einem Minimum an Zeit aufwand und Kosten abgefertigt werden. Dies gilt im Besonderen für die Ent- und Beladung der Flugzeuge und der Frachtzubringerfahrzeuge;
- Das Gebäude und die Abfertigungseinrichtungen müssen eine möglichst fle- xible Anpassungsfähigkeit an eventuelle Veränderungen in der Zusammensetzung der Luftfracht besitzen. Dies gilt auch für die täglichen und jahreszeitlichen Schwankungen des Frachtvolumen;
- Erweiterungen des Gebäudes müssen mit geringen Änderungen am Gebäudekonzept, an der Gebäudekonstruktion und an den Abfertigungseinrichtungen möglich sein;
- Die erforderlichen Kapitalinvestitionen für Gebäude und Abfertigungseinrichtungen müssen mit der voraussichtlichen Entwicklung des Frachtumschlages im Einklang stehen;
- Ein wirtschaftlicher Einsatz der menschlichen Arbeitskraft muss unter sicheren Arbeitsbedingungen gewährleistet sein;
- Die Wartung von Gebäude und Abfertigungseinrichtungen muss einfach und kostengünstig sein.

22.16.15.2 Typen von Luftfrachtterminals

Für eine grundsätzliche Betrachtung können Luftfrachtterminals in Grundtypen unterteilt werden. Entsprechend der Funktion des Terminals können drei Grundtypen unterschieden werden:

1. Luftfrachtterminal für Flugplätze, bei denen der Luftfrachtumschlag im wesentlichen oder ausschließlich aus dem ankommenden und abgehenden Originäraufkommen des Flugplatzes besteht;
2. Luftfrachtterminal für Flugplätze, die eine wesentliche Umschlagsfunktion für die umliegenden Flugplätze erfüllen, und bei denen daher die Umladungen neben dem Originäraufkommen einen starken Anteil am gesamten Frachtumschlag ausmachen;
3. Luftfrachtterminal für Flugplätze, bei denen sich der Frachtumschlag im wesentlichen oder ganz aus Umladungen zusammensetzt und daher kaum Flächen für die Frachtlagerung erforderlich sind.

Die genannten Grundtypen können entsprechend dem Anteil des grenzüberschreitenden Verkehrs weiter unterteilt werden nach:

- Gebäuden mit keinem oder keinem nennenswerten Anteil an Auslandsfracht, und
- Gebäuden mit wesentlichem Anteil an Auslandsfracht.

Entsprechend der Organisationsform der Frachtabfertigung kann nach zwei grundsätzlich verschiedenen Anlageformen unterschieden werden:

1. Anlagen mit zentraler Abfertigung. Hierunter fallen Anlagen, die von einer oder mehreren Gesellschaften benutzt werden, bei denen die Abfertigung für alle Benutzer jedoch durch einen Träger wie Flugplatzbetriebsgesellschaft, Frachtumschlagsgesellschaft oder Luftverkehrsgesellschaft erfolgt;
2. Anlagen mit dezentraler Abfertigung. Diese Anlagen werden von mehreren Luftverkehrsgesellschaften gemeinsam benutzt, wobei jede Gesellschaft ihre eigene Abfertigung durchführt. Im allgemeinen haben die Luftverkehrsgesellschaften im Terminal getrennte Abfertigungsbereiche, die vom Eigentümer des Terminals, z. B. der Flugplatzbetriebsgesellschaft, errichtet werden. In der Praxis treten auch Mischformen dieser Anlageformen auf, z. B. Anlagen, bei denen die abgehende Luftfracht dezentral durch die einzelnen Luftverkehrsgesellschaften abgefertigt wird, während die Abfertigung der ankommenden Fracht zentral durch die Flugplatzbetriebsgesellschaft oder eine Frachtumschlaggesellschaft erfolgt.

22.16.15.3 Lage von Luftfrachtterminals

Bei der Standortwahl für Luftfrachtterminals sollten, um einen zweckmäßigen Ablauf des Frachtumschlags zu gewährleisten und Potentiale für zukünftige Entwicklungen zu berücksichtigen, vor allem folgende Punkte berücksichtigt werden:

- Die Luftfracht-Abfertigungsanlage muss auf den Generalausbauplan des Flugplatzes und das Start-/Landebahnsystem abgestimmt sein;
- Die vorgesehene Gesamtfläche muss ausreichend Raum für Erweiterungen des Frachtbereiches bieten, insbesondere müssen die vorgesehenen Abfer- tigungsflächen einschließlich der Vorfelder so angelegt sein, dass unterschiedliche Flugzeugmuster und steigender Frachtumschlag aufgenommen werden können;
- Die Rollwege zwischen dem Start-/Landebahnsystem und dem Luftfrachtterminal sollte angemessen gering sein. Frachtvorfelder sollten möglichst direkt über Rollbahnen mit dem Start-/Landebahnsystem verbunden sein;
- Die Luftfracht-Abfertigungsanlage sollte vom Passagierabfertigungsbereich räumlich getrennt sein. Bei der Standortwahl ist jedoch der erforderliche Fahrzeugverkehr zwischen den Standplätzen der Frachtflugzeuge und für Passagierflugzeuge zu berücksichtigen;
- Zwischen Passagierabfertigungsbereich und Luftfracht-Abfertigungsanlage sollte eine gute und direkte Betriebsstraße ohne Kreuzungsverkehr mit Rollbahnen bestehen;
- Das Luftfrachtterminal sollte in räumlicher Nähe des Flughafenzubringerstraßensystems liegen. Die Straßenanbindung sollte jedoch von der Straßenanbindung des Passagierterminals getrennt sein.

22.16.15.4 Abfertigungsbereiche von Luftfrachtterminals

Die Gesamtanlage eines Luftfrachtterminals lässt sich in drei Hauptabfertigungsbereiche einteilen, die sich wiederum untergliedern lassen:

1. Den Vorfahrtbereich (Landseite), bestehend aus:
   - Zufahrtsstraße;
   - Bewegungsflächen für Lastkraftwagen und Personenkraftwagen;
   - Ladepositionen am Terminal einschließlich, soweit vorhanden, der Laderampe;
   - Parkständen für Lastkraftwagen sowie für Personenkraftwagen der Kunden und Angestellten.
2. Den Terminalbereich, der sich in folgende Unterbereiche aufgliedern lässt:
   - Frachtannahme-/-ausgabebereich an der Straßenseite des Gebäudes;
   - Sortierbereich für abgehende und ankommende Fracht;
   - Lagerbereich für abgehende und ankommende Fracht;
   - Frachtlade-/-entladebereich mit Flächen zum Be- und Entladen von Dollies mit Paletten oder Containern,
   - Lagerräume für Spezialfracht (Wertfracht, radioaktives Material, Tiere, Kühlgüter etc.);
   - Verwaltungsbereich mit Büros für Luftverkehrsgesellschaften, Spediteure, Sicherheitsdienste, Bundespolizei, Zoll etc.

Abbildung 22.140 zeigt den Frachtlade-/-entladebereich mit Flächen zum Be- und Entladen von Dollies mit Paletten oder Containern.

3. Den Vorfeldbereich (Luftseite), bestehend aus:
   - Ladepositionen für gebäudenahe Flugzeugaufstellung;
   - Ladepositionen für nicht gebäudenahe Flugzeugaufstellung;

Abb. 22.140 Frachtlade-/-entladebereich mit Flächen zum Be- und Entladen von Dollies mit Paletten oder Containern [102]

- Bewegungsflächen für Vorfeldfahrzeuge und Lademittel (-geräte);
- Abstellflächen für Vorfeldfahrzeuge und Ladegeräte, sofern entsprechende Abstellflächen nicht im Terminalbereich vorgesehen sind.

22.16.16 Luftfrachtzentren

Der Übergang des Transports von Gütern zwischen dem Land- und Luftverkehr erfolgt an den Flugplätzen. Die spezifischen Anlagen und Einrichtungen für den Luftfrachtumschlag sind auf größeren Flugplätzen in Luftfrachtzentren zusammengefasst. Diese bieten die verschiedenen Abfertigungs- und Umschlagdienstleistungen komplett an. Die Gebäude und Anlagen zur Frachtabfertigung werden entweder vom Flugplatzbetreiber, den Abfertigern zur Verfügung gestellt, oder von den Abfertigern selbst errichtet, unterhalten und betrieben. Die Abfertigung von Luftfracht am Flugplatz erfolgt durch die Luftverkehrsgesellschaften selbst, oder durch einen von diesen beauftragten Luftfrachtabfertiger. Die Bedeutung eines Flugplatzes als logistischer Knotenpunkt hängt von seinem Luftverkehrsangebot und seinem Abfertigungsangebot ab. In der Luftfracht sind die Luftverkehrsgesellschaften, Vorfeld- und Frachtabfertiger, Integratoren, sowie Express- und Kurierdienste engagiert. Eine wichtige Rolle spielt für alle Beteiligten der Zoll, der für die Frachtabfertigung eigene Dienststellen unterhält. Spediteure sind überwiegend im Umfeld von Frachtzentren außerhalb des Flugplatzes angesiedelt, teilweise aber auch innerhalb der Frachtzentren oder auf dem Flugplatzgelände.

Abgesetzt von den Luftfrachtzentren innerhalb der Flugplätze, in Nähe der Passagierabfertigungsanlagen, finden sich oft noch zusätzliche Frachteinrichtungen. Diese dienen der Abfertigung für besonders eilige Sendungen mit kurzen Wegen oder dem Direktumschlag zwischen Passagierflügen. Getrennt von der Luftfracht erfolgt üblicherweise auch die Postabfertigung.

Die Ladungen bzw. Ladeeinheiten des Lufttransports werden innerhalb des Flugplatzes überwiegend auf Anhängern in Form von Schleppzügen transportiert. Anhängerzüge erlauben die bestmögliche Flexibilität und Beweglichkeit im Umfeld der Flugzeugbeladung. Die Anhänger können ohne Umschlag der Ladung von der Flugzeugposition bis innerhalb der Frachtabfertigungsgebäude eingesetzt werden.

Durch entsprechende Zusammenstellung und Aufteilung der Züge sind Sammelfahrten, reihenfolgegerechte Ladungsbildung oder die Verteilung auf verschiedene Ziele (Flugzeuge) leicht möglich. Die Anhänger können auch für Puffer- und Bereitstellzwecke abgestellt werden, während die Zugfahrzeuge (Schlepper) effizient einsetzbar sind. Die Steuerung der Abläufe erfolgt meist über die Kommunikation zwischen Leitstand und den Schlepperfahrern. Inzwischen sind Datenfunk, mobile Datenerfassung und Bordterminals für die Bearbeitung der Fahraufträge Stand der Technik. Für Flugzeug-Ladeeinheiten werden hauptsächlich zwei spezielle Typen von Anhängern (Dollies, Abb. 22.141 und 22.142) eingesetzt:

Abb. 22.141 Dolly [102]

Abb. 22.142 Hybridfahrzeug mit Dollies [102]

1. 10-Fuß-Paletten-Anhänger:
   - Rollenbett überwiegend quer zum seitlichen Auf- und Abrollen der Einheit;
   - Nutzlast ca. 7 Tonnen;
   - Länge incl. Deichsel ca. 4 m;
   - Breite 3,5 m;
2. LD-3-Container-Anhänger:
   - Rollenbett längs, quer oder drehbar üblich;
   - Nutzlast ca. 2 Tonnen;
   - Länge incl. Deichsel rund 3,5 m;
   - Breite je nach Rollenbettrichtung 1,8–2,3 m.

Die Rollenbetten der Dollies haben größtenteils eine Systemhöhe von 508 mm. Dieser weltweite Standard vereinheitlicht die Übergabehöhen zu anderen mobilen und stationären Fördertechniken. Lose Fracht wird in Anhängern transportiert, die als offene Plattformwagen oder mit allseitig gesicherter Ladefläche ausgeführt sein können.

Generell sind die Schleppzüge auf Grund der extremen Abmessungen der Dollies, der zulässigen Länge der Schleppzüge – vier bis fünf Einheiten – und der oft ungebremsten Bauart der Anhänger, in ihrer Geschwindigkeit auf maximal 30 km/h begrenzt und nur innerhalb des Flugplatzes auf den Betriebsstraßen und auf dem Vorfeld zugelassen. Da dies die einzigen nennenswerten Einschränkungen sind, haben sich alternative Transporttechniken, wie beispielsweise Spezial-Lkw's oder spezielle Sattelauflieger, hier nicht durchgesetzt.

22.16.17 Umschlagprozesse

Bezogen auf eine Frachtanlage werden drei Umschlagprozesse für Luftfracht unterschieden:

1. Export: Annahme der Fracht auf der Landseite und Ausgang der Fracht auf der Luftseite, d. h. Verladung in ein Flugzeug;
2. Import: Eingang der Fracht von der Luftseite (vom Flugzeug) und Auslieferung auf der Landseite, d. h. Verladung in einen LKW oder schienengebundener Weitertransport;
3. Transfer bzw. Transit: Eingang der Fracht vom Flugzeug und Ausgang (Weiterleitung) zu einem weiteren Flugzeug.

In allen Umschlagprozessen können jeweils ganze Flugzeug-Ladeeinheiten (Complete Unit Handling) umgeschlagen werden. Bulk-Flüge, d. h. lose Anlieferung und Auslieferung sowie Abbau und Aufbau von Einheiten erfordern dagegen die Abfertigung von einzelnen Sendungen und Frachtstücken. Wenn im Luftfrachtersatzverkehr (bodengebunden) Flugzeug-Ladeeinheiten transportiert werden, können diese innerhalb des Terminals wie die flugzeugbezogene Luftfrachtabfertigung betrachtet werden. Diese Verkehre werden buchungstechnisch wie Flüge behandelt. Der Umschlag zwischen Luftfrachtersatzverkehren (Road Feeder Services) und Lufttransporten wird meist als Transfer gezählt. Unter logistischen Aspekten ist die Unterscheidung „Landverkehr oder Luftverkehr" sowie „Complete Unit oder Bulk Handling" sinnvoller, da auch im Vor- und Nachlauf (Import/Export) zunehmend Flugzeug-Ladeeinheiten umgeschlagen werden. Parallel zu den unterschiedlichen Prozessen, jedoch auf physisch getrennten Wegen, erfolgt der Dokumentenumschlag. Die Dokumente sind an Bord des Flugzeuges separat in Bordtaschen vorhanden. Innerhalb des Flugplatzes werden die Bordtaschen mit eigenen Fahrdiensten transportiert. Die Aufteilung und Zusammenstellung der Dokumente (Dokumentenhandling) erfolgt meist zentral in den jeweiligen Frachtterminals synchron zum physischen Handling der Fracht [9]. Die prinzipielle Struktur des Frachtumschlags zwischen Landseite und Luftseite zeigt Abb. 22.143.

22.16.18 Luftfrachtabfertigung

Die zentralen Aufgaben der Luftfrachtabfertigung (dokumentarisches und physisches Luftfrachthandling) sind die Vorbereitung, Zusammenstellung und Herstellung der Flugzeugladung sowie deren Auflösung, Sortierung und Verteilung einschließlich der Dokumente.

22.16.18.1 Physische Abfertigung

Die für die Luftfracht spezifische Abfertigungstätigkeit ist der Aufbau (ULD Build-up) und Abbau (ULD Break-down) von Flugzeug-Ladeeinheiten. Auf fast allen Flügen wird entweder ausschließlich lose Fracht oder lose Fracht zusätzlich zu den Ladeeinheiten transportiert. Parallel oder kombiniert mit dem Auf- und Abbau erfolgt deshalb die Abfertigung loser Fracht. Diese wird von den Transportmitteln, die auch für den Transport vom und zum Flugzeug eingesetzt werden, direkt entladen und oder verladen.

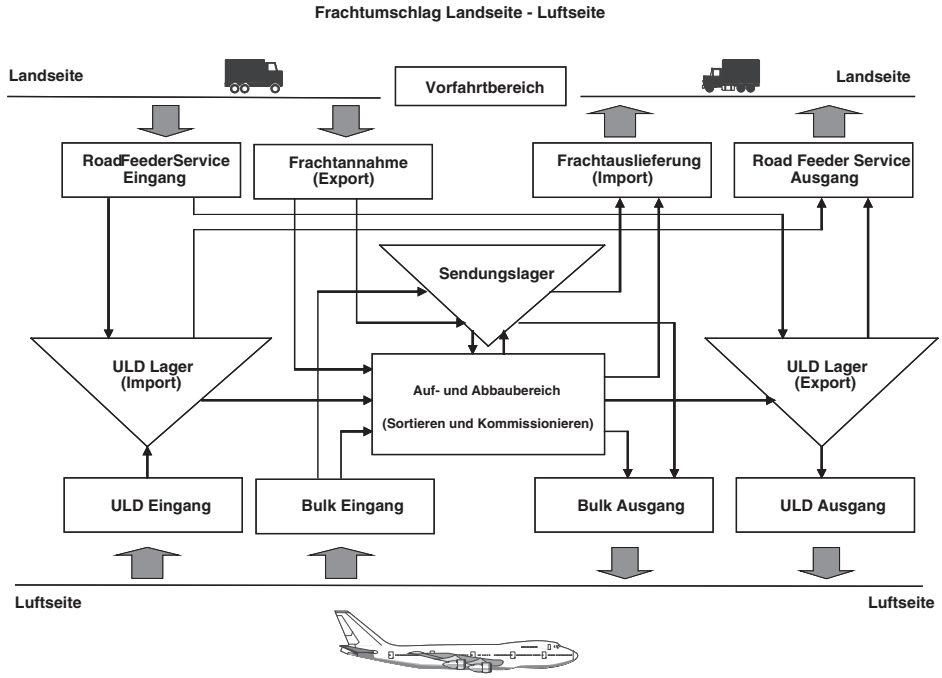


Abb. 22.143 Prinzipielle Struktur des Frachtumschlags zwischen Landseite und Luft- seite [167]

Die verfügbaren Lager werden generell in zwei Typen unterschieden. Dies sind einerseits die Sendungslager für loses Stückgut und andererseits die ULD-Lager für komplette Flugzeug-Ladeeinheiten.

Auf der Landseite erfolgt die Abfertigung der Lkw's. Dort wird die Entladung und Beladung von losen Frachtstücken und palettierten Sendungseinheiten meist über Laderampen abgewickelt. Die Be- und Entladung der Lkw's mit Flugzeug-Ladeeinheiten erfolgt über spezielle Lkw-Abfertigungseinrichtungen, die im Prinzip als Hubtische mit ULD-Rollendecks ausgeführt sind.

22.16.18.2 Eingangs- und Ausgangsabfertigung

Da aus dem Eingang und Ausgang der Flüge die spezifischen Tätigkeiten der Luftfrachtabfertigung resultieren, unterscheidet man sowohl bezogen auf die Flugzeug-Ladeinheiten als auch die lose Fracht nach Eingangs- und Ausgangsabfertigung. Die prinzipiellen Stationen der Eingangsabfertigung sind:

- Eingangsrückstau: ULD auf Dollies oder in einem ULD-Lagersystem, lose Fracht auf Frachtwagen;
- Zuführung ULD-weise, möglichst nach zeitlichen Prioritäten;
- Abbau der Einheiten, Vereinzelung, Datenerfassung und Sortierung der Sendungen nach Weiterbearbeitung oder Weiterleitung;

- Verteilung auf Sendungslager zur Zwischenlagerung, direkte Weiterleitung zum Ausgang oder zur Auslieferung.

Die Ausgangsabfertigung unterscheidet folgende prinzipiellen Abschnitte:

- Auswahl der Fracht gemäß Buchungsvorgaben, die sich auf einzelne Ladeeinheiten oder einen ganzen Flug beziehen;
- sukzessiver Abruf und Zuführung aus den Lagern, der Eingangsabfertigung und Anlieferung;
- Zusammenstellung der Fracht und Aufbau der Einheiten, Datenerfassung für die Manifestierung (Erstellung der ULD- bzw. flugbezogenen Ladeliste);
- Abtransport und Verwiegung der ULD bzw. Ladung der Frachtwagen (diese Verwiegungsdaten dienen der „Mass and Balance“ Ermittlung);
- Ausgangsbereitstellung: ULD auf Dollies oder in einem ULD-Lagersystem, lose Fracht auf Frachtwagen.

22.16.18.3 Arbeitsstationen für Flugzeugpaletten

Die für die Luftfrachtabfertigung besonders typischen Arbeitseinrichtungen sind Arbeitsstationen für den Abbau und Aufbau von Flugzeugpaletten. Diese Arbeitsstationen stellen die Bereiche dar, in denen die flugzeugspezifischen Ladeeinheiten manuell bearbeitet werden. Sie bilden die Schnittstellen zu den innerbetrieblichen Transport- und Lagerprozessen. Die Gestaltungsanforderungen an diese Arbeitsstationen resultieren aus den Dimensionen sowie der Vielfalt möglicher Flugzeug-Ladeeinheiten, aus den innerbetrieblich eingesetzten Arbeitsmitteln und Hilfsmitteln sowie aus der Arbeitsweise. Eine besondere Bedeutung haben die ergonomischen Aspekte, da hier aufgrund der Inhomogenität der Ladungen und der Variabilität der Tätigkeiten ein hoher Grad manueller Arbeit verrichtet wird. Die Flugzeug-Ladeeinheit wird entweder auf dem Dolly, oder auf einer mobilen oder einer stationären ULD-Fördereinrichtung bearbeitet.

Für palettierte Flugzeugladeeinheiten ist die allseitige Zugänglichkeit wichtig, Container können nur von einer Seite be- und entladen werden. Zur Bearbeitung von MD-Ladeeinheiten (2,4 bis über 3 m Höhe) ist es der Stand der Technik, dass einzelne ULD-Positionen absenkbar sind. Eine gruppenweise Anordnung der Arbeitsstationen ist günstig. Wenn mehrere ULD-Positionen zusammengefasst sind, kann kritische Ladung entsprechend den Restriktionen des Ladeplanes für das Flugzeug, auf verschiedene Ladeeinheiten verteilt werden. Bei sequentieller Bearbeitung ist der Wechsel von einer Ladeeinheit zur nächsten einfacher.

Das wichtigste Arbeitsmittel für den Palettenauf- und -abbau ist der Gabelstapler. Angesichts der Abmessungen der Flugzeug-Ladeeinheiten sind eine 2-m-Gabel und eine entsprechend hohe Nutzlast erforderlich. Gabelstapler benötigen hier eine besonders große Arbeitsgangbreite. Die extremen Volumina der Flugzeug-Ladeein-heiten und die besonderen Ladeanforderungen führen außerdem dazu, dass jeweils große Mengen Fracht für den Aufbau bereitzustellen oder nach dem Abbau zu sortieren und zu verteilen sind. Insgesamt besteht damit ein hoher Flächenbedarf für das Arbeitsumfeld der ULD-Arbeitsstationen.

22.16.18.4 Ladehilfsmittel

Für die Gestaltung der Luftfrachtabfertigung haben die innerbetrieblich eingesetzten Ladehilfsmittel eine große Bedeutung. Wesentlicher Auswahlgesichtspunkt ist der flexible und effiziente Einsatz der Ladehilfsmittel im Umfeld des Abbaus und Aufbaus der Flugzeug-Ladeeinheiten. Für die typischen Abmessungen und Sendungsumfänge, die in Flugzeug-Ladeeinheiten transportiert werden, haben sich besonders rollbare Gitterboxen und Großlagerpaletten bewährt Die Abmessungen sind häufig abweichend von den ISO-Modulmaßen und tendenziell erheblich größer als die Standardpalette. Im Vordergrund der Nutzung steht mehr die universelle Eignung für verschiedene Sendungsumfänge sowie die schnelle Beladung und weniger die optimale Ausnutzung der innerbetrieblichen Ladehilfsmittel und Lagerfächer. Eine inzwischen weltweit verbreitete Großlagerpalette mit den Maßen 2100 × 2100 mm ist beispielsweise ausgerichtet auf die 2 m-Gabellänge der Gabelstapler. Sie ist für beengte Platzverhältnisse von vier Seiten aufnehmbar und als Stahl- oder Aluminiumkonstruktion mit geringer Bauhöhe kompakt stapelbar.

Rollboxen haben den Vorteil, dass sie ohne Gabelstapler innerhalb der Arbeitsbereiche manövrierbar sind. Großlagerpaletten haben den Vorteil, dass sie als Leergut gestapelt bereitstellbar sind, und große Sendungen oder große Einzelstücke aufnehmen können. Bei geringer Beladung entstehen nur geringe Anforderungen an die Ladungssicherung und es wird nur eine Lagerfachhöhe entsprechend ihrer tatsächlichen Ladehöhe benötigt.

22.16.18.5 Lager- und Transporttechnik für Sendungsgüter

Um das gesamte Spektrum der Luftfrachtgüter abzudecken, hat sich für Sendungsgüter ein Splitting der Lager- und Transporttechnik bewährt. Die innerbetrieblichen Lager- und Transporttechniken sind, abgesehen von den Ladehilfsmitteln, grundsätzlich ähnlich wie in anderen Branchen. Für die Lagerung von Sonderfracht werden diverse Einrichtungen vorgehalten, beispielsweise temperaturgeführte Räume für Perishables (verderbliche Waren) oder speziell ausgestattete Räume für die Lagerung gefährlicher Güter. Die Lagerung von Sendungen erfolgt als Bodenlagerung, in staplerbedienten Hochregallagern (Abb. 22.144)

Abb. 22.144 Hochregallager [102]

und in automatischen Lagersystemen. Bei allen Lagertechniken sind der Einzelzugriff und die Fähigkeit, hohe Ein- und Auslagerungsspitzen zur Einhaltung des Flugplans bei Beiladefracht zu bewältigen, die wesentlichen Auswahl-, Gestaltungs- und Dimensionierungskriterien. Bei automatischen Hochregalanlagen mit Regalbediengeräten werden Vorzonen und Transportstrecken als Paletten- bzw. Boxenstetigförderer, Verteilwagen und teilweise auch als Hängebahn ausgeführt. Zur Entlastung der Arbeitsbereiche in der Halle ist es für die Transporte oft günstig, diese soweit wie möglich flurfrei durchzuführen. Die Arbeitsstationen bzw. -bereiche für den Aufbau und Abbau der Flugzeugpaletten werden selten direkt fördertechnisch an die Sendungslager angebunden. Die Zu- und Abführung der Fracht erfolgt überwiegend mit Gabelstaplern, bei Rollboxen auch von Hand. In geringem Umfang werden auch geschleppte Anhänger benutzt.

22.16.18.6 ULD-Transport und -Lagerung

Lagersysteme für Flugzeug-Ladeeinheiten gehören zu den auffälligsten Systemen, die spezifisch für den Luftfrachtumschlag eingesetzt werden. ULD-Lagersysteme werden, automatisch oder personell gesteuert, mit Regalbediengeräten oder mit Verteilwagen und Liften betrieben.

Generell sind ULD-Fördertechniken so ausgeführt, dass verschiedene ULD-Typen transportiert und gelagert werden können. Fördersysteme können auf die Nutzung für 10-, 15- oder 20-Fuß-ULD's begrenzt sein. Die Förderelemente sind meist als Rollen- oder Kugelbahnen ausgeführt, die die ULD-Grundflächen gemäß IATA-Standards entsprechend der Tragfähigkeit ausreichend unterstützen. Im Vergleich zum Abstellen der ULD's auf Dollies führen ULD-Lagersysteme zu einer erheblichen Reduzierung des Flächenbedarfs für die Lagerung der ULD's. Vorteilhaft ist auch die Bestandsverwaltung automatischer Systeme und die Möglichkeit, Arbeitsstationen für den Palettenauf- und -abbau direkt fördertechnisch anzubinden. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass die stationäre Lagerung von ULD's zusätzliche Umschlagvorgänge erfordert. Luftfrachttypische Umschlagspitzen führen außerdem regelmäßig zu Spitzenlasten die insbesondere für die Auslagerung (zum Flug) kritisch sein können. Dafür erhebliche Leistungsreserven vorzuhalten, führt aufgrund der Schwerlasttechnik zu einem sehr hohen Investitionsbedarf.

22.16.18.7 Abfertigung im Sortiersystem

Die Spezialisierung von Lufttransportunternehmen oder die Abtrennung von Produksegmenten ermöglichen es, für ein begrenztes Spektrum von Gütern effizientere Techniken als für die allgemeine Luftfracht einzusetzen. Für Integratoren, Expressdienste, Luftpost wie auch für die hochwertigen Frachtprodukte der Luftverkehrsgesellschaften kann die Abfertigung über Sortiersysteme erfolgen. Der Einsatz von Sortiersystemen unterstützt eine zuverlässige und effiziente Luftfrachtabfertigung, wenn die Abmessungen, Massen und Transferzeiten der Sendungen und Stücke begrenzt werden können. Wenn nur Frachtwagen und Flugzeugcontainer eingesetzt werden, entfällt außerdem der Palettenauf- und -abbau.

22.16.18.8 Informationssysteme in der Luftfracht

Globale Informationssysteme Die zentralen Systeme in der Luftfracht sind die Reservierungs- und Buchungssysteme, die von den Luftverkehrsgesellschaften betrieben werden. Die typischen Funktionen dieser Systeme sind:

- Buchung und Reservierung;
- Dokumentarische Abwicklung;
- Disposition der Laderäume und Flüge;
- Tarif- und Frachtratenberechnung;
- Sendungsverfolgung;
- Unterstützung des physischen Frachthandlings;
- Abrechnungsverfahren;
- Aufbereitung von Informationen und Statistiken.

An diese Systeme sind jeweils alle Stationen im Netz einer Luftverkehrsgesellschaft angeschlossen. Mit Hilfe dieser Systeme erfolgt die Disposition, Steuerung und Verwaltung des Transportes der Frachtsendungen und der eingesetzten Transportkapazitäten – mit Schwerpunkt auf den Laderaum des Flugzeuges – ausgehend von den Reservierungs- und Buchungsinformationen über Statusinformationen des Transportverlaufes bis zur Abrechnung nach Abschluss des Transports. Luftverkehrsgesellschaften werden an vielen Flugplätzen auch von Partnern und Dienstleistern abgefertigt, die nicht an das eigene System angeschlossen sind. Darüber hinaus haben auch Integratoren und viele Speditionen verschiedene eigene Informationssysteme, die jeweils das Netz der unternehmenseigenen Standorte abdecken und die unternehmensspezifischen Prozesse unterstützen. Da zwischen allen genannten Beteiligten ein hoher Kommunikationsbedarf besteht, spielt der Datenaustausch zwischen verschiedenen Systemen eine große Rolle. Einen wichtigen Datenstandard liefert das gemeinsame Kommunikationssystem der SITA (Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques), einer privatrechtlichen Organisation der Luftverkehrsgesellschaften. Viele der Systeme bieten weitere standardisierte Schnittstellen zu Drittsystemen. Daneben können auch unabhängige Kommunikations- und Informationsdienstleister genutzt werden, die den Datenaustausch zwischen Luftverkehrsgesellschaften, Abfertigern, Spediteuren, sonstigen Dienstleistern sowie Empfängern und Versendern sicherstellen [21].

Lokale Informationssysteme Große Frachtanlagen nehmen innerhalb der Netze von Luftverkehrsgesellschaften oft eine Sonderrolle wahr. Auch die Vernetzung von Systemen der verschiedenen Beteiligten innerhalb von Flugplätzen nimmt vermehrt zu. Deshalb gewinnen standortspezifische Informationssysteme in der Luftfracht eine immer größere Bedeutung. Aus Sicht der Luftfracht sind hier besonders so genannte Frachtabfertigungssysteme zu sehen, die die dokumentarische und physische Frachtabfertigung am Boden unterstützen. Deren wichtigsten Funktionen sind:

- Datenerfassung und -abgleich bei Anlieferung;
- Datenabgleich (Check-in) bei der Eingangsabfertigung;
- Lagerverwaltung;
- Ladevorbereitung und Manifestierung (Erstellung Ladeliste) bei der Ausgangsabfertigung;
- Zollabwicklungsverfahren bei Auslieferung.

Lokal angepasste Abfertigungssysteme haben Schnittstellen zu den weltweiten Reservierungs- und Buchungssystemen. Weitere Schnittstellen zu anderen Informationssystemen, die im Zuge der Frachtabfertigung eine Rolle spielen, sind:

- Flugplatzinformationssysteme für die Verkehrsabwicklung am Flugplatz einschließlich des Rollverkehrs und der Positionierung der Flugzeuge;
- Einsatz- und Steuerungssysteme für die Bodenabfertigung und Vorfeldtransporte;
- „Mass and Balance“ Systeme zur Sicherstellung der Flugsicherheit bei der Beladung unter Berücksichtigung der Nutzlasten Fracht, Passagiere und Kraftstoff;
- Speditionssysteme im Vor- und Nachlauf;
- Zollsysteme und Abfertigungsverfahren.

Zunehmend wird der Bedarf erkannt, dass bei der Durchführung der Frachtabfertigung am Boden Informationen für eine Verbesserung der Abfertigungsprozesse genutzt werden sollten. Ein wichtiger Schritt dafür ist die systematische Einführung von optimierten Prozessen, die auf mobiler Datenerfassung und -Übertragung basieren. Mit Einführung von Produktions-, Planungs- und Steuerungssystemen (PPS) können u. a. folgende Ziele erreicht werden:

- Prioritätsgesteuerte Eingangsabfertigung;
- Vorausschauende Ausgangsabfertigung;
- Optimierung von Direktumschlagsprozessen:
- Verbesserung der Auslastung der Abfertigungsressourcen.

Derartige Lösungen führen zu einer hohen Komplexität der Teilsysteme und haben einen großen Informationsbedarf sowohl seitens von Drittsystemen als auch aus den Prozessen selbst.

Schnittstellen und Subsysteme Da im Luftverkehr schon sehr früh elektronische Datenverarbeitungssysteme eingeführt wurden, sind die existierenden Frachtsysteme der Luftverkehrsgesellschaften hoch integriert. Die globalen und lokalen Funktionen sind in einem einzigen System zusammengefasst. Der Kommunikationsbedarf zwischen den verschiedenen Systemen der Beteiligten in der Luftfracht und die gewachsene Komplexität von Teilprozessen und einzelnen Abfertigungseinrichtungen führt dazu, dass mehr autonome Teilsysteme gebildet und untereinander vernetzt werden. Aus Sicht eines Frachtabfertigungsbetriebes erhält das weltweite Frachtsystem den Status eines Hosts, wobei die Steuerung und Verwaltung der Abfertigung sowie die Einbindung

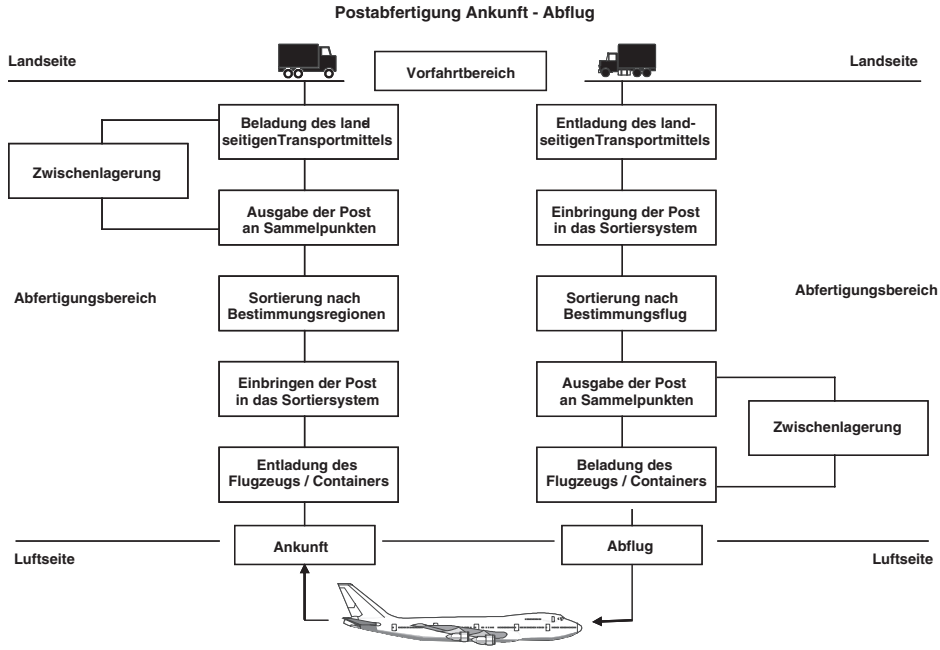


Abb. 22.145 Postabfertigung – Ankunft und Abflug [167]

technischer Subsysteme im lokalen Systemverbund erfolgen. In dieser Form sind unabhängig vom weltweit zuständigen Host auch weitere standortspezifische Schnittstellen herstellbar sowie weitere Module für zusätzliche Dienstleistungen einzubinden [21].

22.16.19 Post-Abfertigungsprozesse

Die Post-Abfertigungsprozesse Ankunft und Abflug zeigt Abb. 22.145.

22.16.20 Elemente der Luftseite eines Flugplatzes

22.16.20.1 Bemessungsgrundlagen

Zur Luftseite eines Flugplatzes zählen das Vorfeld, die Rollwege und das Start-/Landebahnsystem. Die ICAO hat für die Auslegung dieser Elemente Richtlinien und Empfehlungen erarbeitet, die Eigenschaften und Ausprägungen wie Dimensionierungskriterien, einzuhaltende Hindernisfreiflächen, Sicherheitsabstände etc. festlegen und die im Annex 14, Band I der ICAO [101] dokumentiert sind. Aufbauend auf den Standards und Empfehlungen der ICAO hat der Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung die „Richtlinien für die Anlage und den Betrieb für Flugplätze im Sichtflug- und Instrumentenflugbetrieb“ für die Bundesrepublik Deutschland entwickelt [47].

22.16.20.2 Anlage der Luftseite von Flugplätzen

Diese Richtlinien erfassen Flugplätze gemäß ICAO Annex 14, Band I [101] sowie § 6 LuftVG [68] und die §§ 49 bis 53 LuftVZO [71], die für den Betrieb von Luftfahrzeugen nach Sichtflugregeln und Instrumentenflugregeln bestimmt sind. Für Wasserflugplätze sind die Richtlinien sinngemäß anzuwenden.

Grundsätzlich gelten die Richtlinien sowohl für Flugplätze des allgemeinen Verkehrs als auch für Flugplätze für besondere Zwecke. Die Zweckbestimmung eines Landeplatzes kann im Einzelfall Abweichungen auf der Grundlage der Mindestanforderungen nach ICAO Annex 14, Band I [101] rechtfertigen oder erforderlich machen.

22.16.20.3 Flugplatzdaten

Für jeden Flugplatz existieren luftfahrttechnische Daten, die den Flugplatz in seiner Anlage beschreiben und zur Veröffentlichung bestimmt sind. Die Genauigkeitsanforderungen der luftfahrttechnischen Daten basieren auf einem Konfidenzniveau von 95 %. Es werden drei Gruppen von Daten unterschieden:

1. Vermessene Punkte (z. B. WGS84-Koordinaten einer Start-/Landebahnschwelle);
2. Mathematisch kalkulierte Punkte, basierend auf vermessenen Punkten im Raum (z. B. Fixpunkte);
3. Festgelegte Punkte, wie Grenzpunkte von Kontrollzonen etc.

Geographische Koordinaten Die Bestimmung und Veröffentlichung der geographischen Koordinaten (Breite und Länge) erfolgt auf der Grundlage des geodätischen Referenzsystems (World Geodetic System 1984) WGS-84.

Flugplatzbezugspunkt Für jeden Flugplatz muss ein Flugplatzbezugspunkt festgelegt werden. Er soll im ursprünglichen oder geplanten geometrischen Mittelpunkt des Flugplatzes liegen. Die Lage des Flugplatzbezugspunktes ist vermessen und die geographischen Koordinaten (Breite und Länge) sind in Grad, Minuten und Sekunden angegeben.

Flugplatz- und Start-/Landebahnhöhen Die Angabe der Flugplatzhöhe und die geoide Schwankung (Aerodrome Elevation) erfolgt in Meter (m) oder Fuß (ft) über Normalnull (NN). Sie sind so vermessen und festgelegt, dass sie, auf einen halben Meter oder Fuß gerundet, dem höchsten Punkt der Start-/Landebahnen entsprechen.

Bei einem Flugplatz, der von der internationalen Zivilluftfahrt für Nicht-Präzisionsanflüge benutzt wird, sind die Höhe NN und die geoide Schwankung jeder Schwelle, die Höhe über Normalnull des Start-/Landebahnendes und aller bedeutsamen hohen und niedrigen Zwischenpunkte entlang der Start-/Landebahn, auf den nächsten halben Meter oder Fuß gerundet, festzulegen.

Bei einer Präsizionsanflug-Landebahn sind die Höhe über NN und die geoide Schwankung der Schwelle, die Höhe über NN des Landebahnendes und die höchste Erhebung der Aufsetzzone auf den nächsten viertel Meter oder Fuß gerundet, zu vermessen und festzulegen.

Die geoide Schwankung ist in Übereinstimmung mit einem geeigneten Koordinatensystem zu (ver)messen.

Flugplatzbezugstemperatur Für jeden Flugplatz wird eine Flugplatzbezugstemperatur in Grad Celsius bestimmt. Die Flugplatzbezugstemperatur sollte das monatliche Mittel der täglichen Höchsttemperaturen für den heißesten Monat des Jahres repräsentieren (der heißeste Monat ist derjenige, der die höchste monatliche mittlere Temperatur aufweist). Diese Temperatur sollte über einen Zeitraum von mehreren Jahren gemittelt werden.

Flugplatzmerkmale und Flugplatzabmessungen Folgende Angaben sind, soweit vorhanden, vermessen oder beschrieben:

- Start-/Landebahn: rechtweisende Richtung bis 1/100 Grad, Bezeichnungszahl, Länge, Breite, Lage der versetzten Schwelle auf den nächsten Meter oder Fuß, Neigung, Art der Oberfläche, Art der Start-/Landebahn, bei Präzisionsanflug-Landebahnen das Vorhandensein einer hindernisfreien Zone, falls vorgesehen;
- Streifen, Sicherheitsfläche am Start-/Landebahnende, Stoppbahn-Länge, Breite auf den Meter oder Fuß genau, Art der Oberfläche;
- Rollbahn-Bezeichnung, Breite und Art der Oberfläche;
- Vorfeld, Art der Oberfläche und Luftfahrzeug-Standplätze;
- die Grenzen der Zuständigkeit (Flugbetriebsflächen) des Flugverkehrskontroll-dienstes;
- Freifläche, Länge auf den Meter oder Fuß, Bodenprofil;
- optische Hilfen für Anflugverfahren, Markierung und Befeuerung von Start-/Landebahnen, Rollbahnen und Vorfeldern, andere optische Führungs- und Kontrollhilfen auf Rollbahnen und Vorfeldern, einschließlich der Rollhalteorte und Haltebalken, sowie Lage und Art von optischen Andockführungs-systemen;
- Lage und Funkfrequenz jedes VOR-Kontrollpunktes auf dem Flugplatz;
- Lage und Bezeichnung von Standardrollstrecken, und Entfernungen in Meter oder Fuß der ein Instrumentenlandesystem (ILS) umfassenden Landekurs- und Gleitpfadelemente, oder der Azimuth- und Elevationsantennen eines Mikrowellenlandesystems (MLS), in Bezug auf die äußersten Enden der zugehörigen Start-/Landebahn.
- Die geographischen Koordinaten jeder Schwelle, die geographischen Koordinaten der entsprechenden Rollbahnmittellinienpunkte sowie die geographischen Koordinaten jedes Luftfahrzeug-Standplatzes. Sie sind vermessen und in Grad, Minuten, Sekunden und Hundertstelsekunden festgelegt.
- Die geographischen Koordinaten von Hindernissen innerhalb der Flugplatzgrenzen sind ebenfalls vermessen und in Grad, Minuten, Sekunden und Zehntelsekunden festgelegt. Zusätzlich ist die höchste Erhebung, die Art, die Markierung und Befeuerung (soweit vorhanden) der Hindernisse zu publizieren.

Tragfähigkeit von Belägen der Flugbetriebsflächen Die Tragfähigkeit von Belägen der Flugbetriebsflächen sind vom Flugplatzbetreiber zu bestimmen.

Die Tragfähigkeit eines Belages, der für Luftfahrzeuge mit einer Vorfeldstandmasse von mehr als 5.700 kg bestimmt ist, ist unter Anwendung der Methode zur Bestimmung der Lastklassifikationszahl des Luftfahrzeuges und des Belages (ACN/PCN-Methode) und durch Bekanntgabe aller folgenden Informationen zu veröffentlichen:

- die Lastklassifikationszahl des Belages (Aircraft Classification Number/Pavement Classification Number, ACN/PCN);
- Art des Belages für die ACN/PCN-Bestimmung;
- Unterbautragfähigkeitskategorie;
- Kategorie des höchstzulässigen Reifendrucks oder höchstzulässiger Reifendruckwert; und die
- Bewertungsmethode (Tab. 22.11).

Falls nötig, können PCN-Werte mit einer Genauigkeit von einem Zehntel einer ganzen Zahl veröffentlicht werden. Durch die bekannt gegebene Lastklassifikationszahl des Belages (PCN) wird angezeigt, dass ein Luftfahrzeug mit einer Lastklassifikationszahl (ACN) von höchstens gleich dem bekannt gegebenen PCN-Wert auf dem Belag betrieben werden darf, sofern Reifendruckbegrenzungen oder die für bestimmte Luftfahrzeugmuster festgelegte Luftfahrzeugmasse dem nicht entgegenstehen. Es können unterschiedliche PCN-Werte bekannt gegeben werden, wenn die Tragfähigkeit des Belages wesentlichen jahreszeitlichen Schwankungen unterliegt.

Der ACN-Wert eines Luftfahrzeuges ist in Übereinstimmung mit den Standardverfahren der ACN/PCN-Methode zu bestimmen. Zur Erleichterung wurden verschiedene gegenwärtig verwendete Luftfahrzeugmuster auf starren und flexiblen Belägen, die auf Unterbauten der vier nachfolgend genannten Tragfähigkeitskategorien (Tab. 22.9) gegründet sind, bewertet. Zur Bestimmung der ACN-Werte ist das Verhalten eines Belages, bezogen jeweils auf starre oder flexible Bauweise, einzustufen (Tab. 22.10).

Informationen über die Art des Belages für die ACN/PCN-Wert Bestimmung, die Unterbautragfähigkeitskategorie, die Kategorie des höchstzulässigen Reifendrucks (Tab. 22.11, 22.12) und die Bewertungsmethode sind unter Verwendung der folgenden Code-Buchstaben (Tab. 22.9) bekannt zu geben:

Die folgenden Beispiele veranschaulichen, wie Daten über die Tragfähigkeit von Belägen nach der ACN/PCN-Methode ermittelt wurden, publiziert werden.

Tab. 22.9 Code-Buchstaben für die Art des Belags für die ACN/PCN-Bestimmung

Art des Belages	Code-Buchstabe
Starrer Belag	R
Flexibler Belag	F

Tab. 22.10 Unterbautragfähigkeitskategorien

Unterbautragfähigkeitskategorien	Code-Buchstabe
Hohe Tragfähigkeit:	A
Gekennzeichnet durch K = 150 MN/m^3 und geltend für alle K-Werte über 120 MN/m^3 bei starren Belägen sowie durch CBR = 15 und geltend für alle CBR-Werte über 13 bei flexiblen Belägen.	
Mittlere Tragfähigkeit:	B
Gekennzeichnet durch K = 80 MN/m^3 und geltend für einen K-Bereich von 60–120 MN/m^3 bei starren Belägen sowie durch CBR = 10 und geltend für einen CBR-Bereich von 8 bis 13 bei flexiblen Belägen.	
Geringe Tragfähigkeit:	C
Gekennzeichnet durch K = 40 MN/m^3 und geltend für einen K-Bereich von 25–60 MN/m^3 bei starren Belägen sowie durch CBR = 6 und geltend für einen CBR-Bereich von 4 bis 8 bei flexiblen Belägen.	
Extrem geringe Tragfähigkeit:	D
Gekennzeichnet durch K = 20 MN/m^3 und geltend für alle K-Werte unter 25 MN/m^3 bei starren Belägen sowie durch CBR = 3 und geltend für alle CBR-Werte unter 4 bei flexiblen Belägen.	

mit:
MN = Mega Newton
MPa = Mega Pascal
CBR = California Bearing Ratio (Kalifornische Tragfähigkeitszahl)

Tab. 22.11 Kategorien der höchstzulässigen Reifendrücke

Reifendruckkategorie		Code-Buchstabe
hoch	Keine Druckgrenze	W
mittel	Druck begrenzt auf 1,50 MPa	X
niedrig	Druck begrenzt auf 1,00 MPa	Y
sehr niedrig	Druck begrenzt auf 0,50 MPa	Z

Tab. 22.12 Bewertungsmethode

Bewertungsmethode	Code-Buchstabe
Technische Bewertung:	T
Zutreffend bei Durchführung einer spezifischen Untersuchung der Eigenschaften des Belages und der Anwendung technischer Methoden zur Untersuchung des Verhaltens von Belägen.	
Unmittelbare Nutzung von Erfahrungen mit Luftfahrzeugen:	U
Zutreffend bei Kenntnis der einzelnen Luftfahrzeugmuster und ihrer Massen, die bei regulärer Benutzung einwandfrei getragen werden.	

Beispiel 1

Wenn die Tragfähigkeit eines starren Belages, der auf einem Unterbau mittlerer Tragfähigkeit ruht, durch technische Bewertung mit dem PCN-Wert 80 festgelegt worden ist und keine Reifendruckbegrenzung vorliegt, würden die Publikation lauten:

PCN 80/R/B/W/T

Beispiel 2

Wenn die Tragfähigkeit eines Verbundbelages, der sich wie ein flexibler Belag verhält und auf einem Unterbau hoher Tragfähigkeit ruht, durch unmittelbare Nutzung von Erfahrungen mit Luftfahrzeugen mit PCN-Wert 50 festgelegt wurde und der höchstzulässige Reifendruck 1,00 MPa (Mega Pascal) beträgt, würde die Publikation lauten:

PCN 50/F/A/Y/U

Beispiel 3

Wenn die Tragfähigkeit eines flexiblen Belages, der auf einem Unterbau mittlerer Tragfähigkeit ruht, durch technische Bewertung mit PCN-Wert 40 festgelegt wurde und der höchstzulässige Reifendruck 0,80 MPa beträgt, würde die Publikation lauten:

PCN 40/F/B/0,80 MPa/T

Die Tragfähigkeit eines Belages, der für Luftfahrzeuge mit einer Vorfeldstandmasse von 5.700 kg oder weniger vorgesehen ist, ist unter Angabe folgender Informationen zu publizieren:

1. höchstzulässige Luftfahrzeugmasse, und
2. höchstzulässiger Reifendruck.

Beispiel: 4.000 kg/0,50 MPa.

Höhenmesserkontrollorte Auf jedem Flugplatz existieren ein oder mehrere Höhenmesserkontrollorte, meist auf dem Vorfeld. Die Errichtung der Höhenmesserkontrollorte auf einem Vorfeld ermöglicht die Durchführung der Höhenmesserkontrolle vor dem Erhalt der Rollfreigabe und hebt die Notwendigkeit auf, zu diesem Zwecke nach dem Verlassen des Vorfeldes zu halten. Normalerweise kann ein Vorfeld in seiner Gesamtheit als zufrieden stellender Höhenmesserkontrollort dienen. Die Höhe NN der Höhenmesserkontrollorte ist als die mittlere, auf den Meter oder Fuß gerundete Höhe über NN der Fläche anzugeben, auf der sie liegen. Die Höhe über NN eines jeden Teiles der Höhenmesserkontrollorte muss innerhalb von 3 m (10 ft) der mittleren Höhen für diese Orte liegen.

Verfügbare Start- und Landestrecken Die für jede Start-/Landebahnrichtung (Betriebsrichtung) festzusetzenden Strecken umfassen:

- die verfügbare Startlaufstrecke (Take Off Run Available, TORA),
- die verfügbare Startstrecke (Take Off Distance Available, TODA),
- die verfügbare Startabbruchstrecke (Accelerate Stop Distance Available, ASDA)
- die verfügbare Landestrecke (Landing Distance Available, LDA)

An Flugplätzen mit Sichtflugbetrieb ist es im Normalfall ausreichend, die TORA und die LDA festzulegen. Sind Freiflächen und Stoppbahnen vorgesehen, sind zusätzlich die TODA und ASDA festzulegen (vgl. Abb. 22.146).

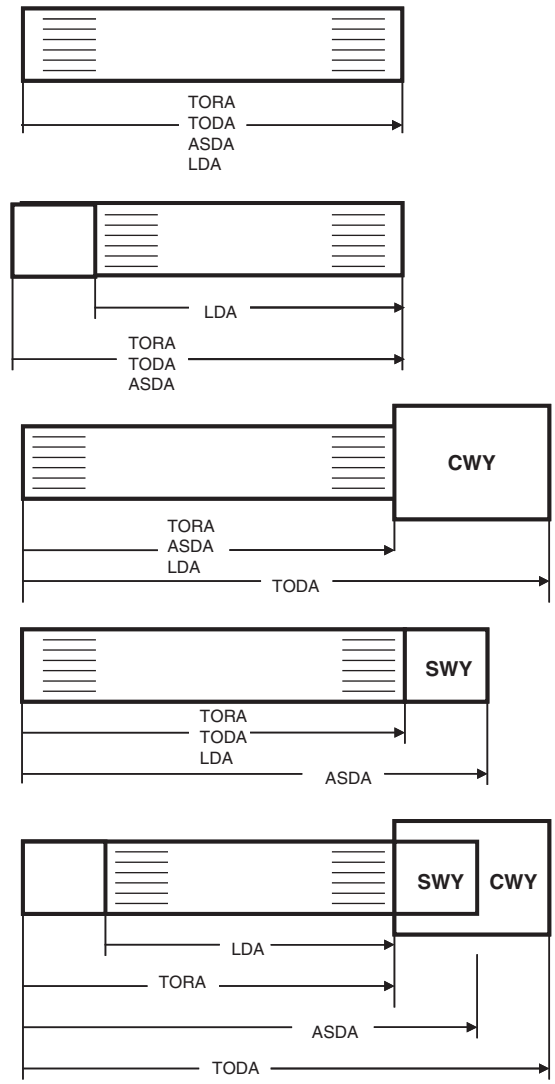


Abb. 22.146 Bezeichnungen der Start- und Landestrecken einer Start-/Landebahn [117], *Anmerkung* Darstellung für Flugbetrieb von links nach rechts

Zustand der Bewegungsflächen und der zugehörigen Einrichtungen Angaben über den Zustand der Bewegungsflächen und den Betriebszustand der zugehörigen Einrichtungen werden den zuständigen Flugberatungsstellen, ähnliche Angaben von betrieblicher Bedeutung werden den Flugverkehrskontrollstellen mitgeteilt, um diese Stellen in die Lage zu versetzen, ankommende und abfliegende Luftfahrzeuge mit den notwendigen Informationen zu versorgen. Die Angaben müssen auf dem neuesten Stand gehalten, und Zustandsänderungen unverzüglich gemeldet werden.

Der Zustand der Bewegungsflächen [119, 126] und der Betriebszustand der zugehörigen Einrichtungen werden ständig überwacht. Angelegenheiten von betrieblicher Bedeutung oder von Einfluss auf das Leistungsvermögen von Luftfahrzeugen, sind insbesondere in Bezug auf folgende Zustände bekannt zu geben:

- Bau- oder Wartungsarbeiten;
- unebene oder aufgebrochene Oberflächen auf einer Start-/Landebahn, einer Rollbahn oder einem Vorfeld;
- Schnee, Schneematsch oder Eis auf einer Start-/Landebahn, einer Rollbahn oder einem Vorfeld;
- Wasser auf einer Start-/Landebahn, einer Rollbahn oder einem Vorfeld;
- Schneebänke oder Schneeverwehungen neben einer Start-/Landebahn, einer Rollbahn oder einem Vorfeld;
- flüssige Gefrierschutz- oder Enteisungsmittel auf einer Start-/Landebahn oder einer Rollbahn;
- andere zeitlich befristete Gefahren, einschließlich abgestellter Luftfahrzeuge;
- Ausfall oder unregelmäßiger Betrieb aller oder einiger optischer Hilfen des Flugplatzes;
- Ausfall des normalen Netzes oder der Netzersatzstromversorgung.

Zur Gewährleistung der Aktualität der Informationen über die Zustände werden die Bewegungsflächen täglich mindestens einmal überprüft wenn die Code-Zahl 1 oder 2 ist, täglich mindestens zweimal, wenn die Code-Zahl 3 oder 4 ist.

Bei Vorhandensein von Wasser auf einer Start-/Landebahn ist eine Beschreibung des Oberflächenzustandes auf der mittleren Hälfte der Breite der Start-/Landebahn, einschließlich der möglicherweise festgestellten Höhe des Niederschlages, wo zutreffend, unter Verwendung folgender Ausdrücke erforderlich:

DAMP:	die Oberfläche weist Farbveränderungen durch Feuchtigkeit auf;
WET:	die Oberfläche ist durchtränkt, es ist jedoch kein stehendes Wasser vorhanden;
WATER PATCHES:	es sind bedeutende Flecken mit stehendem Wasser erkennbar;
FLOODED:	es sind ausgedehnte Ansammlungen von stehendem Wasser erkennbar.

Es wird auch ermittelt, ob auf einer nassen Start-/Landebahn oder Teilen davon Glätte auftritt. Eine Start-/Landebahn oder Teile davon müssen als „bei Nässe glatt“

bezeichnet werden, wenn die entsprechenden Messungen zeigen, dass das mit einem kontinuierlich messenden Reibungsmessgerät gemessene Reibungsverhalten der Start-/Landebahnoberfläche unter dem administrativ festgelegten Mindestreibungswert liegt. Wird befürchtet, dass eine Start-/Landebahn unter ungewöhnlichen Bedingungen glatt wird, werden beim Auftreten solcher Bedingungen zusätzliche Messungen vorgenommen und das Reibungsverhalten der Start-/Landebahn bekannt gegeben, wenn diese zusätzlichen Messungen ergeben, dass die Start-/ Landebahnoberfläche ganz oder teilweise glatt geworden ist. Die Bekanntgabe von Schnee, Schneematsch oder Eis auf einer Start-/Landebahn erfolgt durch formalisiert durch das SNOWTAM-Formular und NOTAM's.

Zur Feststellung und ständigen Anzeige von aktuellen oder vorhergesagten Informationen über den Oberflächezustand, wie Vorhandensein von Feuchtigkeit oder drohende Eisbildung auf Belägen, werden Oberflächenzustandssensoren verwendet. Ist eine Start-/Landebahn durch Schnee, Schneematsch oder Eis beeinträchtigt und ist es nicht möglich, den Niederschlag völlig zu räumen, wird der Start-/Landebahnzustand festgestellt und der Reibungskoeffizient gemessen. Bei Vorhandensein von trockenem Schnee, nassem Schnee oder Schneematsch auf einer Start-/Landebahn wird die mittlere Höhe des Niederschlages mit einer Genauigkeit von etwa 2 cm für trockenen Schnee, 1 cm für nassen Schnee, und 0,3 cm für Schneematsch für jedes Drittel der Start-/Landebahn festgestellt.

Bergung bewegungsunfähiger Luftfahrzeuge Die Telefon-/Telexnummern des Büros des Einsatzkoordinators am Flugplatz für die Bergung von Luftfahrzeugen, die bewegungsunfähig auf oder in der Nähe der Bewegungsflächen stehen, sollten den Luftfahrzeugführern bei Bedarf bekannt gegeben werden. Angaben über die Möglichkeit zur Bergung bewegungsunfähiger Luftfahrzeuge, die auf oder in der Nahe der Bewegungsflächen stehen, sollten publiziert werden. Die Möglichkeit zur Bergung bewegungsunfähiger Luftfahrzeuge kann dadurch ausgedrückt werden, dass das größte Luftfahrzeugmuster angegeben wird, für dessen Bergung der Flugplatz ausgerüstet ist [128].

Rettungs- und Feuerlöschwesen Angaben über den Umfang des Schutzes an einem Flugplatz im Rahmen von Rettungs- und Feuerlöschmaßnahmen sind bekannt zu geben [125]. Der normalerweise an einem Flugplatz vorhandene Umfang des Schutzes sollte durch die Kategorie der für den Flugplatz erforderlichen Rettungs- und Feuerlöschdienste und durch die normalerweise auf dem Flugplatz vorhandenen Arten und Mengen an Löschmitteln angegeben werden.

Bedeutende Änderungen, die sich auf den Umfang des an einem Flugplatz normalerweise vorhandenen Schutzes für Rettungs- und Feuerlöschzwecke auswirken, sind den zuständigen Flugverkehrs- und Flugberatungsstellen bekannt zu geben, um diese Stellen in die Lage zu versetzen, an- und abfliegenden Luftfahrzeugen die notwendigen Informationen zu geben. Wenn eine solche Änderung aufgehoben wird, sind die genannten Stellen entsprechend zu unterrichten. Unter einer bedeutenden

Änderung des Umfangs des Schutzes ist eine Änderung der Kategorie der Rettungs- und Feuerlöschdienste gegenüber der normalerweise an dem Flugplatz vorhandenen Kategorie zu verstehen, die sich u. a. durch eine Änderung der verfügbaren Löschmittel, der Geräte zum Ausbringen der Löschmittel oder des Personals ergibt, das mit der Bedienung der Geräte beauftragt ist. Eine bedeutende Änderung sollte durch Angabe der neuen Kategorie der an dem Flugplatz vorhandenen Rettungs- und Feuerlöschdienste ausgedrückt werden.

Gleitwinkelbefeuerungen Die folgenden Informationen über die Errichtung einer Gleitwinkelbefeuerung sind zu veröffentlichen:

- Die zugeordnete Start- und Landebahnbezeichnungszahl;
- Die Art des Systems. Bei der Errichtung eines AT-VASIS, PAPI oder APAPI sind die Seite der Landebahn, auf der die Feuer installiert sind, d. h. links oder rechts, anzugeben;
- Liegt die Achse des Systems nicht parallel zur Start- und Landebahnmittellinie, wird der Abweichungswinkel und die Richtung der Abweichung, d. h. links oder rechts, angegeben;
- Der (die) Sollgleitwinkel;
- Mindestaugenhöhe(n) der Gleitwinkelanzeige(n) über der Schwelle. Beieinem T-VASIS oder AT-VASIS ist dies die unterste Höhe, in der nur die Außenkette(n) sichtbar ist (sind). Es können jedoch auch die zusätzlichen Höhen gemeldet werden, in denen die Außenkette(n) zuzüglich ein, zwei oder drei "Fliege-niedriger"-Feuereinheiten ins Blickfeld kommen, wenn diese Information für Luftfahrzeugführer, die den Anflug nutzen, von Vorteil sein würde.

Koordination zwischen den Fluginformationsdiensten und dem Flugplatzbetreiber Um sicherzustellen, dass die Fluginformationsdienste die Informationen erhalten, um aktuelle Flugvorbereitungsinformationen bereitzustellen und den Informationsbedarf der Betroffenen (z. B. Luftfahrzeugführer) zu decken, sind Vereinbarungen zwischen den Fluginformationsdiensten und dem Flugplatzbetreiber, der für die Flugplatzdienstleistungen verantwortlich ist, zu treffen. Der Flugplatzbetreiber hat die folgenden Informationen dem Fluginformationsdienst zu übermitteln:

- Informationen über den Zustand des Flugplatzes;
- Den Status der zugehörigen Einrichtungen, Dienste und Navigationshilfen innerhalb des Verantwortungsbereiches;
- Jegliche Information, die von betrieblicher Wichtigkeit sein könnte.

Vor Einführung von Änderungen an flugplatzinternen Navigationssystemen etc. ist durch die verantwortlichen Dienste die gebotene Überarbeitungszeit mit einzuberechnen, die der Fluginformationsdienst benötigt, um das entsprechende Material für die öffentliche Bekanntmachung vor- und aufzubereiten und zu publizieren. Um eine rechtzeitige

Bereitstellung der Informationen sicherzustellen, ist daher eine enge Koordination zwischen den Beteiligten erforderlich.

22.16.20.4 Äußere Merkmale der Luftseite eines Flugplatzes

Für das Abfertigen, Rollen, Starten, Landen, Abstellen und die Bodenabfertigung von Luftfahrzeugen sollen dem Umfang des Flugverkehrs entsprechend, ausreichende Flächen vorhanden sein.

Start-/Landebahnen Die Festlegung der Richtung, Lage und Anzahl von Start-/Landebahnen auf einem Flugplatz wird durch zahlreiche Faktoren beeinflusst.

Ein bestimmender Faktor ist der Benutzbarkeitsfaktor, der sich aus der vorherrschenden Windverteilung ergibt und auch die Ausrichtung des Start-/Landebahnsystems weitestgehend bestimmt. Wenn möglich, werden Anzahl und Richtung von Start-/Landebahnen auf einem Flugplatz so gewählt, dass der Benutzbarkeitsfaktor des Flugplatzes mindestens 95 % für die Luftfahrzeuge beträgt, für die der Flugplatz bestimmt ist. Die Lage und Richtung von Start-/Landebahnen an einem Flugplatz wird weiterhin so gewählt, dass die Beeinträchtigungen durch die An- und Abflugstrecken auf Gebiete, die als Wohngebiete ausgewiesen sind, und auf lärmempfindliche Gebiete nahe an einem Flugplatz auf ein Mindestmaß reduziert werden, um so Lärmprobleme zu vermeiden. Die Machbarkeit ist jedoch maßgeblich von der Hauptwindrichtung abhängig. Wird ein Instrumentenlandesystem installiert, so muss dem Umfeld besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden, um bei Instrumentenanflügen und Fehlanflugverfahren die erforderlichen Hindernisfreiflächen garantieren zu können.

Wahl der höchstzulässigen Querwindkomponenten Das Landen und Starten von Luftfahrzeugen ist normalerweise ausgeschlossen, wenn die Querwindkomponente größer ist als:

- 37 km/h (20 kt.) bei Luftfahrzeugen, deren Bezugsstartbahnlänge 1.500 m oder mehr beträgt. Tritt jedoch wegen eines unzureichenden Längsreibungskoeffizienten mit gewisser Häufigkeit eine schlechte Bremswirkung auf der Start- /Landebahn auf, sollte eine Querwindkomponente von nicht mehr als 24 km/h (13 kt.) zugrunde gelegt werden;
- 24 km/h (13 kt.) bei Luftfahrzeugen, deren Bezugsstartbahnlänge 1.200 m bis weniger als 1.500 m beträgt;
- 19 km/h (10 kt.) bei Luftfahrzeugen, deren Bezugsstartbahnlänge weniger als 1.200 m beträgt.

Die Auswahl der für die Berechnung des Benutzbarkeitsfaktors zu verwendenden Daten soll auf zuverlässigen Statistiken über die Windverteilung beruhen, die sich über einen möglichst langen Zeitraum, d. h. nicht unter fünf Jahre erstrecken. Die Beobachtungen sollen dazu mindestens achtmal täglich und in gleichmäßigen Zeitabständen durchgeführt werden.

Tab. 22.13 Code-Elemente des Flugplatzbezugscodes

Flugplatzbezugscode				
Code – Element 1			Code – Element 2	
Code-Zahl	Flugzeugbezugs-Startbahnlänge (Hartbelag)	Code-Buchstabe	Spannweite der Tragflächen	Spurweite des Hauptfahrwerkes
1	<800 m	A	<15 m	<4,5 m
2	800 bis <1.200 m	B	15 bis <24 m	4,5 bis <6 m
3	1200 bis <1.800 m	C	24 bis <36 m	6 bis <9 m
4	>1.800 m	D	36 bis <52 m	9 bis <14 m
		E	52 bis <65 m	9 bis <14 m
		F	65 bis <80 m	14 bis <16 m

Einteilung der Start-/Landebahnen nach dem Bezugscode Das Bezugssystem zur Klassifikation von Start-/Landebahnen besteht aus zwei Code-Elementen, die sich auf die Leistungsmerkmale und die Abmessungen des kritischen Luftfahrzeuges (hier Flugzeuges) (Bemessungsflugzeug oder Auslegungsflugzeug) beziehen.

Der Flugplatz-Bezugscode, der aus einer Code-Zahl und einem Code-Buchstaben besteht, wird in Übereinstimmung mit den Merkmalen und Eigenschaften des kritischen Flugzeuges festgelegt. Die Bestimmung der Grundlänge der Start-/Landebahn dient ausschließlich der Auswahl des Bezugscodes und soll nicht die vorgehaltene tatsächliche Start-/Landebahnlänge beeinflussen. Ein Flugplatz soll den Merkmalen entsprechen, die für den Bezugscode der Flugzeuge angegeben sind, für die er vorgesehen ist. Das Code-Element 1 ist eine Zahl auf der Grundlage der Bezugsstartbahnlänge, während das Code-Element 2 ein Buchstabe entsprechend der Spannweite und der Spurweite des Hauptfahrwerkes des Bemessungsflugzeuges ist (vgl. Tab. 22.13).

Nachfolgend werden die gängigen Start-/Landebahnkonfigurationen (-systeme) vorgestellt.

Start-/Landebahnkonfigurationen

Einbahnsystem Ein Einbahnsystem stellt die einfachste Variante da und findet sich an vielen kleineren Flugplätzen wieder. Man geht davon aus, dass sich auf einer solchen Start-/Landebahn unter Sichtflugbedingungen (VFR) zwischen 50 und 100 Flugbewegungen (Starts und Landungen) pro Stunde durchführen lassen. Unter Instrumentenflugbedingungen sinkt das Maximum auf ca. 70 Flugbewegungen pro Stunde. Allerdings ist diese Zahl abhängig vom Mix der operierenden Flugzeugmuster, den vorhanden Navigationshilfen und den praktizierten An-/Abflugverfahren.

Parallelbahnsystem Bei einem Parallelbahnsystem handelt es sich um mindestens zwei parallel angeordnete Start-/Landebahnen gleicher geographischer Ausrichtung, deren Schwellen auf gleicher Höhe oder auch versetzt angeordnet sein können.

Für den Abstand der Start-/Landebahnen wird als Bezugspunkt die Distanz der Bahnmittellinien als Maß gewählt, wobei man als Bezeichnungen die Begriffe „far, close und intermediate“ eingeführt hat. Der Abstand der Bahnen zueinander ist entscheidend für die Art des möglichen Betriebes und somit für die Kapazität des Bahnsystems. Start-/Lande-bahnen mit einem Abstand von 700–2.500 ft (close) können nicht unabhängig voneinander betrieben werden. Beträgt der Abstand 2.500–4.300 ft (intermediate), ist der Start eines Flugzeuges unter IFR-Bedingungen auf der einen Bahn abhängig von der Landung eines zweiten Flugzeuges auf der anderen Bahn. Bahnen mit dem Abstand „far“ (>4.300 ft, bzw. >1.500 m) können selbst unter IFR-Bedingungen völlig unabhängig voneinander betrieben werden, was u. a. auch zur größtmöglichen Kapazität führt.

Eine Sonderform des Parallelbahnsystems ist das so genannte „staggered-system“, bei dem die Schwellen der Bahnen nicht auf gleicher Höhe angeordnet sind. Diese gestaffelte Anordnung kann sinnvoll sein, um die zur Verfügung stehende Fläche effizient auszunutzen und die Kapazität zu erhöhen.

Die Kapazität eines Parallelbahnsystems ist abhängig von der Art der operierenden Flugzeugmuster, des Betriebs der Bahnen (abhängig oder unabhängig), den angewendeten Flugregeln (IFR oder VFR), sowie der Anzahl der Bahnen selbst. Die Anzahl der Flugbewegungen pro Stunde reicht von 50 (IFR, „close“, zwei abhängige Start-/Landebahnen) bis zu 120 (IFR, „far“, zwei unabhängige Start-/Landebahnen), oder um mehr Flugbewegungen, falls es sich um mehr als zwei parallele Bahnen handelt.

Kreuzende Start-/Landebahnen Bei einem Kreuzbahnsystem (Intersecting Runways) handelt es sich um ein System aus meist zwei Start-/Landebahnen, die in verschiedene geographische Richtungen ausgerichtet sind, und sich an einer Stelle kreuzen. Diese Konfiguration ist sinnvoll, wenn lokale Winde aus wechselnden Richtungen vorherrschen. Stünde in diesen Fällen nur eine Bahn zur Verfügung, würden starke Seitenwinde (crosswind) einen sicheren Flugbetrieb ggf. erschweren und so die Kapazität temporär einschränken. Durch zwei Bahnen unterschiedlicher Ausrichtung kann der Flugbetrieb jedoch auch bei Winden wechselnder Richtungen aufrecht erhalten werden.

Sind die Windstärken gering, können meist sogar beide Bahnen benutzt werden. Die Kapazität hängt hierbei vom Ort der Bahnkreuzung ab, d. h. je näher der Kreuzungspunkt an der Start-/Landebahnschwelle liegt, umso höher ist die Kapazität des Bahnsystems.

Offenes V-Bahnsystem Unter einem offenen V-Bahnsystem versteht man mindestens zwei Start-/Landebahnen, die in verschiedene geographische Richtungen ausgerichtet sind, sich jedoch nicht kreuzen. Wie bei einem Kreuzbahnsystem wird die Kapazität dieses Systems bei starkem Wind temporär auf die Nutzung einer Bahn eingeschränkt. Sind die Windstärken gering, können beide Bahnen simultan betrieben werden. Die höchste Anzahl von Flugbewegungen lässt sich mit dem Bahnsystem durchführen, wenn die Flüge vom V wegführen (diverging pattern), die geringste Anzahl von Flugbewegungen wird beim Einfliegen in das V (converging pattern) erreicht.

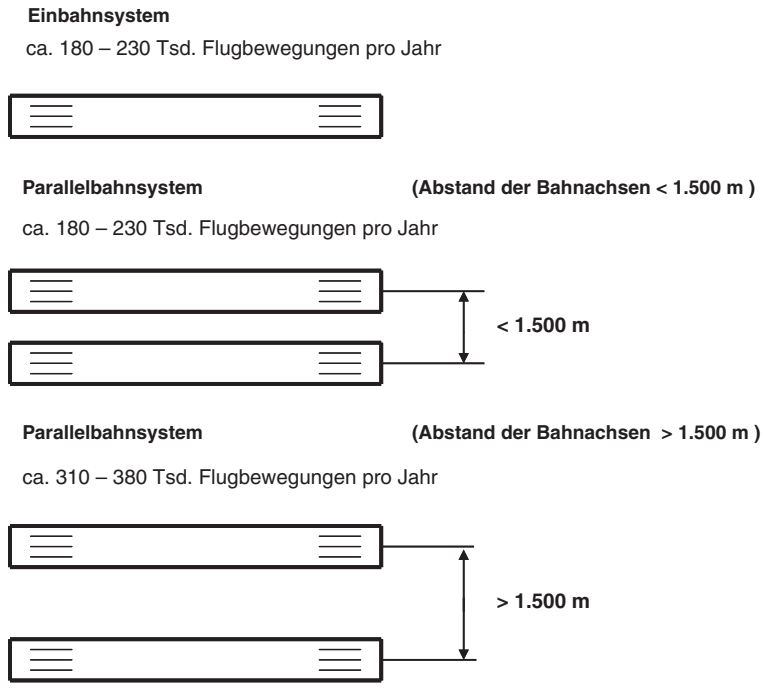


Abb. 22.147 Einzelbahn-/Parallelbahnsysteme [117], *Anmerkung* Die Jahreskapazitätswerte variieren in Abhängigkeit des Flugzeugmix, der operationellen Flexibilität der Betriebsverfahren (Anflug/Abflug), sowie sonstiger externer, den Flugbetrieb beeinflussenden Parameter

Die Abb. 22.147, 22.148, 22.149, 22.150 zeigen eine Übersicht über die gängigen Start-/Landebahnsysteme mit den theoretisch möglichen Jahreskapazitäten.

Abbildung 22.151 zeigt das Start-/Landebahnsystem des Verkehrsflughafens Frankfurt/M (abhängig zu nutzendes Parallelbahnsystem (Betriebsrichtungenen 07/25), separate Startbahn (Betriebsrichtung 18) und unabhängig zu nutzende Landebahn (Betriebsrichtungen 07/25) [102].

Lage der Schwellen Die Schwelle einer Start-/Landebahn sollte normalerweise an den äußersten Enden der Bahn liegen, sofern nicht betriebliche Erwägungen die Wahl einer anderen Lage rechtfertigen.

Wenn es notwendig ist, die Schwelle entweder ständig oder zeitweilig aus ihrer normalen Lage zu versetzen, sollten die verschiedenen Faktoren berücksichtigt werden, die auf die Lage der Schwelle einen Einfluss haben können. Erfolgt die Versetzung, weil ein Teil der Start-/Landebahn unbenutzbar ist, ist eine hindernisfreie und eingeebnete Fläche von mindestens 60 m Länge zwischen der unbenutzbaren Fläche und der versetzten Schwelle vorzuhalten. Eine zusätzliche Strecke ist vorzusehen, um die Erfordernisse der Sicherheitsfläche am Start-/Landebahnende zu erfüllen.

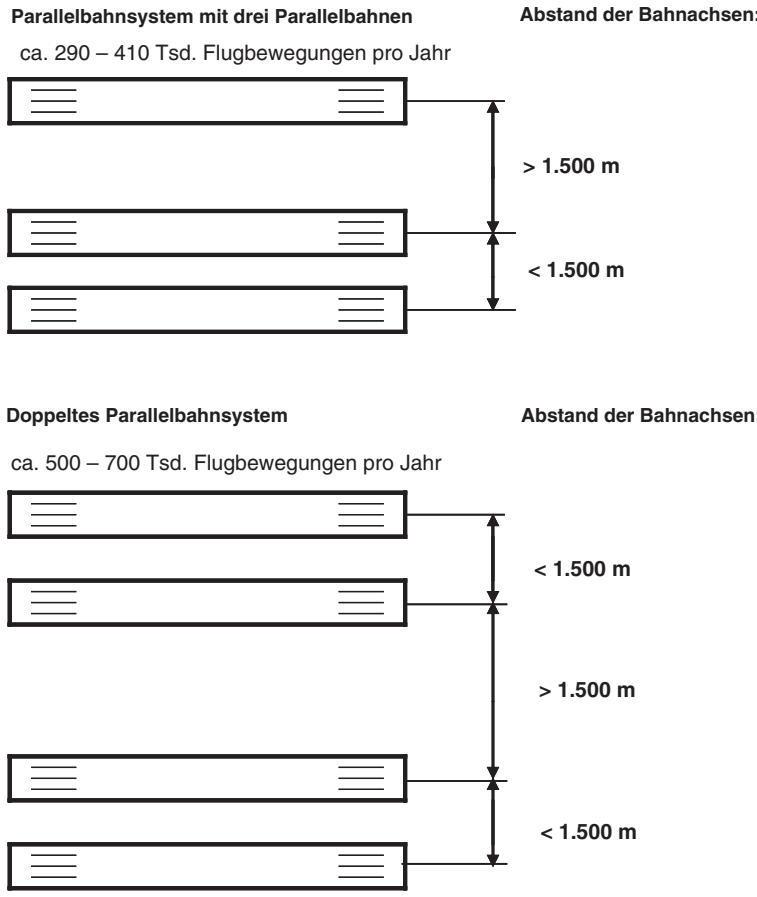


Abb. 22.148 Konfigurationen von Parallelbahnsystemen [117], *Anmerkung* Die Jahreskapazitätswerte variieren in Abhängigkeit des Flugzeugmix, der operationellen Flexibilität der Betriebsverfahren (Anflug/Abflug), sowie sonstiger externer, den Flugbetrieb beeinflussenden Parameter

Tatsächliche Länge von Start-/Landebahnen Die vorzusehende tatsächliche Start-/Landebahnlänge für eine Hauptstart- und -landebahn muss den betrieblichen Erfordernissen der Luftfahrzeuge genügen, für die die Start-/Landebahn bestimmt ist, und sollte nicht geringer sein als die größte Länge, die durch Anwendung der Korrekturen für örtliche Bedingungen (Temperatur, Luftdruck, Bahnneigung etc.) für die Betriebs- und Flugleistungseigenschaften der betreffenden Luftfahrzeuge festgelegt wurde.

Diese Bestimmung bedeutet nicht notwendigerweise, dass der Betrieb des kritischen Luftfahrzeuges mit seiner Höchststartmasse zu berücksichtigen ist. Es müssen allerdings sowohl die Erfordernisse für den Start als auch für die Landung berücksichtigt werden, wenn die vorzusehende Länge der Start-/Landebahn festgelegt wird. Örtliche Bedingungen,

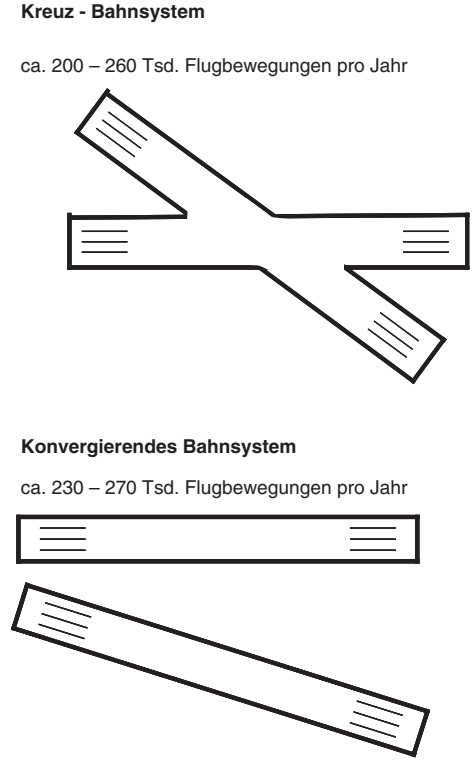


Abb. 22.149 Kreuzbahnsystem und konvergierendes Start-/Landebahnsystem [117], *Anmerkung* Die Jahreskapazitätswerte variieren in Abhängigkeit des Flugzeugmix, der operationellen Flexibilität der Betriebsverfahren (Anflug/Abflug), sowie sonstiger externer, den Flugbetrieb beeinflussenden Parameter

wie Höhe über NN, Temperatur, Start-/Landebahnneigung, Luftfeuchtigkeit und die Eigenschaften der Start- und Landebahnoberfläche sind von entscheidender Bedeutung. Auch sollte die Start-/Landebahn in beiden Richtungen nutzbar sein. Für den Fall, dass die Flugleistungsdaten von Luftfahrzeugen, für die die Start-/Landebahn bestimmt ist nicht bekannt sind, ist die Bestimmung der tatsächlichen Länge der Hauptstart- und -landebahn durch Anwendung allgemeiner Korrekturfaktoren vorzunehmen.

Die vorzusehende tatsächliche Länge der Start-/Landebahn errechnet sich dann beispielsweise aus der Bezugsstartbahnlänge (vgl. Flugplatz Code-Zahl) und folgenden Zuschlägen:

- 7 % für 300 m Höhenlage über NN,
- 10 % für 1 % Längsneigung der Bahn,
- 5 % als pauschaler Temperaturzuschlag, der einer Bezugstemperatur von 20 Grad Celsius entspricht,
- 20 % für Grasbahnen.

Die Länge einer Nebenstart- und -landebahn ist ähnlich wie für Hauptstart- und -landebahnen zu bestimmen. Teilweise wird muss sie aber auch lediglich für diejenigen Luftfahrzeuge geeignet sein, die die Nebenstart- und -landebahn zusätzlich zu der anderen Start-/Landebahn oder den anderen Start-/Landebahnen benutzen, um einen Benutzbarkeitsfaktor von mindestens 95 % zu erzielen.

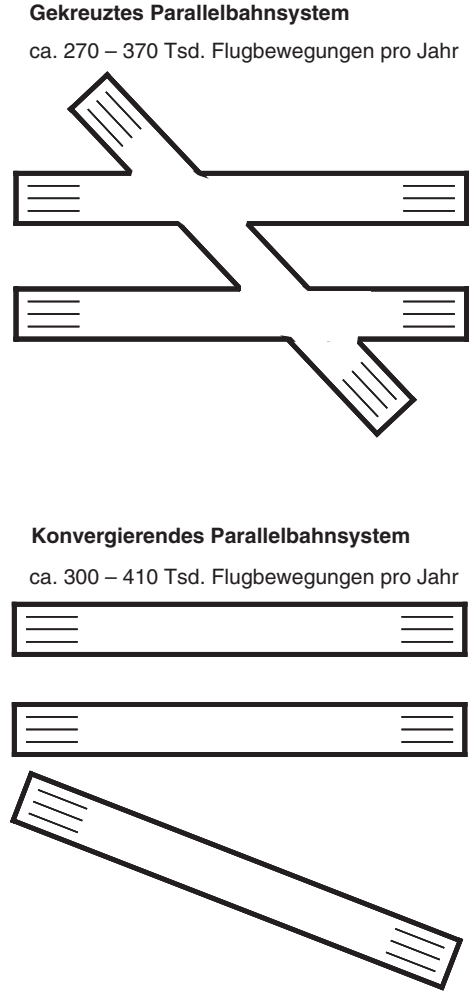


Abb. 22.150 Gekreuztes und konvergierendes Parallelbahnsystem [117], *Anmerkung* Die Jahreskapazitätswerte variieren in Abhängigkeit des Flugzeugmix, der operationellen Flexibilität der Betriebsverfahren (Anflug/Abflug), sowie sonstiger externer, den Flugbetrieb beeinflussenden Parameter

Wenn einer Start-/Landebahn eine Stoppbahn oder eine Freifläche zugeordnet ist, kann eine tatsächliche Start-/Landebahnlänge, die kleiner ist als die, die sich aus der Anwendung der normalen Berechnungsmethodik ergeben würde, als ausreichend angesehen werden.

Breite von Start-/Landebahnen Die Breite einer Start-/Landebahn muss mindestens den in Tab. 22.14 festgelegten Abmessungen entsprechen. Die Flugplatz-Code-Buchstaben mit der Zuordnung der Mindestbreiten der Start-/Landebahn sind der Tab. 22.6 zu entnehmen.

Mindestabstände zwischen parallelen Start-/Landebahnsystemen Wo parallele Start-/Landebahnen für gleichzeitige Nutzung nur unter Sichtwetterbedingungen zur Verfügung stehen, sollten ihre Mittellinien einen Mindestabstand haben von:

Abb. 22.151 Start-/Landebahnsystem des Verkehrsflughafens Frankfurt/M (Abhängig zu nutzendes Parallelbahnsystem (Betriebsrichtungen 07/25), separate Startbahn (Betriebsrichtung 18) und unabhängig zu nutzende Landebahn (Betriebsrichtungen 07/25)) [102]

- 210 m, wenn die höhere Code-Zahl 3 oder 4 ist,
- 150 m, wenn die höhere Code-Zahl 2 ist, und
- 120 m, wenn die höhere Code-Zahl 1 ist.

Wo parallele Start-/Landebahnen für den gleichzeitigen Betrieb unter Instrumentenwetterbedingungen vorgesehen sind, finden die unter ICAO, PANS-ATM (Doc 4444) und ICAO, PANS-OPS (Doc 8168), Band 1 [115, 116], genannten Bestimmungen Anwendung. Folgende Mindestabstände ihrer Mittellinien sind einzuhalten:

- 1.035 m für voneinander unabhängige, parallele Anflüge,
- 915 m für voneinander abhängige, parallele Anflüge,
- 760 m für voneinander unabhängige, parallele Abflüge,
- 760 m für getrennten, parallelen An- und Abflugbetrieb.

ausgenommen, dass

- für den getrennten parallelen An- und Abflugbetrieb der festgelegte Mindestabstand:
  - um 30 m für jede 150 m, um die die Landebahn in Richtung auf die anfliegenden Luftfahrzeuge versetzt ist, bis auf einen Mindestwert von 300 m verringert werden kann, und

Tab. 22.14 Breiten von Start-/Landebahnen

Flugplatzbezugscode				
Code- Buchstabe	Code-Zahl			
	1	2	3	4
	Breite der Start-/Landebahn mit Hartbelag in Metern (m)			
A	18	23	30	–
B	18	23	30	–
C	23	30	30	45
D	–	–	45	45
E	–	–	–	45
F	–	–	–	60
	Breite der Start-/Landebahn ohne Hartbelag in Metern (m)			
A	30	40	40	–
B	40	40	40	–
C	40	40	40	–

Anmerkungen
Die Breite einer Präzisionsanflug-Landebahn sollte mindestens 30 m betragen, wenn die Code-Zahl 1 oder 2 lautet
Die Kombinationen von Code-Zahlen und Code-Buchstaben, für die Breiten angegeben sind, wurden für typische Flugzeugeigenschaften entwickelt

  - um 30 m vergrößert werden sollte für jede 150 m, um die die Landebahn von den anfliegenden Luftfahrzeugen weg versetzt ist,
- für unabhängige parallele Anflüge, Kombinationen aus den Mindestabständen und den damit verbundenen Voraussetzungen, neben denen in ICAO, PANS-ATM, Doc 4444 genannten, anwendbar sind, soweit nach einer luftfahrttechnischen Untersuchung feststeht, dass solche Kombinationen die Sicherheit des Flugbetriebs nicht nachteilig beeinflussen.

Der Mindestabstand zu einer Parallelbahn für Windenstarts und für Kraftfahrzeugschlepp von Segelflugzeugen beträgt 250 m.

Neigungen auf Start-/Landebahnen Unter Zugrundelegung der höchsten und niedrigsten Höhe auf der Start-/Landebahn-mittellinie, bezogen auf die Länge der Start-/Landebahn, sollte die ermittelte Längsneigung nicht größer sein als:

- 1 % bei Code-Zahl 3 oder 4, und
- 2 % bei Code-Zahl 1 oder 2.

In keinem Teil einer Start-/Landebahn sollte die Längsneigung größer sein als:

- 1,25 % bei Code-Zahl 4, außer dass im ersten und letzten Viertel der Start-/Landebahnlänge die Längsneigung 0,8 % nicht überschreiten sollte,

- 1,5 % bei Code-Zahl 3, außer dass für das erste und letzte Viertel der Länge einer Präzisionsanflug-Landebahn für Betriebsstufe II oder III die Längsneigung 0,8 % nicht übersteigen sollte, und
- 2 % bei Code-Zahl 1 oder 2.

Wo Längsneigungsänderungen nicht vermieden werden können, sollte die Änderung zwischen zwei aufeinander folgenden Neigungen nicht größer sein als:

- 1,5 % bei Code-Zahl 3 oder 4, und
- 2 % bei Code-Zahl 1 oder 2.

Der Übergang von einer Neigung zur anderen sollte durch eine gekrümmte Fläche gebildet werden, wobei der Änderungswert nicht größer sein sollte als:

- 0,1 % je 30 m (Mindestkrümmungsradius 30.000 m) bei Code-Zahl 4,
- 0,2 % je 30 m (Mindestkrümmungsradius 15.000 m) bei Code-Zahl 3,
- 0,4 % je 30 m (Mindestkrümmungsradius 7.500 m) bei Code-Zahl 1 oder 2.

- *Sichtweiten*

Wo Neigungsänderungen nicht vermieden werden können, sollten sie so beschaffen sein, dass eine ungehinderte Sichtlinie besteht:

- von jedem Punkt 3 m oberhalb einer Start-/Landebahn zu allen anderen Punkten 3 m oberhalb der Start-/Landebahn über eine Entfernung von mindestens der halben Länge der Start-/Landebahn, wenn der Code-Buchstabe C, D, E oder F ist;
- von jedem Punkt 2 m oberhalb einer Start-/Landebahn zu allen anderen Punkten 2 m oberhalb der Start-/Landebahn über eine Entfernung von mindestens der halben Länge der Start-/Landebahn, wenn der Code-Buchstabe B ist, und
- von jedem Punkt 1,5 m oberhalb einer Start-/Landebahn zu allen anderen Punkten 1,5 m oberhalb der Start-/Landebahn über eine Entfernung von mindestens der halben Länge der Start-/Landebahn, wenn der Code-Buchstabe A ist.

Abstand zwischen Neigungsänderungen Dicht aufeinander folgende Wellen oder merkliche Neigungsänderungen auf einer Start-/Landebahn sollten vermieden werden. Der Abstand zwischen den Schnittpunkten von zwei aufeinander folgenden Kurven sollte nicht geringer sein als:

a) die Summe der absoluten Zahlenwerte der entsprechenden Neigungswechsel multipliziert mit dem folgenden Wert:
   - 30.000 m bei Code-Zahl 4,
   - 15.000 m bei Code-Zahl 3, und
   - 5.000 m bei Code-Zahl 1 oder 2; oder

b) 45 m

je nachdem, welcher Wert größer ist.

Querneigungen Um einen schnellstmöglichen Abfluss von Wasser zu fördern, sollte die Start-/Landebahnoberfläche, falls durchführbar, gewölbt sein, ausgenommen dort, wo eine einfache abfallende Querneigung in der Windrichtung, die am häufigsten zusammen mit Regen auftritt, eine schnelle Entwässerung sicherstellen würde. Die Querneigung sollte idealer Weise betragen:

- 1,5 % bei Code-Buchstabe C, D, E oder F, und
- 2,0 % bei Code-Buchstabe A oder B.

aber in keinem Falle 1,5 bzw. 2 % übersteigen oder 1 % unterschreiten, außer an Start-/Landebahn- oder Rollbahnkreuzungen, für die flachere Neigungen erforderlich sind. Bei einer gewölbten Oberfläche sollten die Querneigungen symmetrisch zu beiden Seiten der Mittellinie verlaufen. Auf nassen Start-/Landebahnen mit Seitenwindbedingungen tritt das Problem des Aquaplanings durch schlechte Entwässerung verstärkt auf.

Die Querneigung sollte im Wesentlichen über die gesamte Länge einer Start-/Landebahn gleich sein. Ausgenommen sind Kreuzungen mit einer anderen Start-/Landebahn oder einer Rollbahn, wo unter Berücksichtigung der Notwendigkeit für ausreichende Oberflächenentwässerung ein ebener Übergang vorhanden sein sollte.

Tragfähigkeit von Start-/Landebahnen Eine Start-/Landebahn sollte mit den Start-/Landemassen der Luftfahrzeuge belastbar sein, für die sie bestimmt ist, ohne dass die Luftfahrzeuge oder die Start-/Landebahn Schaden nimmt.

Die Oberfläche einer Start-/Landebahn ist so auszuführen, dass sie keine Unregelmäßigkeiten aufweist, die zu einem Abfall des Reibungsverhaltens führen oder den Start oder die Landung eines Luftfahrzeuges in anderer Weise nachteilig beeinflussen. Unregelmäßigkeiten der Oberfläche können den Start oder die Landung eines Luftfahrzeuges nachteilig beeinflussen, indem sie übermäßige Stöße, übermäßiges Nicken, übermäßige Vibrationen oder andere Erschwernisse beim Steuern eines Luftfahrzeuges verursachen.

Oberflächen von Start-/Landebahnen Die Oberfläche einer befestigten Start-/Landebahn ist so auszuführen, dass sie ein gutes Reibungsverhalten aufweist, auch wenn die Start-/Landebahn nass ist. Messungen des Reibungsverhaltens einer neuen oder oberflächenerneuerten Start-/Landebahn sollten mit einem kontinuierlich messenden Reibungsmessgerät mit Vorrichtung zur Oberflächenbenetzung durchgeführt werden, um festzustellen, ob die Entwurfsziele hinsichtlich ihres Reibungsverhaltens erreicht wurden. Die durchschnittliche Tiefe der Oberflächenstruktur einer neuen Oberfläche sollte mindestens 1 mm betragen. Wenn die Oberfläche gerillt oder geriffelt ist, sollten die Rillen oder Riefen entweder senkrecht zur Start-/Landebahnmittellinie oder parallel zu nicht senkrechten Querfugen verlaufen, wo anwendbar.

Start-/Landebahnschultern Start-/Landebahnschultern sollten an einer Start-/Landebahn angelegt werden, wenn der Code-Buchstabe D oder E ist und die Breite der Start-/Landebahn weniger als 60 m beträgt. Start-/Landebahnschultern sollten für eine Start-/Landebahn mit dem Code-Buchstaben F vorgesehen werden.

Breite von Start-/Landebahnschultern Die Start-/Landebahnschultern sollten sich symmetrisch zu beiden Seiten der Start-/Landebahn erstrecken, sodass die Gesamtbreite der Start-/Landebahn und ihrer Schultern nicht weniger als;

- 60 m bei Code-Buchstabe D und E beträgt, und
- 75 m bei Code-Buchstabe F.

Neigungen auf Start-/Landebahnschultern Die Oberfläche der Schulter, die an die Start-/Landebahn angrenzt, sollte mit der Oberfläche der Start-/Landebahn in einer Ebene liegen. Ihre Querneigung sollte 2,5 % nicht überschreiten.

Tragfähigkeit von Start-/Landebahnschultern Eine Start-/Landebahnschulter sollte so hergerichtet oder ausgeführt werden, dass sie für den Fall, dass ein Luftfahrzeug von der Start-/Landebahn abkommt, in der Lage ist, das Luftfahrzeug zu tragen, ohne ihm strukturellen Schaden zuzufügen. Außerdem sollte sie Bodenfahrzeuge tragen können, die möglicherweise auf der Schulter fahren.

Start-/Landebahn-Wendefläche Wo eine Start-/Landebahn nicht durch eine Rollbahn oder einen Rollbahnwendeplatz (Wendehammer) endet und wo der Code-Buchstabe D, E oder F ist, muss eine Start-/Landebahn-Wendefläche vorgehalten werden, um 180 Grad Drehungen von Luftfahrzeugen zu ermöglichen (Abb. 22.152).

Wo eine Start-/Landebahn nicht durch eine Rollbahn oder einen Rollbahnwendeplatz (Wendehammer) endet und wo der Code-Buchstabe A, B oder C ist, sollte eine Start-/Landebahn-Wendefläche vorgehalten werden, um 180 Grad Drehungen von Luftfahrzeugen zu ermöglichen.

Solche Flächen können auch von Vorteil sein, wenn sie entlang einer Start-/Landebahn eingerichtet werden, um Rollzeiten und Rollstrecken für Luftfahrzeuge, die nicht die gesamte Länge der Start-/Landebahn benötigen, zu verringern.

Die Start-/Landebahn-Wendefläche kann entweder auf der linken oder rechten Seite der Start-/Landebahn angeordnet werden, angrenzend an den jeweiligen Start-/Landebahnbelag zu beiden Enden der Start-/Landebahn und an einigen Zwischenstellen, wo es für notwendig erachtet wird.

Der Kreuzungswinkel der Start-/Landebahn-Wendefläche mit der Start-/Landebahn sollte 30 Grad überschreiten.

Der Bugfahrwerkssteuerungswinkel, der in die Anordnung der Start-/Landebahn-Wendefläche einfließt, sollte 45 Grad überschreiten.

Die Anordnung einer Wendefläche sollte so gewählt sein, dass, wenn sich das Cockpit des Luftfahrzeuges, für das die Wendefläche ausgelegt wurde, über der Wendeflächenmarkierung befindet, der hindernisfreie Abstand zwischen den Rädern

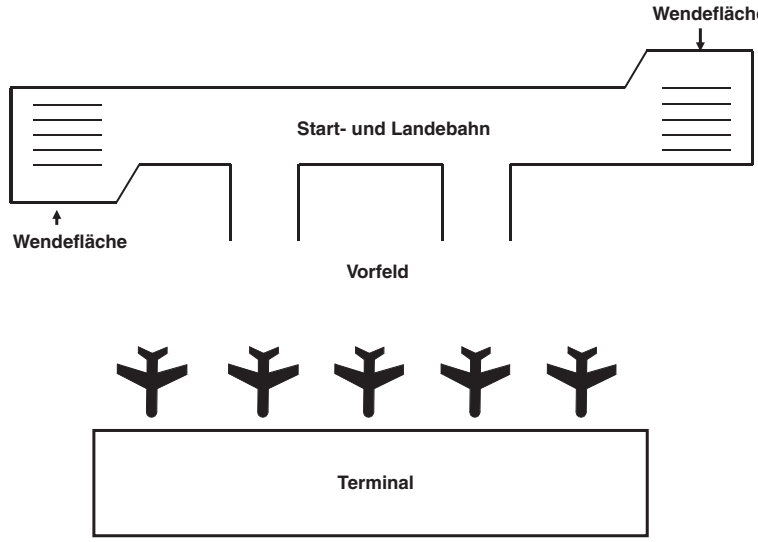


Abb. 22.152 Start-/Landebahn mit Wendeflächen (Wendehammer) [122]

Tab. 22.15 Abstand zwischen den Rädern des Luftfahrzeug-Bugfahrwerks und dem Rand der Wendefläche

Code-Buchstabe	Abstand
A	1,5 m
B	2,25 m
C	3 m, wenn die Start-/Landebahn-Wendefläche für die Benutzung durch Luftfahrzeuge mit einem Radstand von weniger als 18 m bestimmt ist;
	4,5 m, wenn die Start/Landebahn-Wendefläche, für die Benutzung durch Luftfahrzeuge mit einem Radstand von 18 m oder mehr bestimmt ist.
D	4,5 m
E	4,5 m
F	4,5 m

Anmerkung Radstand bedeutet: Der Abstand vom Bugfahrwerk zum geometrischen Mittelpunkt des Hauptfahrwerks

des Luftfahrzeug-Bugfahrwerks und dem Rand der Wendefläche nicht geringer ist als die Angaben in Tab. 22.15.

In Gebieten mit rauen Witterungsbedingungen und daraus resultierende verminderte Oberflächenreibungscharakteristiken vorherrschen, sollte ein größerer Rad-bis-Rand Abstand von 6 m für die Code-Buchstaben E oder F gewählt werden.

Neigungen auf Start-/Landebahn-Wendeflächen Die Längs- und Querneigungen auf einer Start-/Landebahn-Wendefläche sollten ausreichend groß sein, damit Ansammlungen von Wasser auf der Oberfläche vermieden werden und ein schneller

Abfluss des Oberflächenwassers vereinfacht wird. Die Neigungen sollten mit denen der zugehörigen Start-/Landebahn-Belagsoberfläche übereinstimmen.

Tragfähigkeit von Start-/Landebahn-Wendeflächen Die Tragfähigkeit einer Start-/Landebahn-Wendefläche sollte mindestens eben so groß sein, wie die der zugehörigen Start-/Landebahn. Ausreichende Überlegungen sollten auch dahingehend angestellt werden, dass die Start-/Landebahn-Wendefläche von sich langsam bewegenden Luftfahrzeugen benutzt wird, welche schärfere Wendungen ausführen und damit den Belag höheren Beanspruchungen aussetzen.

Wo eine Start-/Landebahn-Wendefläche mit elastischem Belag (flexible pavement) ausgestattet ist, müsste die Oberfläche in der Lage sein, den horizontalen Scherkräften, die von den Rädern des Hauptfahrwerks während der Wendemanöver ausgehen, standzuhalten.

Oberfläche einer Start-/Landebahn-Wendefläche Die Oberfläche einer Start-/Landebahn-Wendefläche sollte keine Oberflächenunregelmäßigkeiten aufweisen, die dazu führen könnten, dass ein Luftfahrzeug, welches die Wendefläche benutzt, beschädigt wird.

Die Oberfläche einer Start-/Landebahn-Wendefläche sollte so beschaffen sein, dass sie gute Bremswirkungseigenschaften aufweist, wenn Luftfahrzeuge die Wendefläche bei Nässe benutzen.

Schultern für Start-/Landebahn-Wendeflächen Start-/Landebahn-Wendeflächen sollten mit Schultern einer solchen Breite ausgestattet sein, dass eine Oberflächenerosion durch Triebwerksabstrahlung des kritischen Luftfahrzeugs, für das die Wendefläche ausgelegt ist, nicht stattfinden kann. Weiterhin ist sicherzustellen, dass Fremdobjektbeschädigungen an den Luftfahrzeugmotoren/Antrieben nicht möglich sind. Als ein Minimum sollte die Breite der Schultern die äußeren Motore des kritischen Luftfahrzeugs abdecken.

Die Tragfähigkeit einer Start-/Landebahn-Wendefläche sollte so beschaffen sein, dass die Wendefläche dem gelegentlichen Passieren von Luftfahrzeugen, für die die Wendefläche ausgelegt ist, standhält, ohne dass den Luftfahrzeugen und den unterstützenden Bodenfahrzeugen, die möglicherweise auf der Schulter operieren, strukturelle Schäden zugefügt werden.

Start-/Landebahnstreifen Eine Start-/Landebahn und zugeordnete Stoppbahnen sind mit einem Streifen zu umgeben.

Länge von Start-/Landebahnstreifen Ein Streifen muss vor der Schwelle und über das Ende der Start-/Landebahn oder Stoppbahn hinaus mindestens folgende Länge haben:

- 60 m bei Code-Zahl 2, 3 oder 4,
- 60 m bei Code-Zahl 1, wenn es sich um eine Instrumenten-Landebahn handelt, und
- 30 m bei Code-Zahl 1, wenn es sich um eine Sichtanflug-Landebahn handelt.

Breite von Start-/Landebahnstreifen Ein Streifen, der eine Präzisionsanflug-Landebahn umgibt, muss seitlich möglichst über seine ganze Länge die nachfolgende Breite beiderseits der Mittellinie und in der verlängerten Mittellinie der Landebahn haben:

- 150 m bei Code-Zahl 3 oder 4, und
- 75 m bei Code-Zahl 1 oder 2.

Ein Streifen, der eine Nichtpräzisionsanflug-Landebahn umgibt, sollte seitlich über seine ganze Länge mindestens die nachfolgende Breite beiderseits der Mittellinie und in der verlängerten Mittellinie der Landebahn haben:

- 150 m bei Code-Zahl 3 oder 4, und
- 75 m bei Code-Zahl 1 oder 2.

Ein Streifen, der eine Sichtanflug-Landebahn umgibt, muss über seine ganze Länge beiderseits der Mittellinie und in der verlängerten Mittellinie der Landebahn mindestens folgende Breite haben:

- 75 m bei Code-Zahl 3 oder 4,
- 40 m bei Code-Zahl 2, und
- 30 m bei Code-Zahl 1.

Objekte auf Start-/Landebahnstreifen Ein Objekt auf einem Start-/Landebahnstreifen, das Luftfahrzeuge gefährden kann, sollte als Hindernis angesehen und möglichst entfernt werden.

Falls es sich nicht um ein für die Zwecke der Flugnavigation erforderliches Objekt handelt, das die gängigen Kriterien der Brechbarkeit erfüllt, darf kein festes Objekt auf einem Start-/Landebahnstreifen zugelassen werden:

- innerhalb 77,5 m von der Mittellinie einer Präzisionsanflug-Landebahn für Betriebsstufe I, II oder III mit der Code-Zahl 4 und dem Code-Buchstaben F;
- innerhalb 60 m von der Mittellinie einer Präzisionsanflug-Landebahn für Betriebsstufe I, II oder III mit der Code-Zahl 3 oder 4, oder
- innerhalb 45 m von der Mittellinie einer Präzisionsanflug-Landebahn für Betriebsstufe I mit der Code-Zahl 1 oder 2.

Es darf kein bewegliches Objekt auf diesem Teil des Start-/Landebahnstreifens während der Benutzung der Start-/Landebahn für Landung oder Start zugelassen werden.

Einebnung von Start-/Landebahnstreifen Der Streifen einer Instrumenten-Landebahn sollte für den Fall, dass ein Luftfahrzeug von der Landebahn abkommt,

- bei Code-Zahl 3 oder 4 bis mindestens 75 m, und
- bei Code-Zahl 1 oder 2 bis mindestens 40 m,

von der Mittellinie und in der verlängerten Mittellinie der Landebahn eine eingeebnete Fläche für die Luftfahrzeuge aufweisen, für die die Landebahn bestimmt ist.

Der Streifen einer Sichtanflug-Landebahn sollte für den Fall, dass ein Luftfahrzeug von der Landebahn abkommt,

- bei Code-Zahl 3 oder 4 bis mindestens 75 m,
- bei Code-Zahl 2 bis mindestens 40 m, und
- bei Code-Zahl 1 bis mindestens 30 m,

von der Mittellinie und in der verlängerten Mittellinie der Landebahn eine eingeebnete Fläche für die Luftfahrzeuge aufweisen, für die die Landebahn bestimmt ist.

Die Oberfläche desjenigen Teils eines Streifens, der an eine Start-/Landebahn, Schulter oder Stoppbahn angrenzt, muss mit der Oberfläche der Start-/Landebahn, Schulter oder Stoppbahn auf einer Ebene liegen. Der bis zu mindestens 30 m vor einer Schwelle liegende Teil eines Streifens sollte gegen Abgasstrahlerosion präpariert werden, um landende Luftfahrzeuge vor der Gefährdung durch freiliegende Ränder zu schützen.

Neigungen auf Start-/Landebahnstreifen Die Längsneigung des einzuebnenden Teils eines Streifens sollte:

- 1,5 % bei Code-Zahl 4,
- 1,75 % bei Code-Zahl 3, und
- 2 % bei Code-Zahl 1 oder 2

nicht überschreiten.

Neigungsänderungen auf dem einzuebnenden Teil eines Streifens sollten so verlaufen, dass starke Wechsel oder plötzliche Umkehrungen von Neigungen vermieden werden.

Querneigungen auf dem einzuebnenden Teil eines Streifens sollten so bemessen sein, dass sie die Ansammlung von Wasser auf der Oberfläche verhindern, sollten aber:

- 2,5 % bei Code-Zahl 3 oder 4, und
- 3 % bei Code-Zahl 1 oder 2,

nicht überschreiten. Um die Entwässerung zu erleichtern, sollte die Neigung für die ersten 3 m außerhalb des Start-/Landebahn-, des Schulter- oder Stoppbahnrandes, gemessen in der von der Start-/Landebahn wegführenden Richtung, negativ sein und kann bis zu 5 % betragen.

Die Querneigungen auf Teilen von Streifen, die außerhalb des einzuebnenden Teiles liegen, sollten eine Steigung von 5 %, gemessen in der von der Start-/Landebahn wegführenden Richtung, nicht übersteigen.

Tragfähigkeit von Start-/Landebahnstreifen Der Streifen einer Instrumenten-Landebahn sollte für den Fall, dass ein Luftfahrzeug von der Landebahn abkommt,

- bei Code-Zahl 3 oder 4 bis mindestens 75 m,
- bei Code-Zahl 1 oder 2 bis mindestens 40 m,

von der Mittellinie und der verlängerten Mittellinie der Landebahn entfernt und so hergerichtet oder angelegt werden, dass die durch die unterschiedliche Tragfähigkeit hervorgerufenen Gefahren für Luftfahrzeuge, für die die Landebahn bestimmt ist, auf ein Minimalmaß herabgesetzt werden.

Der Streifen um eine Sichtanflug-Landebahn sollte für den Fall, dass ein Luftfahrzeug von der Landebahn abkommt,

- bei Code-Zahl 3 oder 4 bis mindestens 75 m,
- bei Code-Zahl 2 bis mindestens 40 m, und
- bei Code-Zahl 1 bis mindestens 30 m,

von der Mittellinie und der verlängerten Mittellinie der Landebahn entfernt und so hergerichtet oder angelegt werden, dass die durch die unterschiedliche Tragfähigkeit hervorgerufenen Gefahren für Luftfahrzeuge, für die die Landebahn bestimmt ist, auf ein Minimalmaß herabgesetzt werden.

Sicherheitsflächen an Start-/Landebahnenden Eine Sicherheitsfläche am Start-/Landebahnende ist an jedem Ende eines Streifens anzubringen, wenn

- die Code-Zahl 3 oder 4 ist, und
- die Code-Zahl 1 oder 2 ist, und es sich um eine Instrumenten-Landebahn handelt.

Eine Sicherheitsfläche am Start-/Landebahnende muss sich vom Ende eines Start-/Landebahnstreifens an über eine Entfernung von mindestens 90 m erstrecken.

Eine Sicherheitsfläche am Start-/Landebahnende sollte sich, soweit machbar, vom Ende des Start-/Landebahnstreifens über eine Entfernung von mindestens:

- 240 m bei Code-Zahl 3 oder 4, und
- 120 m bei Code-Zahl 1 oder 2, erstrecken.

Die Breite einer Sicherheitsfläche am Start-/Landebahnende muss mindestens doppelt so groß sein wie die Breite der dazugehörigen Start-/Landebahn.

Die Breite einer Sicherheitsfläche am Start-/Landebahnende sollte, wo immer möglich, mit dem eingeebneten Teil des zugehörigen Start-/Landebahnstreifens übereinstimmen.

Objekte auf Sicherheitsflächen an Start-/Landebahnenden Ein Objekt auf einer Sicherheitsfläche am Start-/Landebahnende, das Luftfahrzeuge gefährden könnte, sollte als Hindernis angesehen und möglichst entfernt werden.

Hindernisbeseitigung auf und Einebnung von Sicherheitsflächen an Start-/Landebahnenden Eine Sicherheitsfläche am Start-/Landebahnende sollte für den Fall, dass ein Luftfahrzeug zu früh aufsetzt „undershoot", oder die Start-/Landebahn überrollt „overshoot", eine hindernisfreie und eingeebnete Fläche für die Luftfahrzeuge bieten, für die die Start-/Landebahn bestimmt ist.

Die Oberfläche des Bodens der Sicherheitsfläche am Start-/Landebahnende muss nicht von gleicher Qualität wie die des Start-/Landebahnstreifens sein.

Neigungen auf Sicherheitsflächen an Start-/Landebahnenden Die Neigung einer Sicherheitsfläche am Start-/Landebahnende sollte so beschaffen sein, dass kein Teil der Sicherheitsfläche am Start-/Landebahnende in die Anflug- oder Abflugfläche hineinragt.

Die Längsneigungen einer Sicherheitsfläche am Start-/Landebahnende sollten eine negative Neigung von 5 % nicht überschreiten. Längsneigungswechsel sollten so verlaufen, dass starke Wechsel oder plötzliche Umkehrungen von Neigungen vermieden werden.

Die Querneigungen einer Sicherheitsfläche am Start-/Landebahnende sollten eine positive oder negative Neigung von 5 % nicht überschreiten. Übergänge zwischen unterschiedlichen Neigungen sollten stetig verlaufen.

Tragfähigkeit von Sicherheitsflächen an Start-/Landebahnenden Eine Sicherheitsfläche am Start-/Landebahnende sollte so beschaffen und angelegt sein, dass die Gefahr der Beschädigung eines Luftfahrzeuges, das zu früh aufsetzt oder die Start-/Landebahn überrollt, herabgesetzt, und die Bewegung von Rettungs- und Feuerlöschfahrzeugen erleichtert wird.

Freiflächen Eine Freifläche (Clearway) sollte am Ende der verfügbaren Startlaufstrecke beginnen. Die Länge einer Freifläche sollte die halbe Länge der verfügbaren Startlaufstrecke nicht überschreiten. Eine Freifläche sollte sich seitlich bis zu einer Entfernung von mindestens 75 m auf beiden Seiten der verlängerten Start-/Landebahn-Mittellinie erstrecken. Der Boden innerhalb einer Freifläche sollte nicht über eine Ebene mit einer Steigung von 1,25 % hinausragen, wobei die untere Grenze dieser Ebene eine horizontale Linie ist, die

a) rechtwinklig zur die Start-/Landebahn-Mittellinie enthaltenden Vertikalebene verläuft; und
b) durch einen Punkt geht, der auf der Start-/Landebahn-Mittellinie am Ende der verfügbaren Startlaufstrecke liegt.

Neigungen von Freiflächen Wegen Quer- oder Längsneigungen auf einer Start-/Landebahn, Schulter oder einem Streifen kann in bestimmten Fällen die untere Grenze der oben festgelegten Ebene der Freifläche unterhalb der entsprechenden Höhe von Start-/Landebahn, Schulter oder Streifen liegen. Starke Wechsel der positiven Neigung sollten vermieden werden, wenn die Neigung am Boden innerhalb einer Freifläche verhältnismäßig gering ist oder wenn die mittlere Neigung positiv ist. In solchen Fällen sollten in dem Teil der Freifläche innerhalb einer Entfernung von 22,5 m oder die Hälfte der Start-/Landebahnbreite, entsprechend dem größeren Wert, zu beiden Seiten der verlängerten Mittellinie, die Neigungen, Neigungswechsel und der Übergang der Start- und Landebahn zur Freifläche der Start-/Landebahn, der die Freifläche zugeordnet ist, entsprechen.

Objekte auf Freiflächen Ein Objekt auf einer Freifläche, das Luftfahrzeuge in der Luft gefährden kann, sollte als Hindernis angesehen und entfernt werden.

Stoppbahnen Eine Stoppbahn (Stopway) muss dieselbe Breite wie die Start-/Landebahn haben, der sie zugeordnet ist.

Neigungen von Stoppbahnen Neigungen und Neigungswechsel auf einer Stoppbahn und der Übergang einer Start-/Landebahn zu einer Stoppbahn sollten den Bestimmungen über die Start-/Landebahn, der die Stoppbahn zugeordnet ist, entsprechen. Als Ausnahme gelten, dass:

- die Begrenzung auf eine 0,8 %ige Neigung im ersten und letzten Viertel der Länge einer Start-/Landebahn nicht auf die Stoppbahn angewendet werden muss, und
- am Übergang einer Stoppbahn in eine Start-/Landebahn und entlang der Stoppbahn der Höchstwert der Neigungsänderung 0,3 % je 30 m (Mindestkrümmungsradius 10.000 m) für eine Start-/Landebahn mit der Code-Zahl 3 oder 4 betragen kann.

Tragfähigkeit von Stoppbahnen Eine Stoppbahn sollte so hergerichtet oder angelegt werden, dass sie geeignet ist, im Falle eines Startabbruchs das Luftfahrzeug, für das die Stoppbahn bestimmt ist, ohne eine strukturellen Beschädigung zu tragen.

Oberfläche von Stoppbahnen Die Oberfläche einer befestigten Stoppbahn sollte so angelegt sein, dass sie einen Reibungskoeffizienten aufweist, der mit dem Reibungskoeffizienten der zugehörigen Start-/Landebahn übereinstimmt, auch wenn die Stoppbahn nass ist. Die Bremswirkungseigenschaften einer unbefestigten Stoppbahn sollten nicht wesentlich geringer sein als diejenigen der Start-/Landebahn, der die Stoppbahn zugeordnet ist.

Funkhöhenmesser-Betriebsflächen Eine Funkhöhenmesser-Betriebsfläche sollte auf einer Fläche vor der Schwelle einer Präzisionsanflug-Landebahn eingerichtet werden. Eine Funkhöhenmesser-Betriebsfläche sollte sich vor der Schwelle über eine Entfernung von mindestens 300 m erstrecken. Eine Funkhöhenmesser-Betriebsfläche sollte sich seitlich beiderseits der Start-/Landebahn-Mittellinie bis auf eine Länge von 60 m erstrecken. Wenn spezielle Umstände dies nicht zulassen, kann die Länge auf 30 m verringert werden, soweit eine luftfahrttechnische Untersuchung ergeben hat, dass der sichere Betrieb von Luftfahrzeugen dadurch nicht beeinträchtigt wird.

Auf einer Funkhöhenmesser-Betriebsfläche sollten Neigungsänderungen vermieden oder auf ein Minimum reduziert werden. Wo Neigungsänderungen nicht vermeidbar sind, sollten die Neigungsänderungen so stetig wie möglich gestaltet sein, abrupte und plötzliche Wechsel von Neigungen sollten vermieden werden. Der Änderungswert zwischen zwei aufeinander folgenden Neigungen sollte 2 % auf 30 m nicht übersteigen.

Rollbahnen Die Rollbahnen (Taxiways) haben die primäre Aufgabe, die Verbindung zwischen den Terminals, den Wartungshallen, Hangars und dem Start-/Landebahnsystem herzustellen. Bei der Anlage von Rollbahnen ist darauf zu achten, dass die Rollführung von gelandeten Luftfahrzeugen nicht mit der Rollführung zum Start rollender Luftfahrzeuge konfligiert, d. h. dass sich betrieblich möglichst keine Kreuzungen der Rollbahnen (den Rollverkehren) ergeben.

An Flugplätzen mit hoher Verkehrsdichte ist es daher üblich, parallel verlaufende Rollbahnen pro Verkehrsrichtung anzulegen, was den maximalen Verkehrsfluss erlaubt. Selbstverständlich sollte die Rollführung so ausgelegt sein, dass die Start-/Landebahnenden auf kurzem Weg von den Parkpositionen/Gatepositionen aus erreicht werden können. Im Bereich der Start-/Landebahnen werden in regelmäßigen Abständen so genannte „turn-offs“ oder „exit taxiways“ eingerichtet, die es erlauben, dass ein gelandetes Luftfahrzeug die Landebahn in kürzester Zeit verlässt. Hierbei unterscheidet man gewöhnliche „exit taxiways“, die in einem Winkel von 90 Grad von der Landebahn abzweigen und Schnellabrollbahnen, deren Winkel zur Landebahn 30 Grad beträgt. Auf diese Rollbahnen kann der Luftfahrzeugführer mit einer höheren Eigengeschwindigkeit des Luftfahrzeuges einrollen und somit die Landebahn früher verlassen, als dies über eine „normale“ Abrollbahn möglich ist.

Bei der Konzeption von Rollbahnsystemen ist es notwendig, die Charakteristiken der Luftfahrzeugmuster zu kennen, für die das Rollbahnsystem ausgelegt werden soll. Zur Dimensionierung der Kurvenradien oder der Einhaltung von Sicherheitsabständen zwischen den Tragflächen verschiedener Luftfahrzeuge ist die Kenntnis von Spannweiten, maximalen erzielbaren Kurvenradien der Fahrwerke und verschiedenen Rollgeschwindigkeiten erforderlich.

Die spezifizierten Anforderungen gelten, falls nicht anders angegeben, für alle Arten von Rollbahnen.

Eine Rollbahn muss ab November 2008 so ausgelegt sein, dass, wenn das Cockpit des Luftfahrzeuges, für das die Rollbahn bestimmt ist, sich über der

Tab. 22.16 Minimaler Abstand zwischen dem äußeren Rad des Hauptfahrwerks eines Luftfahrzeuges und dem Rollbahnrand

Code-Buchstabe	Abstand
A	1,50 m
B	2,25 m
C	3 m, wenn die Rollbahn für die Benutzung durch Luftfahrzeuge mit einem Radstand von weniger als 18 m bestimmt ist; 4,5 m, wenn die Rollbahn, für die Benutzung durch Luftfahrzeuge mit einem Radstand von 18 m oder mehr bestimmt ist.
D	4,5 m
E	4,5 m
F	4,5 m

Anmerkung
Radstand bedeutet: Abstand zwischen dem Bugfahrwerk und dem geometrischen Mittelpunkt des Hauptfahrwerks

Tab. 22.17 Rollbahnbreiten

Code-Buchstabe	Rollbahnbreiten
A	7,5 m
B	10,5 m
C	15 m, wenn die Rollbahn für die Benutzung durch Luftfahrzeuge mit einem Radstand von weniger als 18 m bestimmt ist; 18 m, wenn die Rollbahn für die Benutzung durch Luftfahrzeuge mit einem Radstand von 18 m oder mehr bestimmt ist;
D	18 m, wenn die Rollbahn für die Benutzung durch Luftfahrzeuge mit einer Spurbreite der äußeren Räder des Hauptfahrwerks von weniger als 9 m bestimmt ist; 23 m, wenn die Rollbahn für die Benutzung durch Luftfahrzeuge mit einer Spurbreite der äußeren Räder des Hauptfahrwerks von 9 m oder mehr bestimmt ist;
E	23 m
F	25 m

Rollbahnmittellinienmarkierung befindet, der hindernisfreie Abstand zwischen dem äußeren Rad des Hauptfahrwerks des Luftfahrzeuges und dem Rollbahnrand nicht kleiner ist als in Tab. 22.16 angegeben.

Breite von Rollbahnen Ein geradliniges Teilstück einer Rollbahn sollte keine geringere Breite haben, als in Tab. 22.17 angegeben.

Rollbahnkurven Richtungsänderungen von Rollbahnen sollten weitestgehend vermieden oder so gering wie möglich sein. Die Kurvenradien sollten der Manövrierfähigkeit und

den normalen Rollgeschwindigkeiten der Luftfahrzeuge, für die die Rollbahn bestimmt ist, angepasst sein. Die Kurven sollten so ausgelegt sein, dass, wenn sich das Cockpit des Luftfahrzeuges über der Rollbahnmittellinien-Markierung befindet, der hindernisfreie Abstand zwischen dem äußeren Rad des Hauptfahrwerks des Luftfahrzeuges und dem Rollbahnrand nicht kleiner ist als der in Tab. 22.8 fallspezifisch festgelegte Abstand ist.

Ein Beispiel für die Verbreiterung der Rollbahn zur Erreichung des festgelegten hindernisfreien Radabstandes in Rollbahnkurven zeigt Abb. 22.153.

Abzweigungen und Kreuzungen Um das Manövrieren von Luftfahrzeugen zu erleichtern, sollten Abzweigungen und Kreuzungen von Rollbahnen von bzw. mit Start-/Landebahnen, Vorfeldern und anderen Rollbahnen mit Ausrundungen versehen werden. Die Auslegung der Ausrundungen sollte sicherstellen, dass die festgelegten Radmindestabstände beibehalten werden, wenn Luftfahrzeuge über Abzweigungen oder Kreuzungen rollen. Bei der Auslegung von Ausrundungen ist die Luftfahrzeug-Bezugslänge zu berücksichtigen.

Rollbahnmindestabstände Der Abstand zwischen der Mittellinie einer Rollbahn und der Mittellinie einer Start-/Landebahn, der Mittellinie einer parallelen Rollbahn oder einem Objekt sollte nicht kleiner sein als die in Tab. 22.18 festgelegte jeweilige Entfernung, mit der Ausnahme, dass es zulässig sein kann, an einem bestehenden Flugplatz mit geringeren Abständen zu genehmigen, wenn eine luftfahrttechnische Untersuchung ergibt, dass diese geringeren Abstände die Sicherheit nicht gefährden und die Regelmäßigkeit des Luftfahrzeugbetriebes nicht wesentlich beeinträchtigen.

Auch die Sendeanlagen von ILS- und MLS-Landesystemen können die Lage von Rollbahnen beeinflussen, wenn die Signale durch rollende oder haltende Luftfahrzeuge gestört werden.

Neigungen auf Rollbahnen Die Längsneigung einer Rollbahn sollte:

- 1,5 % bei Code-Buchstabe C, D, E oder F, und
- 3 % bei Code-Buchstabe A oder B, nicht überschreiten.

Wo Neigungsänderungen auf einer Rollbahn unvermeidlich sind, sollte der Übergang von einer Neigung zu einer anderen durch eine gekrümmte Fläche mit einem Änderungswert von nicht mehr als:

- 1 % je 30 m (Mindestkrümmungsradius 3.000 m) bei Code-Buchstabe C, D, E oder F, und
- 1 % je 25 m (Mindestkrümmungsradius 2.500 m) bei Code-Buchstabe A oder B,

gebildet werden.

Wo eine Neigungsänderung auf einer Rollbahn unvermeidlich ist, sollte die Änderung so sein, dass es von jedem Punkt:

Tab. 22.18 Rollbahnmindestabstände

Rollbahnmindestabstände (m)											
Abstand zwischen Rollbahnmittellinie und Start-/Landebahnmittellinie (m)											
	Instrumenten Landebahn				Sichtanflug Landebahn				Rollbahnmittellinie zu Rollbahnmittellinie	Rollbahnmittellinie zum Objekt[1]	Mittellinie einer Standplatzrollgasse
Code-Buchstabe	Code-Zahl				Code-Zahl				(m)	(m)	(m)
	1	2	3	4	1	2	3	4			
A	**82,5**	**82,5**	**–**	**–**	**37,5**	**47,5**	**–**	**–**	**23,75**	**16,25**	**12**
B	**87**	**87**	**–**	**–**	**42**	**52**	**–**	**–**	**33,5**	**21,5**	**16,5**
C	**–**	**–**	**168**	**–**	**–**	**–**	**93**	**–**	**44**	**26**	**24,5**
D	**–**	**–**	**176**	**176**	**–**	**–**	**101**	**101**	**66,5**	**40,5**	**36**
E	**–**	**–**	**–**	**182,5**	**–**	**–**	**–**	**107,5**	**80**	**47,5**	**42,5**

Anmerkung
Die Abstände in den Spalten (2) bis (9) gelten für gewöhnliche Kombinationen von Start- und Landebahnen und Rollbahnen
Die Abstände in den Spalten (2) bis (9) garantieren keinen ausreichenden Abstand hinter einem wartenden Luftfahrzeug, um das Überholen eines anderen Luftfahrzeugs auf einer parallelen Rollbahn zu ermöglichen
(1) außer Mittellinie einer Standplatzrollgasse

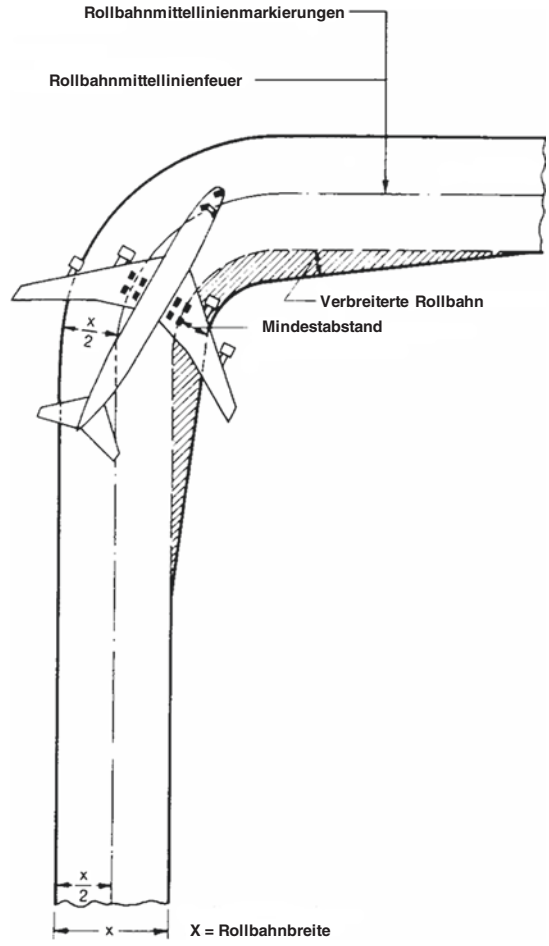


Abb. 22.153 Beispiel für die Verbreiterung der Rollbahn, um die vorgeschriebenen Radabstände in Rollbahnkurven zu erreichen [122]

- 3 m oberhalb der Rollbahn möglich ist, die gesamte Oberfläche der Rollbahn über eine Entfernung von mindestens 300 m von diesem Punkt aus zu sehen, wenn der Code-Buchstabe C, D, E oder F ist;
- 2 m oberhalb der Rollbahn möglich ist, die gesamte Oberfläche der Rollhahn über eine Entfernung von mindestens 200 m von diesem Punkt aus zu sehen, wenn der Code-Buchstabe B ist; und
- 1,5 m oberhalb der Rollbahn möglich ist, die gesamte Oberfläche der Rollbahn über eine Entfernung von mindestens 150 m von diesem Punkt aus zu sehen, wenn der Code-Buchstabe A ist.

Die Querneigungen auf einer Rollbahn sollten ausreichend sein, um die Ansammlung von Wasser auf der Oberfläche der Rollbahn zu verhindern, sollten aber:

- 1,5 % bei Code-Buchstabe C, D, E oder F, und
- 2 % bei Code-Buchstabe A oder B nicht überschreiten.

Tragfähigkeit von Rollbahnen Die Tragfähigkeit einer Rollbahn sollte mindestens gleich derjenigen der ihr zugeordneten Start-/Landebahn sein, wobei die Tatsache zu berücksichtigen ist, dass eine Rollbahn einer größeren Verkehrsdichte und, als eine Folge langsam rollender oder stehender Luftfahrzeuge, einer höheren Beanspruchung ausgesetzt ist, als die ihr zugeordnete Start-/Landebahn.

Oberflächen von Rollbahnen Die Oberfläche einer Rollbahn sollte keine Unregelmäßigkeiten aufweisen, die Schäden an Luftfahrzeugen verursachen könnten. Die Oberfläche einer befestigten Rollbahn sollte so beschaffen sein, dass sie gutes Reibungsverhalten, auch bei Nässe, aufweist.

Schnellabrollbahnen Die allgemeinen Anforderungen an Rollbahnen gelten auch für Schnellabrollbahnen (Abb. 22.154). Eine Schnellabrollbahn sollte mit einem Radius der Abrollkurve von mindestens:

- 550 m bei Code-Zahl -3 oder 4, und
- 275 m bei Code-Zahl 1 oder 2 ausgeführt werden,um bei Nässe Abrollgeschwindigkeiten von:
- 93 km/h bei Code-Zahl 3 oder 4, und
- 65 km/h bei Code-Zahl 1 oder 2, zu ermöglichen.

Die Lage von Schnellabrollbahnen entlang einer Start-/Landebahn hängt nicht nur von den unterschiedlichen Geschwindigkeitskriterien ab, sondern auch von verschiedenen anderen Kriterien, wie z. B. minimale Bahnbelegungszeiten etc (Abb. 22.155).

Der Radius der Ausrundung an der Kurveninnenseite einer Schnellabrollbahn sollte ausreichend für die Anlage eines Rollbahnhalses sein, um die frühzeitige Erkennung des Rollbahneinganges und der Abrollkurve auf die Rollbahn zu erleichtern. Eine Schnellabrollbahn sollte nach der Abrollkurve ein gerades Teilstück aufweisen, das

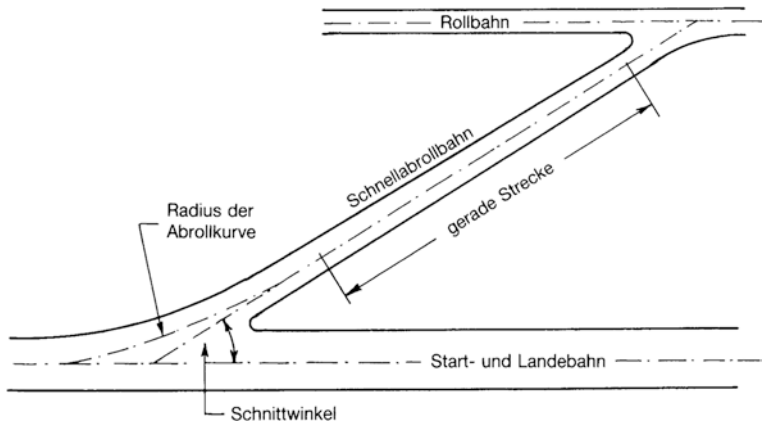


Abb. 22.154 Schnellabrollbahn [146]

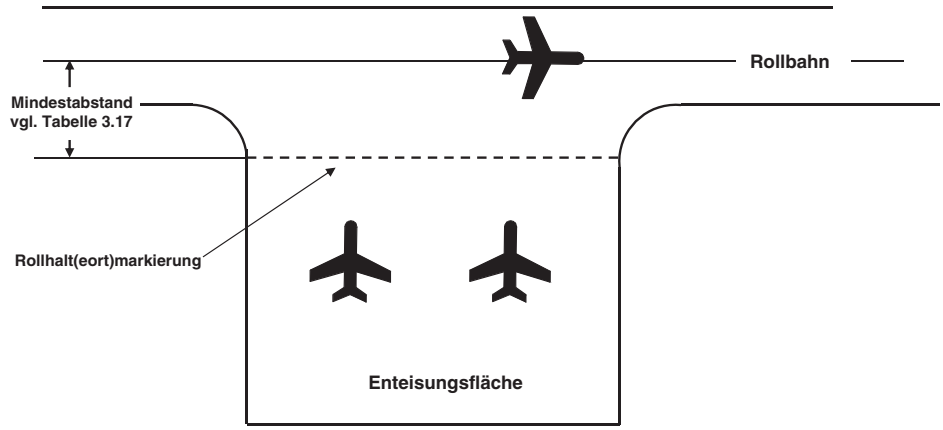


Abb. 22.155 Mindestabstände auf einer Enteisungseinrichtung [122]

ausreicht, um ein abrollendes Luftfahrzeug vor ggf. weiteren kreuzenden Rollbahnen zum Halt zu bringen. Der Schnittwinkel einer Schnellabrollbahn mit der Start-/Landebahn sollte höchstens 45 Grad, mindestens 25 Grad, vorzugsweise 30 Grad betragen.

Rollbahnen auf Brücken Die Breite des senkrecht zur Rollbahnmittellinie gemessenen Teils einer Rollbahn-brücke, der geeignet ist Luftfahrzeuge zu tragen, darf nicht geringer sein als die Breite der eingeebneten Fläche des für die Rollbahn vorgesehenen Streifens.

Ein Zugang sollte den Rettungs- und Feuerlöschfahrzeugen, innerhalb der spezifizierten Eingreifzeit für das kritische Luftfahrzeug, für welches die Brücke ausgelegt ist, den Eingriff von beiden Seiten ermöglichen.

Falls Flugzeugtriebwerke über die Brückenkonstruktion hinausragen, kann es erforderlich sein, angrenzende Flächen unterhalb der Brücke gegen den Triebwerkabgasstrahl zu schützen.

Eine Brücke sollte auf einem geraden Teilstück der Rollbahn mit einem geraden Teilstück an beiden Enden der Brücke errichtet werden, um die Ausrichtung von Luftfahr-zeugen zu erleichtern, die sich der Brücke nähern.

Rollbahnschultern Gerade Teilstücke einer Rollbahn sollten bei Code-Buchstabe C, D, E oder F mit Schultern versehen sein, die sich symmetrisch zu beiden Seiten der Rollbahn erstrecken, sodass die Gesamtbreite der Rollbahn und ihrer Schultern auf geraden Teilstücken nicht geringer ist als:

- 60 m bei Code-Buchstabe F,
- 44 m bei Code-Buchstabe E,
- 38 m bei Code-Buchstabe D, und
- 25 m bei Code-Buchstabe C.

In Rollbahnkurven und an Einmündungen oder Kreuzungen, wo der Belag verbreitert worden ist, sollte die Schulterbreite nicht geringer sein als die der angrenzenden geraden Teilstücke der Rollbahn. Wenn eine Rollbahn für Luftfahrzeuge mit Strahlturbinenantrieb bestimmt ist, sollte die Oberfläche der Rollbahnschulter so angelegt sein, dass sie der Erosion und dem Ansaugen von Oberflächenpartikeln durch Luftfahrzeugtriebwerke standhält.

Rollbahnstreifen Eine Rollbahn, die keine Standplatzrollgasse ist, muss von einem Streifen umgeben sein. Ein Rollbahnstreifen sollte sich symmetrisch zu beiden Seiten der Rollbahnmittellinie über die Länge der Rollbahn mindestens bis zu der in Tab. 6.10, Spalte 11, angegebenen Entfernung erstrecken.

Objekte auf Rollbahnstreifen Der Rollbahnstreifen sollte frei von Hindernissen sein, die rollende Luftfahrzeuge gefährden könnten.

Lage und Ausführung von Abflussrinnen auf den Rollbahnstreifen müssen so ausgeführt sein, dass Schäden an Luftfahrzeugen vermieden werden, falls Luftfahrzeuge vom Rollbahnstreifen abkommen. Die Ausfertigung von Abflussabdeckungen kann notwendig sein.

Einebnung von Rollbahnstreifen Der mittlere Teil eines Rollbahnstreifens sollte bis zu einer Entfernung von der Rollbahnmittellinie von mindestens:

- 11,0 m bei Code-Buchstabe A,
- 12,5 m bei Code-Buchstabe B oder C,
- 19,0 m bei Code-Buchstabe D,
- 22,0 m bei Code-Buchstabe E, und
- 30,0 m bei Code-Buchstabe F, eingeebnet sein.

Neigungen auf Rollbahnstreifen Die Oberfläche des Streifens sollte mit dem Rand der Rollbahn oder der Schulter, falls vorhanden, in einer Ebene liegen. Die positive Querneigung des eingeebneten Teils der Rollbahn sollte:

- 2,5 % bei Code-Buchstabe C, D, E oder F, und
- 3 % bei Code-Buchstabe A oder B, nicht überschreiten.

Die positive Neigung wird dabei an der Querneigung der angrenzenden Rollbahnoberfläche, und nicht an der Horizontalen gemessen. Die negative Querneigung sollte dabei 5 %, gemessen an der Horizontalen, nicht überschreiten.

Die Querneigungen auf Teilen eines Rollbahnstreifens jenseits der einzuebnenden Teile sollten eine positive oder negative Neigung von 5 %, gemessen in der von der Rollbahn wegweisenden Richtung, nicht überschreiten.

Wartebuchten und Rollhalteorte Wartebuchten (holding bays) findet man häufig an den Enden eines Start-/Landebahnsystems. Diese Bereiche dienen als Warteflächen für startbereite Luftfahrzeuge, die auf die Starterlaubnis warten. Wartebuchten bieten auch die Möglichkeit, die Reihenfolge wartender Luftfahrzeuge zu verändern, d. h. ein Luftfahrzeug einem anderen in der Startfolge vorzuziehen. Dementsprechend muss die Wartebucht dimensioniert sein. Alternativ zu einer Wartebucht kann es sinnvoll sein, ein duales Rollwegsystem als Zubringersystem zur Startbahn vorzusehen. Dabei wird ein Rollweg als „holding bay" benutzt, während der andere für „bypass procedures" verwendet wird.

Es sollten eine oder mehrere Wartebuchten vorgesehen werden, wenn das Verkehrsaufkommen hoch ist. Es sind ein oder mehrere Start/Landebahn-Rollhalte(orte)

a) an einer Rollbahn, an der Kreuzung einer Rollbahn mit einer Start/Landebahn, und
b) an der Kreuzung einer Start-/Landebahn mit einer anderen Start-/Landebahn, einzurichten, wenn die vormalige Start/Landebahn Teil des Standardrollweges ist.

Ein Start-/Landebahn-Rollhalt(eort) ist auf einer Rollbahn einzurichten, wenn die Lage der Rollbahn so angeordnet ist, dass ein darauf rollendes Luftfahrzeug oder Fahrzeug in die Hindernisbegrenzungsflächen hineinragen oder den Betrieb einer Funknavigationshilfe stören kann. Ein Rollhalt(eort) sollte auf einer Rollbahn an jedem Punkt außer dem des Start-/Landebahnrollhalt(eorte)s eingerichtet werden, wo die eine spezifische Haltegrenze wünschenswert ist.

Ein Fahrstraßen-Halteort ist an einer Kreuzung zwischen einer Fahrstraße (Betriebsstraße) und einer Start-/Landebahn einzurichten.

Der Abstand zwischen einer Wartebucht und einem Start-/Landebahn-Rollhalt(eort), eingerichtet an einer Rollbahn-Start-/Landebahnkreuzung oder einem Fahrstraßen-Halteort und der Mittellinie einer Start-/Landebahn muss Tab. 22.19 entsprechen, und im Falle einer Präzisionsanflug-Landebahn so bemessen sein, dass ein haltendes Luftfahrzeug oder Fahrzeug den Betrieb der Funknavigationshilfen nicht stört.

Bei Ortshöhen über NN von mehr als 700 m (2.300 Fuß) sollte der in Tab. 22.18 für eine Präzisionsanflug-Landebahn mit der Code-Zahl 4 festgelegte Abstand von 90 m wie folgt vergrößert werden:

a) bis zu einer Ortshöhe von 2.000 m (6.600 Fuß) um 1 m für je 100 m (330 Fuß) über 700 m (2.300 Fuß),
b) bei Ortshöhen über 2.000 m (6.600 Fuß) bis 4.000 m (13.320 Fuß) um 13 m zuzüglich 1,5 m für je 100 m (330 Fuß) über 2.000 m (6.600 Fuß), und
c) bei Ortshöhen über 4.000 m (13.320 Fuß) bis 5.000 m (16.650 Fuß) um 43 m zuzüglich 2 m für je 100 m (330 Fuß) über 4.000 m (13.320 Fuß).

Falls eine Wartebucht, einen Start-/Landebahn-Rollhalt(eort) oder einen Fahrstraßen-Halteort für eine Präzisionsanflug-Landebahn mit der Code-Zahl 4, der auf einer

Tab. 22.19 Mindestabstand von der Start-/Landebahnmittellinie zu einer Wartebucht, einem Start-/Landebahn-Rollhalt(eort) oder einer Fahrstraßen- Rollhalteposition

Art der Start- und Landebahn	Code- Zahl			
	1	2	3	4
Sichtanflug (m)	30	40	75	75
Nicht-Präzisionsanflug (m)	40	40	75	75
Präzisionsanflug Betriebsstufe I (m)	60[b]	60	90[a, b]	90
Präzisionsanflug Betriebsstufe II und III (m)	–	–	90[a, b]	90[a, b]
Startbahn (m)	30	40	75	75

[a]Falls eine Wartebucht, ein Start-/Landebahn-Rollhalt(eort) oder eine Fahrstraßen-Rollhalteposition auf einer niedrigeren Ortshöhe liegt als die Schwelle, kann der Abstand uni 5 m für jeden Meter verringert werden, um den die Wartebucht, der Rollhalt(eort) oder die Rollhalteposition tiefer liegt als die Schwelle, vorausgesetzt, dass die innere Übergangsfläche nicht verletzt wird

[b]Dieser Abstand ist möglicherweise zu vergrößern, um Störungen von Funknavigationshilfen zu vermeiden, besonders von Gleitpfad- und Landekurssendern der Landesysteme

Anmerkung Der Abstand von 90 in für die Code-Zahl 3 oder 4 beruht auf einem Luftfahrzeug mit einer Höhe des Heckleitwerks von 20 m, einer Entfernung vom Bug zur höchsten Stelle des Heckleitwerks von 52,7 m und einer Bughöhe von 10 m, das in einem Winkel von 45 Grad oder mehr zur Start-/Landebahnmittellinie hält und dabei die hindernisfreie Fläche nicht berührt und nicht für die Berechnung der Hindernisfreihöhe in Frage kommt

Der Abstand von 60 in für die Code-Zahl 2 beruht auf einem Luftfahrzeug mit einer Höhe des Heckleitwerks von 8 m, einer Entfernung vom Bug zur höchsten Stelle des Heckleitwerks von 24,6 m und einer Bughöhe von 5,2 m, das in einem Winkel von 45 Grad oder mehr zur Start- und Landebahnmittellinie hält und dabei die hindernisfreie Fläche nicht berührt

[c]Wo der Code-Buchstabe F angewandt wird, sollte der Abstand 107,5 m betragen

Der Abstand von 107,5 m für die Code-Zahl 4 bei dem Code-Buchstaben F beruht auf einem Luftfahrzeug mit einer Höhe des Heckleitwerks von 24 m, einer Entfernung vom Bug zur höchsten Stelle des Heckleitwerks von 62,2 m und einer Bughöhe von 10 m, das in einem Winkel von 45 Grad oder mehr zur Start-/Landebahnmittellinie hält und dabei die hindernisfreie Fläche nicht berührt

höheren Ortshöhe liegt als die Schwelle, sollte der in Tab. 22.12 festgelegte Abstand von 90 oder 107,5 m, je nach Anwendbarkeit, um weitere 5 m für jeden Meter vergrößert werden, um den die Wartebucht, die Halteposition oder der Rollhalt(eort) höher liegt als die Schwelle.

Die Lage eines Start-/Landebahnrollhalt(eortes), muss so gestaltet sein, dass ein haltendes Luftfahrzeug oder Fahrzeug nicht in die Hindernisfreifläche, die An- und Abflugfläche oder in die Schutzzonen der ILS/MLS-Landesysteme hineinragt oder den Betrieb der Funknavigationshilfen anderweitig stört.

Vorfelder Vorfelder sollten vorhanden sein, wo es notwendig ist, das Ein- und Aussteigen von Passagieren, das Ein- und Ausladen von Fracht oder Post sowie die Versorgung von Luftfahrzeugen zu ermöglichen, ohne den Flugplatzverkehr zu stören.

Ein weiterer Aspekt ist die Anfahrmöglichkeit der Versorgungs- und Servicefahrzeuge. Ein schneller Zugang zum gelandeten Flugzeug muss in einer Weise gewährleistet sein, die den weiteren Rollverkehr weder stört noch unterbricht.

Tab. 22.20 Mindestabstände Luftfahrzeug-Standplätze

Code-Buchstabe	Abstand
A	3,0 m
B	3,0 m
C	4,5 m
D	7,5 m
E	7,5 m
F	7,5 m

Die Formen und Dimensionen der Vorfelder (Apron) hängt in hohem Maße von der Konzeption der Terminal (Passagier- und Frachtterminal) ab.

Die Flugzeugstandpositionen, am Terminal als Gates bezeichnet, müssen den Anforderungen der Flugzeugmuster hinsichtlich Spannweite, Rumpflänge und fahrbaren Kurvenradien genügen. Die ICAO hat für den Abstand von Flugzeugen an den Gates die Tab. 22.20 in Abhängigkeit vom Flugplatz Bezugscode (Aerodrome Reference Code) entwickelt.

Abmaße von Vorfeldern Der gesamte Vorfeldbereich sollte ausreichend groß bemessen sein, um die zügige Abwicklung des Flugplatzverkehrs bei seiner höchsten erwarteten Dichte (in der Spitzenstunde) zu ermöglichen.

Tragfähigkeit von Vorfeldern Jeder Teil eines Vorfeldes sollte den Luftfahrzeugen standhalten, für die er bestimmt ist. Es ist zu berücksichtigen, dass einige Teile des Vorfeldes stärker frequentiert sind und, als eine Folge langsam rollender oder stehender Luftfahrzeuge, einer höheren Beanspruchung ausgesetzt sind als eine Start-/Landebahn.

Neigungen von Vorfeldern Neigungen auf einem Vorfeld einschließlich denjenigen einer Standplatzrollgasse sollten ausreichend sein, um die Ansammlung von Wasser auf der Oberfläche des Vorfeldes zu verhindern. Sie sollten jedoch so flach sein, wie es die Erfordernisse der Entwässerung zulassen. Auf einem Luftfahrzeug-Standplatz sollte die Maximalneigung 1 % nicht überschreiten.

Abstände auf Luftfahrzeug-Standplätzen Ein Luftfahrzeug-Standplatz sollte folgende Mindestabstände zwischen einem den Standplatz benutzenden Luftfahrzeug und allen benachbarten Gebäuden, Luftfahrzeugen auf einem anderen Standplatz und anderen Objekten sicherstellen (Tab. 22.20).

Wenn es besondere Umstände rechtfertigen, können diese Abstände an einem Bugeinwärts-Standplatz bei Code-Buchstabe D, E oder F:

- zwischen dem Abfertigungsgebäude, einschließlich fester Fluggastbrücken, und dem Bug eines Luftfahrzeuges, und

- an jedem Teil eines Standplatzes, der mit Seitenführung durch eine optische Führungshilfe zum Andocken versehen ist, verringert werden.

Auf Vorfeldern sind auch Fahr-/Betriebsstrassen und der Bewegungs- und Abstellraum für Bodengeräte zu berücksichtigen.

Gesondert liegender Luftfahrzeug-Abstellplatz Der ICAO Annex 14, Band I [146] sieht weiterhin die Anlage einer gesondert liegenden Abstellposition, einer „isolated aircraft parking position" vor. Auf solchen Positionen sollen Luftfahrzeuge abgestellt werden, die aufgrund außergewöhnlicher Vorkommnisse (z. B. Entführung) vom normalen Flugplatzbetrieb ferngehalten werden müssen. Es ist eine gesondert liegende Luftfahrzeug-Abstellposition zu bezeichnen und die Vorfeldkontrolle/Flugsicherung ist darüber zu unterrichten. Der Bereich muss für das Abstellen eines Luftfahrzeuges geeignet sein, von dem bekannt ist oder vermutet wird, dass es einem widerrechtlichen Eingriff ausgesetzt ist, oder das es aus einem anderen Gründen vom normalen Flugplatzbetrieb abgesondert werden muss.

Der gesondert liegende Luftfahrzeug-Abstellplatz sollte so weit wie möglich und in keinem Fall weniger als 100 m von anderen Abstellplätzen, Gebäuden oder öffentlichen Bereichen entfernt liegen. Es sollte darauf geachtet werden, dass der Abstellplatz nicht über unterirdischen Versorgungseinrichtungen wie Gasleitungen, Unterflursystemen für Kraftstoffe und, soweit möglich, Strom- und Fernmeldekabeln liegt.

Enteisungseinrichtungen Luftfahrzeug-Enteisungseinrichtungen sollten an einem Flugplatz vorgehalten werden, an dem Vereisungsbedingungen zu erwarten sind.

Enteisungseinrichtungen sollten entweder an den Luftfahrzeug-Abstellpositionen oder auf speziellen Flächen entlang der Rollbahnen, die zur Startbahn führen, eingerichtet werden, vorausgesetzt, dass angemessene Abfluss- und Sammelvorrichtungen für die Überschussenteisungsflüssigkeiten vorhanden sind, um zu verhindern, dass das Grundwasser kontaminiert wird.

Einer der bestimmenden Faktoren für die Wahl des Standortes von Enteisungseinrichtungen ist die Vorhaltezeit der Wirksamkeit des Enteisungsmittels des behandelten Luftfahrzeugs bis zur Startfreigabe.

Enteisungseinrichtungen sollten dort eingerichtet werden, wo sie frei von Hindernisbegrenzungsflächen sind, und keine Störungen von Funknavigationshilfen verursachen. Die Einrichtungen sollten ferner vom Tower aus vollständig einsehbar sein, um den behandelten Luftfahrzeugen entsprechende Freigaben erteilen zu können.

Enteisungseinrichtungen sollten so ausgeführt sein, dass Luftfahrzeuge die Enteisungsflächen auch bei hohem Verkehrsaufkommen mit normalen Rollmanövern berollen können.

Die Effekte des Triebwerkabgasstrahls eines rollenden Luftfahrzeuges auf ein anderes Luftfahrzeug, welches gerade enteist wird oder auch zur Startbahn rollt, sind

zu berücksichtigen, um eine Schwächung der Wirkung der Enteisungsflüssigkeit zu vermeiden.

Abmaße und Anzahl von Enteisungsflächen Eine Enteisungsfläche besteht aus:

a) einer inneren Fläche, auf der das Luftfahrzeug für die Behandlung abgestellt wird, und
b) einer äußeren Fläche, auf der sich zwei oder mehrere mobile Enteisungsgeräte befinden.

Die Größe einer Enteisungsfläche sollte der Abstellfläche, die vom kritischen Luftfahrzeug des Flugplatzes benötigt wird, entsprechen, und über eine mindestens 3,8 m offene befestigte Fläche, die als Arbeitsraum für die Enteisungsgeräte im Bereich der Luftfahrzeuge notwendig ist, verfügen.

Wird mehr als eine Enteisungsfläche eingerichtet, so ist zu berücksichtigen, dass sich die Bewegungsflächen für die Enteisungsgeräte angrenzender Flächen nicht überlappen dürfen, sondern dass individuelle Arbeitsräume je Enteisungsfläche vorzuhalten sind.

Die benötige Anzahl an Enteisungsflächen und der entsprechenden Enteisungsausrüstung sollte anhand der meteorologischen Bedingungen vor Ort, der abzufertigenden Luftfahrzeugmuster und des erwarteten Verkehrsaufkommens ermittelt werden.

Neigungen auf Enteisungsflächen Enteisungsflächen sollten über ausreichende Neigungen verfügen, um den Abfluss der Enteisungsmittel auf der Fläche sicherzustellen. Weiterhin ist eine Auffangvorrichtung für die überschüssigen Enteisungsflüssigkeiten vorzusehen. Die maximale Längsneigung der Enteisungsfläche sollte so gering wie möglich sein, die Querneigung nicht größer als 1 %.

Tragfähigkeit von Enteisungsflächen Eine Enteisungsfläche sollte den Luftfahrzeugen standzuhalten, für die sie ausgelegt wurde. Es ist zu berücksichtigen, dass eine Enteisungsfläche (wie das Vorfeld) einem höheren Verkehrsaufkommen und, als eine Folge langsam rollender oder stehender Luftfahrzeuge, einer höheren Beanspruchung ausgesetzt ist als eine Start-/Landebahn.

Abstände auf einer Enteisungsfläche Eine Enteisungsfläche sollte über Mindestabstände für Flugzeug-Abstellpositionen verfügen. Beinhaltet die Enteisungsfläche eine Umgehungskonfiguration, sollten die Mindestabstände wie in Tab. 22.11, Spalte 12, angewendet werden

Wo eine Enteisungseinrichtung an eine reguläre Rollbahn anschließt, sollte der Rollbahn-Mindestabstand den in Tab. 22.18, Spalte 11, genannten Werten entsprechen (Abb. 22.153).

Berücksichtigung von Umweltaspekten Der Überschuss an Enteisungsflüssigkeit, der bei der Behandlung der Luftfahrzeuge entsteht, birgt das Risiko der Kontaminierung

des Grundwassers und beeinflusst außerdem die Bremswirkungseigenschaften der Belagsoberfläche der Flugbetriebsflächen.

Im Bereich der Enteisungsabfertigung sollten Abflussrinnen auf der Oberfläche der Enteisungsfläche so ausgelegt werden, dass ein separates Ablaufen der Enteisungsflüssigkeiten stattfinden kann, ohne dass sich die gewöhnlichen Abläufe mit den Abläufen der Enteisung vermischen, um so eine Verschmutzung des Grundwassers zu verhindern.

22.16.20.5 Hindernisbeschränkung und -beseitigung

Flugplätze, die für den Instrumentenflugbetrieb zugelassen sind, bedürfen in der Regel eines Bauschutzbereichs nach § 12 LuftVG. Darüber hinaus werden zum Schutze der Verfahrensräume von Nichtpräzisionsanflugverfahren (NPA) von der für die Flugsicherung zuständigen Stelle Hindernisinformationsbereiche (HIB) gemäß § 18b LuftVG festgelegt, wenn dies notwendig ist.

Mit den Bestimmungen der ICAO und des Luftverkehrsgesetzes wird bezweckt, den von Hindernissen freizuhaltenden Luftraum um Flugplätze festzulegen, damit der beabsichtigte Flugbetrieb an den Flugplätzen sicher durchgeführt werden kann, und um zu verhindern, dass die Flugplätze durch die Zunahme von Hindernissen in ihrer Umgebung (Bebauung) unbenutzbar werden. Dies wird durch die Errichtung von Hindernisbegrenzungsflächen erreicht, durch die die Grenzen festgelegt werden, bis zu denen Objekte in den Luftraum hineinragen dürfen.

Objekte, die in die Hindernisbegrenzungsflächen hineinragen, können unter bestimmten Umständen eine Erhöhung der Hindernisfreihöhe für ein Instrumentenanflugverfahren oder dazugehörige Platzrundenanflugverfahren bewirken. Kriterien für die Hindernisbewertung sind in den „Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations“ (PANS-OPS, Doc 8168) [116] der ICAO enthalten.

22.16.20.6 Hindernisbegrenzungsflächen

Äußere Horizontalfläche Die Kegelfläche beschreibt eine von der Peripherie der inneren Horizontalfläche schräg aufwärts und nach außen verlaufende Fläche. Die Begrenzungen der Kegelfläche bestehen aus:

a) einem mit der Peripherie der inneren Horizontalfläche zusammenfallenden unteren Rand, und
b) einem in einer festgelegten Höhe über der inneren Horizontalfläche verlaufenden oberen Rand.

Die Neigung der Kegelfläche ist in einer senkrecht zur Peripherie der inneren Horizontalfläche liegenden Vertikalebene zu messen.

Innere Horizontalfläche Die Innere Horizontalfläche beschreibt eine in horizontaler Ebene über einem Flugplatz und seiner Umgebung liegende Fläche. Der Radius

oder die äußere Begrenzung der inneren Horizontalfläche ist von einem oder mehreren für diesen Zweck festgelegten Bezugspunkten aus zu messen. Die Form der inneren Horizontalfläche muss nicht unbedingt kreisförmig sein. Die Höhe der inneren Horizontalfläche ist über einer für diesen Zweck festgelegten Bezugshöhe zu messen.

Anflugfläche Die Anflugfläche stellt eine schiefe Ebene oder Kombination von Ebenen vor der Schwelle der Start-/Landebahn da. Die Begrenzungen der Anflugfläche bestehen aus:

a) einem horizontalen Innenrand von festgelegter Länge, der rechtwinklig zur verlängerten Start- und Landebahnmittellinie und in einem festgelegten Abstand vor der Schwelle verläuft;
b) zwei Seiten, die an den Enden des Innenrandes beginnen und gleichmäßig in einem festgelegten Verhältnis von der verlängerten Start- und Landebahnmittellinie auseinander laufen, und
c) einem Außenrand parallel zum Innenrand, und
d) den oberen Flächen, die bei Längsversetzungen, bzw. im Speziellen wenn versetzte oder gekurvte Anflüge genutzt werden, variieren müssen, zwei Seiten, die an den Enden des Innenrandes beginnen und gleichmäßig in einem festgelegten Verhältnis von der verlängerten Mittellinie der Längsversetzung, bzw. von den versetzten oder gekurvten Bodenspuren auseinander laufen.

Als Höhe über NN des Innenrandes der Anflugfläche gilt die Höhe über NN des Mittenpunktes der Schwelle.

Die Neigung(en) der Anflugfläche ist (sind) in der die Start-/Landebahn-Mittellinie enthaltenden Vertikalfläche zu messen und muss/müssen die Mittellinie jeglicher Längsversetzung oder jeglicher gekurvten Bodenspur beinhaltend fortgesetzt werden.

Innere Anflugfläche Die Innere Anflugfläche besteht aus einem rechteckigen Teil der Anflugfläche, der unmittelbar vor der Schwelle liegt. Die Begrenzungen der Inneren Anflugfläche bestehen aus:

a) einem Innenrand, der mit der Lage des Innenrandes der Anflugfläche zusammenfällt, jedoch seine eigene festgelegte Länge hat;
b) zwei Seiten, die an den Enden des Innenrandes beginnen und parallel zu der die Mittellinie der Start-/Landebahn enthaltenden Vertikalebene verlaufen, und
c) einem Außenrand parallel zum Innenrand.

Übergangsfläche Unter der Übergangsfläche versteht sich eine zusammengesetzte Fläche entlang der Seite des Streifens und einem Teil der Seite der Anflugfläche, die schräg aufwärts geneigt ist und nach außen bis zur Inneren Horizontalfläche verläuft. Die Begrenzungen einer Übergangsfläche bestehen aus:

a) einem unteren Rand, der am Schnittpunkt der Seite der Anflugfläche mit der inneren Horizontalfläche beginnt und sich entlang der Seite der Anflugfläche bis zum

Innenrand der Anflugfläche erstreckt und von dort entlang der Länge des Streifens parallel zur Start- und Landebahnmittellinie verläuft, und
b) einem oberen Rand, der in der Ebene der inneren Horizontalfläche liegt.

Als Höhe eines Punktes über NN auf dem unteren Rand gilt:

a) entlang der Seite der Anflugfläche, entsprechend der Höhe über NN der Anflugfläche an diesem Punkt, und
b) entlang dem Streifen, entsprechend der Höhe über NN des nächstliegenden Punktes auf der Mittellinie der Start-/Landebahn oder ihrer Verlängerung.

Aus b) ergibt sich, dass die Übergangsfläche entlang dem Streifen gekrümmt ist, wenn das Start-/Landebahnprofil gekrümmt ist, oder eine Ebene, wenn das Start- und Landebahnprofil eine gerade Linie ist. Die Schnittlinie der Übergangsfläche mit der inneren Horizontalfläche ist, je nach Start-/Landebahnprofil, ebenfalls eine gekrümmte oder auch gerade Linie.

Die Neigung der Übergangsfläche ist in einer rechtwinklig zur Start-/Landebahn-Mittellinie liegenden Vertikalebene zu messen.

Innere Übergangsfläche Es ist beabsichtigt, dass die Innere Übergangsfläche die maßgebende Hindernisbegrenzungsfläche für Navigationshilfen, Luftfahrzeuge und andere Fahrzeuge ist, die sich in der Nähe der Start-/Landebahn aufhalten müssen, und dass außer brechbar aufgestellten Objekten keine anderen Objekte in sie hineinragen sollen. Die beschriebene Übergangsfläche soll weiterhin die maßgebende Hindernisbegrenzungsfläche für Gebäude etc. bleiben.

Die Begrenzungen der Inneren Übergangsfläche bestehen aus:

a) einem unteren Rand, der am Ende der Inneren Anflugfläche beginnt und sich entlang der Seite der Inneren Anflugfläche bis zum Innenrand dieser Fläche, von da an entlang dem Streifen parallel zur Start-/Landebahn-Mittellinie zum Innenrand der Durchstartfläche und von da an entlang der Seite der Durchstartfläche bis hinauf zu dem Punkt erstreckt, an dem die Seite die Innere Horizontalfläche schneidet, und
b) einem oberen Rand, der in der Ebene der Inneren Horizontalfläche liegt.

Als Höhe über NN eines Punktes auf dem unteren Rand gilt:

a) entlang der Seite der Inneren Anflugfläche und der Durchstartfläche, entsprechend der Höhe über NN der jeweiligen Fläche an diesem Punkt, und
b) entlang dem Streifen, entsprechend der Höhe über NN des nächstliegenden Punktes auf der Mittellinie der Start-/Landebahn oder ihrer Verlängerung.

Aus b) ergibt sich, dass die Innere Übergangsfläche entlang dem Streifen gekrümmt ist, wenn das Start-/Landebahnprofil gekrümmt ist, oder eine Ebene, wenn das Start- / Landebahnprofil eine gerade Linie ist. Die Schnittlinie der Inneren Übergangsfläche mit der Inneren Horizontalfläche ist, je nach Start-/Landebahnprofil, ebenfalls eine gekrümmte oder auch gerade Linie.

Die Neigung der Inneren Übergangsfläche ist in einer rechtwinklig zur Start-/ Landebahn-Mittellinie liegenden Vertikalebene zu messen.

Durchstartfläche Die Durchstartfläche ist eine schiefe Ebene in einem festgelegten Abstand hinter der Schwelle, die sich zwischen den Inneren Übergangsflächen erstreckt. Die Begrenzungen der Durchstartfläche bestehen aus:

a) einem horizontalen Innenrand, der rechtwinklig zur Start-/Landebahn-Mittellinie und in einem festgelegten Abstand hinter der Schwelle verläuft;
b) zwei Seiten, die an den Enden des Innenrandes beginnen und gleichmäßig in einem festgelegten Verhältnis von der die Start-/Landebahn-Mittellinie enthaltenden Vertikalebene auseinander laufen, und
c) einem Außenrand parallel zum Innenrand, der in der Ebene der inneren Horizontalfläche liegt.

Als Höhe über NN des Innenrandes gilt die Höhe über NN der Start-/Landebahn-Mittellinie am Innenrand.

Die Neigung der Durchstartfläche ist in der die Start-/Landebahn-Mittellinie enthaltenden Vertikalebene zu messen.

Abflugfläche Die Abflugfläche ist eine schiefe Ebene oder eine andere festgelegte Fläche hinter dem Ende einer Start-/Landebahn oder Freifläche.
Die Begrenzungen der Abflugfläche bestehen aus:

a) einem horizontalen Innenrand, der rechtwinklig zur Start-/Landehahn-Mittellinie und entweder in einem festgelegten Abstand hinter dem Ende der Start-/Landebahn oder am Ende der Freifläche verläuft, wenn eine solche vorhanden ist und ihre Länge den festgelegten Abstand überschreitet;
b) zwei Seiten, die an den Enden des Innenrandes beginnen und gleichmäßig in einem festgelegten Verhältnis vom Startkurs über Grund bis zu einer festgelegten Endbreite auseinander laufen und danach diese Breite über die restliche Länge der Abflugfläche beibehalten, und
c) einem horizontalen Außenrand, der senkrecht zum festgelegten Startkurs über Grund verläuft.

Als Höhe über NN des Innenrandes gilt der höchste Punkt auf der verlängerten Start-/ Landebahn-Mittellinie zwischen dem Ende der Start-/Landebahn und dem Innenrand,

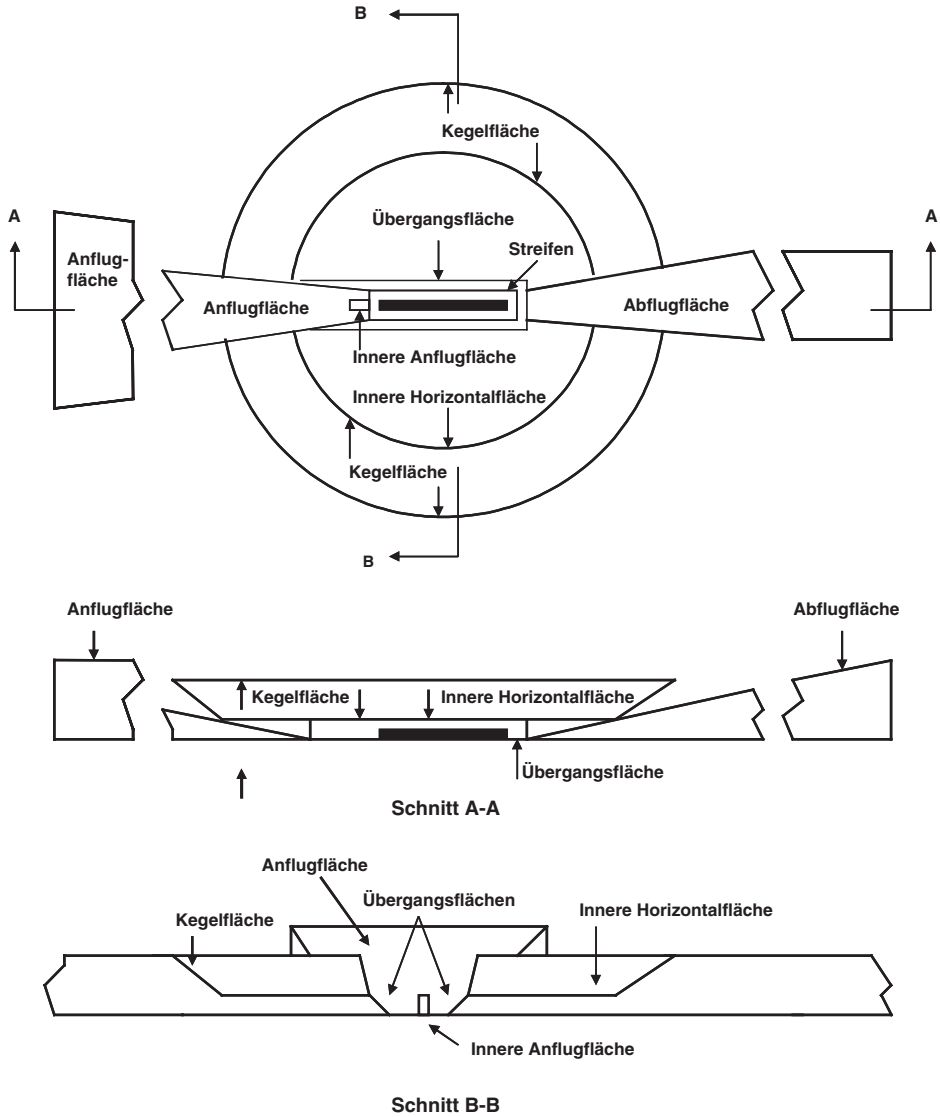


Abb. 22.156 Inneren Übergangsflächen und die Durchstartfläche (Hindernisbegrenzungsflächen) [116, 129]

mit der Ausnahme, dass die Höhe über NN gleich dem höchsten Punkt am Boden auf der Mittellinie der Freifläche ist, wenn eine Freifläche vorhanden ist.

Die Inneren Übergangsflächen und die Durchstartfläche (Hindernisbegrenzungsflächen) sind in den Abb. 22.156 und 22.157 dargestellt.

Im Falle eines geraden Startflugweges ist die Neigung der Abflugfläche in der die Start-/Landebahn-Mittellinie enthaltenden Vertikalebene zu messen.

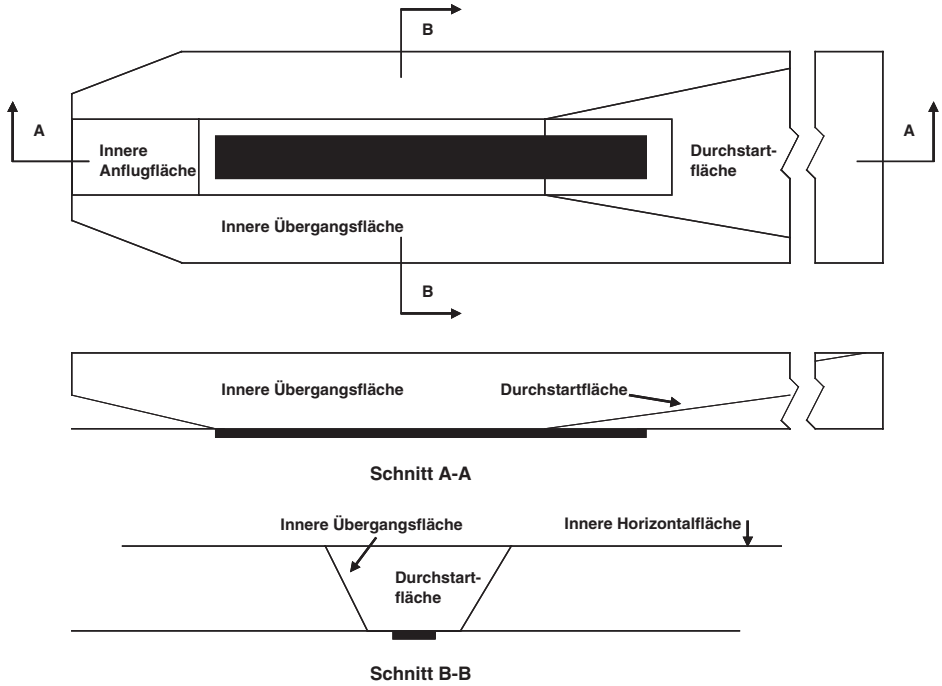


Abb. 22.157 Hindernisbegrenzungsflächen der Inneren Anflugfläche, Inneren Übergangsfläche und Durchstartfläche [116, 129]

Im Falle eines Startflugweges mit einer Kurve ist die Abflugfläche eine zusammengesetzte Fläche, die die horizontalen Normalen auf ihre Mittellinie enthält. Die Neigung der Mittellinie ist dieselbe wie diejenige für einen geraden Startflugweg.

22.16.20.7 Anforderungen an die Hindernisbegrenzung

Die Erfordernisse für Hindernisbegrenzungsflächen sind auf der Grundlage der beabsichtigten Nutzung einer Start-/Landebahn, d. h. Start oder Landung und Art des Anfluges festgelegt und sind anzuwenden, wenn die Start-/Landebahn so genutzt wird. In Fällen, in denen der Betrieb in beiden Start- und Landebahnrichtungen durchgeführt wird, kann die Funktion bestimmter Flächen wegen strengerer Forderungen einer anderen niedrigeren Fläche aufgehoben werden.

Sichtanflug-Landebahnen Die folgenden Hindernisbegrenzungsflächen sind für eine Sichtanflug-Landebahn festzulegen:

- Kegelfläche,
- Innere Horizontalfläche,

- Anflugfläche, und
- Übergangsflächen.

Die Höhen und Neigungen der Flächen dürfen nicht größer, ihre übrigen Maße nicht kleiner als die in Tab. 22.21 festgelegten Werte sein.

Neue Objekte oder Aufstockungen vorhandener Objekte dürfen oberhalb einer Anflug- oder Übergangsfläche nur zugelassen werden, wenn nach Ansicht der zuständigen Behörde das neue Objekt oder die Aufstockung durch ein vorhandenes unbewegliches Objekt abgeschattet würde.

Neue Objekte oder Aufstockungen vorhandener Objekte sollten oberhalb der Kegelfläche oder Inneren Horizontalfläche nur zugelassen werden, wenn nach Ansicht der zuständigen Behörde das Objekt durch ein vorhandenes unbewegliches Objekt abgeschattet würde oder nach luftfahrttechnischen Untersuchungen feststeht, dass das Objekt die Sicherheit nicht gefährden oder die Regelmäßigkeit des Luftfahrzeugbetriebs nicht wesentlich beeinträchtigen würde.

Wegen Quer- oder Längsneigungen auf einem Streifen können in bestimmten Fällen der Innenrand oder Teile des Innenrandes der Anflugfläche unterhalb der entsprechenden Höhe des Streifens liegen.

Nichtpräzisionsanflug-Landebahnen Die folgenden Hindernisbegrenzungsflächen sind für eine Nichtpräzisionsanflug-Landebahn festzulegen:

- Kegelfläche,
- Innere Horizontalfläche,
- Anflugfläche, und
- Übergangsflächen.

Die Höhen und Neigungen der Flächen dürfen nicht größer, ihre übrigen Maße nicht kleiner sein als die in Tab. 22.21 festgelegten Werte.

Die Anflugfläche muss über den Punkt hinaus horizontal verlaufen, in dem die 2,5 %-ige Neigung:

a) eine Horizontalebene 150 m über der Schwellenhöhe schneidet, oder
b) die Horizontalebene schneidet, die durch den höchsten Punkt eines Objektes geht, das die Höhe der Hindernisfreigrenze bestimmt (OCA/OCH);

wobei der höhere Punkt maßgebend ist.

Neue Objekte oder Aufstockungen vorhandener Objekte dürfen oberhalb einer Anflugfläche innerhalb 3.000 m des Innenrandes oder oberhalb einer Übergangfläche nur zugelassen werden, wenn nach Ansicht der zuständigen Behörde das neue Objekt oder die Aufstockung durch ein vorhandenes unbewegliches Objekt abgeschattet würde.

Tab. 22.21 Maße und Neigungen von Hindernisbegrenzungsflächen

LANDEBAHNEN Start-/Landebahn-Klassifikation										
Fläche und Maße	Sichtanflug				Nicht-Präzisionsanflug			Präzisionsanflug		
	Codezahl				Codezahl			Betriebsstufe		
								I II oder III		
								Codezahl		
	1	2	3	4	1 u. 2	3	4	1 u. 2	3 u. 4	3 u. 4
KEGELFLÄCHE										
Neigung (%)	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**	**5**
Höhe (m)	**35**	**55**	**75**	**100**	**60**	**75**	**100**	**60**	**100**	**100**
INNERE HORIZONTALFLÄCHE										
Höhe (m)	**45**	**45**	**45**	**45**	**45**	**45**	**45**	**45**	**45**	**45**
Radius (m)	**2.000**	**2.500**	**4.000**	**4.000**	**3.500**	**4.000**	**4.000**	**3.500**	**4.000**	**4.000**
INNERE ANFLUGFLÄCHE										
Breite (m)	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**90**	**120**	**120**
Abstand v. d. Schwelle (m)	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**60**	**60**	**60**
Länge (m)	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**900**	**900**	**900**
Neigung (%)	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**2,5**	**2,5**	**2,5**
ANFLUGFLÄCHE										
Länge d. Innenrandes (m)	**60**	**80**	**150**	**150**	**150**	**300**	**300**	**150**	**300**	**300**
Abstand v. d. Schwelle (m)	**30**	**60**	**60**	**60**	**60**	**60**	**60**	**60**	**60**	**60**
Divergenz (jede Seite) (%)	**10**	**10**	**10**	**10**	**15**	**15**	**15**	**15**	**15**	**15**
Erster Abschnitt										
Länge (m)	**1.600**	**2.500**	**3.000**	**3.000**	**2.500**	**3.000**	**3.000**	**3.000**	**3.000**	**3.000**
Neigung (%)	**5**	**4**	**3,33**	**2,5**	**3,33**	**2**	**2**	**2,5**	**2**	**2**

(Fortsetzung)

Tab. 22.21 (Fortsetzung)

LANDEBAHNEN Start-/Landebahn-Klassifikation										
Fläche und Maße	Sichtanflug				Nicht-Präzisionsanflug			Präzisionsanflug		
	Codezahl				Codezahl			Betriebsstufe		
								I II oder III		
								Codezahl		
	1	2	3	4	1 u. 2	3	4	1 u. 2	3 u. 4	3 u. 4
Zweiter Abschnitt										
Länge (m)	–	–	–	–	–	**3.600**	**3.600**	**12.000**	**3.600**	**3.600**
Neigung (%)	–	–	–	–	–	**2,5**	**2,5**	**3**	**2,5**	**2,5**
Horizontalabschnitt										
Länge (m)	–	–	–	–	–	**8.400**	**8.400**	–	**8.400**	**8.400**
Gesamtlänge (m)	–	–	–	–	–	**15.000**	**15.000**	**15.000**	**15.000**	**15.000**
ÜBERGANGSFLÄCHE										
Neigung (%)	**20**	**20**	**14,3**	**14,3**	**20**	**14,3**	**14,3**	**14,3**	**14,3**	**14,3**
INNERE ÜERGANGSFLÄCHE										
Neigung (%)	–	–	–	–	–	–	–	**40**	**33,3**	**33,3**
DURCHSTARTFLÄCHE										
Länge d. Innenrandes (m)	–	–	–	–	–	–	–	**90**	**120**	**120**
Abstand v. d. Schwelle (m)	–	–	–	–	–	–	–	–	**1.800**	**1.800**
Divergenz (jede Seite) (%)	–	–	–	–	–	–	–	**10**	**10**	**10**
Neigung (m)	–	–	–	–	–	–	–	**4**	**3,33**	**3,33**

mit: [a]Alle Maße sind horizontal gemessen, falls nicht anders angegeben
[b]veränderliche Länge (vgl. „Anflugfläche“)
[c]Abstand zum Ende des Streifens
[d]oder Start- Landebahnende, falls dieser Abstand kürzer ist
[e]wo der Code-Buchstabe F gilt (Tab. 22.1, Spalte 3) wird die Breite auf 155 m erhöht

Neue Objekte oder Aufstockungen vorhandener Objekte sollten oberhalb der Anflugfläche innerhalb 3.000 m von dem Innenrand, der Kegelfläche oder inneren Horizontalfläche nur zugelassen werden, wenn nach Ansicht der zuständigen Behörde das Objekt durch ein vorhandenes unbewegliches Objekt abgeschattet würde oder nach luftfahrttechnischen Untersuchungen feststeht, dass das Objekt die Sicherheit nicht gefährden oder die Regelmäßigkeit des Luftfahrzeugbetriebes nicht wesentlich beeinträchtigen würde.

Vorhandene Objekte oberhalb einer der für Nichtpräzisionsanflug-Landebahnen geforderten Flächen sollten möglichst entfernt werden, es sei denn, dass nach Ansicht der zuständigen Behörde das Objekt durch ein vorhandenes unbewegliches Objekt abgeschattet wird oder nach luftfahrttechnischen Untersuchungen feststeht, dass das Objekt die Sicherheit nicht gefährden oder die Regelmäßigkeit des Luftfahrzeugbetriebs nicht wesentlich beeinträchtigen würde.

Wegen Quer- oder Längsneigungen auf einem Streifen können in bestimmten Fällen der Innenrand oder Teile des Innenrandes der Anflugfläche unterhalb der entsprechenden Höhe des Streifens liegen.

Präzisionsanflug-Landebahnen Die Hindernisbegrenzungsflächen sind für eine Präzisionsanflug-Landebahn der ILS Allwetterbetriebsstufe CAT I wie folgt festzulegen:

- Kegelfläche,
- Innere Horizontalfläche,
- Anflugfläche, und
- Übergangsflächen.

Die folgenden Hindernisbegrenzungsflächen sollten für eine Präzisionsanflug-Landebahn der ILS Allwetterbetriebsstufe CAT I wie folgt festgelegt werden:

- Innere Anflugfläche,
- Innere Übergangsflächen, und
- Durchstartfläche.

Die folgenden Hindernisbegrenzungsflächen sind für eine Präzisionsanflug-Landebahn der ILS Allwetterbetriebsstufe CAT II oder CAT III festzulegen:

- Kegelfläche,
- Innere Horizontalfläche,
- Anflugfläche und innere Anflugfläche,
- Übergangsflächen,
- Innere Übergangsflächen, und
- Durchstartfläche.

Die Höhen und Neigungen der Flächen dürfen nicht größer, ihre übrigen Maße nicht kleiner sein als die in Tab. 22.21 festgelegten Werte.

Die Anflugfläche muss über den Punkt hinaus horizontal verlaufen, in dem die 2,5% ige Neigung:

a) eine Horizontalfläche 150 m über der Schwellenhöhe schneidet, oder
b) die Horizontalebene schneidet, die durch den höchsten Punkt eines Objektes verläuft, das die Hindernisfreigrenze bestimmt;

wobei der höhere Punkt maßgebend ist.

Feste Objekte dürfen oberhalb der Inneren Anflugfläche, der Inneren Übergangsfläche oder der Durchstartfläche nicht zugelassen werden. Ausgenommen sind brechbar aufgestellte Objekte, die ihrer Funktion wegen auf dem Streifen aufgestellt sein müssen. Bewegliche Objekte dürfen oberhalb dieser Flächen während der Benutzung der Start-/Landebahn für Landungen nicht zugelassen werden.

Neue Objekte oder Aufstockungen vorhandener Objekte dürfen oberhalb einer Anflugfläche oder Übergangsfläche nur zugelassen werden, wenn nach Ansicht der zuständigen Behörde das neue Objekt oder die Aufstockung durch ein vorhandenes unbewegliches Objekt abgeschattet würde.

Die isometrischen Darstellungen der einzelnen Hindernisbegrenzungsflächen für Start-/Landebahnen zeigen die Abb. 22.158 und 22.159.

Abbildung 22.160 zeigt die Hindernissituation für den Abflugbereich der Startbahn 18 des Verkehrsflughafens Frankfurt/M.

Abbildung 22.161 zeigt beispielhaft die Hindernisbegrenzungsflächen für Sichtanflug-Landebahnen der Code-Zahl 2.

Neue Objekte oder Aufstockungen vorhandener Objekte sollten oberhalb der Kegelfläche und der Inneren Horizontalfläche nur zugelassen werden, wenn nach Ansicht der

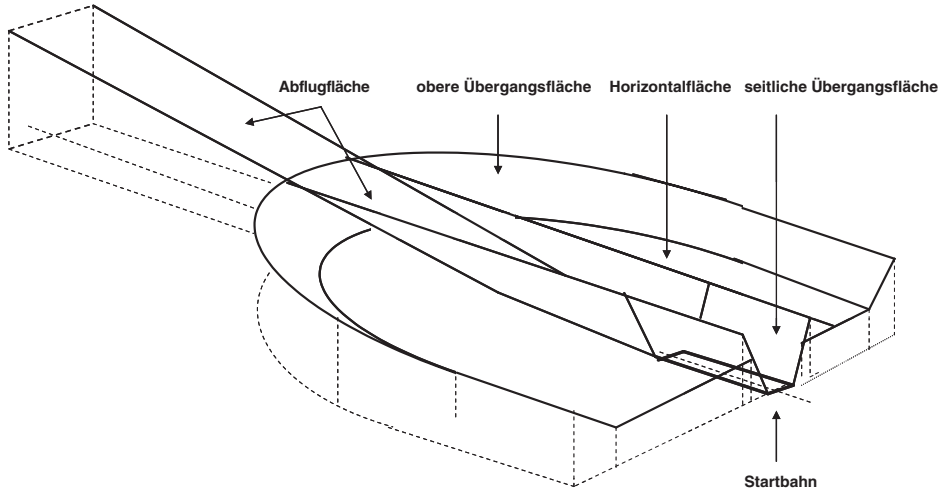


Abb. 22.158 Isometrische Darstellung der Hindernisbegrenzungsflächen für den Anflug [60]

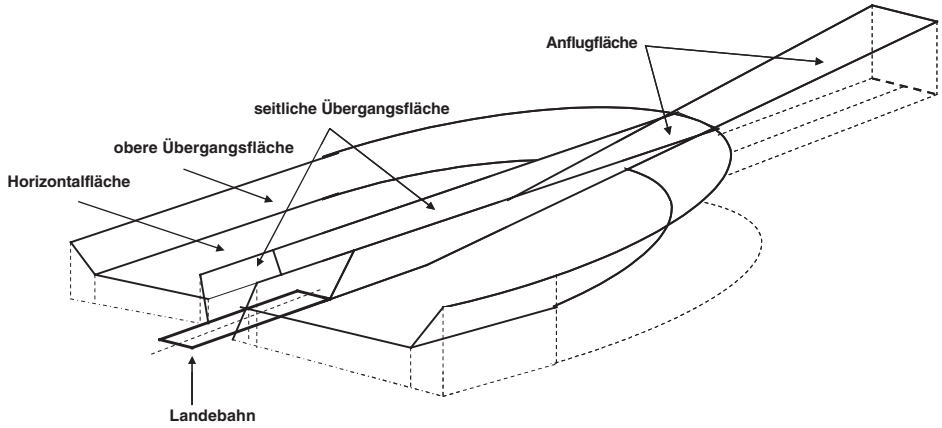


Abb. 22.159 Isometrische Darstellung der Hindernisbegrenzungsflächen für den Abflug [60]

zuständigen Behörde das Objekt durch ein vorhandenes unbewegliches Objekt abgeschattet würde oder nach luftfahrttechnischen Untersuchungen feststeht, dass das Objekt die Sicherheit nicht gefährden oder die Regelmäßigkeit des Luftfahrzeugbetriebs nicht wesentlich beeinträchtigen würde.

Vorhandene Objekte oberhalb einer Anflugfläche, einer Übergangsfläche, der Kegelfläche und der inneren Horizontalfläche sollten möglichst entfernt werden, ausgenommen, wenn nach Ansicht der zuständigen Behörde ein Objekt durch ein vorhandenes unbewegliches Objekt abgeschaltet wird oder nach luftfahrttechnischen Untersuchungen feststeht, dass das Objekt die Sicherheit nicht gefährden oder die Regelmäßigkeit des Luftfahrzeugbetriebs nicht wesentlich beeinträchtigen würde.

Wegen Quer- oder Längsneigungen auf einem Streifen können in bestimmten Fällen der Innenrand oder Teile des Innenrandes der Anflugfläche unterhalb der entspre-chenden Höhe des Streifens liegen.

Startbahnen Die folgende Hindernisbegrenzungsfläche ist für eine Startbahn festzulegen:

Die Maße der Abflugfläche dürfen nicht kleiner sein, als in Tab. 22.22 festgelegt, ausgenommen, dass eine geringere Länge für eine Abflugfläche zugelassen werden kann, wo diese geringere Länge mit den angenommenen betrieblichen Maßnahmen in Obereinstimmung stehen würde, die den Abflug von Luftfahrzeugen bestimmen.

Anhand der Betriebseigenschaften der Luftfahrzeuge, für die die Startbahn bestimmt ist, sollte festgestellt werden, ob die in Tab. 22.22 festgelegte Neigung, auch unter kritische Betriebsbedingungen, verringert werden kann. Falls die festgelegte Neigung verringert wird, sollte die entsprechende Anpassung der Länge der Abflugfläche vorgenommen werden, sodass ein Schutz bis zu einer Höhe von 300 m gegeben wird.

Wenn die örtlichen Bedingungen sehr stark von den Bedingungen der Normatmosphäre in NN abweichen, kann es ratsam sein, die in Tab. 22.22 festgelegte

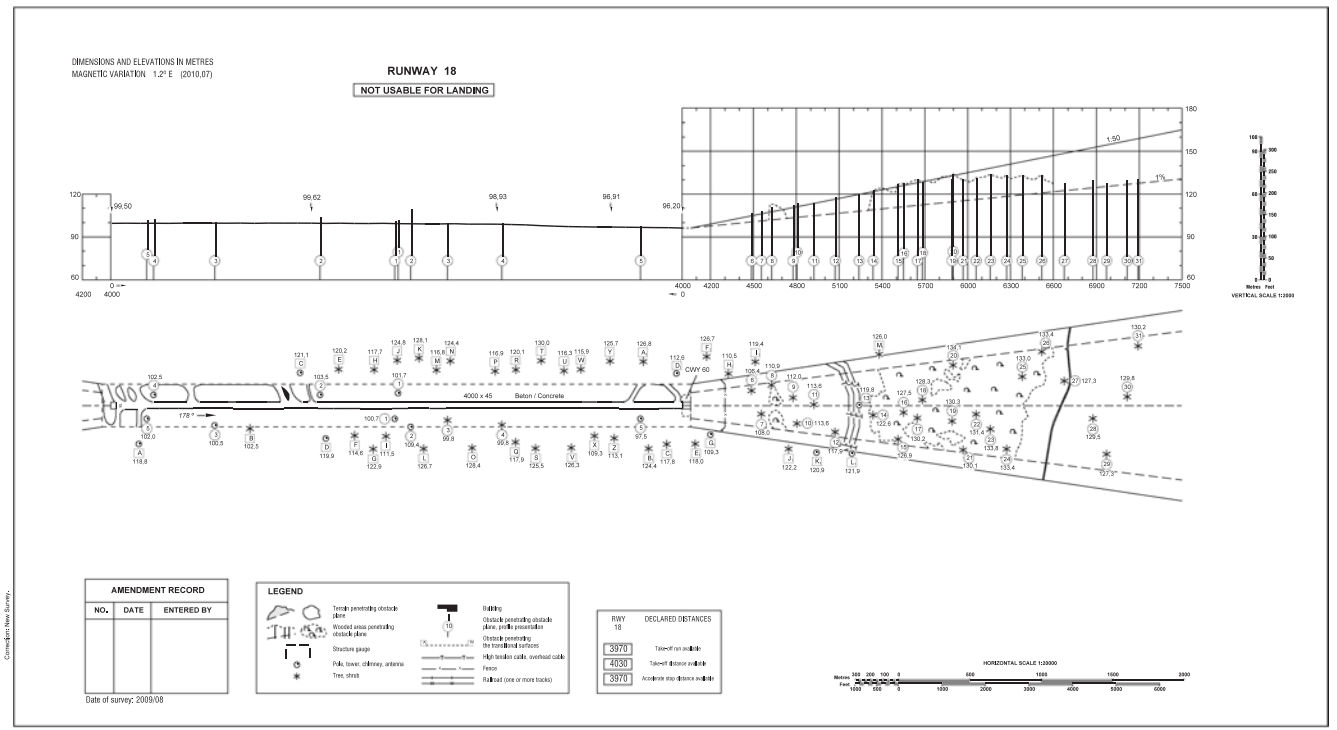


Abb. 22.160 Hindernissituation für den Abflugbereich der Startbahn 18 des Verkehrsflughafens Frankfurt/M [58]

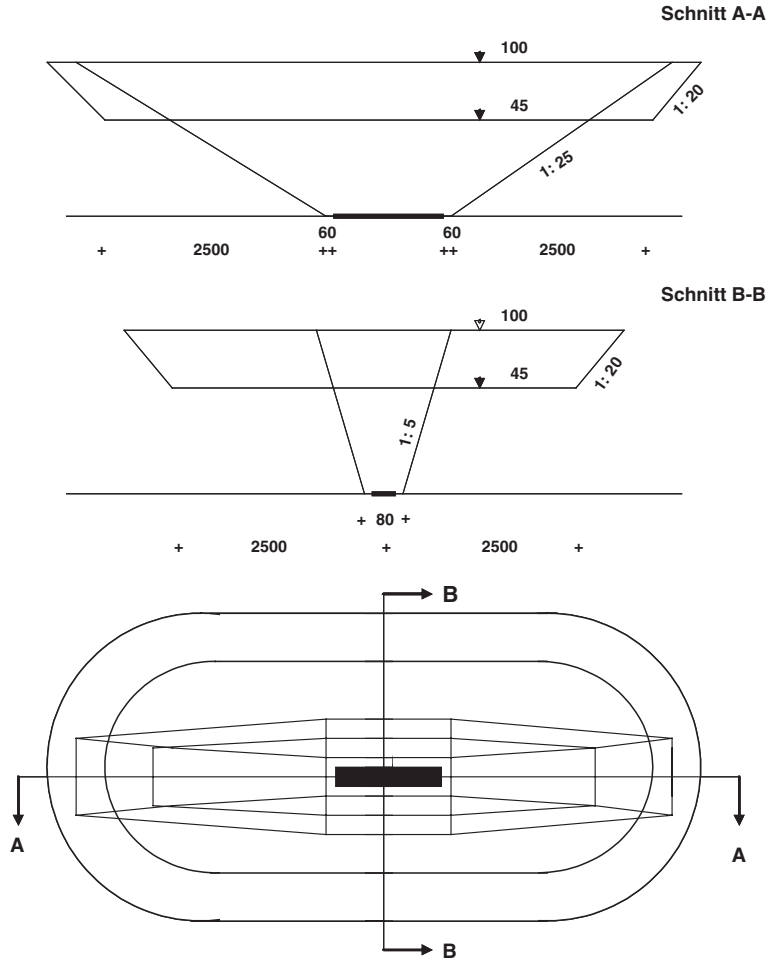


Abb. 22.161 Darstellung der Hindernisbegrenzungsflächen für Sichtanflug-Landebahnen der Code-Zahl 2 [60]

Neigung zu verringern. Der Grad dieser Verringerung ist abhängig von der Abweichung der örtlichen Bedingungen von den Bedingungen der Normatmosphäre in NN und von den Leistungseigenschaften und den Betriebserfordernissen (Performance) der Luftfahrzeuge, für die die Startbahn bestimmt ist.

Neue Objekte oder Aufstockungen vorhandener Objekte dürfen oberhalb einer Abflugfläche nur zugelassen werden, wenn nach Ansicht der zuständigen Behörde das neue Objekt oder die Aufstockung durch ein vorhandenes unbewegliches Objekt abgeschattet würde.

Falls kein Objekt die Neigung von 2 % (1:50) der Abflugfläche erreicht, sollten neue Objekte begrenzt werden, um die bestehende hindernisfreie Fläche oder eine Fläche bis zu einer Neigung von 1,6 % (1:62,5) zu erhalten.

Tab. 22.22 Maße und Neigungen von Hindernisbegrenzungsflächen für Startbahnen

Fläche und Maße[a]	Code-Zahl 1 2 3 oder 4		
Abflugfläche			
Länge des Innenrandes	60 m	80 m	180 m
Abstand vom Startbahnende[b]	30 m	60 m	60 m
Divergenz (jede Seite)	10 %	10 %	12,5 %
Endbreite	380 m	580 m	1.200 m
			1.800 m[c]
Länge	1.600 m	2500 m	15.000 m
Neigung	5 %	4 %	2 %[d]

mit: [a]Alle Maße sind horizontal gemessen, falls nicht anders angegeben
[b]Die Abflugfläche beginnt am Ende der Freifläche, falls die Länge der Freifläche den angegebenen Abstand übersteigt
[c]1.800 m, wenn der beabsichtigte Kurs über Grund Steuerkursänderungen von mehr als 15 Grad für Flüge in IMC oder VMC bei Nacht vorsieht
[d]vgl. Text Startbahnen

Vorhandene Objekte, die über eine Abflugfläche hinausragen, sollten möglichst entfernt werden, ausgenommen, wenn nach Ansicht der zuständigen Behörde ein Objekt durch ein vorhandenes unbewegliches Objekt abgeschattet wird oder nach luftfahrttechnischen Untersuchungen feststeht, dass das Objekt die Sicherheit nicht gefährden oder die Regelmäßigkeit des Luftfahrzeugbetriebs nicht wesentlich beeinträchtigen würde.

Wegen Querneigungen auf einem Streifen oder einer Freifläche können in bestimmten Fällen Teile des Innenrandes der Abflugfläche unterhalb der entsprechenden Höhe des Streifens oder der Freifläche liegen.

22.16.20.8 Objekte außerhalb der Hindernis-Begrenzungsflächen

Es sollten Regelungen getroffen werden, die es möglich machen, die zuständige Behörde hinzuzuziehen, wenn Bauvorhaben außerhalb der Grenzen der Hindernisbegrenzungsflächen geplant sind, die über eine der von ihr festgesetzten Höhen hinausragen, damit eine luftfahrttechnische Untersuchung über die Auswirkungen des Bauvorhabens auf den Betrieb von Luftfahrzeugen vorgenommen werden kann.

Außerhalb der Grenzen der Hindernisbegrenzungsflächen sollten zumindest diejenigen Objekte, die sich bis zu einer Höhe von 150 m oder mehr über den Boden erheben, als Hindernisse angesehen werden, falls nicht in einer besonderen luftfahrttechnischen Untersuchung nachgewiesen wird, dass sie keine Gefahr für Luftfahrzeuge bilden.

Diese Untersuchung kann sich auf die Art des Betriebs beziehen und zwischen Tag- und Nachtbetrieb unterscheiden.

22.16.20.9 Andere Objekte

Objekte, die nicht über die Anflugfläche hinausragen, aber dennoch die optimale Aufstellung oder Leistung optischer oder nichtoptischer Hilfen beeinträchtigen, sollten möglichst entfernt werden.

Alles, was nach Ansicht der zuständigen Behörde nach luftfahrttechnischer Untersuchung Luftfahrzeuge auf der Bewegungsfläche oder in der Luft innerhalb der Begrenzungen der Inneren Horizontalfläche und der Kegelfläche gefährden kann, sollte als Hindernis angesehen und möglichst entfernt werden.

In bestimmten Fällen können Objekte, die nicht über eine der Tab. 22.14 aufgezählten Flächen hinausragen, eine Gefahr für Luftfahrzeuge bilden, wie z. B. ein oder mehrere allein stehende Objekte in Flugplatznähe.

22.16.21 Betriebliche Aspekte von Start-/Landebahnsystemen

Unter dem Stichwort Flugplatz-Konfiguration (Airport Configuration) versteht man die Anzahl, die Ausrichtung und Lage der Start-/Landebahnen sowie die Anordnung der Terminal auf dem Flugplatzgelände.

Die geographische Ausrichtung der Start-/Landebahnen hängt maßgeblich von der vorherrschenden Windrichtung, den topologischen Gegebenheiten, sowie den natürlichen Hindernissen, die in Hindernisbegrenzungsflächen hineinragen, ab.

Aus betrieblicher und kapazitiver Sicht sollten bei der Anlage von Start-/Landebahnen und Rollwegen folgende Kriterien erfüllt sein:

- Möglichst kurze Rollwege zwischen den Terminals und Startbahn(en) für abfliegende Luftfahrzeuge;
- Landende Luftfahrzeuge sollten so früh wie möglich die Landebahn verlassen können (Schnellabrollwege) und auf kurzem Weg zu den Terminals geführt werden;
- Zur Startbahn rollende und von der Landebahn kommende Luftfahrzeuge sollten auf den Rollwegen angemessen separiert werden, sodass sich möglichst wenig störende Interferenzen ergeben.

An Flugplätzen mit hoher Verkehrsdichte ist es sinnvoll, so genannte „holding bays“ oder “holding aprons“ oder „run-up aprons“ im Bereich der Bahnenden einzurichten. Auf diesen Plätzen sollten drei bis vier Flugzeugmuster der Kategorie „heavy“ Platz finden. Diese Bereiche können als Puffer für unmittelbar startbereite Flugzeuge dienen.

Bei der Start-/Landebahnkonfiguration unterscheidet man generell einige Grundmuster, die an die örtlichen Gegebenheiten angepasst werden, bzw. die Verkehrsbedürfnisse des jeweiligen Flugplatzes erfüllen. Vergleicht man die Struktur vorhandener Konfigurationen mit den nachfolgend genannten Grundmustern, so erkennt man, dass reale Bahnsysteme alle auf den selben Grundmustern aufbauen, bzw. Kombinationen aus Grundmustern darstellen. Allgemein erfolgt die Auslegung nach betrieblich/operationellen Kriterien, wie:

Kapazität:	Anzahl und Abstand der Start-/Landebahnen
Flugzeugmuster:	Länge/Breite der Start-/Landebahnen
Windrichtung:	Ausrichtung der Start-/Landebahnen

22.16.22 Terminalanordnung in Bezug zum Start-/Landebahnsystem

Die ideale Konfiguration eines Flugplatzes ist so gestaltet, dass die Entfernung von der Parkposition des Luftfahrzeugs am Terminal zur Startposition auf der Startbahn, sowie der Rollweg von der Landebahn zur vorgesehenen Parkposition so kurz wie möglich gehalten wird.

Unter der Konfiguration soll hier die Anordnung der Terminal mit den Parkpositionen zur Start-/Landebahn verstanden werden. Die Abb. 22.162 zeigt optimierte Konfigurationen, die oftmals in der Realität so jedoch nicht verwirklicht werden können, da sich die Flugplatzplanung nicht nur an Idealvorstellungen, sondern auch an dem örtlich Machbaren und gegebenen Einschränkungen zu orientieren hat.

Als optimales System unter kapazitiven Gesichtspunkten ist hierbei das Parallelbahnsystem mit versetzten Schwellen und mit zentral gelegenem Terminal zu nennen, bei dem eine Bahn nur für Landungen, die zweite Bahn nur für Starts vorzusehen wäre. Dadurch wäre auch gewährleistet, dass für die jeweilige Betriebsrichtung (Start oder Landung) der kürzeste Weg zum Terminal zur Verfügung steht. Bei mehreren Start-/Landebahnen erhöht sich normalerweise die Kapazität.

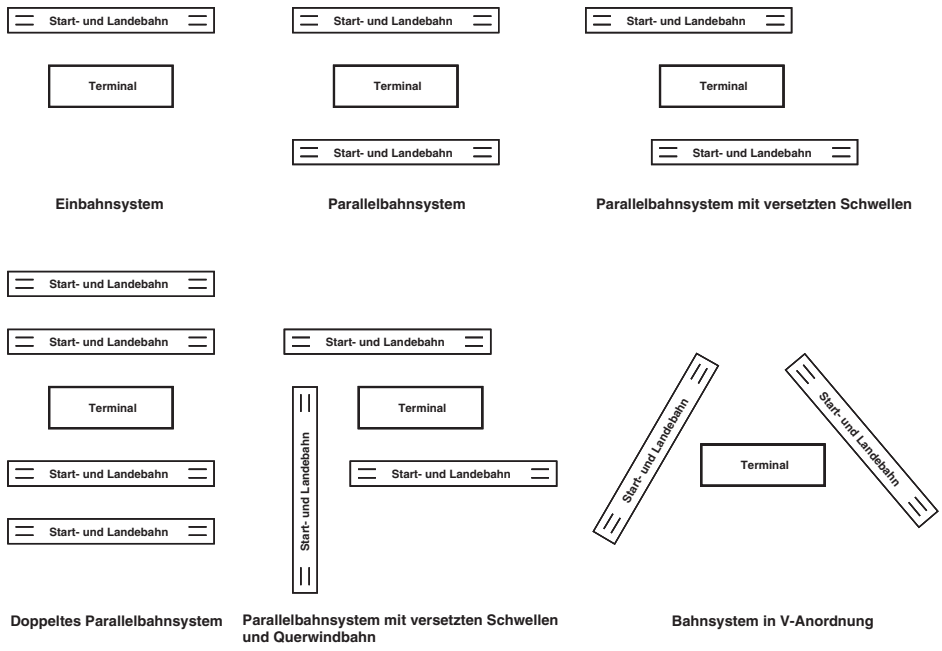


Abb. 22.162 Start-/Landebahnsysteme mit der Lage eines Terminals der Linearkonfiguration [167]

22.16.23 Luftseitiges Kapazitätsprofil eines Flugplatzes

22.16.23.1 Kapazitive Elemente der Luftseite eines Flugplatzes

Für die Kapazität der Luftseite eines Flugplatzes sind im wesentlichen die drei folgenden kapazitiven Elemente von maßgeblicher Bedeutung:

1) das Start-/Landebahnsystem;
2) die Zu- und Abrollwege;
3) das Vorfeld.

Ein Luftfahrzeug, das einen Flugplatz bedient, durchläuft diese drei Bereiche, die jeweils durch eigene Kapazitätswerte gekennzeichnet sind. Daraus folgt, dass die kleinste dieser Einzelkapazitäten die Kapazität der gesamten Luftseite des Flugplatzes beeinflusst bzw. limitiert.

Ein Luftfahrzeug, das einen Flugplatz bedient, durchläuft diese drei Bereiche, die jeweils durch eigene Kapazitätswerte gekennzeichnet sind. Daraus folgt, dass die kleinste dieser Einzelkapazitäten die Kapazität der gesamten Luftseite des Flugplatzes beeinflusst bzw. limitiert.

In der Luftfahrt wird zwischen einer theoretisch möglichen, maximalen Kapazität, der Technischen Kapazität oder auch Sättigungskapazität, einem Kapazitätsbegriff, der die maximal mögliche Auslastung unter konstanten Bedingungen beschreibt, und der Praktischen Kapazität, die unter realen, wechselnden Umfeldbedingungen möglich ist, unterschieden.

22.16.23.2 Kapazitätsbegriffe

Technische Kapazität Unter der Technischen Kapazität, die oft auch als "Sättigungskapazität" oder im englischen Sprachgebrauch als "Ultimate Capacity" bezeichnet wird, versteht man die maximale Anzahl von Flugbewegungen, die eine Flugbetriebsfläche (die Start-/Landebahn), bezogen auf ein festgelegtes Zeitintervall, aufnehmen kann. Dabei wird vorausgesetzt, dass idealer Weise eine ständige Nachfrage besteht und keine limitierenden Faktoren wirken.

Praktische Kapazität Im Gegensatz zu der Technischen Kapazität werden bei der Praktischen Kapazität reale Verzögerungen berücksichtigt, die dadurch entstehen, dass die Flugbewegungen nicht gleichmäßig über den betrachteten Zeitraum (z. B. eine Stunde) verteilt ist, sondern sich innerhalb des betrachteten Zeitraumes bei hohem Verkehrsaufkommen Warteschlangen bilden.

Steigt die Anzahl der Flugbewegungen pro Stunde, so steigt auch die durchschnittliche Verzögerung für die zu bedienenden Luftfahrzeuge. Die stündliche Praktische Kapazität ist erreicht, wenn die durchschnittliche Verzögerung pro Luftfahrzeug ein festgelegtes Verzögerungsmaß, beispielsweise 8 min, erreicht hat (vgl. Abb. 22.163).

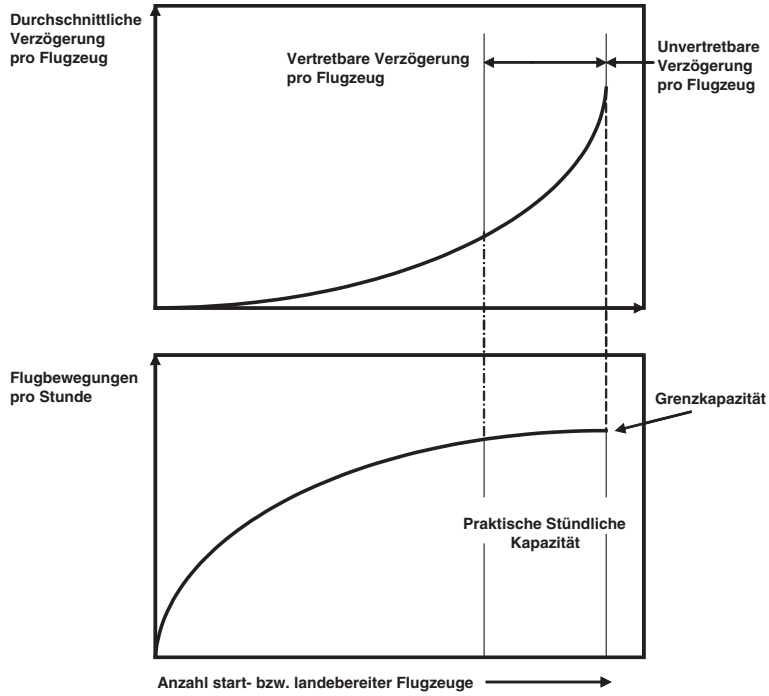


Abb. 22.163 Praktische Kapazität

Da die Technische Kapazität die absolut maximale, in der Praxis, d. h. unter normalen Betriebsbedingungen nicht erreichbare Kapazität darstellt, liegen die Werte der praktischen stündlichen Kapazität immer unter denen der Technischen Kapazität. Die so ermittelten Flugbewegungen sind unter Berücksichtigung der entsprechenden betrieblichen Parameter innerhalb des betrachteten Zeitintervalls (z. B. eine Stunde) durchführbar.

Die Differenz zwischen der Technischen Kapazität und der Praktischen Kapazität kann als Kapazitätspotential verstanden werden, um Verkehrsnachfrageüberhänge abzubauen, die aufgrund nicht planbarer exogener verkehrsbetrieblicher Parameter (z. B. Verspätungen etc.) auftreten.

22.16.23.3 Einflussfaktoren auf das Kapazitätsprofil eines Flugplatzes

Start-/Landebahnkonfiguration Zur Bestimmung der Start-/Landebahnkapazität müssen zunächst das Start-/Landebahnsystem unter folgenden Gesichtspunkten betrachtet werden:

1) Anzahl der Start-/Landebahnen,
2) Länge der Start-/Landebahnen,
3) Lage der Start-/Landebahnen zueinander,
4) Anzahl, Lage und Typ der Abrollwege.

Ist beispielsweise nur eine Start-/Landebahn vorhanden, so ist die Kapazität im Wesentlichen von der Anzahl, Lage und dem Typ der Abrollwege abhängig. Gemäß der geltenden Flugsicherungsvorschriften darf beispielsweise ein startbereites Flugzeug den Startlauf erst beginnen, wenn das zuvor gelandete Flugzeug die Landebahn verlassen hat. Das heißt, je schneller das gelandete Flugzeug die Landebahn verlassen kann, desto eher kann das startbereite Flugzeug den Startlauf beginnen.

Ein optimal ausgelegtes Abrollsystem erhöht die Kapazität einer Start-/Landebahn durch Herabsetzung der Bahnbelegungszeiten der gelandeten Flugzeuge.

Ein solches Abrollsystem kann auf zweierlei Weisen realisiert werden:

1. Es sind möglichst viele Abrollwege anzulegen, sodass die Flugzeuge sofort nach Erreichen der entsprechenden Abrollgeschwindigkeiten die Landebahn verlassen können. Neben der Unübersichtlichkeit des gesamten Abrollbahnsystems, die zu einer erhöhten Unfallgefahr führen könnte, ist diese Möglichkeit mit sehr hohen Kosten verbunden und unrealistisch.
2. Es sind, unter Berücksichtigung der für den Landevorgang relevanten Performancedaten der Flugzeuge, die den Flugplatz in der Regel anfliegen, wie Aufsetz- und Rollgeschwindigkeiten, die optimalen Lagen von Abrollwegen zu ermitteln.

Die zweite Möglichkeit hat den Nachteil der geringen Flexibilität bei Änderung der Verkehrszusammensetzung (Flugzeugmuster). Ein Kompromiss aus beiden Möglichkeiten ist empfehlenswert. Die Geometrien verschiedener Abrollwege zeigt Abb. 22.164.

Eine weitere Kapazitätserhöhung erreicht man durch den Bau von Schnellabrollwegen, die höhere Abrollgeschwindigkeiten zulassen.

In Untersuchungen der amerikanischen Luftfahrtbehörde FAA und der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (ADV) wurde festgestellt, dass für das Verlassen der Landebahn auf einem normalen rechtwinkligen Abrollweg eine Reduktion der Geschwindigkeit auf 15 mph (ca. 24 km/h) erforderlich ist.

Ein Schnellabrollweg mit einem Winkel von 30 Grad (gemessen zwischen Landerichtung und Abrollrichtung) lässt Abrollgeschwindigkeiten bis zu 60 mph (ca. 97 km/h) zu.

Sind solche Abrollwege in ausreichender Anzahl vorhanden u./o. am richtigen Ort plaziert, so verkürzen sich die Landebahnbelegungszeiten, womit eine Erhöhung der Kapazität erreicht wird. Liegt ein Parallelbahnsystem vor, so sind zwei Fälle zu unterscheiden:

1) Ist der Abstand zwischen beiden Bahnen so groß, dass unabhängiger Flugbetrieb zulässig ist, so kann man davon ausgehen, dass sich bei sonst gleicher Konstellation der beiden Bahnen die Kapazität nahezu verdoppelt. Die Zulassung zum unabhängigen Flugbetrieb auf parallelen Bahnen wird nach den Standards und Empfehlungen der ICAO wie folgt geregelt:
   a) Bei Sichtflugbedingungen muss ein Abstand von 120 bis 210 Meter je nach Flugzeugkategorie gegeben sein;

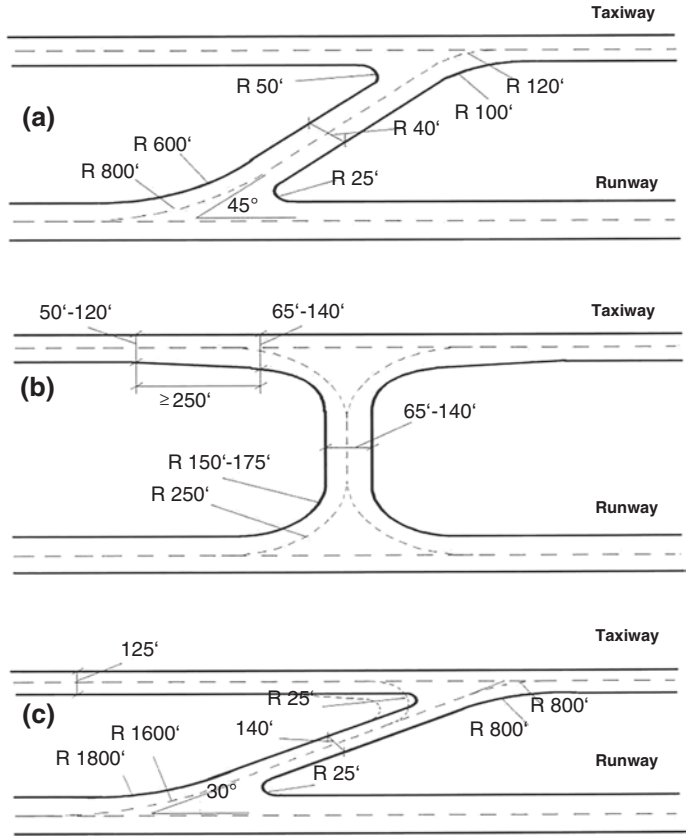


Abb. 22.164 Geometrien verschiedener Abrollwege [118], mit: **a** Abgewinkelter Rollweg für Kleinflugzeuge, **b** 90° – Abrollweg, **c** Schnellabrollweg

b) Bei Instrumentenflugbedingungen muss bei gleichzeitigen (parallelen) Anflügen ein Abstand von 1.500 m gegeben sein. Bei gleichzeitigen Abflügen bzw. gleichzeitigem An- und Abflug genügt ein Abstand von 1.050 m, wenn die Schwellen auf gleicher Höhe liegen. Bei versetzten Schwellen ändert sich dieser Abstand um 30 m für jeweils 150 m Versatz, und zwar verringert er sich, wenn der Anflug auf die näher gelegene Bahn durchgeführt wird und erhöht sich, wenn der Anflug auf die entferntere Bahn durchgeführt wird.

2) Befinden sich die beiden parallelen Bahnen in geringerer Entfernung zueinander, so ist im allgemeinen kein unabhängiger Flugbetrieb möglich. Trotzdem kann auch hier die Parallelbahn zur Kapazitätserhöhung genutzt werden (quasiabhängiger Flugbetrieb).

Ein Kreuzbahnsystem erhöht ebenfalls im Vergleich zu nur einer Bahn oder sogar zum abhängigen Parallelbahnsystem die Kapazität. Voraussetzung ist jedoch, dass aufgrund der Windverhältnisse beide Bahnen genutzt werden können.

Die Kapazitätserhöhung entsteht dadurch, dass bei Nutzung einer Bahn für Abflüge und der anderen Bahn für Anflüge das startbereite Flugzeug nur so lange warten muss, bis das gelandete Flugzeug die Kreuzung überrollt hat. Außerdem kann die Staffelung zwischen einem abfliegenden und einem anfliegenden Flugzeug wegen der verschiedenen Verkehrsrichtungen herabgesetzt werden.

An-/Abflugverfahren Bei den Instrumenten-Anflugverfahren sind aufgrund der mangelnden Flexibilität des Instrumenten-Landesystems (ILS) kaum Variationsmöglichkeiten gegeben. Die Flugzeuge müssen ausnahmslos in einer Schrägentfernung von 7–10 NM zur Landebahnschwelle ihre Endanflugkonfiguration einnehmen (ILS–Gleitpfad).

Für den gemeinsamen Flugweg zweier Flugzeuge auf dem Gleitpfad muss die erforderliche Mindestlängsstaffelung gewährleistet sein.

Fliegen verschiedene Flugzeugmuster auf dem Gleitpfad, so kann es zu Verzögerungen zwischen zwei Landungen kommen, besonders wenn das vorausfliegende Flugzeug eine höhere Anfluggeschwindigkeit hat als das nachfolgende Flugzeug.

Dieser so genannte Öffnungseffekt (OPENING CASE) wird immer größer, je länger der vorgeschriebene gemeinsame Flugweg auf dem ILS-Gleitpfad ist. Die Länge dieses Flugweges hängt von der Höhe ab, in der der Gleitpfad erfolgen werden muss (ILS–Eintrittspunkt). Diesen Sachverhalt zeigt Abb. 22.165. Generell sind die Wirbelschleppenstafflungskriterien für Flugzeuge unterschiedlicher Masseklassen anzuwenden.

Abflugverfahren wirken sich kapazitätsmindernd aus, wenn Flugzeuge entsprechend ihrer Abflugrichtung gleiche Abflugwege befliegen und somit entsprechende Längsstaffelungen erforderlich werden.

Müssen bei Anwendung der Standardverfahren sämtliche Flugzeuge für einen relativ langen Zeitraum nach dem Start die gleiche Abflugstrecke benutzen, kann eine weitere

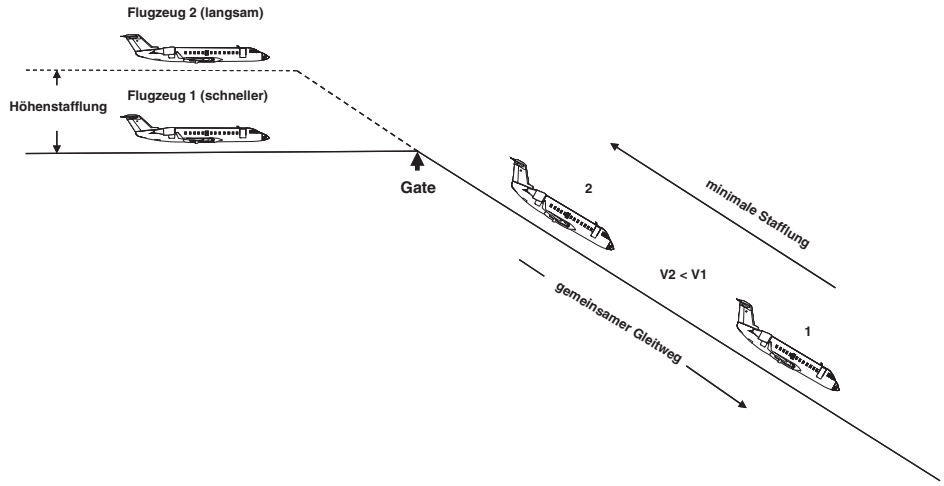


Abb. 22.165 Stafflung beim Anflug unter Nutzung eines Instrumenten-Landesystems

Startfreigabe erst dann erteilt werden, wenn sichergestellt ist, dass nach dem Abheben eines Flugzeugs für den gesamten gemeinsamen Flugweg die Staffelungsmindestwerte zum vorher gestarteten Flugzeug eingehalten werden können. Handelt es sich nun bei dem folgenden Flugzeug um ein schnelleres Flugzeug, so muss die Startfreigabe wegen des Einholeffektes verzögert werden.

Die Abflugkapazität einer Startbahn erhöht sich, wenn mehrere Abflugstrecken vorhanden sind und sich diese möglichst frühzeitig in verschiedene Verkehrsrichtungen aufteilen.

Flugverkehrskontrollverfahren Werden dem Flugzeugführer von der Flugverkehrskontrolle keine besonderen Anweisungen übermittelt, so hat er die veröffentlichten Standard- An- und Abflugverfahren durchzuführen. Für den Flugverkehrskontrolldienst gelten generell die in den Betriebsanweisungen für den Flugverkehrsdienst (BA-FVD) [57] festgelegten Regeln und Verfahren. Bei Verkehrslenkungsmaßnahmen, die radargestützt durchgeführt werden, spricht man vom so genannten „Radar-Vectoring". Bei diesem Verfahren führt der Flugverkehrslotse das Flugzeug auf einem Radarvektor zu einem bestimmten Wegpunkt im Anflugbereich. Liegen Sichtflugbedingungen vor, so können in Absprache zwischen Flugverkehrskontrolldienst und Flugzeugführer Stafflungen angewendet werden, die von den Werten der BA-FVD abweichen.

Struktur des Verkehrsaufkommens Die Struktur des Verkehrs gehört mit zu den Faktoren, die die Kapazität einer Start-/Landebahn erheblich beeinflussen. Der Verkehr lässt sich strukturieren nach:

- verschiedenen Flugzeugmustern, die nach Massen in Flugzeuggruppen zusammengefasst werden (z. B. nach den Wirbelschleppenkategorien: Heavy, Medium und Light);
- nach Flugregeln: Instrumentenflugregeln (IFR) und Sichtflugregeln (VFR);
- nach An- und Abflugverkehr.

Wird ein Flugplatz von verschiedenen Flugzeugmustern angeflogen, so ist es aufgrund der unterschiedlichen Anfluggeschwindigkeiten und dem sich daraus ergebenden Öffnungseffekt nur schwer möglich, die Flugzeuge so zu staffeln, dass sie immer mit minimaler Stafflung über der Schwelle eintreffen.

Wird ein Flugplatz dagegen von Flugzeugmustern mit ähnlichen Anfluggeschwindigkeiten angeflogen (z. B. 100 % der Wirbelschleppenkategorie „Medium"), so können die Flugzeuge optimal so gestaffelt werden, dass sie mit minimal vorgeschriebener Stafflung über der Landebahnschwelle eintreffen. Die Anflugkapazität ist dann höher als bei heterogenem Verkehrsaufkommen (Flugzeugmix).

Ein weiterer Grund für die Aufteilung des Verkehrs in mehrere Flugzeuggruppen besteht darin, dass die verschiedenen Flugzeugmuster unterschiedliche Landebahnbelegungszeiten aufweisen, die bei der Kapazitätsbestimmung berücksichtigt werden müssen.

Schließlich muss die Unterteilung in verschiedene Flugzeuggruppen auch deshalb vorgenommen werden, weil durch die Bildung von Wirbelschleppen hinter Flugzeugen

der Kategorie „Super“, „Heavy“ und „Medium“ eine erhöhte Staffelung zu einem folgenden Flugzeug der Kategorie „ Medium“ oder „Light“ vorgeschrieben ist.

Die Aufteilung des Verkehrs in Sichtflugverkehr und Instrumenten-Flugverkehr ist zweckmäßig, um die verschiedenen Anflugverfahren bei der Kapazitätsbestimmung zu berücksichtigen.

Meteorologische Bedingungen Die meteorologischen Bedingungen in der Flugplatzumgebung beeinflussen:

- die generelle Nutzung der Start-/Landebahnen,
- die anzuwendenden Flugregeln und somit die Struktur des Verkehrs,
- die anzuwendenden Flugverkehrskontrollverfahren (Stafflung).

Da diese Bedingungen die Kapazität determinieren, wirken sie bestimmend auf die Kapazität eines Start-/Landebahnsystems.

Als wesentliche meteorologische Einflussfaktoren sind zu nennen:

- die Windverhältnisse (Windrichtung und Windgeschwindigkeit),
- die Sichtverhältnisse,
- der Bahnzustand (global: trocken oder nass).

Da Starts und Landungen in der Regel gegen den Wind durchgeführt werden, wird durch die Windverhältnisse festgelegt, welche Start-/Landebahn des Flugplatzes jeweils genutzt werden kann und in welche Richtung (Betriebsrichtung) An- und Abflüge durchgeführt werden. In seltenen Fällen können die Windverhältnisse so ungünstig sein, dass aufgrund einer zu hohen Seitenwindkomponente bei nur einer vorhandenen Bahn oder bei einem Parallelbahnsystem kein Flugverkehr mehr stattfinden kann.

Liegt ein Kreuzbahnsystem vor, so kann es vorkommen, dass aufgrund der Windverhältnisse zeitweilig nur eine Start-/Landebahn genutzt werden kann. Die Kapazität des gesamten Start-/Landebahnsystems kann dadurch deutlich verringert werden.

Für die Ermittlung der Stündlichen Kapazität folgt daraus, dass für jede mögliche Start-/Landebahn-Kombination des gesamten Systems eine Stündliche Kapazität ermittelt werden muss.

Bei der Ermittlung der Jahreskapazität muss weiterhin berücksichtigt werden, in welchen Zeiträumen des Jahres (d. h. zu welchen %-Anteilen) die einzelnen Start-/Landebahn-Kombinationen tatsächlich betrieblich genutzt werden. Auch in Abhängigkeit der Sichtweiten können sich die Staffelungsmindestwerte, die einen direkten Einfluss auf die Kapazität haben, erheblich unterscheiden. Bei einer nassen Bahn erhöhen sich die Landebahnbelegungszeiten landender Flugzeuge im allgemeinen, da die Verzögerungen auf der Landebahn dann geringer sind als auf einem trockenen Untergrund. Abbildung 22.166 zeigt die Veränderung der Kapazität bei geänderten Sichtbedingungen.

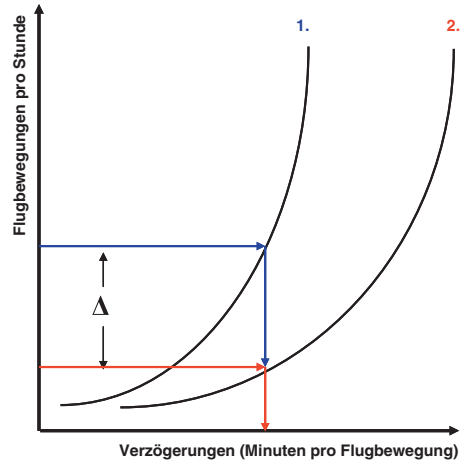


Abb. 22.166 Kapazität bei Veränderung der meteorologischen Bedingungen, mit: *1* Flugbewegungen unter Sichtflugbedingungen, *2* Flugbewegungen unter Instrumentenflugbedingungen (z. B. ICAO Allwetterkategorie CAT II/III)

Sonstige Einflussfaktoren Die Kapazität eines Start-/Landebahnsystems kann auch durch lärmmindernde An-/Abflugverfahren beeinflusst werden. Die Benutzung der Schubumkehr wird auf einigen Flugplätzen zu bestimmten Tageszeiten eingeschränkt bzw. untersagt. Dadurch können sich die Landebahnbelegungszeiten der gelandeten Flugzeuge erhöhen.

22.16.23.4 Bestimmung der Start-/Landebahnkapazität

Die Kapazität einer Start–/Landebahn ist erreicht, wenn unter Beachtung der Flugsicherungsvorschriften und ggf. eines festgelegten Verzögerungsmaßes (für die Praktische Kapazität) die größtmögliche Anzahl von Flugbewegungen unter gegebenen Betriebsbedingungen abgewickelt wird.

Würde man den An- und Abflugbereich außer Acht lassen und nur die Start-/Landebahn mit den entsprechenden Vorschriften und Regeln betrachten, so würden sich relativ hohe Kapazitätswerte ergeben.

Die Staffelungskriterien für die An- und Abflugstreckenführungen, die auch deren Struktur des Luftraums berücksichtigen, wirken allerdings meist limitierend.

Das bedeutet, dass bei der Bestimmung der Kapazität einer Start-/Landebahn nicht nur die Start-/Landebahn allein, sondern auch die Struktur des An- und Abflugbereichs betrachtet werden muss. Dennoch ist es üblich, diese Kapazität insgesamt unter dem Begriff „Start-/Landebahnkapazität“ zusammenzufassen.

Die Praktische Stündliche Kapazität lässt sich mit Hilfe bedienungstheoretischer Ansätze ermitteln. Dazu werden Warteschlangenmodelle gebildet, die Regeln und Verfahren sowie die speziellen Luftraum- und Flughafeninfrastruktur-Parameter erfassen und modellhaft nachbilden.

In Kenntnis der Tatsache, dass der zeitliche Ablauf des Luftverkehrs trotz verkehrsplanerischer und verkehrslenkender Maßnahmen einer Quasi-Zufallscharakteristik

unterliegt, wurde die Gl. 22.3 zur Ermittlung der in Abhängigkeit des Verkehrsaufkommens entstehenden Verzögerung entwickelt:

$$W = \frac{\lambda \times \left(\sigma^2 + \mu^2\right)}{2 \times (1 - \lambda\,\mu)} \tag{22.3}$$

mit:

W = Durchschnittliche Verzögerung (Minuten/Flugbewegung)
λ = An- bzw. Abflugrate (An-/Abflüge pro Zeiteinheit, z. B. pro Stunde)
μ = Intervallzeit zwischen zwei Anflügen bzw. Abflügen (Zeiteinheit Sekunden oder Minuten)
σ = Standardabweichung der Intervallzeit (z. B. mit 15 Sekunden berücksichtigt)

Zur Ermittlung der Praktischen Stündlichen Kapazität wird die An- bzw. Abflugrate so lange erhöht, bis das vertretbare Verzögerungsmaß (z. B. 8 min) innerhalb der betrachteten Stunde erreicht ist. Der Hauptaufwand in der Kapazitätsermittlung liegt in der Bestimmung der Intervallzeit μ, die von Flugsicherungsvorschriften, den Leistungsdaten (Performance) der Flugzeuge, Wettereinflüssen und der Konfiguration des jeweiligen Start- und Landebahnsystems abhängt.

Kapazität der Zu- und Abrollwege Ankommende Flugzeuge sind durch die bereits erwähnten Flugsicherungs-Vorschriften im Anflug so gestaffelt, dass sich beim nachfolgenden Rollen zum Vorfeld in der Regel keine Engpässe ergeben. Bei abfliegenden Flugzeugen kann es infolge von Verzögerungen auf dem Vorfeld zur Bildung einer Warteschlange am Rollhalt(eort) der jeweiligen Startbahn kommen. Hier muss gewährleistet sein, dass für diese Warteschlange ein genügend langer Rollweg vorhanden ist, sodass die wartenden Flugzeuge nicht das Rollen auf anderen Rollwegen oder auch den Vorfeldverkehr beeinträchtigen. Zur Rollbahnkapazität findet man in der Literatur kaum Abhandlungen. Hier reichen meist qualitative Betrachtungen aus.

Vorfeldkapazität Die Vorfeldkapazität eines Flugplatzes kann definiert werden als „die maximale Anzahl von (Luftfahrzeugen) Flugzeugen, die ein Vorfeld während eines festgelegten Zeitintervalls unter gegebenen Bedingungen aufnehmen kann."

Bestimmende Faktoren der Vorfeldkapazität sind :

- Anzahl und Typ der Abstellplätze auf dem Vorfeld und Gate-Positionen an den Terminals,
- Abstellplatzbelegungszeiten, Gate-Belegungszeiten,
- Dimensionen der Flugzeugmuster.

Es ist zu beachten, dass bestimmte Abstellplätze (Gate-Positionen) nur von bestimmten Flugzeugmustern genutzt werden können. Die minimalen Belegszeiten sind

abhängig vom Flugzeugmuster und von der Transportaufgabe. Die Kapazität eines Abstellplatzes (einer Gate-Position) lässt sich aus dem Quotienten des „betrachteten Zeitintervalls“ (z. B. 60 min) und der „mittleren gewichteten Belegzeit“ berechnen. Die Abstellplatzbelegzeiten richten sich aber auch nach den „Turn Around“ Zeiten (Umkehrzeiten), die der Flugplatzbetreiber garantiert (am Verkehrsflughafen Frankfurt/M beispielsweise 45 min). Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass Luftfahrzeuge (Flugzeuge) auch über längere Zeiträume auf dem Vorfeld abgestellt werden, oder über Nacht dort verweilen.

Überschreitet die Nachfrage nach Standplätzen die Abstellplatzkapazität, so müssen die Flugzeuge auf dem Vorfeld oder auf dem Rollweg halten, wodurch sich schnell Zustände ergeben können, die den gesamten Flughafenbetrieb beeinträchtigen.

22.16.24 Terminal der Allgemeinen Luftfahrt

Für Anlage und Betrieb von Terminals der Allgemeinen Luftfahrt gibt es keine generell gültigen Vorgaben. Mit dem Begriff ist meist ein spezieller Abfertigungsbereich für die Allgemeine Luftfahrt verbunden, der mit General Aviation Terminal (GAT) bezeichnet wird. In jedem Fall sind Räumlichkeiten für Flugzeugführer zur Flugvorbereitung vorzuhalten. Die Räume müssen mit den benötigten Unterlagen (Luftfahrthandbuch etc.), ggf. auch für Selfbriefing/Wetterinformationen per Telefon, ausgestattet sein. Finden von den Terminals Flüge ins Ausland statt, so sind Sicherheitseinrichtungen, wie Ein-/Ausreisekontrollen, und Zoll vorzusehen. Bei kleinen Flugplätzen (Verkehrslandeplätze), die nur für Verkehre der Allgemeinen Luftfahrt ausgelegt bzw. genehmigt sind, befinden sich weitere Serviceeinrichtungen am Platz, die je nach Größe des Flugplatzes ein Restaurant, Hotel etc. aber auch flugbetriebliche Einrichtungen wie Betankungseinrichtungen oder einen luftfahrttechnischen Betrieb für Wartung und Instandhaltung von Kleinflugzeugen und Hubschraubern umfassen können.

Abbildung 22.167 zeigt den Tower des Verkehrslandeplatzes Egelsbach mit der Anzeige der Betriebsrichtung 09. Abbildung 22.168 zeigt den Lotsenarbeitsplatz der Luftaufsicht im Tower des Verkehrslandeplatzes Egelsbach.

22.16.25 Hubschrauberflugplätze

22.16.25.1 Begriffsbestimmungen

Die Begriffe für Flugplätze von Drehflüglern (Hubschraubern) entsprechen dem ICAO Annex 14, Band II [134, 147] und haben folgende Bedeutung:

- *Touchdown and Lift-off Area (TLOF), Aufsetz- und Abhebfläche:*

Eine tragfähige Fläche, auf der ein Hubschrauber aufsetzen oder abheben kann.

Abb. 22.167 Tower des Verkehrslandeplatzes Egelsbach (Hessen) [180]

Abb. 22.168 Lotsenarbeitsplatz im Tower des Verkehrslandeplatzes Egelsbach (Hessen) [180]

- *Final Approach and Take-off Area (FATO), Endanflug- und Startfläche:*

Eine festgelegte Fläche, über der das Endanflugverfahren zum Schweben oder die Landung beendet und das Startverfahren begonnen wird. Wenn die FATO von Hubschraubern der Flugleistungsklasse 1 benutzt werden soll, schließt diese Fläche die verfügbare Startabbruchstrecke ein.

- *Festgesetzte Strecken für Hubschrauberflugplätze*:

a) Take-off Distance Available at Heliports (TODAH), Verfügbare Startstrecke. Die Länge der Endanflug- und Startfläche zuzüglich der Hubschrauberfreifläche (falls vorhanden), die als verfügbar und geeignet für die Durchführung des Starts von Hubschraubern erklärt worden ist.
b) Rejected Take-off Distance Available at Heliports (RTODAH), Verfügbare Startabbruchstrecke. Die Länge der Endanflug- und Startfläche, die als verfügbar und geeignet für die Durchführung des Startabbruchs von Hubschrau- bern der Flugleistungsklasse 1 erklärt worden ist.
c) Landing Distance Available at Heliports (LDAH), Verfügbare Landestrecke. Die Länge der Endanflug- und Startfläche zuzüglich jeder zusätzlichen Fläche, die verfügbar und geeignet für die Durchführung des Landeverfahrens von Hubschraubern aus einer festgelegten Höhe erklärt worden ist.

- *Hubschrauber-Boden(Wasser)flugplatz*:

Ein Hubschrauberflugplatz am Boden (oder auf dem Wasser).

- *Hubschrauberflugplatz*:

Ein Flugplatz oder eine festgelegte Fläche auf einem Unterbau, der bzw. die ganz oder teilweise für Anflug, Abflug und Bodenbewegungen von Hubschraubern bestimmt ist.

- *Hubschrauberflugplatz auf einem Bauwerk*:

Ein Hubschrauberflugplatz auf einem erhöhten Unterbau an Land.

- *Hubschrauberlandedeck*:

Ein Hubschrauberflugplatz auf einem schwimmenden oder festen Unterbau im Meer oder auf einer Wasserfläche.

- *Hubschrauberfreifläche*:

Eine am Boden oder auf dem Wasser festgelegte Fläche, die unter der Aufsicht der zuständigen Behörde steht und als geeignet ausgewählt wurde u./o. so hergerichtet ist, dass darüber ein Hubschrauber der Flugleistungsklasse 1 beschleunigen und eine bestimmte Höhe erreichen kann.

- *Hubschrauberrollbahn*:

Eine Rollbahn am Boden zur ausschließlichen Benutzung durch Hubschrauber.

- *Hubschrauberstandplatz*:

Ein Hubschrauberstandplatz, der für das Abstellen und bei beabsichtigtem Rollflugbetrieb für das Aufsetzen und Abheben eines Hubschraubers bestimmt ist.

- *Rollflugweg*:

Ein auf dem Boden (Wasser) festgelegter Weg für Rollflüge von Hubschraubern.

- *Sicherheitsfläche*:

Eine festgelegte, die FATO umgebende Fläche auf einem Hubschrauberflugplatz, die bis auf Flugnavigationseinrichtungen frei von Hindernissen und dafür bestimmt ist, die Gefahr der Beschädigung von Hubschraubern herabzusetzen, die unbeabsichtigt von der FATO abweichen.

- *Versetzweg*:

Ein auf dem Boden (Wasser) festgelegter Weg zum Versetzen von Hubschraubern im Fluge.

22.16.25.2 Abmessungen von Hubschrauberflugplätzen

Die nachfolgenden Angaben sind für jede an einem Hubschrauberflugplatz vorhandene Einrichtung zu bemessen oder zu beschreiben:

a) Art des Hubschrauberflugplatzes: Auf dem Boden (Wasser), auf einem Bauwerk oder Hubschrauberlandedeck;
b) Aufsetz- und Abhebfläche (TLOF): Abmessungen, Neigung, Art der Oberfläche, Tragfähigkeit in Tonnen;
c) Endanflug- und Startfläche (FATO): Art der FATO, rechtweisende Richtung, Bezeichnungszahl (wo zutreffend), Länge, Breite, Neigung, Art der Oberfläche;
d) Sicherheitsfläche: Länge, Breite, Art der Oberfläche;
e) Hubschrauberrollbahn: Rollflugweg und Versetzweg, Bezeichnung, Breite, Art der Oberfläche;
f) Vorfeld: Art der Oberfläche, Hubschrauberstandplätze;
g) Freifläche: Länge, Bodenprofil;
h) Bedeutsame Hindernisse auf dem Hubschrauberflugplatz oder in seiner Umgebung: Lage, höchste Höhe über NN auf den nächsten (nächst höheren) Meter oder Fuß gerundet, Art des Hindernisse;
i) Optische Hilfen für Anflugverfahren, Markierung und Befeuerung von FATO, TLOF, Rollbahnen/Rollflugwegen und Vorfeldern.

22.16.25.3 Festgesetzte Strecken

Die folgenden Strecken sind, wo zutreffend, für einen Hubschrauberflugplatz festzusetzen:

a) verfügbare Startstrecke,
b) verfügbare Startabbruchstrecke, und
c) verfügbare Landestrecke.

22.16.25.4 Hubschrauber-Boden-(Wasser-)Flugplätze

Die folgenden Begrifflichkeiten und Bestimmungen gelten (soweit nicht anders angegeben) für Hubschrauber-Bodenflugplätze an Land.

- *Endanflug- und Startflächen* (*FATO*)

Auf einem Hubschrauber-Bodenflugplatz ist mindestens eine FATO vorzusehen. Eine FATO kann auf oder neben einem Start-/Landebahnstreifen oder Rollbahnstreifen liegen.

Die Abmessungen einer FATO sind wie folgt festzulegen:

a) für einen Hubschrauberflugplatz, der für Hubschrauber der Flugleistungsklasse 1 bestimmt ist, wie im Flughandbuch vorgeschrieben, außer dass bei Fehlen von Breitenangaben die Breite nicht geringer sein darf als das 1,5-fache der Gesamtlänge oder, falls dieser Wert größer ist, der Gesamtbreite des längsten bzw. breitesten Hubschraubers, für den der Hubschrauberflugplatz bestimmt ist;
b) für einen Hubschrauber-Wasserflugplatz, der für Hubschrauber der Flugleistungsklasse 1 bestimmt ist, wie unter a) vorgeschrieben, zuzüglich 10 %;
c) für einen Hubschrauberflugplatz, der für Hubschrauber der Flugleistungsklassen 2 und 3 bestimmt ist, von ausreichender Größe und Form, sodass darin eine Fläche eingeschlossen ist, die einen Kreis mit einem Durchmesser von nicht weniger als dem 1,5-fachen der Gesamtlänge oder, falls dieser Wert größer ist, der Gesamtbreite des längsten bzw. breitesten Hubschraubers aufnehmen kann, für den der Hubschrauberflugplatz bestimmt ist;
d) für einen Hubschrauber-Wasserflugplatz, der für Hubschrauber der Flugleistungsklassen 2 und 3 bestimmt ist, von ausreichender Größe, sodass darin eine Fläche eingeschlossen ist, die einen Kreis mit einem Durchmesser von nicht weniger als dem zweifachen der Gesamtlänge oder, falls dieser Wert größer ist, der Gesamtbreite des längsten bzw. breitesten Hubschraubers aufnehmen kann, für den der Hubschrauberflugplatz bestimmt ist.

Bei der Festlegung der Größe einer FATO sind unter Umständen örtliche Bedingungen wie Höhe über NN und die Temperatur zu berücksichtigen.

Die Gesamtneigung auf der FATO darf in jeder Richtung 3 % nicht überschreiten. Eine FATO darf an keiner Stelle eine Neigung haben von mehr als:

a) 5 %, wenn der Hubschrauberflugplatz für Hubschrauber der Flugleistungsklasse 1 bestimmt ist;
b) 7 %, wenn der Hubschrauberflugplatz für Hubschrauber der Flugleistungsklassen 2 und 3 bestimmt ist.

Die Oberfläche der FATO muss:

a) den Auswirkungen des Rotorabwindes standhalten;
b) frei von Unregelmäßigkeiten sein, die sich nachteilig auf Start oder Landung von Hubschraubern auswirken würden;
c) ausreichende Tragfähigkeit für Startabbrüche von Hubschraubern der Flugleistungsklasse 1 haben.

Die FATO sollte den Bodeneffekt gewährleisten.

- *Hubschrauberfreiflächen*

Wenn es erforderlich ist, eine Hubschrauberfreifläche vorzusehen, schließt diese an die verfügbare Startabbruchfläche an. Die Breite einer Hubschrauberfreifläche sollte nicht geringer sein als die der dazugehörigen Sicherheitsfläche. Der Boden innerhalb einer Hubschrauberfreifläche sollte nicht über eine Ebene mit einer Steigung von 3 % hinausragen, wobei die untere Grenze dieser Ebene eine horizontale Linie ist, die auf der Peripherie der FATO liegt. Ein Objekt auf einer Hubschrauberfreifläche, das Hubschrauber in der Luft gefährden könnte, sollte als Hindernis angesehen und entfernt werden.

- *Aufsetz- und Abhebflächen*

Auf einem Hubschrauberflugplatz ist mindestens eine Aufsetz- und Abhebfläche (TLOF) vorzusehen. Die Aufsetz- und Abhebfläche kann, muss aber nicht innerhalb der FATO liegen. Die Aufsetz- und Abhebfläche ist so zu bemessen, dass sie einen Kreis mit einem Durchmesser der 1,5-fachen Länge oder, falls dieser Wert größer ist, die Breite des Fahrwerks des größten Hubschraubers aufnehmen kann, für den die Fläche bestimmt ist. Eine Aufsetz- und Abhebfläche kann jede beliebige Form haben.

Die Neigungen auf einer Aufsetz- und Abhebfläche sind so zu bemessen, dass Wasseransammlungen auf der Oberfläche verhindert werden, dürfen aber in jeder Richtung der Fläche 2 % nicht überschreiten. Eine Aufsetz- und Abhebfläche muss dem Betrieb von Hubschraubern standhalten, für die die Fläche bestimmt ist.

- *Sicherheitsflächen*

Eine FATO ist mit einer Sicherheitsfläche zu umgeben. Eine Sicherheitsfläche um eine FATO, die unter Sichtwetterbedingungen (VMC) benutzt werden soll, erstreckt sich von der Peripherie der FATO aus über mindestens 3 m oder die 0,25-fache Gesamtlänge oder, falls dieser Wert größer ist, entsprechend der Gesamtbreite des längsten bzw. breitesten Hubschraubers, für den die Fläche bestimmt ist.

Eine Sicherheitsfläche um eine FATO, die für den Hubschrauberbetrieb unter Instrumentenwetterbedingungen (IMC) benutzt werden soll, erstreckt sich:

a) seitlich über mindestens 45 m beiderseits der Mittellinie, und
b) in Längsrichtung über mindestens 60 m über die Grenzen der FATO hinaus.

Abb. 22.169 Sicherheitsfläche für Instrumenten-FATO [134, 147]

Abbildung 22.169 zeigt die Sicherheitsfläche für Instrumenten-FATO.

Feste Objekte sind auf einer Sicherheitsfläche nicht erlaubt; ausgenommen sind brechbar aufgestellte Objekte, die aufgrund ihrer Funktion auf der Fläche vorhanden sein müssen. Bewegliche Objekte sind während des Hubschrauberbetriebs auf einer Sicherheitsfläche nicht erlaubt. Objekte, die aufgrund ihrer Funktion auf der Sicherheitsfläche erforderlich sind, dürfen, wenn sie am Rand der FATO aufgestellt sind, nicht höher als 25 cm sein und nicht in eine Ebene hineinragen, die in einer Höhe von 25 cm über dem Rand der FATO beginnt und vom Rand der FATO aus mit einer Steigung von 5 % schräg aufwärts und nach außen verläuft.

Die Oberfläche der Sicherheitsfläche darf vom Rand der FATO an nach außen um nicht mehr als 4 % ansteigen. Die Oberfläche der Sicherheitsfläche muss so beschaffen sein, dass keine Fremdkörper durch Rotorabwind aufgewirbelt werden können. Die Oberfläche der an die FATO angrenzenden Sicherheitsfläche schließt übergangslos an die FATO an und muss in der Lage sein, die Hubschrauber, für die der Hubschrauberflugplatz bestimmt ist, ohne die Gefahr einer strukturellen Beschädigung zu tragen.

- *Hubschrauberrollbahnen*

Eine Hubschrauberrollbahn ist dazu bestimmt, die Bewegung eines Hubschraubers mit Radfahrwerk aus eigenem Antrieb am Boden zu ermöglichen. Die in ICAO Annex 14, Band II enthaltenen Bestimmungen für Rollbahnen, Rollbahnschultern und Rollbahnstreifen gelten mit den nachstehenden Abwandlungen auch für Hubschrauberflugplätze. Bei einer Rollbahn, die für Flugzeuge und Hubschrauber bestimmt ist, sind die Bestimmungen für Rollbahnen und Hubschrauberrollbahnen zu prüfen und die jeweils strengeren Vorschriften anzuwenden. Die Breiten einer Hubschrauberrollbahn zeigt Tab. 22.23.

Der Abstand zwischen zwei Hubschrauberrollbahnen und zwischen einer Hubschrauberrollbahn und einem Rollflugweg, einem Objekt oder einem Hubschrauberstandplatz darf nicht kleiner sein als in Tab. 22.24 festgelegt.

Die Längsneigung einer Hubschrauberrollbahn darf 3 % nicht überschreiten. Eine Hubschrauberrollbahn sollte dem Betrieb von Hubschraubern standhalten, für die die Hubschrauberrollbahn bestimmt ist. Eine Hubschrauberrollbahn sollte mit Schultern versehen sein, die sich symmetrisch zu beiden Seiten der Hubschrauberrollbahn erstrecken und mindestens die Hälfte der größten Gesamtbreite der Hubschrauber betragen, für die die Hubschrauberrollbahn bestimmt ist.

Tab. 22.23 Breiten einer Hubschrauberrollbahn [134, 147]

Spurbreite des Hauptfahrwerks	Breite der Hubschrauberrollbahn
bis ausschließlich 4,5 m	7,5 m
4,5 m bis ausschließlich 6 m	10,5 m
6 m bis ausschließlich 10 m	15 m
10 m und mehr	20 m

Tab. 22.24 Abstände für Hubschrauberrollbahnen und Rollflugwege [134, 147]

Einrichtung	Hubschrauber-rollbahn	Rollflugweg	Objekt	Hubschrauber-standplatz
Hubschrauber-rollbahn	2 m zwischen den Rädern	4 m von Mittellinie zu Mittellinie	1 m von Rad zu Objekt	2 m zwischen den Rädern
Rollflugweg	4 m von Mittellinie zu Mittellinie	4 m von Mittellinie zu Mittellinie	4 m von Mittellinie zum Objekt	4 m von Mittellinie zum Rand

Die Hubschrauberrollbahn und ihre Schultern sind so anzulegen, dass eine schnelle Entwässerung gewährleistet ist; die Querneigung der Hubschrauberrollbahn darf jedoch 2 % nicht überschreiten. Die Oberfläche einer Hubschrauberrollbahn sollte den Auswirkungen des Rotorabwindes standhalten.

- *Rollflugwege*

Ein Rollflugweg ist dazu bestimmt, die Bewegung eines Hubschraubers über dem Boden in einer normalerweise mit dem Bodeneffekt verbundenen Höhe und bei einer Geschwindigkeit von weniger als 37 km/h (20 kt.) über Grund zu ermöglichen. Die Breite eines Rollflugweges muss mindestens doppelt so groß sein wie die größte Gesamtbreite des Hubschraubers, für den der Rollflugweg bestimmt ist. Die Oberfläche eines Rollflugweges muss:

a) den Auswirkungen des Rotorabwindes standhalten, und
b) für Notlandungen geeignet sein.

Die Oberfläche eines Rollflugweges sollte den Bodeneffekt gewährleisten. Die Querneigung der Oberfläche eines Rollflugweges sollte 10 % und die Längsneigung 7 % nicht überschreiten. Auf jeden Fall sollten die Neigungen die Hanglandebegrenzungen für die Hubschrauber, für die der Rollflugweg bestimmt ist, nicht überschreiten.

- *Versetzwege*

Ein Versetzweg ist dazu bestimmt, die Bewegung eines Hubschraubers über dem Boden in Höhen von normalerweise nicht mehr als 30 m (100 Fuß) über Grund und bei Geschwindigkeiten von mehr als 37 km/h (20 kt) über Grund zu ermöglichen. Die Breite eines Versetzweges darf nicht kleiner sein als:

a) 7 RD (Rotordurchmesser), wenn der Versetzweg nur für den Betrieb bei Tag bestimmt ist;
b) 10 RD (Rotordurchmesser), wenn der Versetzweg für den Betrieb bei Nacht bestimmt ist;

wobei RD der Durchmesser des größten Rotors der Hubschrauber ist, für die der Versetzweg bestimmt ist. Richtungsänderungen der Mittellinie eines Versetzweges dürfen 120 Grad nicht überschreiten und sind so auszulegen, dass Kurven mit einem Radius von weniger als 270 m nicht notwendig werden. Versetzwege sollen so gewählt werden, dass Landungen in der Autorotation oder mit einem ausgefallenen Triebwerk durchgeführt werden können und dabei zumindest Personenschäden am Boden oder auf dem Wasser, und Sachschäden möglichst ausgeschlossen sind.

- *Vorfelder*

Die bereits erläuterten Bestimmungen für Vorfelder von Flugplätzen gelten mit den nachstehenden Abwandlungen auch für Hubschrauberflugplätze. Die Neigung auf einem Hubschrauberstandplatz darf in jeder Richtung 2 % nicht überschreiten. Der Mindestabstand zwischen einem Hubschrauber auf einem Hubschrauberstandplatz und einem Objekt oder einem Luftfahrzeug auf einem anderen Standplatz darf nicht kleiner sein als die Hälfte der Gesamtbreite des größten Hubschraubers, für den der Standplatz bestimmt ist. Wenn gleichzeitige Schwebeflüge vorgesehen sind, gelten die in Tab. 22.24 angegebenen Abstände zwischen zwei Rollflugwegen. Ein Hubschrauberstandplatz ist so zu bemessen, dass er einen Kreis mit einem Durchmesser von mindestens der größten Gesamtabmessung des größten Hubschraubers aufnehmen kann, von dem der Standplatz benutzt werden soll.

- *Lage einer Endanflug- und Startfläche bezogen auf eine Start-/Landebahn oder Rollbahn*

Wenn eine FATO neben einer Start-/Landebahn oder Rollbahn liegt und gleichzeitiger VMC-Betrieb vorgesehen ist, darf der Abstand zwischen dem Start- und Landebahnrand oder Rollbahnrand und dem Rand der FATO nicht kleiner sein als in Tab. 22.25 vorgegeben.

Eine FATO sollte nicht:

a) in der Nähe von Rollbahnkreuzungen oder Haltepunkten liegen, wo Strahltriebwerksströme starke Turbulenzen verursachen können, oder
b) in der Nähe von Bereichen, in denen Wirbelschleppen zu erwarten sind.

22.16.25.5 Hubschrauberflugplätze auf Bauwerken

- *Endanflug- und Startfläche und Aufsetz- und Abhebfläche*

Bei Hubschrauberflugplätzen auf Bauwerken kann davon ausgegangen werden, dass die FATO und die Aufsetz- und Abhebfläche (TLOF) zusammenfallen. Auf einem

Tab. 22.25 Mindestabstände für eine FATO [134, 147]

Masse des Hubschraubers u./o. Flugzeuges	Abstand zwischen dem FATO-Rand und dem Start-/Landebahn- oder Rollbahnrand
bis ausschließlich 2.720 kg	60 m
2.720 kg bis ausschließlich 5.760 kg	120 m
5.760 kg bis ausschließlich 100.000 kg	180 m
100.000 kg und mehr	250 m

Hubschrauberflugplatz auf einem Bauwerk ist mindestens eine FATO vorzusehen. Die Abmessungen der FATO sind wie folgt festzulegen:

a) für einen Hubschrauberflugplatz, der für Hubschrauber der Flugleistungsklasse 1 bestimmt ist, wie im Flughandbuch vorgeschrieben, außer dass bei Fehlen von Breitenangaben die Breite nicht geringer sein darf als das 1,5-fache der Gesamtlänge oder, falls dieser Wert größer ist, der Gesamtbreite des längsten bzw. breitesten Hubschraubers, für den der Hubschrauberflug platz bestimmt ist;
b) für einen Hubschrauberflugplatz, der für Hubschrauber der Flugleistungsklasse 2 bestimmt ist, von ausreichender Größe und Form, dass darin einen Fläche eingeschlossen ist, die einen Kreis mit einem Durchmesser von nicht weniger als dem 1,5-fachen der Gesamtlänge oder, falls dieser Wert größer ist, der Gesamtbreite des längsten bzw. breitesten Hubschraubers aufnehmen kann, für den der Hubschrauberflugplatz bestimmt ist.

Die Neigung von Hubschrauberflugplätzen auf Bauwerken sollte den genannten Forderungen für Hubschrauber-Bodenflugplätze entsprechen. Die FATO muss dem Betrieb von Hubschraubern standhalten, für die der Hubschrauberflugplatz auf dem Bauwerk bestimmt ist. Bei der Auslegung sind zusätzliche Belastungen durch Personal, Schnee, Fracht, Auftanken, Feuerlöschgeräte usw. zu berücksichtigen.

- *Sicherheitsfläche*

Die FATO ist mit einer Sicherheitsfläche zu umgeben. Die Sicherheitsfläche erstreckt sich von der Peripherie der FATO aus über mindestens 3 m oder die 0,25-fache Gesamtlänge oder, falls dieser Wert größer ist, über die Gesamtbreite des längsten bzw. breitesten Hubschraubers, für den der Hubschrauberflugplatz auf dem Bauwerk bestimmt ist. Feste Objekte sind auf einer Sicherheitsfläche nicht erlaubt. Ausgenommen sind brechbar aufgestellte Objekte, die aufgrund ihrer Funktion auf der Fläche vorhanden sein müssen. Bewegliche Objekte sind während des Hubschrauberbetriebs auf einer Sicherheitsfläche nicht erlaubt. Objekte, die aufgrund ihrer Funktion auf der Sicherheitsfläche erforderlich sind, dürfen, wenn sie am Rand der FATO aufgestellt sind, nicht höher als 25 cm sein und nicht in eine Ebene hineinragen, die in einer Höhe von 25 cm über dem Rand der FATO beginnt und vom Rand der FATO aus mit einer Steigung von 5 % schräg

aufwärts und nach außen verläuft. Die Oberfläche der Sicherheitsfläche darf vom Rand der FATO an nach außen um nicht mehr als 4 % ansteigen. Die Oberfläche der an die FATO angrenzenden Sicherheitsfläche schließt übergangslos an die FATO an und muss in der Lage sein, die Hubschrauber, für die der Hubschrauberflugplatz bestimmt ist, ohne die Gefahr einer strukturellen Beschädigung zu tragen.

22.16.25.6 Hubschrauberlandedecks

- *Endanflug- und Startfläche und Aufsetz- und Abhebfläche*

Bei Hubschrauberlandedecks kann davon ausgegangen werden, dass die FATO und die Aufsetz- und Abhebfläche (TLOF) zusammenfallen. Auswirkungen der Richtung und Turbulenz von Luftströmungen, der vorherrschenden Windgeschwindigkeit und hoher Temperaturen durch Gasturbinenabgase, oder durch Gasfackeln abgestrahlte Hitze auf der FATO, sind zu berücksichtigen. Auf einem Hubschrauberlandedeck ist mindestens eine FATO vorzusehen. Eine FATO kann jede beliebige Form haben, ist jedoch für einen Hubschrauber mit einem Hauptrotor oder für einen Hubschrauber mit zwei nebeneinander angeordneten Hauptrotoren so zu bemessen, dass darin eine Fläche eingeschlossen ist, die einen Kreis mit einem Durchmesser (D) von nicht weniger als 1,0 D des größten Hubschraubers, für den das Hubschrauberlandedeck bestimmt ist aufnehmen kann, wobei D die größte Hubschrauberabmessung bei laufenden Rotoren ist. Wenn Landungen aus allen Richtungen durch Hubschrauber mit Tandemhauptrotoren vorgesehen sind, ist die FATO so zu bemessen, dass darin eine Fläche eingeschlossen ist, die einen Kreis mit einem Durchmesser von nicht weniger als dem 0,9-fachen der auf der Längsachse des Hubschraubers gemessenen Strecke über die Rotoren aufnehmen kann. Wo diese Vorschrift nicht eingehalten werden kann, kann die FATO die Form eines Rechtecks mit einer kurzen Seite von nicht weniger als 0,75 D und einer langen Seite von nicht weniger als 0,9 D haben. Innerhalb dieses Rechtecks sind Landungen aus zwei Richtungen jedoch nur in Richtung der Abmessung 0,9 D erlaubt. Feste Objekte sind rund um den Rand der FATO nicht erlaubt. Ausgenommen sind brechbar aufgestellte Objekte, die aufgrund ihrer Funktion dort vorhanden sein müssen. Objekte, die aufgrund ihrer Funktion am Rand der FATO erforderlich sind, dürfen nicht höher als 25 cm sein. Die Oberfläche der FATO muss sowohl für Hubschrauber als auch für Personen rutschsicher sein und zur Vermeidung von Flüssigkeitsansammlungen eine Neigung aufweisen. Wenn das Hubschrauberlandedeck in Form einer Gräting (Gitterrost) angelegt ist, muss das Unterdeck so beschaffen sein, dass der Bodeneffekt nicht vermindert wird.

22.16.25.7 Hubschrauber-Bordflugplätze

Wenn sich Hubschrauberbetriebsflächen am Bug oder Heck eines Schiffes oder auf einem speziell dafür vorgesehenen Aufbau über dem Schiffskörper befinden, sind sie als Hubschrauberlandedecks anzusehen und unterliegen den nachfolgend aufgeführten Kriterien.

- *Endanflug- und Startfläche und Aufsetz- und Abhebfläche*

Bei Hubschrauberflugplätzen an anderen Stellen eines Schiffes kann davon ausgegangen werden, dass die FATO und die Aufsetz- und Abhebfläche (TLOF) zusammenfallen. Die Auswirkungen der Richtung und Turbulenz von Luftströmungen, der vorherrschenden Windgeschwindigkeit und hoher Temperaturen durch Gasturbinenabgase oder durch Gasfackeln abgestrahlte Hitze auf der FATO sind zu beachten.

Auf einem Hubschrauber-Bordflugplatz ist mindestens eine FATO vorzusehen. Eine FATO auf einem Hubschrauber-Bordflugplatz muss kreisförmig sein und ist so zu bemessen, dass sie einen Kreis mit einem Durchmesser von nicht weniger als 1,0 D des größten Hubschraubers aufnehmen kann, für den der Hubschrauberflugplatz bestimmt ist, wobei D die größte Hubschrauberabmessung bei laufenden Rotoren ist. Die Oberfläche der FATO muss sowohl für Hubschrauber als auch für Personen rutschsicher sein.

22.16.25.8 Hindernisbeschränkung und -beseitigung

Der von Hindernissen freizuhaltende Luftraum um Hubschrauberflugplätze ist festzulegen, damit der beabsichtigte Flugbetrieb an den Hubschrauberflugplätzen sicher durchgeführt werden kann, und um zu verhindern, dass die Hubschrauberflugplätze durch die Zunahme von Hindernissen in ihrer Umgebung unbenutzbar werden. Dies wird durch die Einrichtung von Hindernisbegrenzungsflächen erreicht, durch die die Grenzen festgelegt werden, bis zu denen Objekte in den Luftraum hineinragen dürfen. Die Anflugwege sind so zu wählen, dass sichere Notlandungen oder Landungen mit einem ausgefallenen Triebwerk durchgeführt werden können und dabei zumindest Personenschäden am Boden oder auf dem Wasser und Sachschäden möglichst ausgeschlossen sind. Durch Vorkehrungen für Notlandeflächen kann die Verletzungsgefahr für Hubschrauberinsassen weitgehend herabgesetzt werden. Das kritischste Hubschraubermuster, für das der Hubschrauberflugplatz bestimmt ist, sowie die Umgebungsbedingungen sind bei der Festlegung geeigneter Flächen zu berücksichtigen.

22.16.25.9 Hindernisbegrenzungsflächen und -sektoren

- *Anflugfläche*

Unter der Abflugfläche versteht man eine vom Ende der Sicherheitsfläche ansteigende schiefe Ebene oder Kombination von Ebenen, deren Mittellinie eine durch die Mitte der FATO verlaufende Linie ist (Abb. 22.164). Die Begrenzungen einer Anflugfläche bestehen aus:

a) einem horizontalen Innenrand von gleicher Länge wie die für die FATO festgelegte Mindestbreite zuzüglich der Sicherheitsfläche, der am Außenrand der Sicherheitsfläche rechtwinklig zur Mittellinie der Anflugfläche verläuft;
b) zwei Seitenrändern, die an den Enden des Innenrandes beginnen, und
   1) bei einer anderen als einer Präzisionsanflug-FATO gleichmäßig in einem festgelegten Verhältnis von der die Mittellinie der FATO enthalten den Vertikalebene auseinander laufen;

2) bei einer Präzisionsanflug-FATO gleichmäßig in einem festgelegten Verhältnis von der die Mittellinie der FATO enthaltenden Vertikalebene bis zu einer festgelegten Höhe über der FATO auseinander laufen, dann gleichmäßig in einem festgelegten Verhältnis bis zu einer festgel- egten Endbreite weiter auseinander laufen und danach bis zum Ende der Anflugfläche in dieser Breite verlaufen;

c) einem horizontalen Außenrand, der in einer festgelegten Höhe über der FATO-Höhe rechtwinklig zur Mittellinie der Anflugfläche verläuft.

Als Höhe über NN des Innenrandes gilt die Höhe über NN der Sicherheitsfläche am Schnittpunkt zwischen Innenrand und Mittellinie der Anflugfläche. Die Neigung(en) der Anflugfläche ist (sind) in der die Mittellinie der Fläche enthaltenden Vertikalebene zu messen. An Hubschrauberflugplätzen für Hubschrauber der Flugleistungsklassen 2 und 3 sollen die Anflugwege so gewählt werden, dass sichere Notlandungen oder Landungen mit einem ausgefallenen Triebwerk durchgeführt werden können und dabei zumindest Personenschäden am Boden oder auf dem Wasser und Sachschäden möglichst ausgeschlossen sind. Durch Vorkehrungen für Notlandeflächen kann die Verletzungsgefahr für Hubschrauberinsassen weitgehend herabgesetzt werden. Das kritischste Hubschraubermuster, für das der Hubschrauberflugplatz bestimmt ist, sowie die Umgebungsbedingungen sind bei der Festlegung geeigneter Flächen zu berücksichtigen.

- *Übergangsfläche*

Unter einer Übergangsfläche ist eine komplexe Fläche entlang der Seite der Sicherheitsfläche und einem Teil der Seite der Anflugfläche zu verstehen, die schräg aufwärts und nach außen bis zur inneren Horizontalfläche oder einer festgelegten Höhe verläuft (Abb. 22.170). Die Begrenzungen einer Übergangsfläche bestehen aus:

a) einem unteren Rand, der am Schnittpunkt der Seite der Anflugfläche mit der inneren Horizontalfläche oder, wenn eine innere Horizontalfläche nicht vorhanden ist, in einer festgelegten Höhe über dem unteren Rand beginnt und entlang der Seite der Anflugfläche bis zu deren Innenrand und von dort entlang der Seitenbegrenzung der Sicherheitsfläche parallel zur Mittellinie der FATO verläuft, und
b) einem oberen Rand, der in der Ebene der inneren Horizontalfläche oder, wenn eine innere Horizontalfläche nicht vorhanden ist, in einer festgelegten Höhe über dem unteren Rand liegt.

Als Höhe über NN eines Punktes auf dem unteren Rand gilt:

a) entlang der Seite der Anflugfläche die Höhe über NN der Anflugfläche an diesem Punkt, und
b) entlang der Sicherheitsfläche die Höhe über NN der diesem Punkt gegenüberliegenden Mittellinie der FATO.

Aus b) ergibt sich, dass die Übergangsfläche entlang der Sicherheitsfläche gekrümmt ist, wenn das Profil der FATO gekrümmt ist, oder eine Ebene ist, wenn das Profil eine

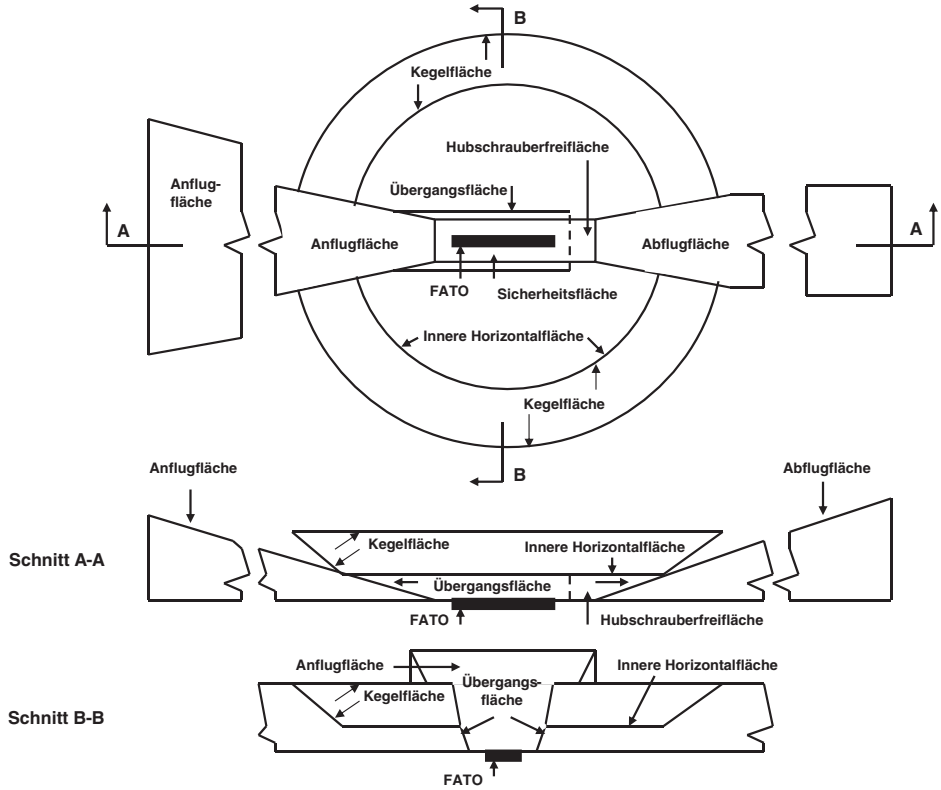


Abb. 22.170 Hindernisbegrenzungsflächen [134, 147]

gerade Linie ist. Die Schnittlinie der Übergangsfläche mit der inneren Horizontalfläche oder, wenn eine innere Horizontalfläche nicht vorhanden ist, mit dem oberen Rand ist, je nach FATO-Profil, ebenfalls eine gekrümmte oder gerade Linie. Die Neigung der Übergangsfläche ist in einer rechtwinklig zur Mittellinie der FATO liegenden Vertikalebene zu messen.

- *Innere Horizontalflache*

Die innere Horizontalfläche soll ein sicheres Fliegen nach Sicht ermöglichen. Es handelt sich dabei um eine kreisförmige Fläche, die in einer horizontalen Ebene über einer FATO und ihrer Umgebung liegt (Abb. 22.164). Der Radius der inneren Horizontalfläche ist vom Mittelpunkt der FATO aus zu messen. Die Höhe der inneren Horizontalfläche ist über einer für diesen Zweck festgelegten Bezugshöhe zu messen.

- *Kegelfläche*

Die Kegelfläche ist eine Fläche, die von der Peripherie der inneren Horizontalfläche oder, wenn eine innere Horizontalfläche nicht vorhanden ist, von der äußeren Begrenzung der Übergangsfläche schräg aufwärts und nach außen verläuft (Abb. 22.164).

Die Begrenzungen der Kegelfläche bestehen aus:

a) einem unteren Rand, der mit der Peripherie der inneren Horizontalfläche oder, wenn eine innere Horizontalfläche nicht vorhanden ist, mit der äußeren Begrenzung der Übergangsfläche zusammenfällt, und
b) einem oberen Rand, der in einer festgelegten Höhe über der inneren Horizontalfläche oder, wenn eine innere Horizontalfläche nicht vorhanden ist, über der Höhe über NN des niedrigsten Endes der FATO verläuft.

Die Neigung der Kegelfläche ist über der Horizontalen zu messen.

- *Abflugfläche*

Unter einer Abflugfläche versteht man eine vom Ende der Sicherheitsfläche ansteigende schiefe Ebene, eine Kombination von Ebenen oder, wenn sie eine Kurve enthält, eine komplexe Fläche, deren Mittellinie eine durch die Mitte der FATO verlaufende Linie ist (Abb. 22.171). Die Begrenzungen der Abflugfläche bestehen aus:

a) einem horizontalen Innenrand von gleicher Länge wie die für die FATO festgelegte Mindestbreite zuzüglich der Sicherheitsfläche, der am Außenrand der Sicherheitsfläche oder Freifläche rechtwinklig zur Mittellinie der Abflugfläche verläuft;
b) zwei Seitenrändern, die an den Enden des Innenrandes beginnen und gleichmäßig in einem festgelegten Verhältnis von der die Mittellinie der FATO enthaltenden Vertikalebene auseinander laufen, und
c) einem horizontalen Außenrand, der in einer festgelegten Höhe über der FATO-Höhe rechtwinklig zur Mittellinie der Abflugfläche verläuft.

Als Höhe über NN des Innenrandes gilt die Höhe über NN der Sicherheitsfläche am Schnittpunkt zwischen Innenrand und Mittellinie der Abflugfläche, mit der Ausnahme, dass als Höhe über NN der höchste Punkt am Boden auf der Mittellinie der Freifläche gilt, wenn eine Freifläche vorhanden ist. Im Fall einer geraden Abflugfläche ist die Neigung in der die Mittellinie der Fläche enthaltenden Vertikalebene zu messen. Im Fall einer Abflugfläche mit einer Kurve ist die Fläche eine komplexe Fläche, die die horizontalen Normalen auf ihre Mittellinie enthält; die Neigung der Mittellinie ist dieselbe wie für eine gerade Abflugfläche. Der zwischen Innenrand und 30 m über dem Innenrand liegende Teil der Fläche ist eine Gerade. Richtungsänderungen der Mittellinie einer Abflugfläche sind so auszulegen, dass Kurven mit einem Radius von weniger als 270 m nicht notwendig werden.

- *Hindernisfreier Sektor/Hindernisfreie Fläche – Hubschrauberlandedecks*

Unter einem hindernisfreien Sektor bzw. einer hindernisfreien Fläche versteht man eine komplexe Fläche, die an einem Bezugspunkt am Rand der FATO eines Hubschrauberlandedecks beginnt und sich über eine festgelegte Entfernung erstreckt. Sie wird durch den Kreisbogen eines festgelegten Winkels begrenzt. Für Hubschrauberlandedecks

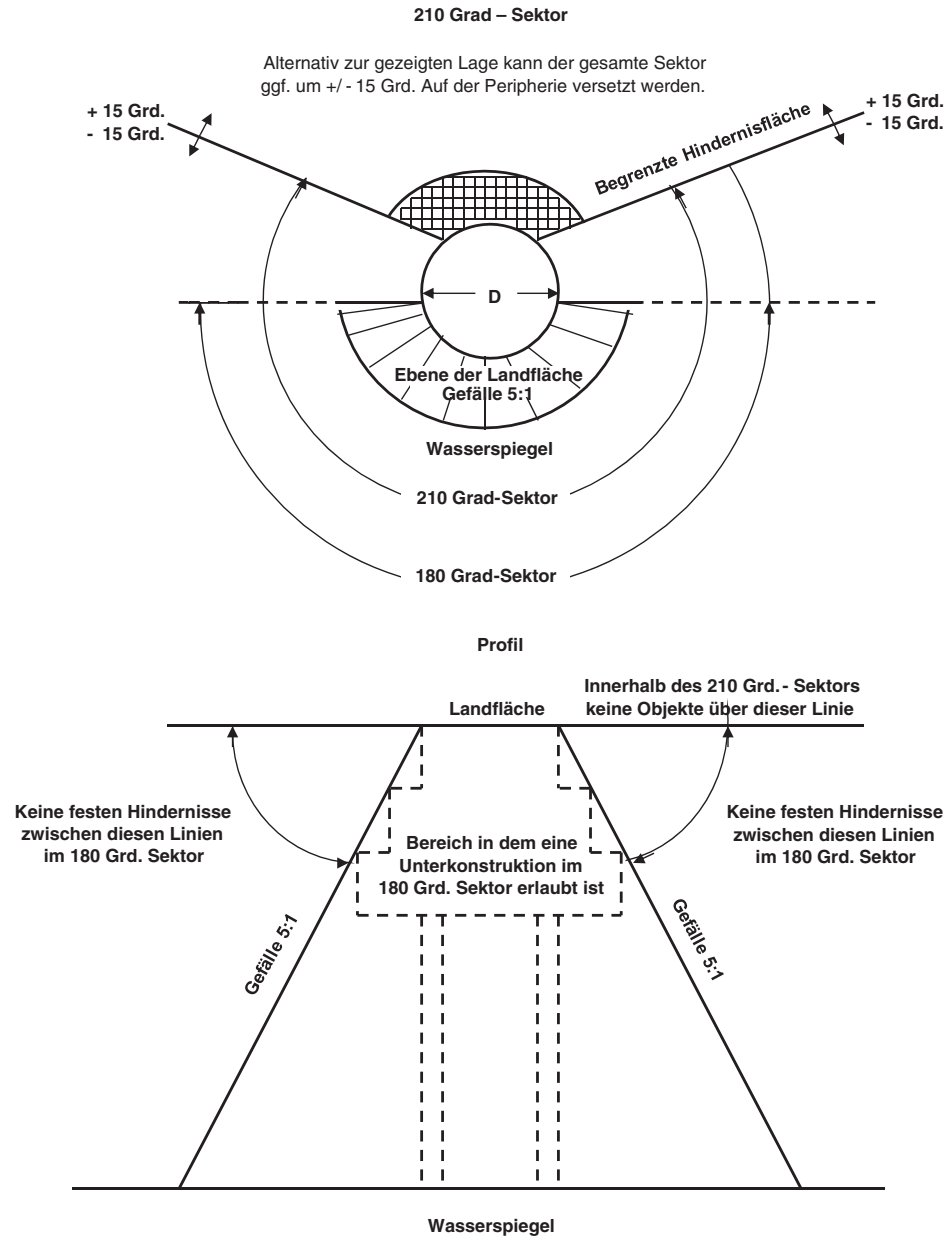


Abb. 22.171 Hindernisfreier Sektor eines Hubschrauberlandedecks [134, 147]

wird der hindernisfreie Sektor durch einen Kreisbogen von 210 Grad begrenzt und erstreckt sich nach außen über eine Entfernung, die bei Landungen mit einem ausgefallenen Triebwerk dem kritischsten Hubschrauber genügt, für den das Hubschrauberlandedeck

bestimmt ist. Die Fläche ist eine horizontale Ebene auf gleicher Höhe mit dem Hubschrauberlandedeck, mit der Ausnahme, dass die Fläche über einen Kreisbogen von 180 Grad, der durch die Mitte der FATO geht, auf der Ebene der Wasseroberfläche liegt und sich über eine Entfernung nach außen erstreckt, die den räumlichen Starterfordernissen des kritischsten Hubschraubers entspricht, für den das Hubschrauberlandedeck bestimmt ist (Abb. 22.171).

- *Begrenzte Hindernisfläche – Hubschrauberlandedecks*

Eine begrenzte Hindernisfläche ist eine komplexe Fläche, die am Bezugspunkt für den hindernisfreien Sektor beginnt und sich über den Kreisbogen erstreckt, der vom hindernisfreien Sektor, wie in den Abb. 22.166, 22.167 und 22.168 gezeigt, nicht abgedeckt ist und innerhalb welcher die zulässige Höhe der über die FATO hinausragenden Hindernisse durch Vorschriften geregelt ist. Die begrenzte Hindernisfläche geht nicht über den Kreisbogen eines festgelegten Winkels hinaus und muss groß genug sein, um den Bereich einzuschließen, der nicht vom hindernisfreien Sektor abgedeckt ist.

22.16.25.10 Erfordernisse der Hindernisbegrenzung

Die Erfordernisse für Hindernisbegrenzungsflächen sind auf der Grundlage der beabsichtigten Nutzung einer FATO, d. h. Anflugverfahren zum Schweben oder zur Landung, Startverfahren und Art des Anfluges, festgelegt und sollen angewendet werden, wenn die FATO so genutzt wird. In Fällen, in denen der Betrieb in beiden Richtungen der FATO durchgeführt wird, kann die Funktion bestimmter Flächen wegen strengerer Forderungen einer anderen niedrigeren Fläche aufgehoben werden.

- *Hubschrauber-Boden-(Wasser-)Flugplätze*

Die folgenden Hindernisbegrenzungsflächen sind für eine Präzisionsanflug-FATO festzulegen:

a) Abflugfläche,
b) Anflugfläche,
c) Übergangsflächen,
d) Kegelfläche.

Die folgenden Hindernisbegrenzungsflächen sind für eine Nichtpräzisionsanflug-FATO festzulegen:

a) Abflugfläche,
b) Anflugfläche,
c) Übergangsflächen,
d) Kegelfläche, wenn keine innere Horizontalfläche vorhanden ist.

Die folgenden Hindernisbegrenzungsflächen sind für eine Sichtanflug-FATO festzulegen:

a) Abflugfläche,
b) Anflugfläche.

Die folgenden Hindernisbegrenzungsflächen sollten für eine Nichtpräzisionsanflug-FATO festgelegt werden:

a) innere Horizontalfläche,
b) Kegelfläche.

Die Notwendigkeit einer inneren Horizontalfläche kann sich erübrigen, wenn an beiden Enden ein Nichtpräzisions-Geradeausanflug vorgesehen ist. Die Neigungen der

Tab. 22.26 Maße und Neigungen von Hindernisbegrenzungsflächen für Sichtan- flug-FATO und Nichtpräzisionsanflug-FATO [134, 147]

Fläche und Maße		Sichtanflug-FATO			Nichtpräzisions-(Instrumenten-)
		Hubschrauberleistungsklasse			Anflug FATO
		1	2	3	
Anflugfläche					
Breite des Innenrandes		Breite der Sicherheitsfläche			Breite der Sicherheitsfläche
Lage des Innenrandes		Begrenzung der Sicherheitsfläche			Begrenzung der Sicherheitsfläche
Erster Abschnitt					
Divergenz	Tag	10 %	10 %	10 %	16 %
	Nacht	15 %	15 %	15 %	–
Länge	Tag	245 m[a]	245 m[a]	245 m[a]	2.500 m
	Nacht	245 m[a]	245 m[a]	245 m[a]	–
Äußere Breite	Tag	49 m[b]	49 m[b]	49 m[b]	890 m
	Nacht	73,5 m[b]	73,5 m[b]	73,5 m[b]	–
Neigung (max.)	–	8 %[a]	8 %[a]	8 %[a]	3,33 %
Zweiter Abschnitt					
Divergenz	Tag	10 %	10 %	10 %	–
	Nacht	15 %	15 %	15 %	–
Länge	Tag	[c]	[c]	[c]	–
	Nacht	[c]	[c]	[c]	–
Äußere Breite	Tag	[d]	[d]	[d]	–
	Nacht	[d]	[d]	[d]	–

(Fortsetzung)

Tab. 22.26 (Fortsetzung)

Fläche und Maße		Sichtanflug-FATO			Nichtpräzisions-(Instrumenten-) Anflug FATO
		Hubschrauberleistungsklasse			
		1	2	3	
Neigung (max.)	–	12,5 %	12,5 %	12,5 %	–
Dritter Abschnitt					
Divergenz	–	parallel	parallel	parallel	–
Länge	Tag	[e]	[e]	[e]	–
	Nacht	[e]	[e]	[e]	–
Äußere Breite	Tag	[d]	[d]	[d]	–
	Nacht	[d]	[d]	[d]	–
Neigung (max.)	–	15 %	15 %	15 %	–
Innere Horizontalfläche					
Höhe	–	–	–	–	45 m
Radius	–	–	–	–	2.000 m
Kegelfläche					
Neigung	–	–	–	–	5 %
Höhe	–	–	–	–	55 m
Übergangsfläche					
Neigung	–	–	–	–	20 %
Höhe	–	–	–	–	45 m

mit:
[a]Neigung und Länge ermöglichen Hubschraubern, die Geschwindigkeit zur Landung zu vermindern und gleichzeitig zu vermeidende Flächen zu beachten
[b]Die Breite des Innenrandes ist diesem Wert zuzurechnen
[c]Der Abstand zwischen Innenrand und dem Punkt, an dem sich durch die Divergenz eine Breite ergibt, die bei Tagbetrieb 7 Rotordurchmessern und bei Nachtbetrieb 10 Rotordurchmes- sern entspricht
[d]Bei Tagbetrieb eine Gesamtbreite von 7 Rotordurchmessern und bei Nachtbetrieb eine Gesamtbreite von 10 Rotordurchmessern
[e]Der Abstand zwischen Innenrand und dem Punkt, an dem die Anflugfläche eine Höhe von 150 m über der Höhe über Meer des Innenrandes erreicht

Flächen dürfen nicht größer und ihre Abmessungen nicht kleiner sein als in den Tab. 22.26, 22.27, 22.28, 22.29 angegeben. Ihre Lage ist gemäß der Abb. 22.169, 22.170, 22.171, 22.172, 22.173 festzulegen. Neue Objekte oder Aufstockungen vorhandener Objekte oberhalb der genannten Flächen dürfen nur zugelassen werden, wenn nach Ansicht der zuständigen Behörde das neue Objekt oder die Aufstockung durch ein vorhandenes unbewegliches Objekt abgeschattet würde. Vorhandene Objekte, die über die

Tab. 22.27 Maße und Neigungen von Hindernisbegrenzungsflächen für Instrumen- ten-(Präzisionsanflug-)-FATO [134, 147]

Fläche und Maße	3° – Anflug				6° – Anflug			
	Höhe über FATO				Höhe über FATO			
	90 m (300 ft)	60 m (200 ft)	45 m (150 ft)	30 m (100 ft)	90 m (300 ft)	60 m (200 ft)	45 m (150 ft)	30 m (100 ft)
Anflugfläche								
Länge des Innenrandes	90 m	90 m	90 m	90 m	90 m	90 m	90 m	90 m
Abstand vom FATO-Ende	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Divergenz auf jeder Seite bis zur Höhe über FATO	25 %	25 %	25 %	25 %	25 %	25 %	25 %	25 %
Strecke bis zur Höhe über FATO	1.745 m	1.163 m	872 m	581 m	870 m	580 m	435 m	290 m
Breite in Höhe über FATO	962 m	671 m	526 m	380 m	521 m	380 m	307,5 m	235 m
Divergenz bis zum Parallel-abschnitt	2.793 m	3.763 m	4.246 m	4.733 m	4.250 m	4.733 m	4.975 m	5.217 m
Breite des Parallel-abschnitts	1.800 m	1.800 m	1.800 m	1.800 m	1.800 m	1.800 m	1.800 m	1.800 m
Strecke bis zum Außenrand	5.462 m	5.074 m	4.882 m	4.686 m	3.380 m	3.187 m	3.090 m	2.993 m
Breite am Außenrand	1.800 m	1.800 m	1.800 m	1.800 m	1.800 m	1.800 m	1.800 m	1.800 m
Neigung des ersten Abschnitts	2,5 % (1:40)	2,5 % (1:40)	2,5 % (1:40)	2,5 % (1:40)	5 % (1:20)	5 % (1:20)	5 % (1:20)	5 % (1:20)
Länge des ersten Abschnitts	3.000 m	3.000 m	3.000 m	3.000 m	1.500 m	1.500 m	1.500 m	1.500 m
Neigung des zweiten Abschnitts	3 % (1:33,3)	3 % (1:33,3)	3 % (1:33,3)	3 % (1:33,3)	6 % (1:16,66)	6 % (1:16,66)	6 % (1:16,66)	6 % (1:16,66)
Länge des zweiten Abschnitts	2.500 m	2.500 m	2.500 m	2.500 m	1.250 m	1.250 m	1.250 m	1.250 m
Kegelfläche								
Neigung	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %	5 %
Höhe	55 m	55 m	55 m	55 m	55 m	55 m	55 m	55 m
Übergangsfläche								
Neigung	14,3 %	14,3 %	14,3 %	14,3 %	14,3 %	14,3 %	14,3 %	14,3 %
Höhe	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m	45 m

Tab. 22.28 Maße und Neigungen von Hindernisbegrenzungsflächen für den Geradeausflug [134, 147]

Fläche und Maße	Start nach Sichtflugbedingungen				Instrumentenabflug
	Hubschrauber-Flugleistungsklasse				
	Tag/Nacht	1	2	3	
Abflugfläche					
Breite des Innenrandes		Breite der Sicherheitsfläche			90 m
Lage des Innenrandes		Begrenzung oder Ende der Freifläche			Begrenzung oder Ende der Freifläche
Erster Abschnitt					
Divergenz	Tag	10 %	10 %	10 %	30 %
	Nacht	15 %	15 %	15 %	—
Länge	Tag	[a]	245[b]	245[b]	2.850 m
	Nacht	[a]	245[b]	245[b]	—
Äußere Breite	Tag	[c]	49 m[d]	49 m[d]	1.800 m
	Nacht	[c]	73,5[d]	73,5[d]	—
Neigung (max.)	—	4,5 %[f]	8 %[b]	8 %[b]	3,5 %
Zweiter Abschnitt					
Divergenz	Tag	parallel	10 %	10 %	parallel
	Nacht	parallel	15 %	15 %	—
Länge	Tag	[c]	[a]	[a]	1.510 m
	Nacht	[c]	[a]	[a]	—
Äußere Breite	Tag	[c]	[c]	[c]	1.800 m
	Nacht	[c]	[c]	[c]	—
Neigung (max.)	—	4,5 %[f]	15 %	15 %	3,5 %[f]
Dritter Abschnitt					
Divergenz	—	—	parallel	parallel	parallel
Länge	Tag	—	[c]	[c]	7.640 m
	Nacht	—	[c]	[c]	—
Äußere Breite	Tag	—	[c]	[c]	1.800 m
	Nacht	—	[c]	[c]	—
Neigung (max.)	—	—	15 %	15 %	2 %

[a]Der Abstand zwischen Innenrand und dem Punkt, an dem sich durch die Divergenz eine Breite ergibt, die bei Tagbetrieb 7 Rotordurchmessern und bei Nachtbetrieb 10 Rotordurchmessern entspricht
[b]Neigung und Länge ermöglichen Hubschraubern einen Bereich zum Beschleunigen und Steigen, und ermöglichen gleichzeitig die Beachtung zu vermeidender Flächen
[c]Bei Tagbetrieb eine Gesamtbreite von 7 Rotordurchmessern und bei Nachtbetrieb eine Gesamtbreite von 10 Rotordurchmessern
[d]Die Breite des Innenrandes ist diesem Wert hinzuzurechnen
[e]Der Abstand zwischen Innenrand und dem Punkt, an dem die Fläche eine Höhe von 150 m über der Höhe über Meer des Innenrandes erreicht
[f]Diese Neigung ist größer als der Steigwinkel vieler derzeit betriebener Hubschrauber bei Höchststartmasse und einem ausgefallenen Triebwerk

Tab. 22.29 Kriterien für gekrümmte An- und Abflugflächen, Endanflug und Start un- ter Sichtflugbedingungen [134, 147]

Merkmal	Erfordernisse
Richtungsänderung	nach Bedarf (max. 120 Grad)
Kurvenradius auf Mittellinie	mindestens 270 m
Abstand zum inneren Kurventor[a]	[a] Für Hubschrauber der Flugleistungsklasse 1: mindestens 305 m vom Ende der Sicherheitsfläche oder Hubschrauberfreifläche;
	[b] Für Hubschrauber der Flugleistungsklasse 2 u. 3:mindestens 370 m vom Ende der FATO.
Breite des inneren Kurventors TagNacht	Breite des Innenrandes zuzüglich 20 % des Abstands zum inneren Kurventor.
	Breite des Innenrandes zuzüglich 30 % des Abstands zum inneren Kurventor.
Breite des äußeren Kurventors TagNacht	Breite des Innenrandes zuzüglich 20 % des Abstands zum inneren Kurventors bis hin zu einer Mindestbreite von 7 Rotordurchmessern.
	Breite des Innenrandes zuzüglich 30 % des Abstands zum inneren Kurventors bis hin zu einer Mindestbreite von 10 Rotordurchmessern.
Höhe über Meer des inneren und äußeren Kurventors	Ergibt sich aus dem Abstand vom Innenrand und dem bzw. den festgelegten Gradienten.
Neigungen	wie in Tab. 22.26 und 22.28 angegeben
Divergenz	wie in Tab. 22.26 und 22.28 angegeben
Gesamtlänge der Fläche	wie in Tab. 22.26 und 22.28 angegeben

[a]Hierbei handelt es sich um den erforderlichen Mindestabstand vor Einleitung einer Kurve nach dem Start oder nach Beendigung einer Kurve in der Endanflugphase.
Es kann erforderlich sein, auf der Gesamtlänge der An-/Abflugfläche mehr als eine Kurve vorzusehen. Für jede weitere Kurve gelten die selben Kriterien, mit der Ausnahme, dass die Breite der inneren und der äußeren Kurventore normalerweise die Höchstbreite der Fläche ist.

genannten Flächen hinausragen, sollten möglichst entfernt werden, ausgenommen, wenn nach Ansicht der zuständigen Behörde ein Objekt durch ein vorhandenes unbewegliches Objekt abgeschattet wird oder nach luftfahrttechnischen Untersuchungen feststeht, dass das Objekt die Sicherheit nicht gefährden oder die Regelmäßigkeit des Hubschrauberbetriebs nicht wesentlich beeinträchtigen würde. Für einen Hubschrauber-Boden-(Wasser-)Flugplatz sind mindestens zwei An-/Abflugflächen in einem Abstand von mindestens 150 Grad festzulegen. Anzahl und Richtung von An-/Abflugflächen sollten so gewählt werden, dass der Benutzbarkeitsfaktor eines Hubschrauberflugplatzes mindestens 95 % für die Hubschrauber beträgt, für die der Hubschrauberflugplatz bestimmt ist.

- *Hubschrauberflugplätze auf Bauwerken*

Die Erfordernisse der Hindernisbegrenzung für Hubschrauberflugplätze auf Bauwerken entsprechen den aufgeführten Erfordernissen für Hubschrauber-Boden-(Wasser-) Flugplätze. Für einen Hubschrauberflugplatz auf einem Bauwerk sind mindestens zwei An-/Abflugflächen in einem Abstand von mindestens 150 Grad festzulegen.

- *Hubschrauberlandedecks*

Für ein Hubschrauberlandedeck ist ein hindernisfreier Sektor und, falls notwendig, ein begrenzter Hindernissektor festzulegen. Innerhalb des hindernisfreien Sektors dürfen oberhalb der hindernisfreien Fläche keine festen Hindernisse vorhanden sein. In der unmittelbaren Umgebung eines Hubschrauberlandedecks ist Hindernisschutz für Hubschrauber unterhalb der Ebene des Hubschrauberlandedecks vorzusehen. Dieser Schutz erstreckt sich über einen von der Mitte der FATO ausgehenden Kreisbogen von mindestens 180 Grad, der innerhalb des 180 Grad-Sektors von den Rändern der FATO mit einem Gefälle von 5:1 verläuft. Wenn ein bewegliches Hindernis oder eine Kombination von Hindernissen innerhalb des hindernisfreien Sektors für den Betrieb der Anlage unerlässlich ist, darf das Hindernis, von der Mitte der FATO aus gemessen, nicht über einen Kreisbogen von mehr als 30 Grad hinausgehen.

Für Hubschrauber mit einem Hauptrotor und für Hubschrauber mit zwei nebeneinander angeordneten Hauptrotoren dürfen Objekte innerhalb der (des) begrenzten Hindernisfläche/-sektors von 150 Grad bis zu einer von der Mitte der FATO aus gemessenen Entfernung von 0,62 D (D = Durchmesser Hauptrotor) um nicht mehr als 0,05 D über die FATO hinausragen. Jenseits dieses Kreisbogens steigt die begrenzte Hindernisfläche bis zu einer Gesamtentfernung von 0,83 D in einem Verhältnis von 1:2 (Abb. 22.172).

Bei Allrichtungsbetrieb von Hubschraubern mit Tandemhauptrotoren dürfen sich innerhalb der (des) begrenzten Hindernisfläche/-sektors von 150 Grad bis zu einer von der Mitte der FATO aus gemessenen Entfernung von 0,62 D keine festen Hindernisse befinden. Jenseits dieses Kreisbogens bis zu einer Gesamtentfernung von 0,83 D dürfen Objekte nicht in eine waagerechte Fläche hineinragen, die eine Höhe von 0,05 D über der FATO hat (Abb. 22.173).

Bei Zweirichtungsbetrieb von Hubschraubern mit Tandemhauptrotoren dürfen innerhalb des Kreisbogens von 0,62 D der(des) begrenzten Hindernisfläche/-sektors von 150 Grad Objekte nicht in eine waagerechte Fläche hineinragen, die eine Höhe von 1,10 m über der FATO hat (Abb. 22.174).

Abbildung 22.175 zeigt die An-/Abflugfläche einer Sichtanflug-FATO. Abbildung 22.176 zeigtdie Abflugfläche einer Instrumenten-FATO. Abbildung 22.177 zeigt die Anflugfläche einerPräzisionsanflug-FATO. Abbildung 22.178 zeigt die Anflugfläche einerNichtpräzisionsanflug-FATO. Abbildung 22.179 zeigt die Hindernisbegrenzungsflächen,die Übergangsfläche, die innere Horizontalfläche und die Kegelfläche.

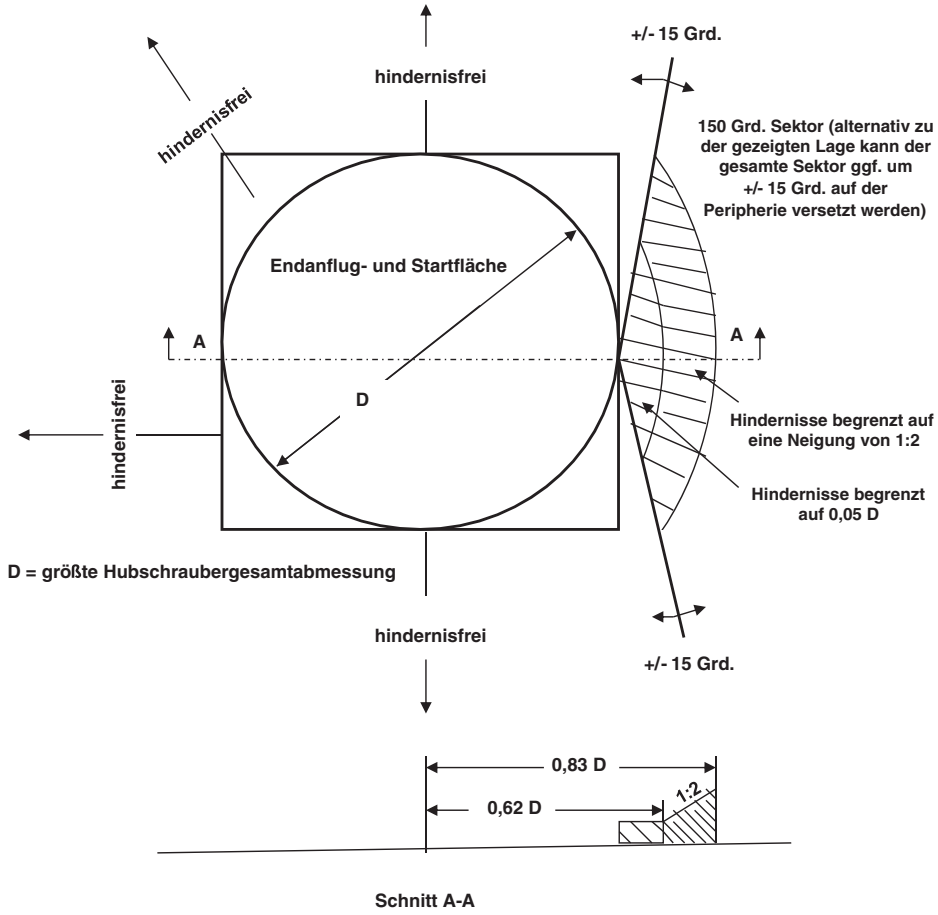


Abb. 22.172 Hindernisbegrenzungssektoren eines Hubschrauberladedecks für Hubschrauber mit einem Hauptrotor und Hubschrauber mit zwei nebeneinander angeordneten Hauptrotoren [134, 147]

- *Hubschrauber-Bordflugplätze*

a) Mittschiffslage.
Vor und hinter der FATO sind zwei symmetrisch angeordnete Sektoren von je 150 Grad festzulegen, deren Scheitel auf der Peripherie des FATO-Bezugskreises D liegen. Innerhalb der von diesen beiden Sektoren begrenzten Fläche dürfen keine Objekte die Ebene der FATO überragen, ausgenommen Hilfen, die für den sicheren Hubschrauberbetrieb unerlässlich sind, und auch diese nur bis zu einer maximalen Höhe von 25 cm.

Um vor und hinter der FATO einen weiteren Schutz vor Hindernissen zu gewährleisten, sind Flächen festzulegen, die mit einer Neigung von 1:5 über die gesamte Länge

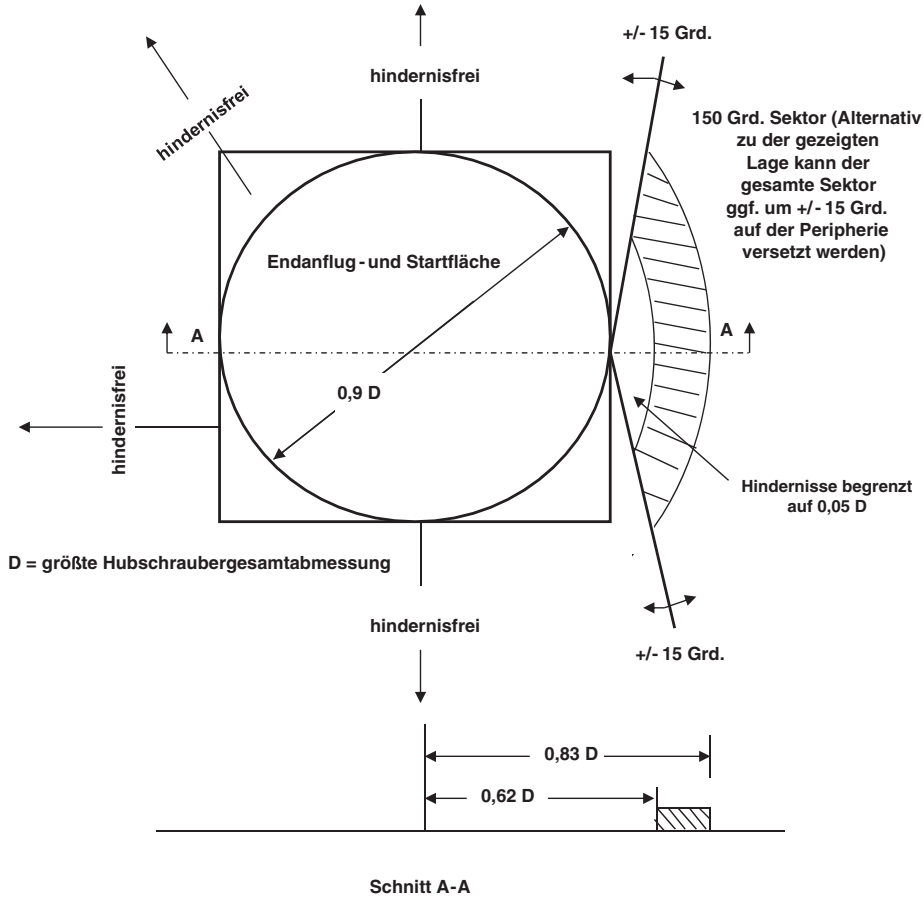


Abb. 22.173 Hindernisbegrenzungssektoren eines Hubschrauberladedecks für Hubschrauber mit Tandemhauptrotoren und Allrichtungsbetrieb [134, 147]

der Seitenbegrenzungen der beiden 150 Grad Sektoren ansteigen. Diese Flächen, in die keine Hindernisse hineinragen dürfen, erstrecken sich über eine mindestens dem Durchmesser der FATO entsprechende horizontale Entfernung (Abb. 22.180).

b) *Bodwandseitige Lage*
Ausgehend von den Schnittpunkten des längsschiffs gesehenen Durchmessers des Bezugskreises D ist ein Bereich festzulegen, der sich zur Schiffsreling erstreckt und dort von einer Linie begrenzt wird, deren Länge das 1,5-fache des FATO-Durchmessers beträgt und die symmetrisch zur querschiffs gesehenen Halbierungslinie des Bezugskreises nach vorn und hinten verläuft. Innerhalb dieses Sektors dürfen keine Objekte die Ebene der FATO überragen, ausgenommen Hilfen, die für den

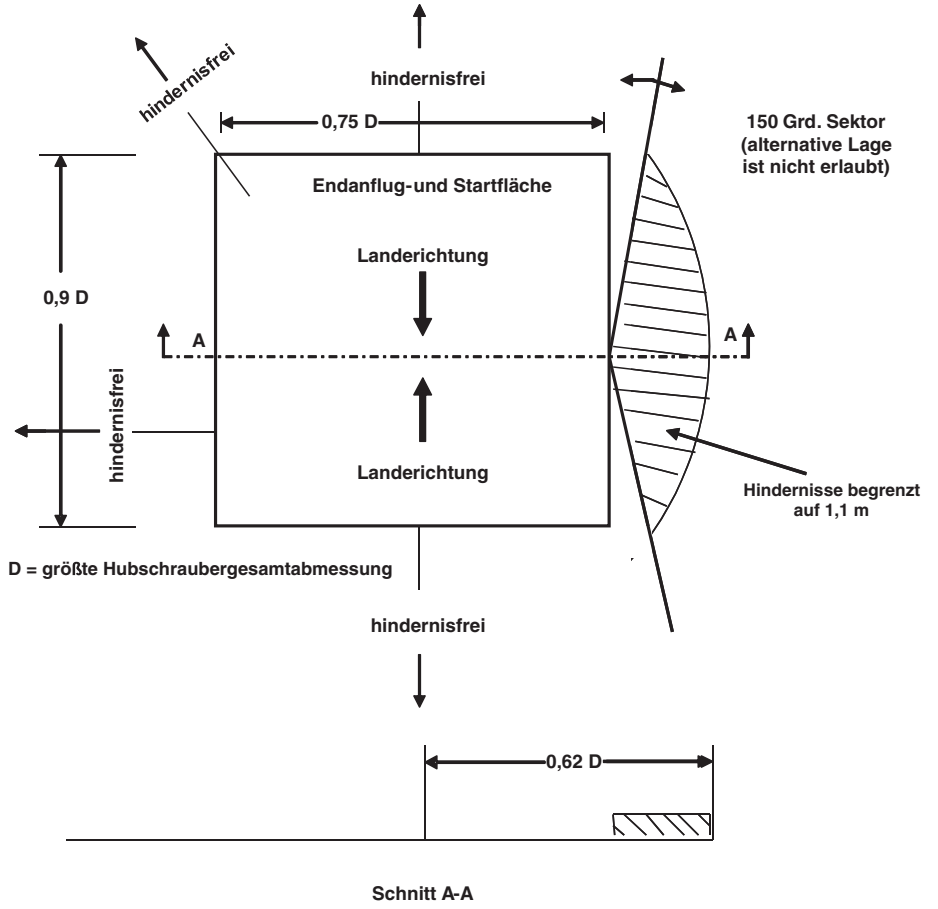


Abb. 22.174 Hindernisbegrenzungssektoren eines Hubschrauberlandedecks für Hubschrauber mit Tandemhauptrotoren und Zweirichtungsbetrieb [134, 147]

Hubschrauberbetrieb unerlässlich sind, und auch diese nur bis zu einer maximalen Höhe von 25 cm (Abb. 22.181).

Rund um die FATO und den hindernisfreien Sektor ist in Höhe des 0,05-fachen Durchmessers des Bezugskreises D eine Horizontalfläche mit einer Breite von mindestens dem 0,25-fachen des Durchmessers des Bezugskreises festzulegen, in die kein Objekt hineinragen darf.

Tabelle 22.25 zeigt die Maße und Neigungen von Hindernisbegrenzungsflächen für Sichtanflug-FATO und Nichtpräzisionsanflug-FATO. Tabelle 22.26 zeigt die Maße und Neigungen von Hindernisbegrenzungsflächen für Instrumenten-(Präzisionsaflug)

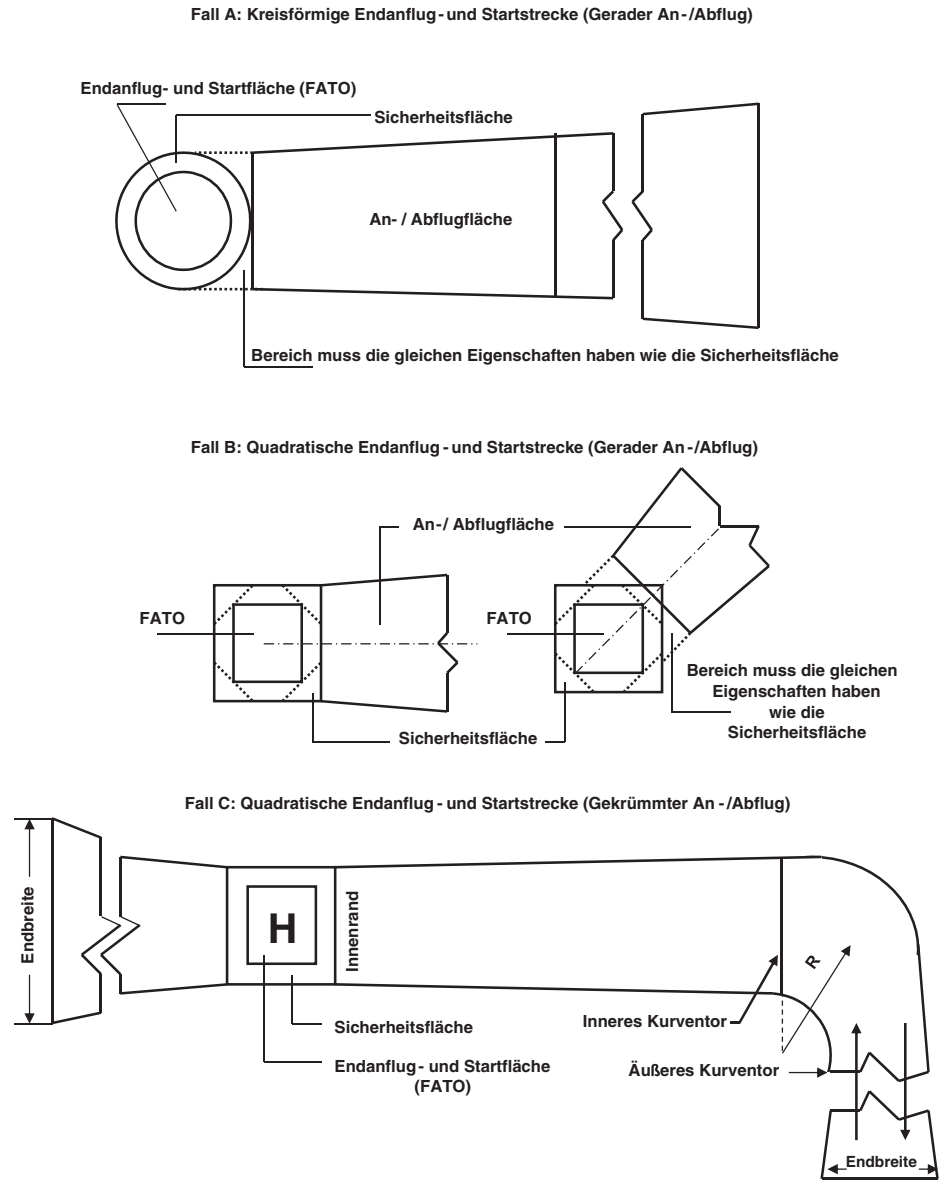


Abb. 22.175 An-/Abflugfläche (Sichtanflug-FATO) [134, 147]

FATO. Tabelle 22.27 zeigt Maße und Neigungen von Hindernisbegrenzungsflächen für den Geradeausflug. Tabelle 22.28 zeigt die Kriterien für gekrümmte An- und Abflugflächen, Endanflug sowie Start unter Sichtflugbedingungen.

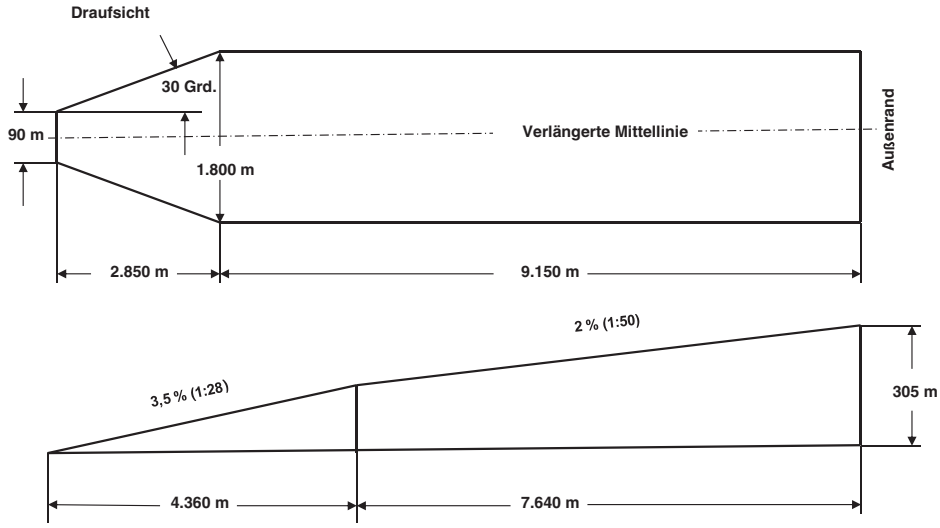


Abb. 22.176 Abflugfläche Instrumenten-FATO [134, 147]

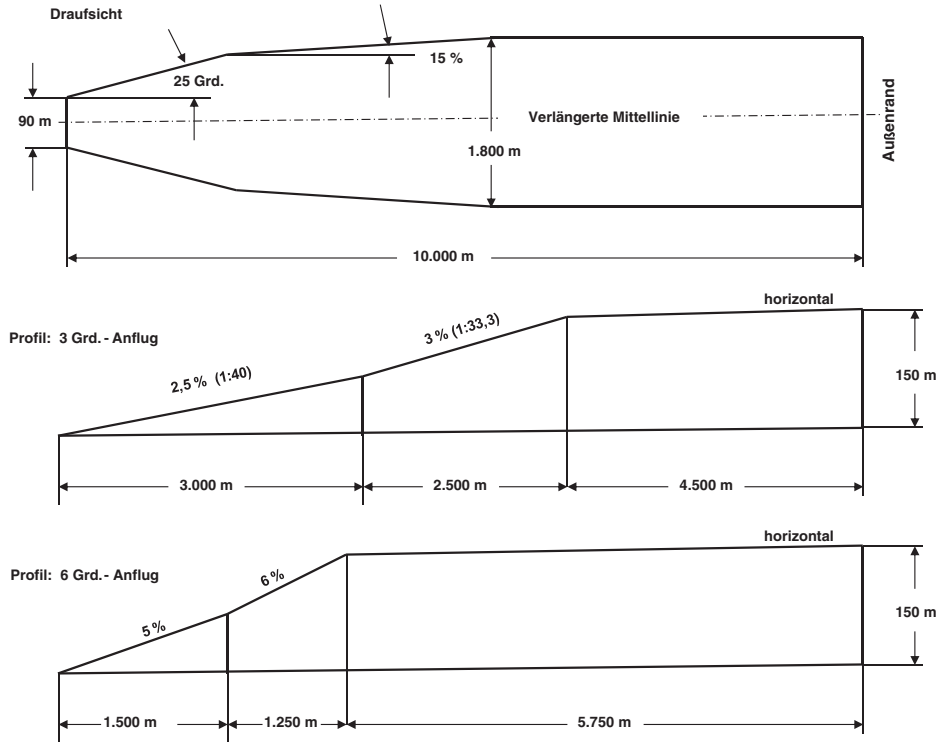


Abb. 22.177 Anflugfläche Präzisionsanflug-FATO [134, 147]

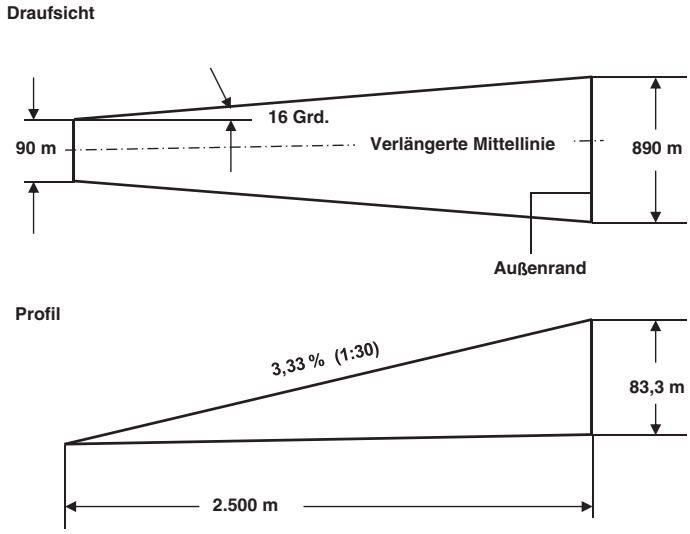


Abb. 22.178 Anflugfläche Nichtpräzisionsanflug-FATO [134, 147]

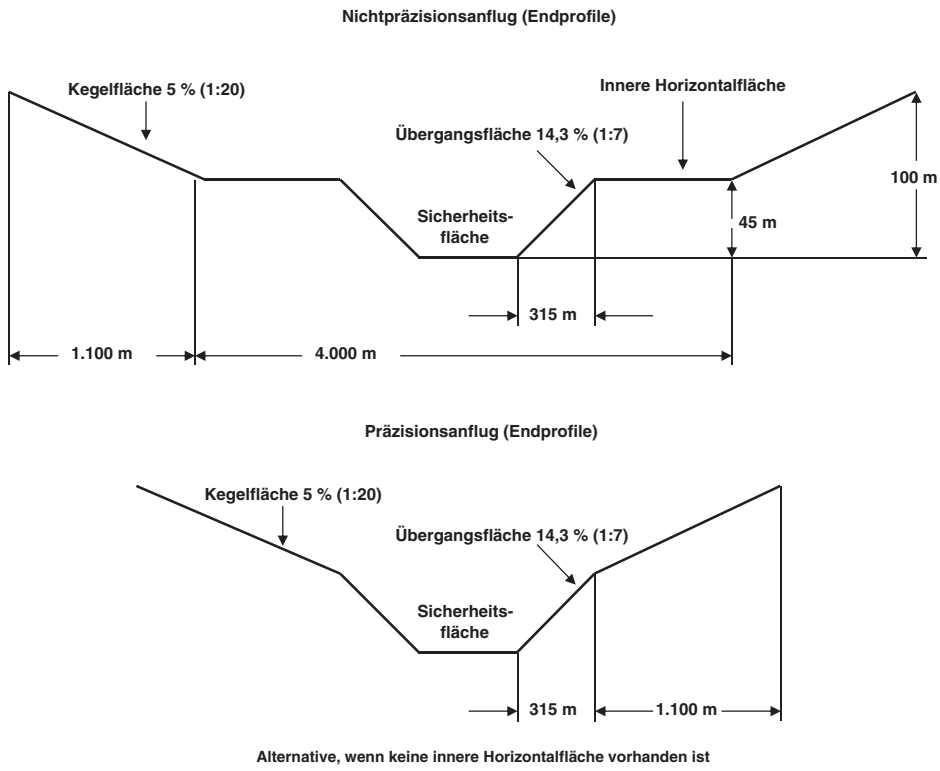


Abb. 22.179 Hindernisbegrenzungsflächen: Übergangsfläche, innere Horizontalfläche und Kegelfläche [134, 147]

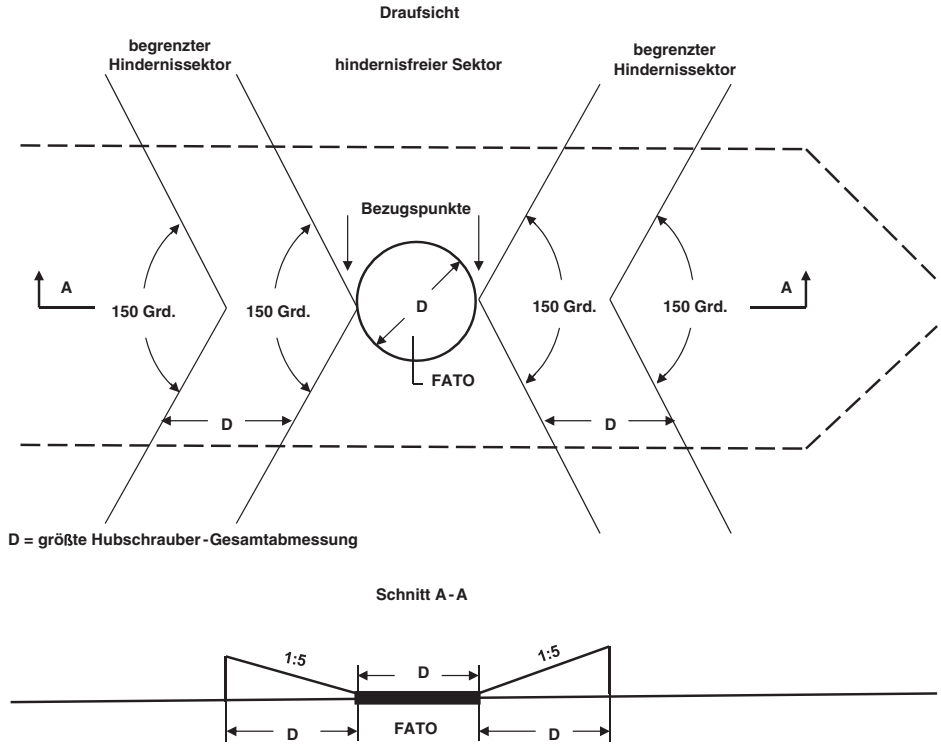


Abb. 22.180 Hindernisbegrenzungsflächen eines nicht speziell angelegten mittschiffs gelegenen Hubschrauberflugplatzes [134, 147]

22.16.25.11 Dienste an Hubschrauberflugplätzen

Rettungs- und Feuerlöschwesen Die Bestimmungen zum Rettungs- und Feuerlöschwesen gelten nur für Hubschrauber-Boden-(Wasser-)Flugplätze und Hubschrauberflugplätze auf Bauwerken und ergänzen die in ICAO Annex 14 enthaltenen Bestimmungen für das Rettungs- und Feuerlöschwesen an Flugplätzen. Die Hauptaufgabe eines Rettungs- und Feuerlöschdienstes ist es, Leben zu retten. Aus diesem Grund ist die Bereitstellung von Mitteln zum Einsatz bei einem Flugunfall oder einer Störung beim Betrieb eines Hubschraubers auf oder in der unmittelbaren Nähe eines Hubschrauberflugplatzes von höchster Bedeutung, da innerhalb dieses Bereiches die besten Möglichkeiten bestehen, Leben zu retten. Es muss also stets die Möglichkeit und Notwendigkeit in Betracht gezogen werden, ein Feuer löschen zu müssen, das unmittelbar nach einem Flugunfall oder einer Störung beim Betrieb eines Hubschraubers oder jederzeit während des Rettungseinsatzes ausbrechen kann.

Die wichtigsten Faktoren für wirkungsvolle Rettungsmaßnahmen bei einem Hubschrauberunfall sind der erreichte Ausbildungsstand des Personals, der Wirkungsgrad der Geräte sowie die Geschwindigkeit, mit der das für Rettungs- und Feuerlöschzwecke bestimmte Personal und Gerät eingesetzt werden können.

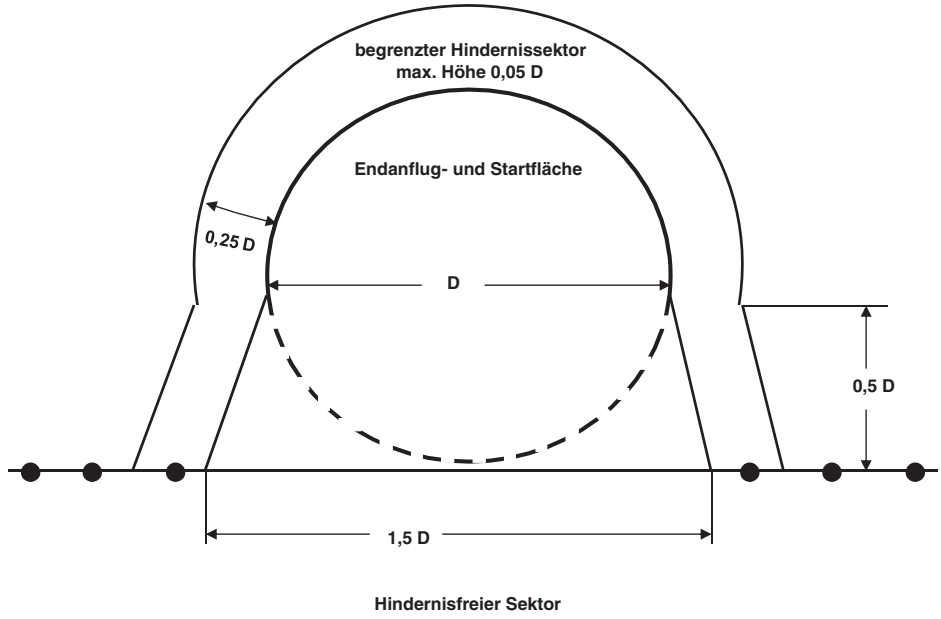


Abb. 22.181 Hindernisbegrenzungsflächen eines nicht speziell angelegten bordwandseitigen gelegenen Hubschrauberflugplatzes [134, 147]

Für Hubschrauberflugplätze auf Bauwerken sind Erfordernisse zum Schutz von Gebäuden oder Aufbauten, auf denen sich der Hubschrauberflugplatz befindet, hier nicht berücksichtigt.

Umfang des vorzusehenden Schutzes Außer an unbesetzten Hubschrauberflugplätzen mit geringem Verkehrsaufkommen sollte sich der Umfang des Schutzes durch Rettungs- und Feuerlöscheinrichtungen nach der Länge des längsten Hubschraubers richten, der den Hubschrauberflugplatz normalerweise benutzt, und der nach Tab. 22.30 bestimmten Brandschutzkategorie des Hubschrauberflugplatzes entsprechen.

In Zeiten des voraussichtlichen Betriebs von kleineren Hubschraubern kann die Brandschutzkategorie des Hubschrauberflugplatzes auf die höchste Kategorie der Hubschrauber herabgesetzt werden, die den Hubschrauberflugplatz während dieser Zeiten voraussichtlich benutzen werden.

Löschmittel Das Hauptlöschmittel sollte ein Schaum entsprechend Mindestleistungsstufe B sein. Die für die Schaumerzeugung notwendigen Wassermengen und die bereitzuhaltenden Zusatzmittel sollten der in Tab. 22.31 oder 22.32 festgelegten Brandschutzkategorie des Hubschrauberflugplatzes entsprechen. Die für Hubschrauberflugplätze auf Bauwerken für den Notfall festgelegten Wassermengen erfordern nicht die direkte Lagerung auf oder

Tab. 22.30 Brandschutzkategorien für Hubschrauberflugplätze [134, 147]

Kategorie	Gesamtlänge der Hubschrauber[a]
H 1	bis ausschließlich 15 m
H 2	15 m bis ausschließlich 24 m
H 3	24 m bis ausschließlich 35 m

[a]Hubschrauberlänge, einschließlich Heckausleger und Rotoren

Tab. 22.31 Nutzbare Mindestmengen an Löschmitteln für Hubschrauber-Boden (Wasser-) Flugplätze [134, 147]

Kategorie	Schaum entsprechend Leistungsstufe B		Zusatzmittel		
	Wasser	Ausstoßrate Schaumlösung (l/min)	Trockenlöschmittel (Kg)	Halone (kg)	CO_2 (kg)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
H 1	500	250	23	23	45
H 2	1.000	500	45	45	90
H 3	1.600	800	90	90	180

Tab. 22.32 Nutzbare Mindestmengen an Löschmitteln für Hubschrauberflugplätze auf Bauwerken [134, 147]

Kategorie	Schaum entsprechend Leistungsstufe B		Zusatzmittel		
	Wasser	Ausstoßrate Schaumlösung (l/min)	Trockenlösch-mittel (Kg)	Halone (kg)	CO_2 (kg)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
H 1	2.500	250	45	45	90
H 2	5.000	500	45	45	90
H 3	8.000	800	45	45	90

neben dem Hubschrauberflugplatz, wenn ein geeignetes Druckwasserleitungssystem vorhanden ist, das die erforderliche Ausstoßrate liefern kann. An einem Hubschrauber-Boden-(Wasser-)Flugplatz darf die Wassermenge für die Schaumerzeugung ganz oder teilweise durch Zusatzmittel ersetzt werden. Die Ausstoßrate der Schaumlösung sollte aber nicht geringer sein als die in Tab. 22.31 bzw. 22.32 angegebenen Mengen. Die Ausstoßrate von Zusatzmitteln sollte nach der optimalen Wirkung des benutzten Löschmittels gewählt werden.

An einem Hubschrauberflugplatz auf einem Bauwerk sollte mindestens eine Schlauchleitung mit einem Mehrzweckstrahlrohr vorhanden sein, das geeignet ist, Schaum mit einer Leistung von 250 l/min als Sprühstrahl auszubringen. Zusätzlich sollten an Hubschrauberflugplätzen der Kategorien 2 und 3 auf Bauwerken min- destens

zwei Vorrichtungen mit der erforderlichen Ausstoßrate vorhanden sein und an verschiedenen Stellen um den Hubschrauberflugplatz so angebracht werden, dass die Beschäumung jedes Teils des Hubschrauberflugplatzes unter allen Wetterbedingungen gewährleistet ist und die Wahrscheinlichkeit, dass beide Vorrichtungen durch einen Hubschrauberunfall beschädigt werden, weitgehend ausgeschlossen ist.

Rettungsgeräte An einem Hubschrauberflugplatz auf einem Bauwerk sollten Rettungsgeräte in der unmittelbaren Nähe des Hubschrauberflugplatzes gelagert werden.

Reaktionszeit An einem Hubschrauber-Boden-(Wasser-)Flugplatz sollte das Einsatzziel des Rettungs- und Feuerlöschdienstes darin bestehen, unter optimalen Sicht- und Oberflächenbedingungen Reaktionszeiten von nicht mehr als zwei Minuten zu erreichen. Als Reaktionszeit gilt die Zeit, die zwischen der ersten Alarmierung des Rettungs- und Feuerlöschdienstes und dem Zeitpunkt liegt, an dem das erste angreifende Fahrzeug bzw. die ersten angreifenden Fahrzeuge (oder der Feuerlöschdienst) in Position ist /sind, um Schaum mit einer Rate von mindestens 50 Prozent der in Tab. 22.32 angegebenen Ausstoßrate einzusetzen. An einem Hubschrauberflugplatz auf einem Bauwerk sollte der Rettungs- und Feuerlöschdienst sofort auf dem Hubschrauberflugplatz oder in dessen Nähe verfügbar sein, wenn Hubschrauberbewegungen stattfinden.

22.17 Hersteller und Ausrüstungsindustrie

Unter dem Begriff Hersteller und Ausrüstungsindustrie sind einerseits die Hersteller von Luftfahrtgerät und luftfahrttechnischer Infrastruktur, andererseits die Ausrüster von Luftfahrtgerät zu verstehen.

Wie bei den Luftverkehrsgesellschaften, ist auch bei der Hersteller- und Ausrüstungsindustrie ein starker Trend zur Globalisierung und zu internationalen Großkonzernen zu verzeichnen.

Im Bereich der Herstellung von Verkehrsflugzeugen hat weltweit bereits eine Konzentration stattgefunden, sodass als Marktführer mit Flugzeugfamilienkonzepten im wesentlichen die Firma Airbus Industries als europäisches Konsortium und die Firma Boeing als amerikanisches Unternehmen zu nennen sind. Wenige große Firmen, bemühen sich um den Markt der Flugzeuge im Bereich der 100-Sitzer.

In der Ausrüstungs-, Zulieferungs- und Verteidigungsindustrie hat sich die European Aeronautic Defence and Space Company (EADS) gebildet. Die EADS ist Europas größter Luft- und Raumfahrt-, sowie zweitgrößter Rüstungskonzern und nach Boeing auch das zweitgrößte Luft- und Raumfahrtunternehmen der Welt.

Die EADS wurde am 10. Juli 2000 gegründet und entwickelte sich seitdem zum größten europäischen Luft- und Raumfahrtkonzern. Er entstand aus einer Fusion der deutschen DASA, der französischen Aérospatiale-Matra und der spanischen CASA. Der Sitz

der Deutschlandzentrale des Konzerns, der EADS Deutschland GmbH, befindet sich in Ottobrunn bei München.

Die EADS beschäftigt an mehr als 70 Entwicklungs- und Produktionsstandorten in Europa sowie in 35 Außenbüros weltweit ca. 133.000 Mitarbeiter (Stand: 2012) und besteht aus folgenden Organisationseinheiten:

- Airbus AI S.A.S (zivile Verkehrsflugzeuge),
- Airbus Deutschland GmbH (zivile Verkehrsflugzeuge),
- Airbus Military (Militärflugzeuge),
- Cassidian Air Systems (Militärische Luftfahrzeuge), Eurofighter, Panavia Tornado, unbemannte Luftfahrzeuge, Helicopter Laser Radar),
- Cassidian Systems (Verteidigungs- und Kommunikationssysteme),
- Cassidian Electronics (Verteidigungselektronik),
- EADS Astrium (Satellitensysteme, Raumfahrtanwendungen),
- EADS Test & Services,
- Missiles (MBDA) (Lenkflugkörper).

2012 wurde der neue Geschäftsbereich CyberSecurity (Informationstechnische Sicherheit) mit der zugehörigen deutschen Tochtergesellschaft Cassidian CyberSecurity GmbH (Sitz IN Ottobrunn) geschaffen.

Eurocopter, gegründet 1992, ist heute ein deutsch-französisch-spanischer Konzern und ein Geschäftsbereich der EADS.

Der im Jahr 2009 neu gegründete Geschäftsbereich Airbus Military mit Sitz im spanischen Madrid, entstand nach der Vereinigung der Military Transport Aircraft Division (MTAD) und der Airbus Military Sociedad Limitada (AMSL) im Airbuskonzern. Sie ist für den Bau von Militärflugzeugen, wie dem A310 MRTT bzw. A330 MRTT zuständig, die zu Mehrzweck-, Transport- u. Tankflugzeugen umgerüstet werden. Daneben werden auch eine Reihe von spezialisierten Missionsflugzeuge (beispielsweise Seefernaufklärer) gebaut. Dies umfasst die Transportflugzeuge C-212, C-235 und C-295, die polnische „EADS PZL“ und den taktischen Militärtransporter Airbus A400M. Hauptfertigungsort ist San Pablo bei Sevilla, wo auch die Endfertigung der A400M stattfindet.

Das Tochterunternehmen EADS Astrium befasst sich mit Raumfahrtanwendungen. Bis vor kurzem firmierte es unter dem Namen EADS SPACE. Die Organisationseinheit EADS Astrium Satellites, vormals das Unternehmen EADS Astrium, baut Satelliten (zum Beispiel den 2007 gestarteten innovativen Erdbeobachtungssatellit TerraSAR-X, der erstmals in privat-öffentlicher-Partnerschaft gebaut wurde und dessen kommerzielle Rechte exklusiv bei der 100%igen Tochtergesellschaft der Astrium, der Infoterra GmbH liegen).

Die Organisationseinheit EADS Astrium Space Transportation, vormals das Unternehmen EADS SPACE Transportation, ist maßgeblich an der Entwicklung und Bau der Ariane-Rakete, des Raumlabors Columbus und des Automated Transfer Vehicle ATV beteiligt.

Das Tochterunternehmen EADS Astrium Services, vormals EADS SPACE Services, ist ein Satellitenbetreiber.

Außerdem gehören die Produkte Turboprop-Regionalflugzeug der ATR-Familie und die leichten Sport- und Reiseflugzeuge von EADS Socata. Die EADS Sogerma Services, Anbieter von Service- und Wartungsdienstleistungen und die EADS Elbe Flugzeugwerke in Dresden sind auf den Umbau von Passagierflugzeugen zu Frachtflugzeugen spezialisiert und führen auch den Strukturtest des A380-800 durch.

Teil V

Technische Hilfsmittel zur Lenkung, Leitung und Überwachung des Luftverkehrs

Einführung in die Lenkung, Leitung und Überwachung des Luftverkehrs

23

Für die wesentlichen technischen Hilfsmittel zur Lenkung, Leitung und Überwachung des Luftverkehrs hat die ICAO den Begriff **CNS/ATM** eingeführt (C = Communication (Kommunikation); N = Navigation (Navigation); S = Surveillance (Überwachung); ATM = Air Traffic Management).

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_23,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Kommunikations- und Informationssysteme

24

Die Kommunikation der und Informationsaustausch zwischen den Prozessbeteiligten ist in der Luftfahrt von essenzieller Bedeutung. Die Kommunikationssysteme eines Flugzeuges umfassen generell das Funksprechen und den Datenfunk. Die Sende- und Empfangsanlagen zum Funksprechen dienen dem Funkkontakt mit Bodenstationen (Bord-Boden) oder anderen Flugzeugen (Bord-Bord) sowie der flugzeuginternen Kommunikation zur Verständigung im Cockpit und zwischen Cockpit und Kabine. Am Boden dienen die Systeme der Verständigung mit dem Bodenpersonal bei der Abfertigung des Flugzeuges oder dem Wartungspersonal bei Wartungsarbeiten. Generell findet Kommunikation statt zwischen:

- Luftfahrzeugführern an Bord von Luftfahrzeugen und dem Personal des Flugverkehrskontrolldienstes der Kontrollstellen der Flugsicherung (Organisationseinheiten Approach, Tower, Ground);
- Luftfahrzeugführern an Bord von Luftfahrzeugen mit der Vorfeldkontrolle (Apron/, Ramp-Control);
- Luftfahrzeugführern an Bord von Luftfahrzeugen und den Verkehrsleitzentralen (meist an Flugplätzen) der Luftverkehrsgesellschaften;
- Luftfahrzeuge untereinander (Datenkommunikation) Verkehrs- und Kollisionswarnungen (TCAS);
- Bodenverkehrsdienste untereinander und mit den jeweiligen Leitzentralen auf Flugplätzen;
- Bodenabfertigungsdienste auf Flugplätzen untereinander und mit den Prozessbeteiligten;
- Verkehrsinformationen über ATIS (automatische Ansagen) für Flugzeugführer;
- Administrative flugplatzinterne Kommunikation zwischen Prozessbeteiligten.

Die erstgenannten Arten der Kommunikation (Bord-Boden-Kommunikation) werden zwischen Bord- und Bodenfunkstellen auf unterschiedlichen, aber festgelegten Frequenzen geführt, und dienen im wesentlichen dem Austausch von Informationen (Anweisungen), die den Flugverlauf (Start-/Landephase) und die Abfertigung betreffen. Um diese Bereiche

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_24,

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

der Kommunikation zu entlasten, wird der heutige nicht sicherheitsrelevante Sprechfunk vermehrt durch Datenfunk ersetzt.

24.1 Internationale und nationale Vorschriften

Um schädliche Störungen der Funkstellen untereinander zu vermeiden, ist der Betrieb von Flugfunkanlagen durch internationale und nationale Vorschriften festgelegt. Auf internationaler Ebene haben zwei Organisationen die Regelung des Flugfunkdienstes übernommen. Als erster Regulator ist die ICAO zu sehen, die im Annex 10 [144], Aeronautical Telecommunications (Flugfernmeldeverkehr), sowie ergänzenden Richtlinien und Empfehlungen zum Flugfunk Stellung bezieht. Der zweite Regulator ist in der International Telecommunication Union, ITU oder auch L'Union Internationale des Telecommunications, UIT (Internationale Fernmeldeunion) zu sehen, die 1948 durch den Internationalen Fernmeldevertrag (IFV) ins Leben gerufen wurde. Die ITU ist eine Unterorganisation der Vereinten Nationen (UN) und hat ihren Sitz in Genf. Ihr Ziel ist es, die internationale Zusammenarbeit zur Verbesserung und zweckmäßigen Verwendung der Fernmeldeeinrichtungen zu erhalten und auszubauen, sowie technische Mittel zur Leistungssteigerung der Fernmeldedienste zu entwickeln. Die ITU übernimmt die Zuweisung der Frequenzbereiche und die Registrierung der Frequenzen. Sie befasst sich außerdem zum Nutzen aller Mitglieder mit Studien, arbeitet Empfehlungen aus, sammelt und veröffentlicht Berichte über das Fernmeldewesen. Der Aufbau der ITU lässt sich in etwa mit dem der ICAO vergleichen. Die derzeit 120 Mitgliedsstaaten haben den internationalen Fernmeldevertrag anerkannt, der zusammen mit den Vollzugsordnungen die vertragliche Grundlage für den internationalen Fernmeldeverkehr darstellt.

Die nationalen Vorschriften, die auf den international anerkannten Rechtsgrundlagen beruhen, waren in der Bundesrepublik Deutschland im Gesetz über Fernmeldeanlagen (FAG) festgelegt. Das Gesetz über Fernmeldeanlagen galt in Deutschland ab dem 14. Januar 1928. Am 17. März 1977 wurde es geändert und am 27. Juni 1986 durch das Gesetz zur Verhinderung des Missbrauchs von Sendeanlagen ergänzt. Das FAG regelte das Recht, Fernmeldeanlagen zu betreiben. Dieses Recht stand ausschließlich dem Deutschen Reich, dann der Bundesrepublik Deutschland zu. Zum 31. Dezember 1997 trat das Gesetz außer Kraft. Nachfolgeregelungen sind unter anderem im Telekommunikationsgesetz und im Begleitgesetz zum Telekommunikationsgesetz enthalten.

Die luftverkehrlichen Rechtsgrundlagen sind in folgenden Gesetzen/Verordnungen festgelegt:

- Im Luftverkehrsgesetz (LuftVG [67]) als Rechtsgrundlage für den Erlass der nachstehend aufgeführten Rechtsverordnungen;
- In der Verordnung über Flugfunkzeugnisse, die die Bedingungen zum Erwerb eines Flugfunkzeugnisses regelt.

- In der Luftverkehrs-Ordnung (LuftVO [70]), die die Verfahren beim Sprechfunkverkehr im Flugfunkdienst festlegt;
- In der Luftverkehrs-Zulassungs-Ordnung (LuftVZO [71]), die das Mitführen von Funkgeräten und die Einrichtung von Bodenfunkstellen regelt;

24.2 Kommunikationssysteme auf Flugplätzen

Auf einem Flugplatz ist die Kommunikation zwischen allen Prozessbeteiligten sowie der Informations- und Datenaustausch betreffend die Verkehrsprozesse zum Zwecke der Planung, Koordination, Steuerung und Überwachung von essentieller Bedeutung. Kommunikations- und Informationssysteme haben einen bestimmenden Einfluss auf die sensiblen kapazitiv relevanten Bereiche eines Flugplatzes sowie auf die Qualität und Effizienz der Aufgabenerfüllungsprozesse. Dies gilt sowohl für die Prozessbeteiligten selbst, als auch für die Flugplatznutzer, die im wesentlichen durch die Passagiere repräsentiert werden.

Die Kommunikationssysteme sind ausgelegt zur Übertragung operationeller Sprache, operationeller Daten, administrativer Sprache und administrativen Daten. Für die operationellen und administrativen Daten werden gemeinsame Übertragungsmedien genutzt. Bei der operationellen Sprachkommunikation wird zwischen Fernsprechen und Funksprechen unterschieden. Gegensprechanlagen und Sprachvermittlungssysteme dienen der Kommunikation bei dauerhaft tätigen operationellen Einrichtungen.

Bodengebunden existieren Netzwerke lokaler und regionaler Art, die aber zwecks internationalen Austauschs luftverkehrsrelevanter Daten, Informationen und Nachrichten mit überregionalen und internationalen Netzwerken verknüpft sein können.

24.3 Grundprinzipien für den Netzaufbau von digitalem Mobilfunk

Die Kommunikationssysteme für Sprach- und Datenkommunikation sind vielfältig und unterscheiden sich in ihrem Ausprägungen erheblich (Frequenzen, Übertragungsprotokolle, Leitungskapazitäten, Zugriffsberechtigungen etc.). Funksprechkommunikationssysteme wie digitaler Mobilfunk [104] (auf Flugplätzen unverzichtbar, und deshalb repräsentativ) sind beispielhaft. Die Anforderungen an solche Systeme lassen sich wie folgt beschreiben:

- Die Systeme müssen den speziellen Kommunikationsanforderungen der Anwender entsprechen;
- Sie müssen die verfügbare Bandbreite optimal ausnutzen;
- Sie müssen über integrierte Sicherheitsfunktionen verfügen, die einen umfassenden Schutz und die Vertraulichkeit der übertragenen Informationen gewährleisten;
- Sie müssen äußerst zuverlässig arbeiten und neu konfigurierbar sein.

Die Grundprinzipien für den Aufbau solcher Funknetze umfassen:

- Umfassende Architektur, d. h. Funktechnik, Architekturprinzipien, externe Gateways;
- Endgeräte- und Gruppenverwaltung;
- Sprach- und Datendienste;
- Prinzipien der Netzverwaltung und Werkzeuge;
- Sicherheitsfunktionen.

Die Netzstruktur lässt sich durch mehrere miteinander verbundene Schichten beschreiben (Beispiel wie Abb. 24.1):

1. Die Funkschicht, entweder Zellen- oder Gleichwellenstruktur, wird gemäß den voraussichtlichen Verkehrsanforderungen und verfügbaren Frequenzen festgelegt;
2. Die Vermittlungsschicht stellt die Verbindung zwischen den einzelnen Funkzellen des Netzes her. Sie wird für die Verkehrslenkung und das Mobilitätsmanagement benutzt;
3. Die Netzverwaltungsschicht. Mit Werkzeugen für die Netzverwaltung können die technischen Einrichtungen konfiguriert und der Netzbetrieb überwacht werden.

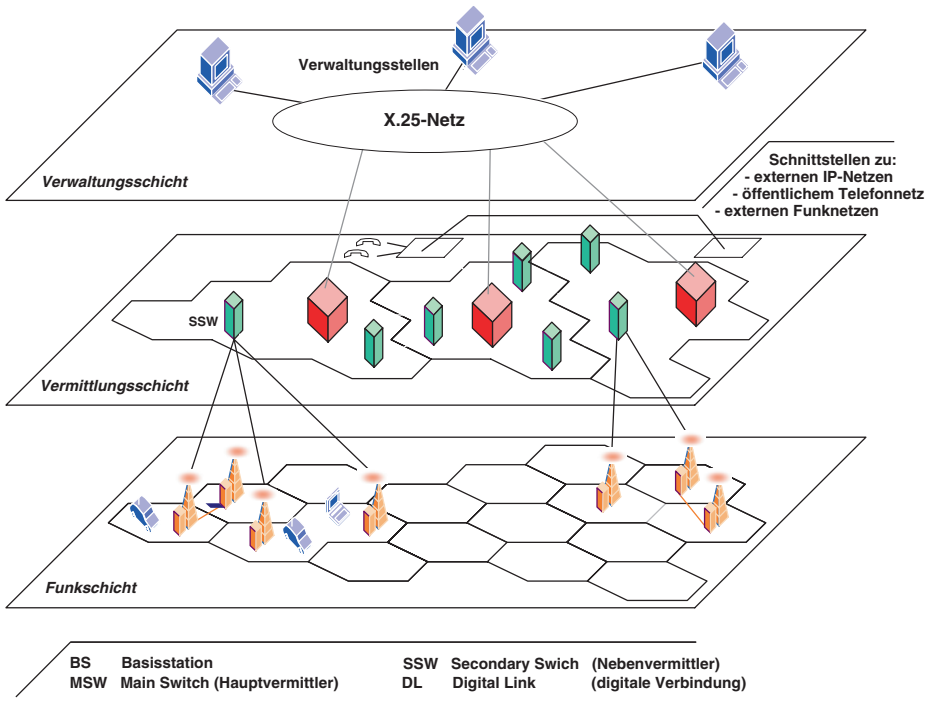


Abb. 24.1 Gesamtstruktur eines Netzes (verbundene Schichten) [104]

Die Vorteile des digitalen Mobilfunks liegen in der hohen Sprachqualität und einer hohen Funkreichweite bei gleichbleibender Übertragungsqualität.

Die übertragenen Informationen (Sprache, Daten, Signalisierung) sind auf dem gesamten Übertragungsweg vom sendenden bis zum empfangenden Endgerät digital codiert. Sie werden über sämtliche Leitungen in Form von Datenpaketen übertragen und durchlaufen digitale Einrichtungen (Endgeräte, Basisstationen, Vermittlungen), die in der Lage sind, diese Datenpakete zu verarbeiten.

24.4 Konzeptionen und Funktionen von Funknetzen

• ***Versorgungsbereich und Frequenzoptimierung***

Bei der Konzeption von Funknetzen ist zu achten auf:

- Bestmögliche Funkversorgung innerhalb des Betriebsbereichs. Netzplaner versuchen deshalb, die Reichweite eines jeden Standortes zu optimieren und die Gesamtzahl der Standorte möglichst gering zu halten;
- Funkressourcen sind limitiert. Die Frequenzökonomie spielt deshalb ebenfalls eine wichtige Rolle;
- die Aufteilung des geographischen Gebietes in Funkzellen, Festlegung der Standorte, Definition der Funkparameter (Antennentyp, Nennleistung der Sender/Empfänger etc.);
- die Prüfung, ob durch die Einrichtung größerer Zellen bei gegebener Reichweite die Anzahl der Funkstandorte verringert werden kann.

• ***Übertragungsmodi***

Im Bereich der Übertragungsmodi kann jedes Endgerät beispielsweise auf drei Betriebsmodi zugreifen:

Im Netzmodus werden die Informationen durch Infrastrukturelemente übertragen. Dieser Modus ermöglicht einen Zugriff auf sämtliche Netzdienste und ist der standardmäßige Betriebsmodus. Im Direktmodus werden die Endgeräte wie herkömmliche Funksprechgeräte benutzt. Die Übertragung zwischen den mobilen Endgeräten wird im Relaismodus durch ein tragbares Relais unterstützt, das die Reichweite bei lokalen Einsätzen deutlich erhöht.

• ***Modulare Netzarchitekturen***

Die modulare Architektur ermöglicht den Aufbau lokaler, regionaler und landesweiter Netze. Besondere Bedeutung kommt beim Aufbau der Netze den Zellularen- und Gleichwellen-Strukturen zu. Beide Architekturen können in einem einzigen Netz kombiniert werden.

Bei der Zellulararchitektur wird eine Funkzelle als zusammenhängender geographischer Bereich definiert, innerhalb dessen sich jedes Endgerät frei bewegen kann, ohne den Funkkontakt zu einer fest installierten Basisstation zu verlieren. Jede Basisstation steuert eine Anzahl von Kanälen. Ein Kanal, der Steuer- oder Organisationskanal, wird für die Signalisierung benötigt. Andere Kanäle, die Verkehrskanäle, übertragen den von den Teilnehmern erzeugten Kommunikationsverkehr.

Bei der zellularen Architektur werden in jeder Zelle eine Anzahl von Duplex-Frequenzen verwendet. In den angrenzenden Zellen wird auf andere Frequenzpaare zurückgegriffen, um die Zellen zu entkoppeln. Die Frequenzen werden gemäß dem Frequenzwiederholraster wieder verwendet.

Die zellulare Architektur eignet sich für Netze mit hohen Verkehrsaufkommen, in denen der größte Teil der Verkehre lokaler Natur ist. Auf diese Weise kann die Verwendung unterschiedlicher Frequenzen im Netz optimiert werden. Jede Basisstation verwendet einen unterschiedlichen Satz von Frequenzen.

Bei der Gleichwellen-Architektur senden mehrere Basisstationen synchron dasselbe Signal auf denselben Frequenzen, um so eine einzige Zelle mit einer großflächigen Funkversorgung aufzubauen.

Die Gleichwellen-Architektur ist insbesondere bei einer Gruppenkommunikation, die sich innerhalb der Gesamtzelle abspielt, sehr ökonomisch. Eine derartige Architektur ist zum Beispiel in städtischen Bereichen mit hoher Verkehrsdichte, in denen sich die Endgeräte von einem Stadtteil in den anderen bewegen müssen, ohne den Kontakt zu ihrer Kommunikationsaufgabe zu verlieren, optimal. Sie verringert auch Abschattungsprobleme, die im städtischen Raum oder auf Verkehrsflughäfen mit „Höfen“, wie dem Frankfurter Verkehrsflughafen, häufig auftreten. Die Basisstationen, aus denen sich die Gleichwellenzelle oder auch Makrozelle, aufbaut, nennt man Nebenstationen. Sie werden über zweckgebundene Verbindungen von der Gleichwellen-Hauptstation verwaltet. Die Synchronisierung der einzelnen Basisstationen erfolgt mittels GPS.

Das System betrachtet eine Makrozelle als eine einzige Zelle. Für Endgeräte ist das Roaming zwischen den Basisstationen einer Makrozelle völlig transparent. Sie müssen nicht an jeder Zellgrenze neu registriert werden. Die Funkverbindung bleibt ununterbrochen bestehen. Alle Basisstationen verwenden den selben Frequenzsatz.

Die Basisstationen, die für die Funkversorgung sorgen, werden von Funkvermittlungseinrichtungen gesteuert. All diese Infrastrukturelemente sind über PCM-Leitungen miteinander verbunden, die entweder vermascht oder sternförmig strukturiert sind. Diese Einrichtungen bilden das Kernnetz für die Verkehrslenkung und die Vermittlung. Darüber hinaus sorgen Gateways für die Weiterleitung der Sprach- und Datenkommunikation an Kommunikationssysteme, die sich außerhalb des Systems befinden.

Jede Funkvermittlung steuert eine Gruppe von Basisstationen, die durch 2-MBit-PCM-Leitungen miteinander verbunden sind. Die Anzahl der direkt von einer Vermittlung verwalteten Basisstationen hängt vom Standort der Basisstationen, der

Verfügbarkeit von PCM-Verbindungen, dem zu verarbeitenden Verkehr und der eigenen Vermittlungskapazität ab.

Eine Funkvermittlung (Radio Switch, RSW) ist für die Verbindungssteuerung, das Mobilitätsmanagement, die Verkehrslenkung und die Leitungs- und Paketvermittlung der Sprach- und Datenübertragung zuständig. Ferner überwacht sie ihre internen Baugruppen und verwaltet die angeschlossenen Basisstationen.

Je nach den Verbindungs- und Verkehrsanforderungen stehen Vermittlungseinrichtungen mit unterschiedlicher Leistungsfähigkeit zur Verfügung. Diese sind modular aufgebaut und können im Bedarfsfall auch erweitert werden.

In den meisten Fällen wird ein lokales Netz von einer einzigen Funkvermittlung gesteuert. Diese wird als Hauptvermittlung (Main Switch, MSW) bezeichnet. Über die beschriebenen Funktionen hinaus ist diese auch für die Verwaltung der Netz- und Teilnehmerdatenbanken zuständig. Abbildung 24.2 zeigt ein prinzipielles Beispiel für ein lokales Netz.

Bei höherem Verkehr bzw. einer größeren Anzahl von Basisstationen (BS) müssen mehrere Funkvermittler eingesetzt werden. Wie bei lokalen Netzen ist aber auch dann nur eine Vermittlung für die Netzverwaltung zuständig, nämlich der Hauptvermittlung. Die anderen Vermittlungen heißen Sekundärvermittlungen (Secondary Switches, SSW). Abbildung 24.3 zeigt ein prinzipielles Beispiel für ein regionales Netz.

Durch das Verbinden mehrerer regionaler Netze können größere Netze aufgebaut werden, etwa überregionale oder landesweite Netze. Die verteilte Systemarchitektur

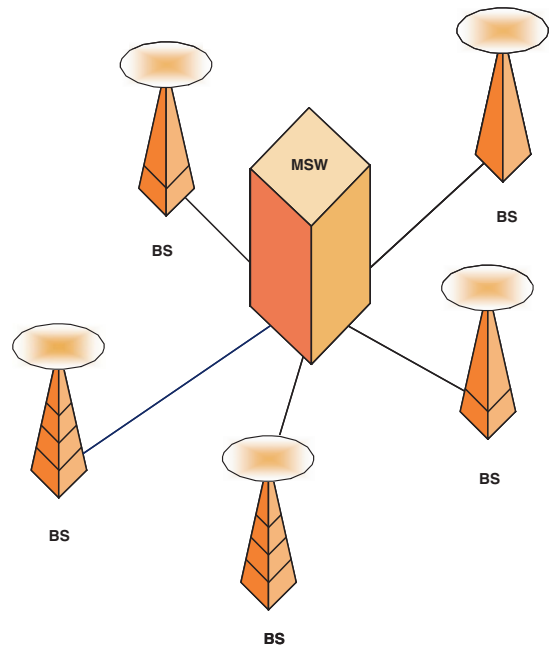


Abb. 24.2 Beispiel für ein lokales Netz [104]

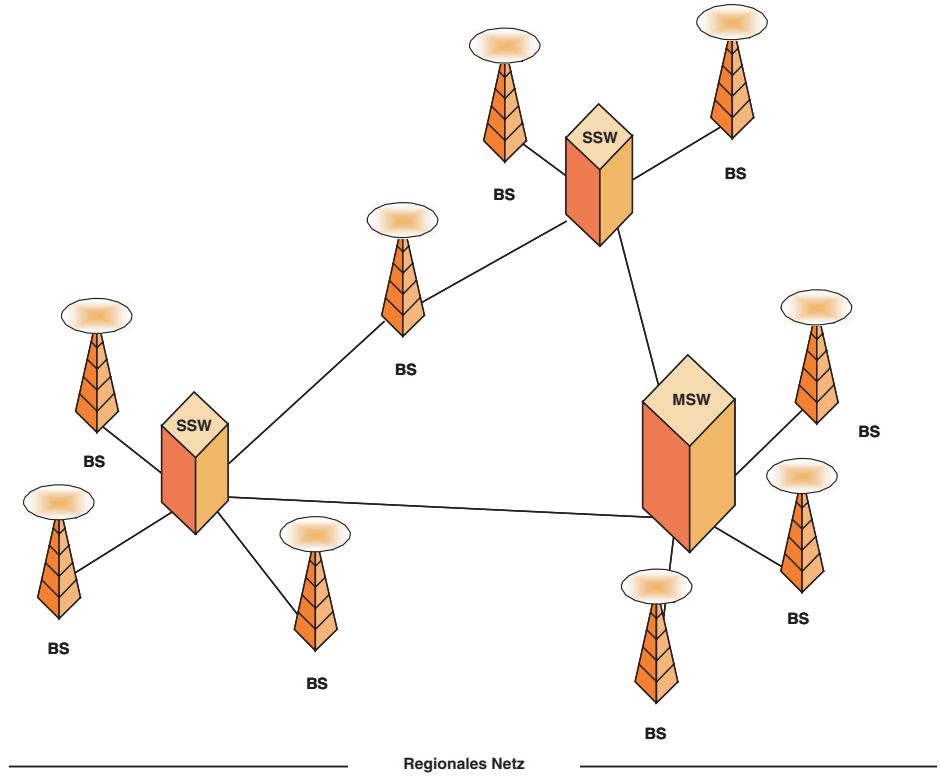


Abb. 24.3 Beispiel für ein regionales Netz [104]

ermöglicht eine leichte Anpassung an beliebige geographische und organisatorische Gegebenheiten. Abbildung 24.4 zeigt ein prinzipielles Beispiel für eine Kombination regionaler Netze.

Die Leitungen zwischen den Vermittlungseinrichtungen sowie zwischen Vermittlung und Basisstation sind digitale 2-MBit-PCM-Leitungen. Über sie werden Sprache, Daten und der Signalisierungsinformationen übertragen. Die Hauptvermittlungen mehrere regionaler Netze werden zusätzlich untereinander mit X.25-Leitungen verbunden, über die die Signalisierungsinformationen übertragen werden (Abb. 24.5).

• ***Netztopologien***

Vermittlungen und Basisstationen sind so flexibel, dass man mit ihnen Netze in Stern-, Ketten- und Maschentopologie aufbauen kann. Sternnetze besitzen vermittlungstechnisch klar voneinander unterscheidbare Ebenen.

Vermaschte Netze nutzen die Verkehrslenkungsmöglichkeiten. Die Architektur kann so verändert werden, dass redundante Elemente hinzukommen. Vermittlungen müssen nicht notwendigerweise zentral verbunden werden. Die Leitung kann auch über

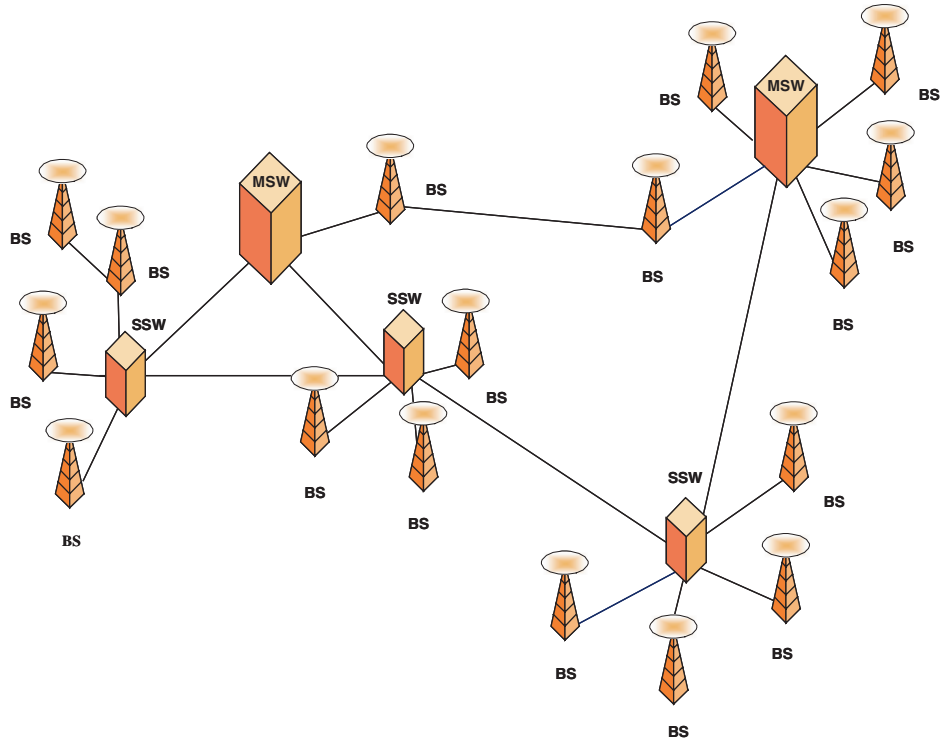


Abb. 24.4 Beispiel für ein landesweites Netz, das aus zwei regionalen Netzen besteht [104]

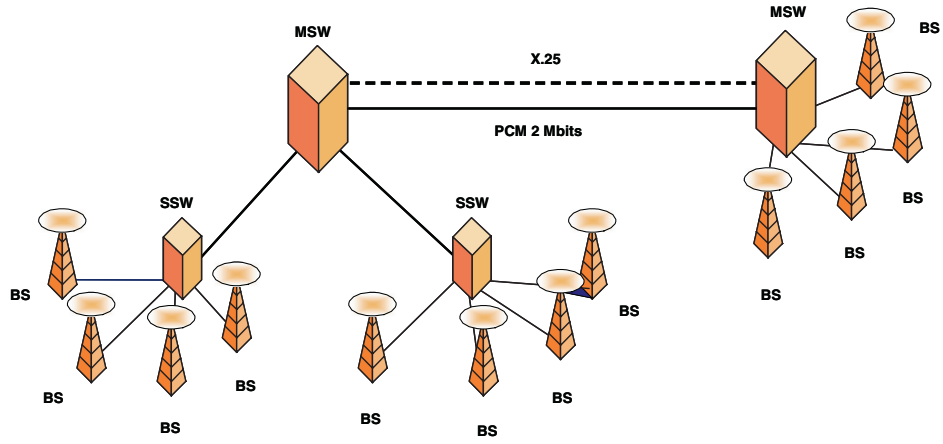


Abb. 24.5 Verbindungsleitungen innerhalb eines Netzes [104]

eine Basisstation geführt werden. Innerhalb des Systems wird die Kommunikation von der nächstgelegenen Vermittlung abgewickelt. Dadurch wird eine Überlastung der Vermittlungseinrichtungen und der Vernetzungsleitungen verhindert. Anrufe brauchen auch nicht von einer zentralen Vermittlungseinrichtung verarbeitet zu werden, die es erforderlich machen würde, viele Verbindungen zwischen entfernten Standorten und diesem zentralen Punkt einzurichten. Im Lebenszyklus des Netzes können Erweiterungen durchgeführt werden, ohne dass die ursprüngliche Architektur verändert werden muss. So kann das Netz zum Beispiel um folgende Punkte erweitert werden:

- Einbau zusätzlicher Sender/Empfänger in eine bestehende Basisstation;
- Anbindung weiterer Basisstationen an die bestehenden Vermittlungseinrichtungen;
- Zusätzliche Sekundärvermittlungen, um die Kapazität eines regionalen Netzes zu erhöhen oder zusätzliche Gateways zu andern Kommunikationseinrichtungen zu schaffen.

• ***Registrierung und Zellenroaming***

Im Netz selbst finden ständig Registrierungsvorgänge statt. Ein Endgerät bucht sich bei Eintritt in eine Zelle oder nach längerer Inaktivität ein. Durch diese Registrierung werden die Datenbanken, in denen der Standort des Endgerätes gespeichert wird, entsprechend aktualisiert.

Beim Roaming innerhalb des versorgten Gebietes kann sich das Endgerät dafür entscheiden, eine andere Zelle auszuwählen. Dies kann von der Stärke des Funksignals (die Feldstärke reicht für einen guten Empfang nicht aus) oder von anderen Kriterien abhängen (um beim Fortbewegen die laufende Verbindung möglichst lange zu halten). Mit diesen Vorgängen wird folgendes bezweckt:

- Es wird ein guter Empfangspegel gewährleistet;
- Die Entscheidung zum Übertritt in eine andere Zelle wird optimiert, damit das Endgerät die laufende Verbindung nicht abbricht;
- Ein Roaming innerhalb von Zellen, die in einem Fallback-Modus arbeiten, wird vermieden.

Diese Vorgänge laufen selbsttätig ab und sind für den Teilnehmer transparent. Ein Endgerät kann sich im gesamten Netz bewegen, ohne dass dabei manuelle Auswahlentscheidungen getroffen werden müssen.

Entsprechende Mobilitätsdatenbanken verwalten Standortregister und Teilnehmerinformationen, die sich auf die Endgeräte beziehen. Mit diesen Daten kann ein Endgerät verfolgt werden, das sich innerhalb des Netzes bewegt. Die Daten werden in drei Hauptregistern gespeichert:

1. Der Inhalt des Home Location Registers (Heimat-Standortregister, HLR) ist über alle regionalen Netze verteilt. (Jedes Endgerät wird zunächst einem bestimmten Heimat-Elementarnetz zugeordnet.);

2. Das Visitor Location Register (Besucher-Standortregister, VLR) gibt es für jedes einzelne regionale Netz. Es enthält Daten über die Endgeräte, die in dem betreffenden regionalen Netz registriert werden;
3. Das Local Location Register (Lokales-Standortregister, LLR) existiert in jeder Funkvermittlung und enthält Daten zu den Endgeräten, die sich in Reichweite der lokalen Basisstationen befinden.

Da das Netz den Standort eines jeden Endgerätes verfolgt, ist dieses überall im Versorgungsgebiet erreichbar.

• ***Identifizierung und Konfigurierung der Endgeräte***

Die Endgeräte können so konfiguriert werden, dass sie nur über bestimmte Zugriffsrechte verfügen. Durch die vielfältigen Adressierungsmöglichkeiten, die das Spektrum von der Einzeladressierung bis zur Gruppenadressierung umfasst, ist der Betreiber in der Lage, den Telekommunikationsverkehr an die gegebenen Aufgaben anzupassen. Jedes Endgerät besitzt eine feste Seriennummer, die vom Hersteller vergeben wird. Diese Seriennummer wird für Sicherheits- und Wartungszwecke benutzt. Darüber hinaus erhält jedes Endgerät eine individuelle Adresse, die im Rahmen eines umfassenden Nummerierungsplans festgelegt wird. Jede Einzeladresse setzt sich aus vier Zeichenblöcken zusammen und wird als RFSI-Adresse bezeichnet (vgl. Abb. 24.6). Diese ist wie folgt strukturiert:

- **R** steht für Regionalnetz (das Heimatnetz des Endgeräts);
- **F** steht für Flotte (Fleet, Endgerätegruppe);
- **S** steht für Sub-Fleet (Untereinheit einer Endgerätegruppe);
- **I** steht für die individuelle Kennung (Individual Identifier).

Dieser Nummerierungsplan ist flexibel genug, um einer Vielzahl verschiedener Organisationsstrukturen gerecht zu werden. Die individuelle Kennung wird zur Adressierung des Endgerätes benutzt (z. B. für einen Einzelruf) und ist an die Seriennummer des Gerätes gebunden. Beim Roaming innerhalb des Netzes wird ein Endgerät stets durch diese Nummer identifiziert. Die Nummer wird bei der Konfigurierung des Endgerätes eingegeben (d. h. bei der Festlegung des Teilnehmerprofils des Endgerätes). Diese wird an der TPS (Terminal Programming Station) durchgeführt.

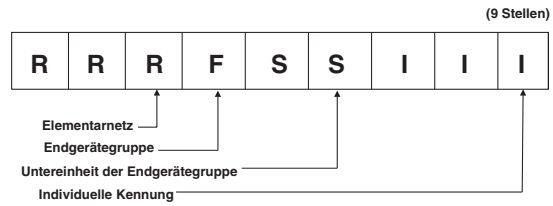


Abb. 24.6 Struktur des Nummerierungsplanes [104]

Jedes konfigurierte Endgerät kann auch personalisiert werden. Dadurch werden ihm die Rechte des jeweiligen Teilnehmers zugewiesen, die unter anderem aus folgenden Punkten bestehen:

- Dem Benutzerprofil einschließlich der Zugangsberechtigung, der Teilnehmer-priorität und der Werte für die Sendezeitbegrenzung (Anti-Talkaktive Timer);
- Adressen für das integrierte Telefonbuch und programmierbare Statusmeldungen;
- Spezifizierung der Direktmodus- und Relaismoduskanäle.

• ***Systemfunktionen und Betriebsarten***

Die Sprachkommunikation mit digitalem Bündelfunk deckt eine breite Palette betrieblicher Anforderungen ab. Diese reichen von der Gruppenkommunikation bis zu Gesprächen zwischen Einzelteilnehmern. Die Übertragung erfolgt dabei entweder im Netz-, Relais- oder Direktmodus. Auf diese Dienste kann von jedem Endgerät aus zugegriffen werden, vorausgesetzt, es verfügt über das hierzu erforderliche Teilnehmerprofil mit den entsprechenden Berechtigungen.

Die Netzressourcen des Bündelfunksystems stehen allen Teilnehmern gleichermaßen zur Verfügung und werden auf Anforderung dynamisch zugewiesen, ohne dass ein Operator eingreifen muss. Das System legt Verbindungswege fest und weist die Funkkanäle je nach Verfügbarkeit der Ressourcen, der Kommunikationsart, den Prioritäten etc. zu.

In einem konventionellen System ist jeder Kanal einer bestimmten Benutzergruppe zugewiesen. In diesem Fall kann es vorkommen, dass Teilnehmer warten müssen, bevor sie kommunizieren können, obwohl mehrere andere Kanäle frei sind (Abb. 24.7).

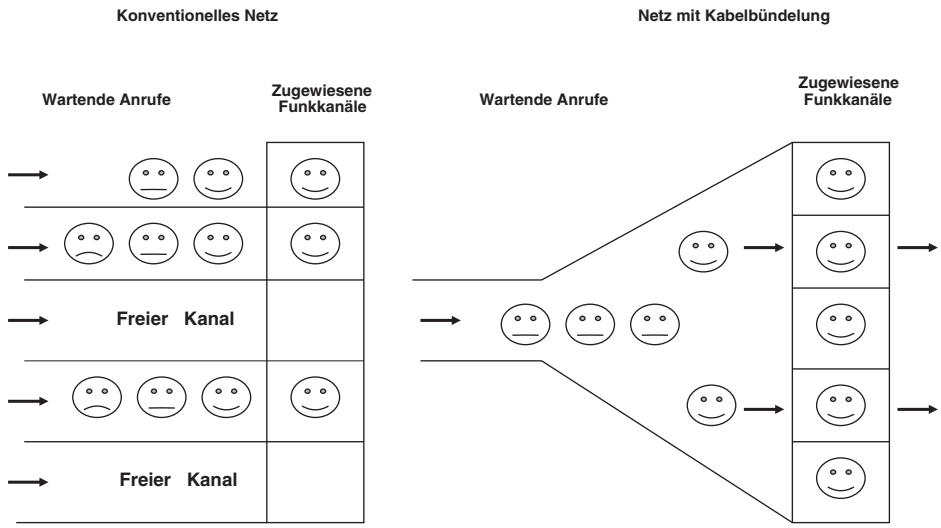


Abb. 24.7 Konventionelle Systeme im Vergleich zu solchen mit Kanalbündelung [104]

Mit der Kanalbündelung wird der Kommunikationsbedarf durch eine dynamische Kanalzuweisung effizient gesteuert. Solange ein Kanal frei ist, braucht kein Teilnehmer mehr zu warten.

- ***Talkgroup-Abwicklung***

1. Die Talkgroup ist für Teilnehmer gedacht, die vorwiegend innerhalb einer bestimmten Gruppe kommunizieren;
2. Der Talkgroup-Betrieb eignet sich insbesondere für Organisationen, in denen viele Gruppen oft, aber eher kurz, und unabhängig voneinander sprechen müssen (Bodenabfertigung von Luftfahrzeugen);
3. Den Multisite Open Channel (MOCH, offener Kanal über mehrere Standorte) teilen sich mehrere Gruppen. Der MOCH-Betrieb eignet sich insbesondere für Teilnehmer, die einen unmittelbaren Zugriff auf die Funkressourcen benötigen oder bei denen die Gruppenkommunikation aus langen Gesprächen besteht.

Darüber hinaus bietet das System auch noch folgende Möglichkeiten an:

Die Gruppenkommunikation ist eine grundlegende Betriebsart für professionelle Mobilfunksysteme. Das System bietet zwei Grundkategorien der Gruppenkommunikation an, um optimale Lösungen für nachfolgende Situationen anbieten zu können. Die beiden Grundkategorien der Gruppenkommunikation sind:

1) Den Rundspruch (Broadcast Call). Ein Leistungsmerkmal, das unentbehrlich ist, wenn eine wichtige Mitteilung an alle Endgeräte übermittelt werden soll;
2) Notruf, er besitzt im System die höchste Priorität.

In der Tab. 24.1 werden die grundlegenden Betriebsprinzipien jeder Kommunikationsart einschließlich der damit zusammenhängenden Dienste aufgeführt.

Abbildung 24.8 zeigt ein Talk-Group Beispiel.

Abbildung 24.9 zeigt den Versorgungsbereich einer Talkgroup mit „channel saving“ und einem Nachzügler.

Die Kommunikation in Talkgroups ist äußerst flexibel. Sie eignet sich insbesondere für Anwendungen, bei denen viele Gruppen oft miteinander kommunizieren, aber jeweils nur kurze Gespräche führen.

Der Dispatcher kann zwei oder mehrere Talkgroups zu einer einzigen Gruppenkommunikation zusammen schalten (Talkgroup Merging). Er kann so auf Krisensituationen reagieren und verschiedene Einheiten, die an einem bestimmten Ort zusammenarbeiten müssen, neu gruppieren. Der Versorgungsbereich der zusammen geschalteten Gruppen kann neu festgelegt werden, falls er sich von der Summe der Versorgungsbereiche der zusammen geschalteten Gesprächsgruppen unterscheiden soll. Ziel dieser Maßnahmen ist, die Gruppengrenzen ohne großen Aufwand zu überwinden. Nach Auflösung des Talkgroup Merging kehren die Endgeräte automatisch wieder in ihre früheren Gruppen zurück.

Tab. 24.1 Grundlegende Betriebsprinzipien [104]

Systemfunktion	Beschreibung
Talkgroup	Punkt-zu-Mehrpunkt-Kommunikation innerhalb einer Teilnehmergruppe;
	Eine Talkgroup wird für ein bestimmtes Gebiet eingerichtet und mit einer Gruppennummer versehen;
	Talkgroups werden von dem taktischen Operator eingerichtet (d. h. Festlegung der Gruppennummer und des Versorgungsbereichs).
Teilnehmer	Jedes Endgerät oder jeder Dispatcher, die der entsprechenden Gruppe zugewiesen wurde;
	Nach ihrer Einrichtung bleibt eine Talkgroup ständig verfügbar (bis zu ihrer Löschung). Sie wird aktiviert, sobald ein Teilnehmer eine Funkübertragung einleitet;
	Am Endgerät braucht lediglich die gewünschte Gruppennummer ausgewählt zu werden, damit an der Kommunikation dieser Gesprächsgruppe teilgenommen werden kann.
Zusatzdienst: Scanning	Diese Funktion durchsucht eine Liste von Gesprächsgruppen und beteiligt sich an denen, die aktiviert wurden.
Nutzung der Netzressourcen	Die Netzressourcen werden nach der ersten PTT-Anforderung zugewiesen und nach der letzten PTT-Freigabe (zuzüglich einer bestimmten Nachlaufzeit) wieder freigegeben;
	Bei Kanalbündelung werden die Netzressourcen gemeinsam genutzt. Anforderungen werden in eine Warteschlange geleitet und nach Prioritätsregeln sortiert.
Zusatzdienst: Kanaleinsparung (Channel saving)	Mit dieser Funktion wird erreicht, dass nur in denjenigen Zellen Kanäle zugewiesen werden, in denen sich auch Gruppenmitglieder befinden.
	Der tatsächliche Versorgungsbereich wird dynamisch angepasst, wodurch Funkressourcen eingespart werden.
	Darüber hinaus sorgt das Merkmal “late entry” dafür, das Endgeräte, die später in eine Zelle kommen, in eine bestehende Talkgroup aufgenommen werden. In diesem Fall werden die Ressourcen automatisch zugewiesen und das Endgerät schaltet sich in die laufende Gruppenkommunikation ein.

Der Gruppenruf ist eine Alternative zur standardmäßigen Talkgroup. Der Gruppenruf wird zwischen dem rufenden Endgerät und der gerufenen Gesprächsgruppe aufgebaut. Der Unterschied zwischen einem Gruppenruf und einer standardmäßigen Talkgroup liegt darin, dass das rufende Endgerät ein spezielle autorisiertes Endgerät ist, das nicht notwendigerweise Mitglied der Gruppe sein muss. Die Verarbeitung des Anrufs und die Zuweisung der Ressourcen erfolgen ansonsten ähnlich wie bei einer Talkgroup.

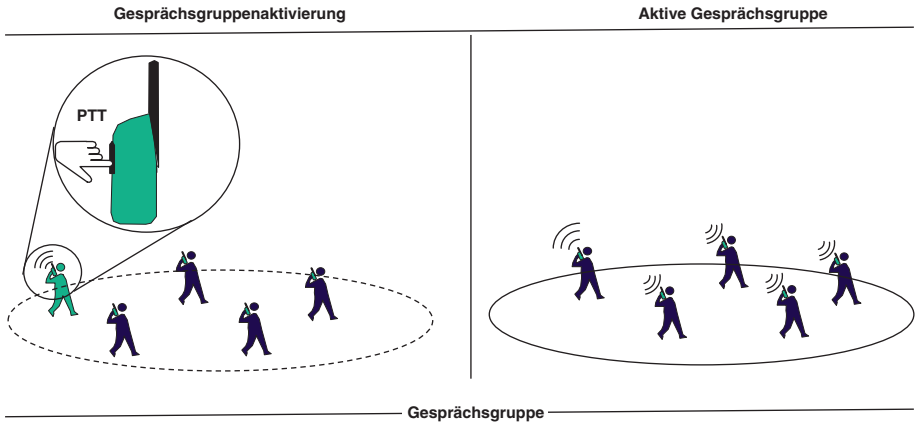


Abb. 24.8 Beispiel einer Talk-Group [104]

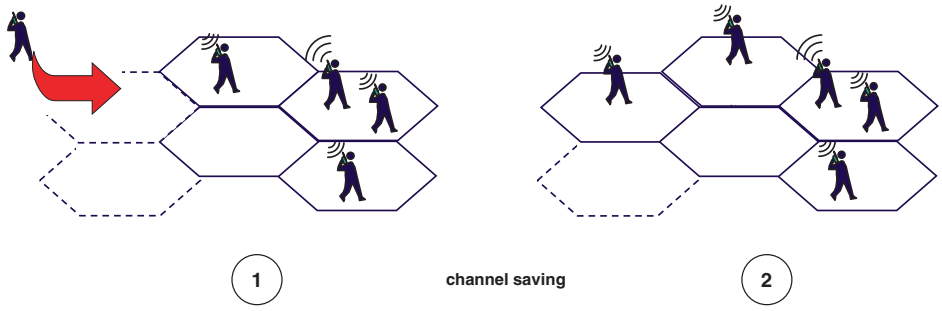


Abb. 24.9 Versorgungsbereich einer Talkgroup mit „channel saving“ und einem Nachzügler [104]

In beiden Fällen erfolgt die Kanalzuteilung im „Trunked Mode“ für der Dauer der Gruppenkommunikation. Abbildung 24.10 zeigt das Prinzip eines Gruppenrufes.

Mit der Gruppenruffunktion kann man auf besondere Kommunikationsanforderungen reagieren und bestimmten Teilnehmern Zusatzrechte verleihen.

• ***Multisite Open Channel***

Das Multisite Open Channel (MOCH) Konzept verfügt über die in Tab. 24.2 genannten Systemfunktionen.

Der MOCH ist für Gruppen gedacht, die in erster Linie mit einer vorbestimmten Palette an Kommunikationsdiensten arbeiten. Die Ressourcen werden für diese Zwecke dann freigehalten. Ein Endgerät wird entweder im Talkgroup-, Gruppenruf- oder MOCH-Modus betrieben. Die Auswahl des Betriebsmodus erfolgt für jede Endgerätegruppe

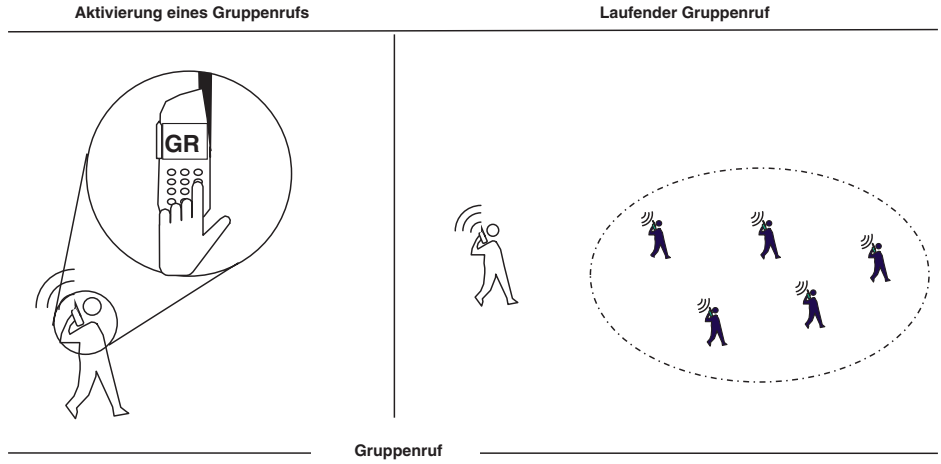


Abb. 24.10 Gruppenruf [104]

Tab. 24.2 Multisite Open Channel Systemfunktionen [104]

Systemfunktion	Beschreibung
Multisite Open Channel (MOCH, d. h. offener Kanal über mehrere Standorte)	Mit dieser Funktion können mehrere Teilnehmergruppen in einem vordefinierten Bereich von Zellen miteinander kommunizieren.
	Die Festlegung der Gruppen und Versorgungsbereiche erfolgt durch den taktischen Operator. Er legt auch eine so genannte Aufbaugruppe fest. Diese besteht aus Teilnehmern, die berechtigt sind, einen MOCH auf- und wieder abzubauen sowie aus einer oder mehreren teilnehmenden Gruppen.
Teilnehmer	Ein MOCH kann nur von einem dazu berechtigten Teilnehmer auf- und wieder abgebaut werden. Zwischen diesen beiden Vorgängen steht der MOCH innerhalb des vorbestimmten Versorgungsbereichs ständig zur Verfügung.
	Endgeräte, die zu den teilnehmenden Gruppen gehören, können nach Auswahl der MOCH-Nummer miteinander kommunizieren.
Zusatzdienst: Prioritäts-Scanning	Diese Funktion durchsucht eine MOCH-Liste und beteiligt sich an denen, die aktiviert wurden. Ein bestimmter MOCH besitzt eine höhere Priorität. Nach dessen Aufbau schaltet sich das Endgerät automatisch in die betreffende Kommunikation ein.
Nutzung der Netzressourcen	Sobald die Kommunikation von einem autorisierten Teilnehmer aufgebaut wurde, reserviert das System die erforderlichen Ressourcen.
	Die Ressourcen werden für die gesamte Dauer des Anrufs reserviert. Dadurch ist ein unmittelbarer Zugang zu allen MOCH-Teilnehmern gewährleistet.
	MOCH ist für jeden autorisierten Anwender freigegeben.

einzeln. Die Unterscheidung zwischen Gesprächsgruppe und Gruppenruf erfolgt bei der Personalisierung des Endgeräts bei der Eintragung der Zugriffsrechte.

- ***Rundspruch***

Das Rundspruch-Konzept verfügt über die in Tab. 24.3 genannten Systemfunktionen.

Abbildung 24.11 zeigt das Prinzip eines Rundspruches.

Tab. 24.3 Rundspruch Systemfunktionen [104]

Systemfunktion	Beschreibung
Rundspruch (Broadcast Call)	Eine einseitig gerichtete Kommunikation von einem rufenden Dispatcher an eine oder mehrere Teilnehmergruppen.
	Die Festlegung von Gruppen und Versorgungsbereich erfolgt ähnlich wie beim MOCH und wird vom taktischen Operator durchgeführt. Die Festlegung betrifft mehrere Teilnehmergruppen.
Teilnehmer	Ein Rundspruch kann nur von einem Dispatcher aktiviert und deaktiviert werden, der das Recht besitzt, den entsprechenden offenen Kanal aufzubauen. Bei der Einrichtung kann eine Liste der teilnehmenden Gruppen angelegt werden.
	Endgeräte, die zu den teilnehmenden Gruppen gehören, erhalten über den Organisationskanal eine Mitteilung, dass automatisch zum Verkehrskanal gewechselt wird, um die Durchsage zu hören.
	Nur der Dispatcher ist berechtigt, eine Durchsage zu machen, also zu senden.
Nutzung der Netzressourcen	Sobald die Kommunikation von einem autorisierten Dispatcher aufgebaut wurde, reserviert das System die erforderlichen Ressourcen.
	Die Ressourcen werden für die gesamte Dauer des Anrufs reserviert.
	Der MOCH kann von jedem autorisierten Dispatcher wieder abgebaut werden.

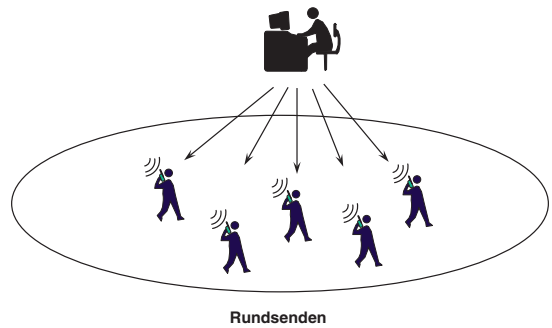


Abb. 24.11 Rundspruch (Broadcast Call) [104]

• ***Notrufabwicklung***

Der Notruf ist eine Pflichtfunktion, mit der jeder Teilnehmer einen Anruf tätigen kann, um andere Teilnehmer von einer Notsituation zu informieren und ggf. Hilfe zu holen. In solchen Fällen ist entscheidend, dass das System gewährleisten kann, dass dem Anruf die höchste Priorität zukommt. Das System verleiht Notrufen die absolut höchste Priorität und sorgt so dafür, dass der Anruf nicht in eine Warteschlange geleitet, sondern sofort verarbeitet wird. Dies gilt selbst dann, wenn alle Kanäle der betreffenden Zelle belegt sind.

Falls das Endgerät die Basisstation nicht erreichen kann oder falls es sich im Direktmodus befindet, dann wird der Anruf zu einem Notruf im Direktmodus. Voraussetzung hierfür ist, dass ein entsprechender Kanal hierfür im den Endgeräten konfiguriert worden ist. Das Notruf-Konzept verfügt über die in Tab. 24.4 genannten Systemfunktionen.

Tab. 24.4 Notruf Systemfunktionen [104]

Systemfunktion	Beschreibung
Notruf im Netzmodus	Der Verbindungsaufbau wird gestartet, sobald ein Teilnehmer die Notruftaste am Endgerät drückt. Er erfolgt in zwei Schritten:
	An die Dispatcher wird eine Statusmeldung geschickt.
	In der betreffenden Zelle wird automatisch ein offener Kanal für den Notruf aufgebaut.
Teilnehmer	Der Notruf wird folgender Weise an den Endgeräten signalisiert:
	Alle Endgeräte der betreffenden Zelle, die für den Empfang eines Notrufs konfiguriert worden sind, werden alarmiert. Die Teilnehmer können diesen Anruf annehmen oder abweisen.
	Der Notruf wird nicht an Teilnehmergeräten angezeigt, die von einer Notrufabwicklung ausgeschlossen werden sollen.
	Diese unterschiedlichen Abwicklungen sind im Endgerät per TPS programmierbar.
	Die Notrufsituation wird von autorisierten Teilnehmern beendet, also im allgemeinen dem Dispatcher.
	Teilnehmer, die sich im Direktmodus befinden, erhalten unter folgenden Voraussetzungen auch die Notrufsignalisierung des Systems:
	Geräte sind für Direktmodus mit Dual Watch (Netzmonitoring) konfiguriert und Geräte im Direktmodus befinden sich im Bereich der Netzabdeckung.
Nutzung der Netzressourcen	Das System reserviert die benötigten Ressourcen für die Dauer des Anrufs, sobald die Verbindung aufgebaut ist.

• ***Privatkommunikation***

Das System ermöglicht auch verschiedene Arten privater Anrufe (Privatkommunikation), die von den betrieblichen Anforderungen abhängen. Es sind Einzelrufe, Konferenzschaltungen und Nebenstellenrufe möglich.

• ***Einzelruf***

Das Einzelruf-Konzept verfügt über die in Tab. 24.5 genannten Systemfunktionen.

• ***Nebenstellenruf-Abwicklung***

Das Nebenstellenruf-Konzept verfügt über die in Tab. 24.6 genannten Systemfunktionen.

• ***Konferenzschaltung***

Das Konferenzschaltungs-Konzept verfügt über die in Tab. 24.7 genannten Systemfunktionen.

• ***Rufumleitung***

Mit diesem Zusatzdienst kann ein an ein bestimmtes Endgerät gerichteter Anruf an ein anderes Endgerät (im Mobilfunk- oder Festnetz) umgeleitet werden. Für die Umleitung

Tab. 24.5 Einzelruf Systemfunktionen [104]

Systemfunktion	Beschreibung
Einzelruf	Eine Punkt-zu-Punkt-Kommunikation, wobei der gerufene Teilnehmer einzeln angesprochen wird.
	Beide, der rufende und der gerufene Teilnehmer, können an einem beliebigen Standort im System registriert sein.
Zusatzdienst: Rufweiterleitung	Sowohl der rufende als auch der gerufene Teilnehmer können an einem beliebigen Standort innerhalb des Systems registriert sein.

Tab. 24.6 Nebenstellenruf Systemfunktionen [104]

Systemfunktion	Beschreibung
Abgehender Nebenstellenruf	Eine Punkt-zu-Punkt-Kommunikation zwischen einem rufenden Teilnehmer oder Dispatcher des Systems und einem externen Teilnehmer (Privatnetz oder öffentliches ISDN- bzw. Telefonnetz). Eine direkte Durchwahl ist möglich.
Eingehender Nebenstellenruf	Eine Punkt-zu-Punkt-Kommunikation zwischen einem externen Teilnehmer (Privatnetz oder öffentliches ISDN- bzw. Telefonnetz) und einem Teilnehmer des Systems. Aus Sicherheitsgründen können eingehende Anrufe zu einem Operator geleitet werden.

Tab. 24.7 Konferenzschaltungs-Systemfunktionen [104]

Systemfunktion	Beschreibung
Konferenzschaltung	Eine Punkt-zu-Mehrpunkt-Kommunikation, bei der bis zu vier Anrufer einzeln adressiert werden können.
	Konferenzverbindungen sind auch auf Basis von Adressenlisten möglich, bei denen Sätze mit bis zu 4 individuellen Teilnehmeradressen zugewiesen werden können.

können verschiedene Bedingungen festgelegt werden: z. B. Umleitung nur im Bedarfsfall, bei ausbleibender Antwort oder bei jedem Anruf.

Die Anrufe, die an ein umgeleitetes Endgerät gerichtet sind, werden an die Umleitungsadresse übertragen. Es kann nur eine explizite Einzeladresse umgeleitet werden. Die Rufumleitung gilt für Einzelrufe oder Datenübertragungen im Netzmodus. Andere Dienste stehen den umgeleiteten Endgeräten zur Verfügung.

• ***Ruferweiterbarkeit***

Mit diesem Zusatzdienst kann ein Teilnehmer ein laufendes Gespräch an einen anderen Teilnehmer im System weiterleiten.

Bei der Personalisierung eines Endgeräts wird die Autorisierung für die Rufweiterleitung erteilt. Bei der Rufweiterleitung eines aufgebauten Einzelrufs kann der B-Teilnehmer den Anruf an einen anderen Teilnehmer im System, der durch eine explizite oder implizite RFSI-Adresse adressiert wird, weiterleiten, sodass der Anruf zwischen dem A-Teilnehmer und dem neuen B-Teilnehmer aufgebaut wird. Der vorherige B-Teilnehmer, der die Rufweiterleitung angefordert hat, verlässt endgültig den Anruf. Der neue B-Teilnehmer muss auch die Voraussetzungen für den Einzelruf erfüllen. Die Weiterleitung an einen PABX-Teilnehmer ist möglich. Darüber hinaus sind die Voraussetzungen für den Aufbau der Rufweiterleitung dieselben wie für den Aufbau des Einzelrufs. Sollte die Rufweiterleitung nicht erfolgreich durchgeführt werden, dann wird der Anruf ausgelöst.

• ***Zugangskontrolle***

Durch die Zugangskontrolle wird die Teilnahmeberechtigung der Endgeräte an einer Kommunikation überprüft. Die Zugangskontrolle überprüft folgende Parameter:

- die bei der Personalisierung erteilten Autorisierungen;
- die Operationsgruppen, die das Endgerät besitzt;
- den Standort des Endgeräts.

Anklopfen

Mit diesem Zusatzdienst wird der Benutzer eines Endgeräts, das an einer laufenden Kommunikation teilnimmt, darauf aufmerksam gemacht, dass ein eingehender Anruf ansteht.

• ***A-/B- Teilnehmeridentifikation***

Mit diesem Zusatzdienst kann beim Rufaufbau die Identität des A- bzw. B-Teilnehmers am Endgerät gespeichert u./o. am Display angezeigt werden. Weiterhin wird die Identität des sprechenden Teilnehmers allen am Anruf beteiligten Endgeräten angezeigt.

• ***Aufnahme von Nachzüglern***

Mit diesem Zusatzdienst kann das Netzwerk bei einer Gruppenverbindung nach einer Vorankündigung Nachzügler zu einem laufenden Gespräch hinzunehmen. Die Vorankündigung, dass ein Nachzügler an einer Kommunikation teilnehmen möchte, wird auf dem Organisationskanal während der Aktivierungszeit übertragen. Der Nachzüglerdienst ist nicht für den Rundspruch (Broadcast) verfügbar.

• ***Scanning***

Das Scanning ist ein Zusatzdienst, der bei der Endgerätepersonalisierung zur Verfügung gestellt wird. Dieser Zusatzdienst sollte den Endgerätebenutzern angeboten werden, die eine Liste von Gruppenverbindungen angeben können, die sie der Reihe nach aufrufen, damit sie daran teilnehmen oder mithören können. Bei der Endgerätepersonalisierung können die vordefinierten Listen in das Verzeichnis herunter geladen werden. Der Endgerätebenutzer kann seine Liste ändern, falls die Autorisierung dafür bei der Personalisierung festgelegt worden ist.

Bei der Kanalsuche im Scanning durchsucht das Endgerät eine Liste von Gesprächsgruppen/MOCH und beteiligt sich dann (oder hört nur mit) der Reihe nach an denjenigen Verbindungen, die aktiviert worden sind. Die Kennung der Kommunikation wird auf dem Display angezeigt, solange das Endgerät mithört. Sobald diese Verbindung deaktiviert wird, oder die Anforderung des Benutzers, eine mitgehörte Kommunikation zu überspringen, erfolgt ist, wird das Scanning wieder aufgenommen und die nächste aktive Verbindung in der Liste aufgerufen. Die übergangene Kommunikation wird für eine bestimmte Dauer, die nicht an der TPS sondern bei der Softwarekonfiguration eingestellt werden kann, nicht mehr beim Scanning berücksichtigt.

Aktiviert der Benutzer das Scanning an seinem Endgerät, werden die Parameter der ersten Verbindung in der Liste zu Defaultparametern für die Zellenauswahl- und Zellenneuwahl-Algorithmen übernommen. Nach Bedarf kann der Benutzer eine andere Verbindung aus der Liste auswählen, deren Parameter dann als Defaultparameter übernommen werden.

Wird beim Scanning eine der Gesprächsgruppen aus der Liste vorübergehend mit anderen Gesprächsgruppen zusammengeschaltet, geht die Kanalsuche weiter. Dabei werden sowohl beide Gesprächsgruppen, die für das Scanning explizit ausgewählt worden sind, als auch diejenigen, die mit offenen Kanälen (MOCH) zusammengeschaltet sind, bis zur Auslösung des MOCH's berücksichtigt.

Ein Benutzer, der das Scanning eingeschaltet hat, kann direkt eine Einzelverbindung aufbauen, ohne das Scanning explizit zu verlassen. Jedoch ruht das Scanning, während das Endgerät an der Einzelverbindung teilnimmt. Verlässt das Endgerät diese Verbindung,

wird das Scanning automatisch wieder aufgenommen und das Gerät beteiligt sich dann an einer aktiven Verbindung der Liste oder wartet auf die nächste Aktivierung.

• ***Verbindungsaufbau durch Dritte***

Der Netzverwalter kann die Berechtigung erhalten, eine laufende Einzelverbindung, an der er nicht beteiligt ist, abzubauen, ohne die Teilnehmer vorher um Genehmigung zu fragen oder sie davon in Kenntnis zu setzen. Die explizite Adresse des A-Teilnehmers wird beim Abbau des Anrufs als Parameter bereitgestellt.

• ***Kommunikation im Direktmodus***

Durch den Gebrauch der Direktmodus-Einrichtungen kann der Benutzer mit anderen Teilnehmern im Simplex-Betrieb kommunizieren, die in Funkreichweite sind, ohne die Infrastruktur zu benutzen. Zwei oder mehr Endgeräte können miteinander kommunizieren, wenn sie denselben Kanal eingestellt haben. Der Kanal wird aus einer Reihe von Simplexkanälen ausgewählt. Diese Funktionalität ist aus den folgenden Gründen von großem Vorteil:

- Benutzer können auch außerhalb der Netzwerkversorgung miteinander kommunizieren;
- Die Belastung der Infrastruktur wird reduziert, wenn eine Gruppe von Benutzern in einem eng umgrenzten Gebiet tätig ist;
- Der Direktmodus dient als Backup, sollte die Infrastruktur nicht in Betrieb oder ausgefallen sein.

Der Wirkungsgrad des Direktmodus hängt von der Funkausbreitung vor Ort ab. Das System verfügt wegen der hohen Empfindlichkeit der Endgeräte über eine hohe Leistung hinsichtlich der Funkreichweite.

Bei der Personalisierung der Endgeräte wird festgelegt, ob für das Endgerät der Betrieb im Direktmodus und der Direktmodus-Notruf bereitgestellt werden. Dabei besteht die Möglichkeit, die Anzahl der dem Benutzer verfügbaren Kanäle zu beschränken, z. B. unter Berücksichtigung der Organisation, zu der dieser gehört. Sobald das Endgerät in Betrieb genommen wird, bedarf es keiner bestimmten Verwaltungsfunktionen mehr.

• ***Datenkommunikationsdienste***

Das System des digitalen Bündelfunks verfügt auch über ein umfassendes Spektrum an Datenkommunikationsdiensten, aus denen je nach Anforderung Datenanwendungen zusammengestellt werden können.

24.5 Passagierinformationssysteme

Passagierinformationssysteme unterschiedlichster Art dienen den Passagieren und Besuchern zur Orientierung im Terminal. Dabei kann der Passagier oder Besucher mündlich eine Auskunft erfragen, indem er dezentral eingerichtete, mit Flugplatzpersonal

Abb. 24.12 Anzeigetafel für Abflüge [102]

besetzte Infocenter, oder Servicetelefone nutzt. Er kann aber auch an speziellen Terminals, menügeführt und teilweise sprachgestützt, Auskünfte z. B. über die Abflüge der nächsten Stunden, über Ankünfte mit Ankunftsgate, sobald bekannt, Hotelinformationen, Reiseinformationen oder sonstige zweckdienliche Informationen, abrufen.

Im Terminal selbst existiert ergänzend eine umfangreiche Beschilderung, um Passagiere sicher und schnell durch das Terminal zu führen. Die Beschilderung wird durch Standardpiktogramme unterstützt, die weltweit die gleiche Bedeutung haben. Dadurch werden Missverständnisse und Verständnisprobleme auf Grund unterschiedlicher Sprachkenntnisse vermieden. Jeder Flugplatz (jedes Terminal) verfügt über einen Meeting Point, sodass auch das Zusammentreffen von Personen einfach und unmissverständlich möglich ist.

Beispielhaft zeigt Abb. 24.12 eine Anzeigetafel für Abflüge im Terminal 1 des Verkehrsflughafens Frankfurt/M.

24.6 Telekommunikationssysteme der Flugsicherung

In der Bundesrepublik Deutschland betreibt die DFS Deutsche Flugsicherung Kommunikationssysteme (Boden-Bord und Boden-Boden) für die Übertragung von flugsicherungsrelevanten Daten, Informationen und Nachrichten. Die Kommunikationssysteme sind ausgelegt zur Übertragung operationeller Sprache, operationeller Daten, administrativer Sprache, administrativen Daten und von Videosignalen.

Während operationelle und administrative Daten mittlerweile gemeinsame Übertragungsmedien nutzen, ist dieser Vorgang im Bereich der administrativen Sprachübertragung großteils umgesetzt und im Bereich operationeller Sprachübertragung erkennbar.

Nach erfolgreichem Pilotprojekt mit dem Ziel der Übermittlung administrativer Sprachdaten über ein gemeinsames Übertragungsmedium bzw. Netzwerk, wurden die Telekommunikationsanlagen – in den Flugsicherungs-Niederlassungen – an das PSN-Backbonenetz (Packet-Switched-Network) (Passportknoten) angebunden.

Eine weitere Optimierung durch Sprachkompression zur weiteren Einsparung von Bandbreiteressourcen ist vorgesehen.

Als Übertragungsstrecken kommen meist Festnetzverbindungen, bereitgestellt z. B. von der Deutschen Telekom AG, alternativen Anbietern oder Flughafenbetreibern zum Einsatz.

Vereinzelt werden auch Richtfunkstrecken, überwiegend als Zweitweg-Anbindung von Funk- und Radarstationen als kostengünstige Alternative zu Kabelstrecken, eingesetzt. Weiterhin kommen DFS-eigene Lichtwellenleiter (LWL) zum Einsatz.

Die Zuverlässigkeit der Verbindungen wird im Bedarfsfall durch die redundante Ausführung der Übertragungswege und Anbindungen sichergestellt (Vermeidung von „Single Points of Failure“).

Die große Vielfalt der verwendeten Protokolle und der dadurch bedingte heterogene Aufbau der Netze erfordern einen erhöhten Aufwand im Betrieb und Unterhalt. So ist zum Beispiel in einer solchen Netztopologie die optimale Ausnutzung der vorhandenen Kapazitäten und damit ein wirtschaftlicher Betrieb nahezu unmöglich. Es gibt neben hoch belasteten Verbindungen immer solche, die nur schwach genutzt werden, aber dennoch nicht zur Unterstützung der belasteten Verbindungen herangezogen werden können. Verschiedene historische Ursachen führten zu dieser Situation [65].

24.6.1 Operationelle Sprachkommunikation

Wie einleitend ausgeführt, erfolgt die Übertragung administrativer Sprache von Telekommunikationsanlagen, der Niederlassungen mit Passport-Netzknoten (ausgenommen Berlin), über das Packet Switched Network (PSN). Telekommunikationsanlagen deren Sprachdaten nicht über das PSN-Netz geroutet werden, sind nach wie vor direkt mit dem öffentliche Fernsprechwählnetz der Deutschen Telekom AG verbunden. Der operationelle Sprachbereich wird überwiegend mittels Standardfestverbindungen der Deutschen Telekom realisiert.

Die operationelle Sprachkommunikation der Flugsicherung besteht aus den Komponenten Fernsprechen, Funksprechen und Gegensprechen.

Fernsprechen baut Verbindungen zwischen Teilnehmern im nationalen und internationalen Flugsicherungsnetz über Standardfestverbindungsleitungen (SFV) und zwischen Lotsenarbeitsplätzen des Flugverkehrskontrolldienstes in den Flugsicherungs-Niederlassungen im lokalen Sprachvermittlungssystem auf.

Es besteht außer dem Zugriff auf das öffentliche Fernsprechwählnetz. Bei kritischen Fehlern können die Leitungen zentral auf ein lokales Fernsprechnotsystem (Phone Emergency Module, PEM) umgeschaltet werden.

Funksprechen baut Verbindungen zwischen Lotsen des Flugverkehrsdienstes und Luftfahrzeugführern auf. Neben der Übertragung von Sprache erfolgt auch eine Durchschaltung von Peildaten zur Darstellung am Lotsenarbeitsplatz.

Im näheren Umkreis der Flugsicherungs-Kontrollzentralen werden Haupt- und Reservefunkstellen (Als „Funkstelle“ werden eigenständige Sende- und Empfangsstellen bezeichnet) betrieben. Für großräumige Kontrollsektoren wird die erforderliche Überdeckung durch zusätzliche Überdeckungsfunkstellen gewährleistet. Die NF-Anbindung der Funkstellen erfolgt in der Regel über zwei voneinander getrennte Kabelwege bei den Hauptfunkstellen und über einen Kabelweg bei den Reserve- und Überdeckungsfunkstellen.

Um die Zahl analoger Sprachverbindungen und damit Leitungskosten zu minimieren, werden in den Bereichen Karlsruhe und Langen (Hessen) „Radio Line Management Units“ (RLMU) eingesetzt, welche die Ausnutzung der vorhandenen Verbindungen optimiert (Übertragung von drei Sprachkanälen über eine Leitung) und im Bedarfsfall die Kapazität durch den Rückgriff auf ISDN-Leitungen (Fallback-Konzept) erweitert oder wiederherstellt.

Ein Problem des Funksprechbereichs besteht darin, dass die verfügbaren VHF-Frequenzen in einigen Gebieten weitgehend belegt sind. Zur Minderung dieses Problems gilt seit 07.10.1999 im aeronautischen Frequenzspektrum teilweise ein Frequenzraster von 8,33 kHz. Diese Regelung bezieht sich auf Lufträume oberhalb der Flugfläche 245 (24.500 ft) sowie lateral auf einige europäische Staaten inklusive der Bundesrepublik Deutschland.

Auch für das Funksprechen ist eine Notkomponente vorhanden. Sie erlaubt dem Flugverkehrslotsen im Störfall den Zugriff auf die Betriebs- oder Reserveeinrichtungen über das Radio Emergency Modul (REM).

Bei der Not-Sende-/Empfangseinrichtung (NSE) werden eigenständige, von anderen Flugsicherungs-Einrichtungen unabhängige Transceiver mit eigener Notbatterie eingesetzt. Für Tower (TWR) und Approach (APP) ist jeweils ein Gerät und für die Flugsicherungs-Center (ACC) sind entsprechend den betrieblichen Anforderungen bis zu fünf Geräte im Einsatz. Ein Not-Sende-/Empfangsgerät wird im Regelfall von zwei bis vier Arbeitsplätzen des Flugverkehrskontrolldienstes benutzt.

Als zusätzliches Voice-Backup für Funksprechen fungiert die INMARSAT-Satelliten-Telephonie. Bei entsprechend ausgerüsteten Luftfahrzeugen können die Luftfahrzeugführer über INMARSAT Kontakt mit den Wachleitern der Flugsicherungs-Kontrollzentralen aufnehmen. Die Sprachkommunikation über INMARSAT erfolgt unabhängig von den Kommunikationseinrichtungen der DFS [65].

Dem Zivilluftverkehr ist für den Sprechfunk im Beweglichen Flugfunkdienst, d. h. zwischen Boden- und Luftfunkstellen sowie Luftfunkstellen untereinander, von der ITU für die Region 1 (Europa, Mittelmeerraum, Afrika, Rußland und Mongolische Volksrepublik) im VHF-Band der Frequenzbereich von 117,975–136 MHz bzw. ab 1. Januar 1990 bis 137 MHz zugewiesen worden.

Der Bereich von 225–400 MHz im UHF-Band ist dem Sprechfunk mit militärischen Luftverkehrsteilnehmern vorbehalten. Darüber hinaus wird Sprechfunkverkehr zur Verständigung über große Entfernungen im HF-Band im Frequenzbereich von 2–22 MHz durchgeführt.

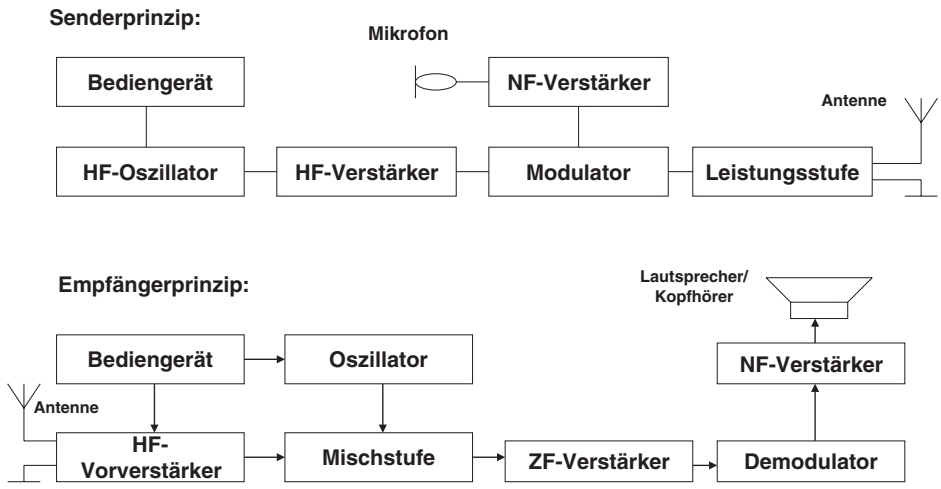


Abb. 24.13 Prinzipieller Aufbau (Überlagerungsprinzip) einer Sender- und Empfängeranlage

Gerätetechnisch bestehen Sprechfunkanlagen im wesentlichen aus Sender/Empfänger, Antenne, Mikrofon, Kopfhörer bzw. Lautsprecher und Bediengerät.

Um den Aufwand für die Frequenzaufbereitung nur einmal betreiben zu müssen, werden heutzutage fast ausschließlich Sender-Empfänger-Kombinationen, so genannte Transceiver (aus Transmitter und Receiver), verwendet. Den prinzipiellen Aufbau eines Senders und eines Empfängers zeigt die Abb. 24.13.

Im Hochfrequenz-Oszillator des Senders wird zunächst eine hochfrequente Schwingung erzeugt, die aufbereitet und verstärkt an den Modulator gelangt. Die Erzeugung der Schwingung erfolgt im allgemeinen quarzgesteuert, um eine möglichst konstante Frequenz zu erhalten. Die Oszillatorfrequenz ist dabei meist kleiner als die Sendefrequenz und wird erst über mehrere Vervielfachungsstufen auf die gewünschte Frequenz gebracht.

Über das Bediengerät können verschiedene Sendefrequenzen (Kanäle) gewählt werden. Die vom Mikrofon kommende niederfrequente Schwingung wird verstärkt und im Modulator der hochfrequenten Schwingung aufgeprägt. Die hochfrequenten Schwingungen dienen dabei als Träger der niederfrequenten Signale. Die so modulierten HF-Schwingungen werden in der Leistungsstufe noch einmal verstärkt und über die Antenne abgestrahlt.

Der Empfänger empfängt die modulierte HF-Schwingung und verstärkt diese zunächst vor. Bei den im Flugfunk eingesetzten Empfängern handelt es sich heutzutage ausschließlich um Überlagerungsempfänger, d. h. die empfangene HF-Schwingung wird nicht direkt demoduliert, sondern vorher in einer Mischstufe mit einer Hilfsschwingung überlagert. Die Erzeugung der Hilfsschwingung erfolgt über einen Oszillator. Die Frequenz der Hilfsschwingung ist abhängig von der Empfangsfrequenz und wird so gewählt, dass die entstehende Zwischenfrequenz (ZF) stets konstant ist. Diese konstante Zwischenfrequenz lässt sich leichter verstärken als ein breites Frequenzband. Im

Demodulator wird das niederfrequente Signal von der ZF-Schwingung getrennt und dem NF-Verstärker zugeführt, der es anschließend an Lautsprecher bzw. Kopfhörer weitergibt. Vorteil dieses Überlagerungsverfahrens ist eine wesentlich bessere Empfangsqualität. Der Abstimmvorgang, d. h. die Wahl der gewünschten Empfangsfrequenz erfolgt über das Bediengerät. Im Sprechfunkverkehr ist immer nur ein wechselseitiges Sprechen möglich, da Sendung und Empfang auf der gleichen Betriebsfrequenz stattfinden. Hierdurch kommt der Transceiver mit einer gemeinsamen Antenne für Sender und Empfänger aus. Die Umschaltung von der Empfangsbetriebsart, die bei eingeschaltetem Transceiver normalerweise wirksam ist, in die Betriebsart „Senden" erfolgt durch Drücken der „Push to Talk-Taste" am Mikrofon.

Gegensprechsysteme werden hauptsächlich für Koordinationsgespräche zwischen Approach- und Tower-Arbeitsplätzen der Flugsicherung verwendet. Durch die Verlagerung der Approach-Komponenten in die Flugsicherungs-Kontrollzentralen wird eine Anpassung und ein Ausbau des derzeitigen, auf Sternstruktur basierenden Netzes, notwendig. Derzeit wird im Rahmen von Testkonfigurationen überprüft, inwieweit die Nutzung der PSN-Übertragungswege bzw. die Integration auf ein noch zu realisierendes Multiplexnetz möglich ist.

Die Funktionen Fernsprechen und Funksprechen sind in Sprachvermittlungssystemen integriert. Das **Sprachvermittlungssystem** (SVS) ist durch eine dezentrale Anlagenstruktur gekennzeichnet. Jeder Arbeitsplatz des SVS wird von einem eigenen Mikroprozessorsystem gesteuert. Die Vorteile des SVS liegen in der:

- höheren Übertragungsqualität,
- raumsparenden Bauweise,
- einfacheren Erweiterungsmöglichkeiten,
- größerer Flexibilität,
- komfortablerer Ausstattung,
- **höherer Betriebssicherheit.**

Dabei werden zwei Typen unterschieden:

SVS-A ist ein auf Analoger Technik aufgebautes System. Das letzte dieser Art ging Anfang 1996 in der Flugsicherungs-Kontrollzentrale Karlsruhe in Betrieb.

SVS-D ersetzt die SVS-A Systemtechnik und basiert auf digitaler Technik. Seit 1996 befindet sich ein SVS-D System in Langen im operationellen Betrieb. Ein weiteres System hat im 1. Quartal 2000 seinen Betrieb in der Regionalkontrollstelle München aufgenommen. Ein neues digitales Sprach-Vermittlungs-System (ISIS) hat mittlerweile die bisherigen Systeme abgelöst.

Die Sprachvermittlungssysteme und Gegensprechanlagen der verschiedenen Flugsicherungs-Standorte sind über Standardfestverbindungen der Deutschen Telekom AG miteinander verbunden.

24.6.2 Administrative Sprachkommunikation

Nach erfolgreichem Pilotprojekt mit dem Ziel der Übermittlung administrativer Sprachdaten über ein gemeinsames Übertragungsmedium bzw. Netzwerk, wurden zwischenzeitlich die Telefonnebenstellenanlagen (TK-Anlagen, PABX) in den Flugsicherungs-Niederlassungen mit Passport-Netzknoten an das PSN-Backbonenetz angebunden. Eine weitere Optimierung durch Sprachkompression zur weiteren Einsparung von Bandbreiteressourcen befindet sich im Untersuchungsstadium. TK-Anlagen deren Sprachdaten nicht über das PSN – Netz geroutet werden, müssen nach wie vor mittels Wählverbindungen der Deutschen Telekom AG abgewickelt werden. Das prinzipielle Zusammenwirken der Sprachkommunikationsnetze der DFS Deutsche Flugsicherung zeigt Abb. 24.14.

24.6.3 Datenkommunikation

Die Datenkommunikation der Deutschen Flugsicherung dient überwiegend operationellen Zwecken. Eine Integration der operationellen und administrativen Anwendungen über das PSN-Netz wurde mit der Entscheidung zur Realisierung der LAN-LAN

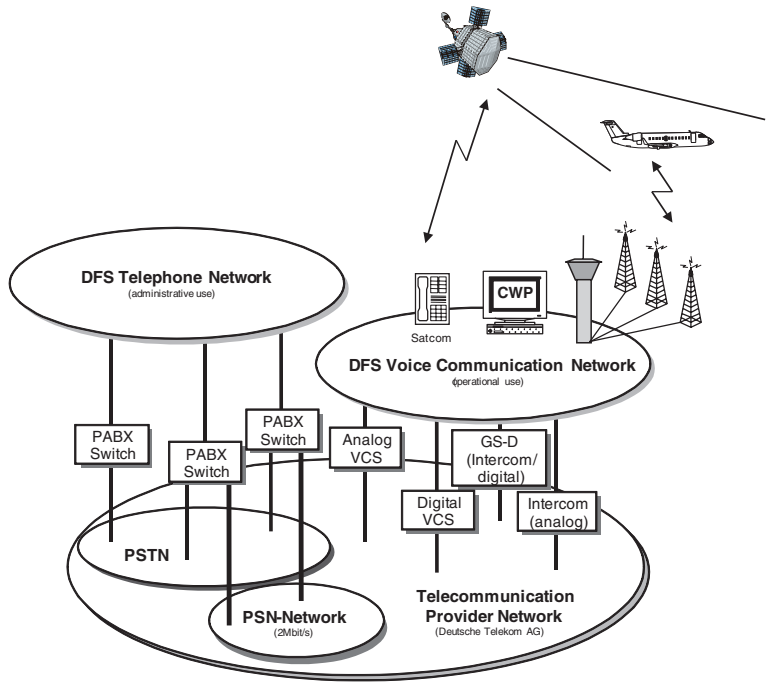


Abb. 24.14 Sprachkommunikationsnetze der DFS Deutsche Flugsicherung [65]

Kopplung vollzogen. Mit der Einführung neuer Anwendungen (auch SAP/R3 etc.) erzielt der Bürokommunikations-Bereich in der Datenkommunikation einen immer größeren Stellenwert.

Durch den stetig steigenden Bedarf an Bandbreite (durch Echtzeitanwendungen) ist der Bürokommunikations-Bereich damit ein auslösender Faktor für Netzoptimierungsmaßnahmen (Randvermaschung). Das prinzipielle Zusammenwirken der Datenkommunikationsnetze der DFS Deutsche Flugsicherung zeigt Abb. 24.15.

Die Datenkommunikation zwischen Flugverkehrsdienst und Luftfahrzeugen (Boden-Bord-Boden) befindet sich im Versuchsstadium und wird noch nicht operationell genutzt.

Das **Packet Switched Network** (PSN) ist ein auf dem Paketvermittlungsstandard X25 und Frame Relay basierendes Datennetz. Es besteht aus DFS-eigenen Knotenrechnern, die über angemietete SFV-Leitungen miteinander verbunden sind, und dient in erster Linie dem Transport von operationellen Daten (z. B. Radardaten, Flugplandaten, NOTAM's). Auch die Büro-LAN/LAN Kopplung zwischen den Flugsicherungs-Niederlassungen wird über das PSN abgewickelt. Spezielle Prioritätsmechanismen stellen sicher, dass die zeitkritischen operationellen Daten bevorzugt übertragen werden.

Als Regional ATC Packet switched NETwork (RAPNET) wird der Verbund der X25 Netze der DFS (PSN) und der Benelux Staaten (Common Backbone Network, CBN) bezeichnet. Das RAPNET wird von der Netzkontrollzentrale (NKZ) in Frankfurt/Main und einer weiteren Zentrale in Maastricht (NL) gesteuert. Die Kopplung mit benachbarten Flugsicherungs-Organisationen (F, CH, A, CZ, UK, E etc.) ist abgeschlossen.

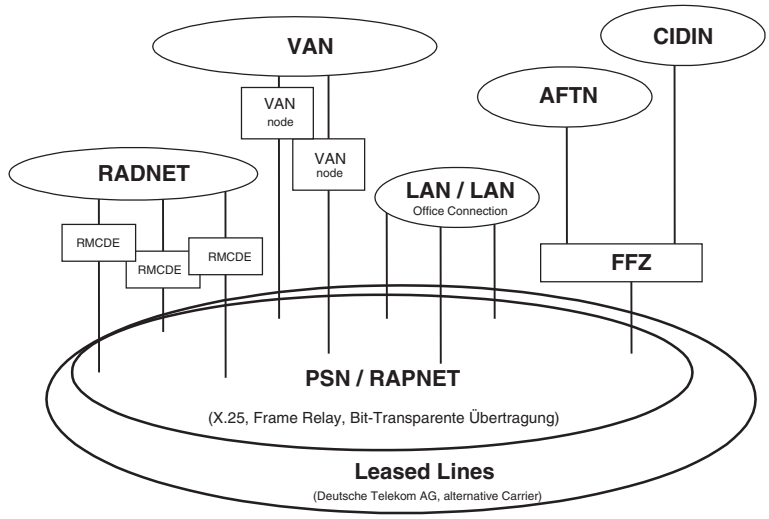


Abb. 24.15 Datenkommunikationsnetze der DFS Deutsche Flugsicherung [65]

Das **Value Added Network** (VAN) ist ein auf dem TCP/IP-Protokoll basierendes Netz, das der Übertragung von Flugsicherungsmeldungen, dem Zugriff auf die Applikationen der Flugdatenverarbeitung und der Verbindung mit externen Systemen.

Es setzt auf dem PSN auf und bedient alle DFS- Niederlassungen, aber auch externe Nutzer wie z. B. Flughafenbetreiber und Luftfahrtunternehmen, mit entsprechenden Daten und Informationen. Als Ein- und Ausgabemedium dienen u. a. Kontrollstreifendrucker und Terminals, die über Terminalserver mit dem VAN verbunden sind.

Alle VAN- Knoten sind über das PSN mit der zentralen Flugdatenverarbeitung (FDV) und der Flugfernmeldezentrale (FFZ) verbunden und kommunizieren mit diesen über das CIDIN-Protokoll. Nach der endgültigen Ablösung der FDV mit der Anwendung ZKSD durch P1/ATCAS wird das CIDIN-Protokoll für die Datenkommunikation mit dem VAN und den daran angeschlossenen Systemen genutzt. Über die FFZ bestehen CIDIN-Verbindungen zu den weltweiten AFTN- und CIDIN-Netzen.

Durch das regional und in der Netzkontrollzentrale (NKZ) rund um die Uhr durchgeführte Netzwerkmanagement erreicht des VAN eine optimale Verfügbarkeit. Dies und seine modulare Architektur prädestinieren es für die Integration weiterer Dienste.

Das **RAdar Data NETwork** (RADNET) überträgt Radardaten im „Vier Staaten Integrationsbereich“ (Deutschland und Benelux Staaten). Dabei ist eine möglichst geringe Verweildauer der Daten im Netz besonders wichtig.

Als Transportnetz dient das RAPNET. Da eine Vielzahl verschiedener Formate von diesem Netz übertragen wird, erfolgt der Zugang über ein sogenanntes „Radar Message Conversion and Distribution Equipment“ (RMCDE), das die Aufbereitung übernimmt.

Bei Ausfall des RMCDE dient der „All Purpose Data Stream Replicator“ (ADR) als Backup-System. ADR wird durch das Nachfolgesystem „Automatic Radardata Transmission Equipment“ (ARTE) ersetzt.

Die Idee, ein internationales Netzwerk zur Verteilung von Radardaten zu schaffen, entstand in den späten achtziger Jahren, als die Radarüberwachung noch als rein nationale Angelegenheit betrachtet wurde und strikt an den Bedürfnissen der einzelnen Flugsicherungs-Kontrollzentralen ausgerichtet war.

Es setzte sich die Idee durch, Radaranlagen über die Grenzen hinweg zu nutzen und Leitungskosten zu sparen, indem man die Daten netzförmig verteilt, anstatt jede Flugsicherungsstelle einzeln an jede benötigte Radaranlage anzuschließen (RADNET). Schlüsselelemente für das Netz sind die speziell entwickelten Vermittlungsknoten.

Das erste Exemplar eines solchen Radar Message Conversion and Distribution Equipments (RMCDE) ging 1992 in der Überwachungszentrale Maastricht in Betrieb, das gesamte Netzwerk mit zunächst sechs Vermittlungsknoten im Jahre 1994. Im Jahr 2000 waren insgesamt 24 Vermittlungsknoten im Vier-Staaten-Bereich angeschlossen.

Abbildung 24.16 zeigt das Radar Data Network (RADNET).

Das **Aeronautical Fixed Telecommunication Network** (AFTN) ist ein seit vielen Jahren weltweit genutztes Netzwerk zur Übertragung von luftfahrtspezifischen Daten. Mittlerweile wurde unter Beachtung erweiterter aeronautischer Kommunikationsanforderungen, die sowohl „Boden-Boden“ als auch „Boden-Bord-Boden“ Kommunikationsbeziehungen

Abb. 24.16 **RA**dar **D**ata **NET**work (**RADNET**) [65]

einschließen von der ICAO das „Aeronautical Telecommunication Network“ (ATN), mit dem Ziel der globalen Ablösung des AFTN, standardisiert. Bis diese Netze jedoch weltweit verfügbar sind, ist es notwendig, weiterhin einen Zugang zum AFTN zu betreiben und

AFTN- Daten, Informationen und Nachrichten im DFS-Netz zu vermitteln und zu verarbeiten. Im Bezug auf verbesserte „Boden-Boden“ Kommunikation wurde, ebenfalls unter der ICAO, dass „Common ICAO Data Interchange Network (CDIN) standardisiert.

Das **Common ICAO Data Interchange Network** (CIDIN) wurde als Nachfolger des AFTN konzipiert. Es dient der Übermittlung von Luftfahrtdaten wie z. B. Flugplänen und NOTAM's, die es mit der aus dem AFTN bekannten „Store and Forward“- Struktur überträgt. Der Zugang der DFS ins CIDIN erfolgt über die Flugfernmeldezentrale (FFZ).

24.6.4 Lokale Netze

Die DFS betreibt an ihren Flugsicherungs-Niederlassungen Local Area Networks (LAN), über die Bürokommunikation (BK) abgewickelt wird. Diese Netze verwenden als Protokoll IP und IPX auf Ethernet (IEEE 802.3). Die Verbindung der verschiedenen LAN's erfolgt über das PSN. Für den Betrieb, Fehleranalyse, Planung und projektbegleitende Maßnahmen wurde speziell für den BK-Bereich ein LAN-Support-Center eingerichtet, dass im Bereich Produktmanagement Digitale DFS-Netze ansässig ist.

24.6.5 Videokonferenzen

Im Bereich der DFS sind in der Hauptverwaltung und an 10 Niederlassungen Videokonferenz-Anlagen installiert, die über das ISDN-Netz der Telekom verbunden sind.

Navigationssysteme der Luftfahrt

25

In der Luftfahrt versteht man unter Navigation das Führen eines Luftfahrzeuges von einem bekannten Ort A zu einem Ort B. Wird das Luftfahrzeug nach Sichtflugregeln (VFR) geführt, so erfolgt die Navigation nach bodengebundenen markanten Wegpunkten (Landmarken), die aus dem Luftfahrzeug heraus erkennbar sein müssen, wie beispielsweise Straßen, Eisenbahnlinien, Türme etc. Diese Art der Navigation wird als Koppelnavigation bezeichnet. Für diese „Sichtnavigation" sind im Luftfahrzeug keine Navigationsanlagen erforderlich.

Wird das Luftfahrzeug nach Instrumentenflugregeln (IFR) geführt, so werden bord- u./o. bodengebundene bzw. satellitengestützte Navigationsanlagen benötigt, die eine Standortbestimmung und Navigation ohne Bodensicht zulassen. Diese Art der Navigation wird als wegpunktbasierte Navigation bezeichnet. Der Flugweg ergibt sich aus einer beliebigen Abfolge von Wegpunkten, die zwischen den Orten A und B definiert werden. Dabei kann es sich um funknavigationsanlagenbasierte Wegpunkte, um satellitenba-sierte virtuelle Wegpunkte, oder auch durch von luftfahrzeuginternen Inertialsystemen generierte Wegpunkte handeln.

Navigationsanlagen dienen dazu, die für eine Standortbestimmung und Navigation erforderlichen Informationen zu liefern. Im wesentlichen sind dies:

- die Entfernung zwischen dem Luftfahrzeug und einer Bodenstation,
- der Winkel zwischen einer Bezugsrichtung am Luftfahrzeug und einer Bezugsrichtung am Boden (z. B. Nordrichtung),
- die Standortkoordinaten,
- die Geschwindigkeit über Grund,
- die Höhe über Grund.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_25,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

25.1 Grundlagen

25.1.1 Sendearten

Mit Ausnahme der Trägheitsnavigation bedienen sich die hier beschriebenen Navigationsanlagen der Funktechnik, d. h. ihre prinzipielle Wirkungsweise beruht auf der Aussendung u./o. dem Empfang elektromagnetischer Wellen. Diese Wellen können unmoduliert oder auch moduliert sein. Man spricht von einer modulierten Welle, wenn in einer ihrer Kenngrößen (Amplitude, Frequenz oder Phasenwinkel) eine Nachricht enthalten ist.

1) Modulationsart des Hauptträgers
   Als Modulation bezeichnet man den Vorgang des Aufprägens einer niederfrequenten Nachricht auf eine hochfrequente Welle. Die hochfrequente Welle ist dabei die „Trägerwelle“ oder der „Hauptträger“. Die Abb. 25.1 und 25.2 zeigen die Beispiele einer Amplitudenmodulation (AM) und einer Frequenzmodulation (FM), d. h. die niederfrequente Nachricht verbirgt sich in der Amplitude bzw. Frequenz des Hauptträgers.
   An Stelle unmodulierter Wellen (Träger) sind auch rechteckförmige Pulsfolgen als Träger möglich. Die Nachricht ist dann entweder in der Amplitude (Pulsamplitudenmodulation, PAM), in der Länge bzw. Breite (Pulslängenmodulation, PLM, bzw. Pulsbreitenmodulation) oder in der Phase (Pulsphasenmodulation, PPM) der Impulse enthalten.
   Bei der Pulscodemodulation (PCM) ist die Nachricht in der Anzahl und Stellung der Einzelimpulse innerhalb einer Impulsgruppe enthalten. Die Modulationsart des Hauptträgers wird wie folgt gekennzeichnet:

Kennzeichen:	Beschreibung:
A:	Amplitudenmodulation
F:	Frequenzmodulation
P:	Pulsmodulation.

   Abbildung 25.3 zeigt die verschiedenen Pulsmodulationen.
2) Übertragungsarten
   Ein weiteres Merkmal zur Kennzeichnung der Sendeart ist die Übertragungsart, die angibt, in welcher Form Nachrichten auf die Trägerwelle moduliert werden. Die häufigsten Übertragungsarten sind der Tab. 25.1 zu entnehmen.
3) Zusätzliche Merkmale
   Durch die Modulation entstehen auf beiden Seiten der Trägerfrequenz so genannte „Seitenbänder“, die beide die vollständige Nachricht beinhalten. Um den verfügbaren Frequenzbereich besser auszunutzen, werden senderseitig die Trägerwelle und

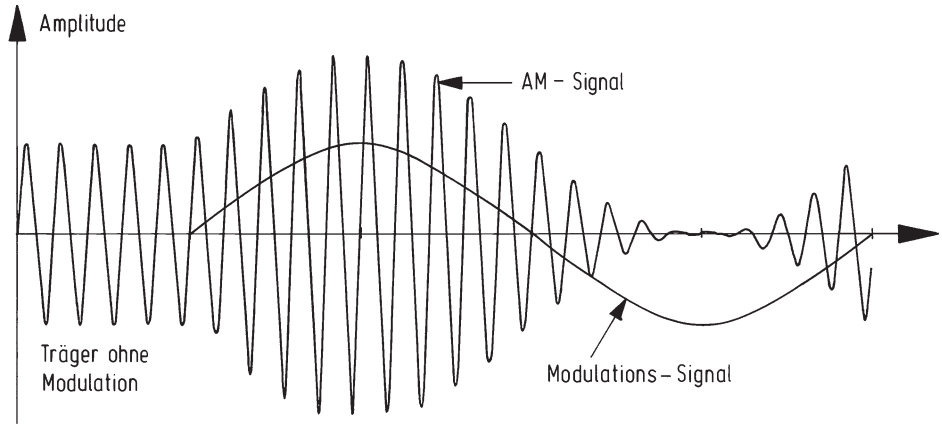


Abb. 25.1 Amplitudenmodulation (Kennzeichen „A“)

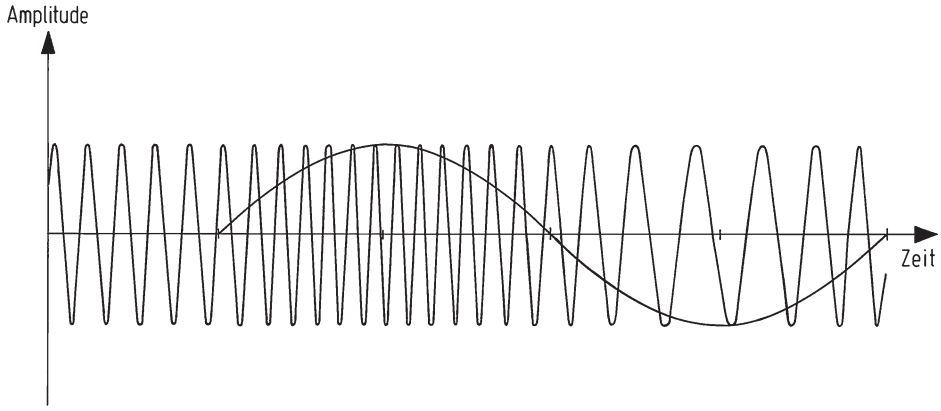


Abb. 25.2 Frequenzmodulation (Kennzeichen „F“)

ein Seitenband unterdrückt und nur das andere Seitenband wird übertragen. Im Empfänger wird der unterdrückte Träger wieder beigefügt und die Nachricht kann demoduliert werden. Die zusätzlichen Merkmale beziehen sich auf diese Seitenbänder oder auf die Impulse bei der Pulsmodulation (Tab. 25.2).

Abbildung 25.4 zeigt die Seitenbänder der Amplitudenmodulation.

4) Bezeichnungen

Die Abstrahlungen einer Funkstation werden entsprechend der genannten Merkmale mit einer Buchstaben/Zahlenkombination bezeichnet.

Der erste Buchstabe gibt dabei die Modulationsart des Hauptträgers an, die darauffolgende Ziffer kennzeichnet die Übertragungsart und der letzte Buchstabe, soweit vorhanden, gibt die zusätzlichen Merkmale an.

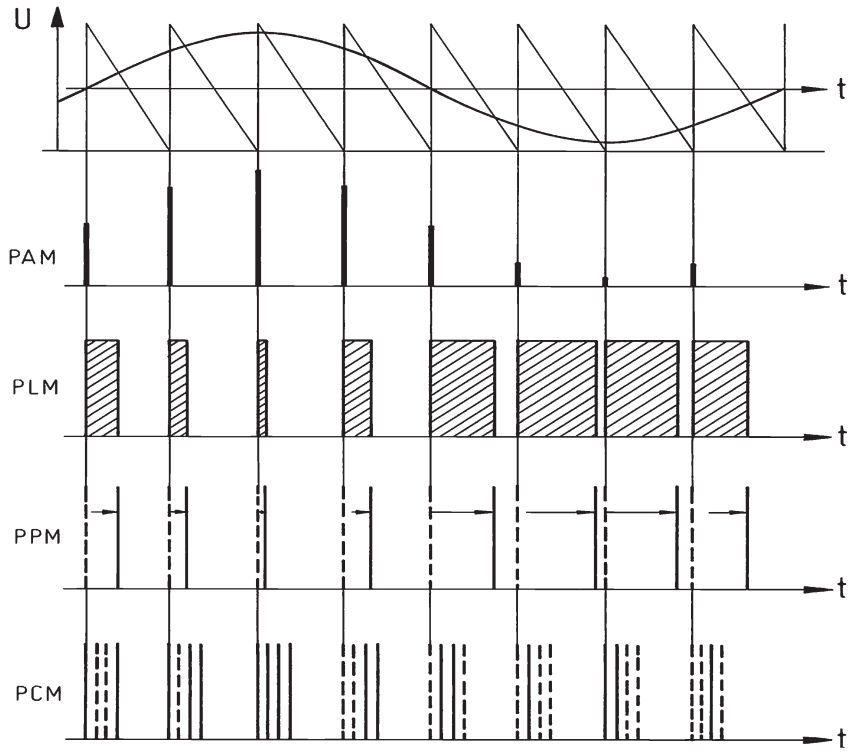


Abb. 25.3 Pulsmodulationen (Kennzeichen „P“)

Tab. 25.1 Übertragungsarten

Kennzeichen:	Beschreibung:
0	Fehlen jeglicher Modulation zur Übertragung einer Nachricht, d. h. der Sender strahlt ohne Unterbrechung die unmodulierte Trägerwelle aus.
1	Telegraphie ohne Modulation durch eine hörbare Frequenz. Die vom Sender ausgestrahlte Trägerwelle wird im Rhythmus eines Morsekodes unterbrochen.
2	Telegraphie durch Ein-Aus-Tastung einer oder mehrerer hörbarer Modulationsfrequenzen oder durch Ein-Aus-Tastung der modulierten Aussendung.
3	Fernsprechen (einschl. Tonrundfunk). Hier wird die vom Sender ausgestrahlte Trägerwelle mit niederfrequenten Sprachschwingungen moduliert.
4–8	Für den Flugfunk unwichtig.
9	Fälle, die oben nicht aufgeführt sind.

Tab. 25.2 Zusätzliche Übertragungsmerkmale

Kennzeichen:	Beschreibung:
ohne:	Zweiseitenband
A:	Einseitenband mit vermindertem Träger
H:	Einseitenband mit vollem Träger
J:	Einseitenband mit unterdrücktem Träger
B:	Zwei voneinander unabhängige Seitenbänder
C:	Restseitenband
D:	Pulsamplitudenmodulation
E:	Pulsbreitenmodulation
F:	Pulsphasenmodulation
G:	Pulscodemodulation.

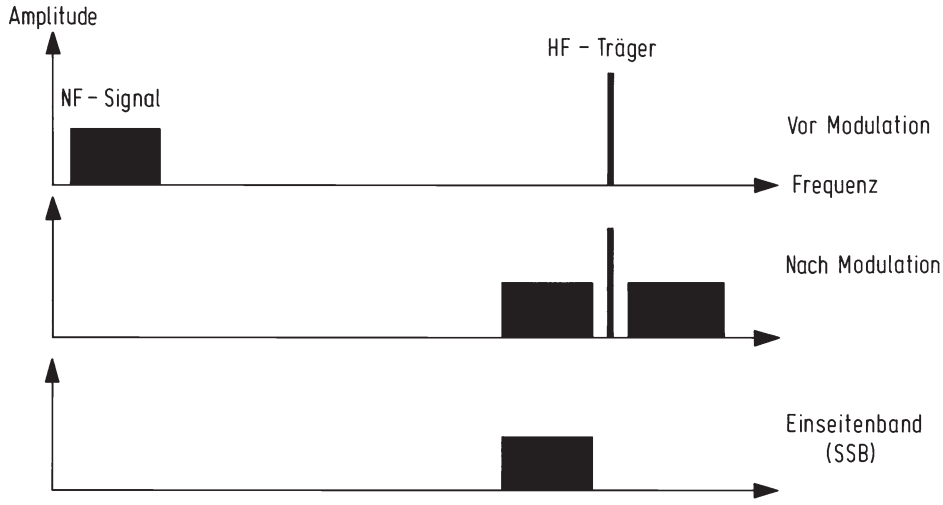


Abb. 25.4 Seitenbänder der Amplitudenmodulation

25.1.2 Frequenzbereiche

Das Funkspektrum, d. h. der gesamte Frequenzbereich der elektromagnetischen Wellen, ist in verschiedene Frequenz- bzw. Wellenlängenbereiche unterteilt (vgl. Tab. 25.3).

Tab. 25.3 Frequenz- bzw. Wellenlängenbereiche

Bezeichnung/Symbol	Frequenz	Wellenlänge
Sehr lange Wellen (Very Low Frequency) VLF	3–30 kHz	10–100 km
Langwelle (Low Frequency) LF	30–300 kHz	1–10 km
Mittelwelle (Medium Frequency) MF	300–3000 kHz	100–1000 m
Kurzwelle (High Frequency) HF	3–30 MHz	10–100 m
Ultrakurzwelle (Very High Frequency) VHF	30–300 MHz	1–10 m
Dezimeterwelle (Ultra High Frequency) UHF	300–3000 MHz	10–100 cm
Zentimeterwelle (Super High Frequency) SHF	3–30 GHz	1–10 cm
Millimeterwelle (Extremely High Frequency) EHF	30–300 GHz	1–10 mm

25.2 Nah- und Mittelbereichsnavigation

25.2.1 Ungerichtetes Funkfeuer/Automatische Funkpeilanlage

Das ungerichtete Funkfeuer (Non Directional Radio Beacon (NDB)) ist eine Funknavigationshilfe im Lang- und Mittelwellenbereich, die vom Nutzer zur Bestimmung der Relativrichtung angepeilt werden kann. Durch Kreuzpeilung zweier NDB-Sender lässt sich so eine Standortbestimmung vornehmen. Die Nutzung erfolgt bordseitig über die automatische Funkpeilanlage (Automatic Direction Finder (ADF)).

Nach ICAO ist für ungerichtete Funkfeuer der Frequenzbereich von 200–1750 kHz vorgesehen. Dementsprechend ist auch der Frequenzbereich der ADF-Anlagen ausgelegt.

Bei einem NDB handelt es sich um einen Sender, der, ähnlich einem Rundfunksender, über die Antennenanlage einen vertikal polarisierten, hochfrequenten Träger ohne

Richtwirkung abstrahlt. Entsprechend diesem Rundstrahlerprinzip ergibt sich das Horizontalrichtdiagramm als Kreis. Der Verlauf des Vertikalrichtdiagrammes ist in erster Linie von der Form der Antenne abhängig. Es kann beispielsweise einer Cosinusfunktion folgen. Der Träger ist im allgemeinen unmoduliert. Zusätzlich erfolgt die Ausstrahlung der Senderkennung im Morsecode.

Die NDB-Anlage setzt sich aus der Antennenanlage, einem Lang- oder Mittelwellensender in Doppelanordnung und einer Überwachungsanlage zusammen.

Die Antennenanlage besteht entweder aus einem einfachen Sendemast von etwa 30 m Höhe oder einer T-Antenne von ca. 20 m Höhe und 30 m Länge sowie einer Komponente, die der Antennenabstimmung dient (Abb. 25.5).

Der Lang- bzw. Mittelwellensender besteht aus einem quarzstabilisierten Frequenzgenerator, Sendervor- und -endverstärker sowie einem Kennungs- und Modulationsgenerator für die funktechnische Erzeugung der Senderkennung.

Die Überwachungsanlage kontrolliert u. a. Netzspannung, Sendeleistung, Kennung sowie die Modulation und schaltet bei Störungen im Hauptsender auf den Ersatzsender bzw. auf die Notstromversorgung um.

Die hierzu notwendigen Signale werden über eine abgesetzt positionierte Empfangsantenne in die Überwachungsanlage eingespeist. Die Abb. 25.6 gibt einen vereinfachten Aufbau der NDB-Anlage wieder.

Die ADF-Anlage besteht aus einem Antennensystem, einem Empfänger, einem Bediengerät und einem Anzeigegerät.

Das Antennensystem besteht aus einer Peilantenne (Loop-Antenne) und einer Seitenbestimmungsantenne (Sense-Antenne). Die Loop-Antenne ist gewöhnlich als Rahmenantenne ausgeführt und liefert als Empfangsdiagramm das in der Abbildung dargestellte Doppelkreis- Diagramm.

Der Peilvorgang erfolgt dadurch, dass die Antenne so lange gedreht wird, bis die Antennenspannung minimal wird (Minimumpeilung). Die Loop-Antenne gestattet zwar ein Anpeilen des Senders, sie gibt jedoch keine Auskunft darüber, auf welcher

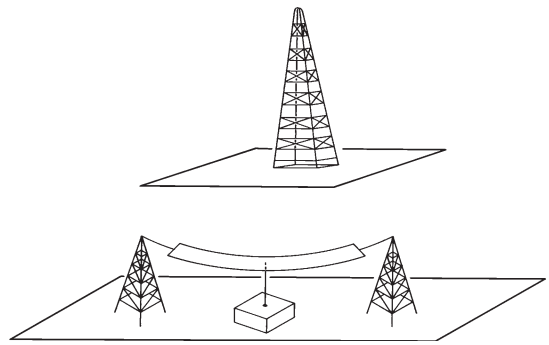


Abb. 25.5 Antennenanlage eines NDB-Senders [163]

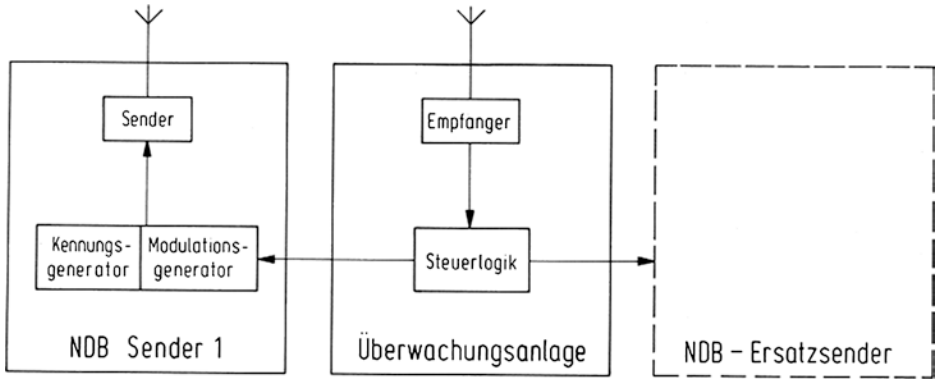
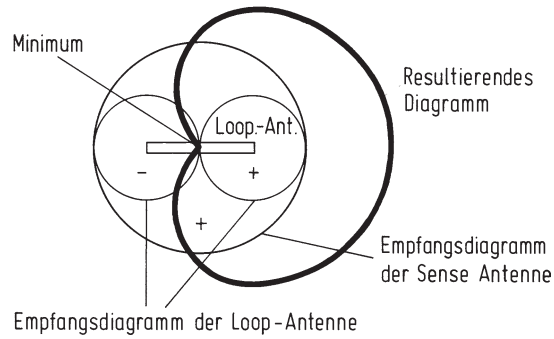


Abb. 25.6 Vereinfachtes Blockschaltbild eines NDB-Senders [163]

Abb. 25.7 Empfangsdiagramm eines ADF-Antennensystems [163]



Seite der Antenne sich der Sender befindet. Diesem Nachteil begegnet man durch Hinzuschalten der Sense-Antenne, einer einfachen Stabantenne mit einem kreisförmigen Empfangsdiagramm. Die Überlagerung beider Empfangsdiagramme führt zu einem eindeutigen resultierenden Diagramm, der so genannten „Kardioide“ (Abb. 25.7).

Außer der beschriebenen Rahmenantenne werden alternativ Anlagen, so genannte „Goniometer“ verwendet. Hierbei sind zwei senkrecht zueinander liegende Ferritstäbe, die mit einigen Drahtwicklungen umgeben sind, fest mit dem Luftfahrzeug verbunden. Die von diesen Stäben gelieferten Spannungen werden an zwei senkrecht zueinander stehende Feldspulen übertragen und erzeugen ein elektromagnetisches Feld, das dem der Funkwelle entspricht. Innerhalb dieser Feldspulen befindet sich eine Suchspule, die wie bei der Rahmenantenne durch einen Stellmotor in Minimumstellung gehalten wird. Die drehbare Außenantenne ist also durch eine Suchspule im Inneren des Empfängers ersetzt worden. Das Prinzip der Goniometer-Peilanlage zeigt Abb. 25.8.

Der ADF-Empfänger hat die Aufgabe, aus der Vielzahl der Funkwellen die der gewählten Bodenstation herauszufiltern.

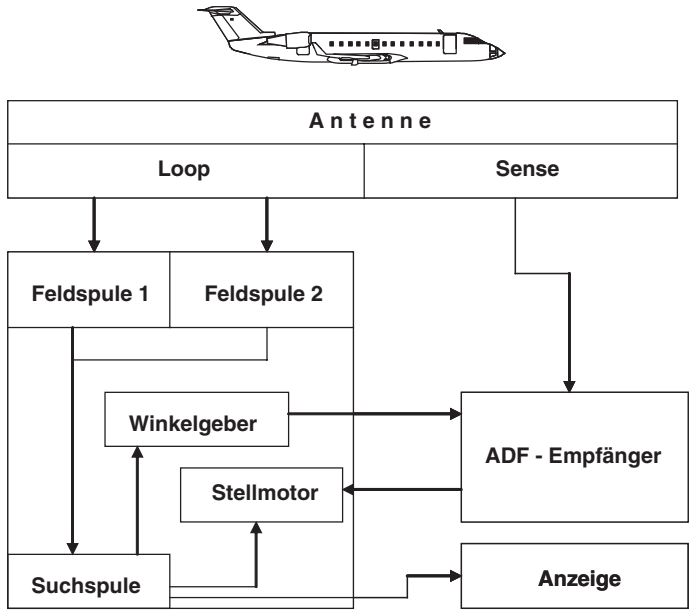
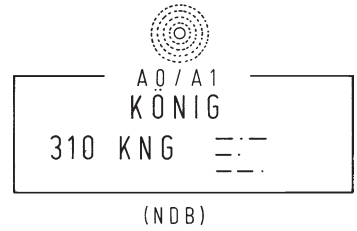


Abb. 25.8 Prinzip der Goniometer-Peilanlage [163]

Abb. 25.9 Darstellung einer NDB-Bodenstation in Funknavigationskarten [58]



Dies geschieht durch Anpassung des Eingangsschwingkreises an die Trägerfrequenz des Senders. Heutige Empfänger sind grundsätzlich Überlagerungsempfänger, d. h. die von der Antenne empfangene Hochfrequenz-Schwingung wird verstärkt und dann nicht direkt demoduliert, sondern vorher mit einer Hilfsschwingung überlagert und in eine Zwischenfrequenz-Schwingung überführt.

Diese Zwischenfrequenz lässt sich leichter verstärken als ein breites Frequenzband. Vorteil dieses Verfahrens ist eine wesentlich bessere Empfangsqualität. Das Bediengerät dient in erster Linie dazu, die Frequenz der gewünschten Bodenstation zu wählen.

Ein NDB-Funkfeuer stellt bodenseitig nur die Senderkennung als Information zur Verfügung. Die Richtungsbestimmung erfolgt durch den bordseitigen Peilvorgang mittels ADF (Eigenpeilung). Name, Frequenz und Kennung der Stationen sind in den Funknavigationskarten aufgeführt (Abb. 25.9).

Die von der ADF-Anlage gelieferte Information ist der Winkel zwischen der Luftfahrzeug-Längsachse und der Verbindungslinie zwischen Luftfahrzeug und Bodenstation.

Dieser Winkel wird „Relative Peilung (Relative Bearing, RB)“ genannt. Zur Ermittlung der absoluten „Missweisenden Peilung (Magnetic Bearing (QDM))“ wird zur relativen Peilung der missweisende Steuerkurs (Magnetic Heading, MH) addiert.

Da die Richtungsinformation an Bord ermittelt wird, nennt man dieses Verfahren auch Eigenpeilung.

Der Zusammenhang zwischen absoluter und relativer Peilung ist der Abb. 25.10 zu entnehmen.

Die Anzeige kann auf einem „Relative Bearing Indicator (RBI)“ oder einem „Radio Magnetic Indicator (RMI)“ erfolgen. Beim RBI steht die Gradrose fest. Die Nullmarke zeigt immer in Richtung der Flugzeuglängsachse. Als Peilwert kann nur das Relative Bearing (RB) abgelesen werden.

Beim RMI hingegen ist die Gradrose eine Kompassrose, die der missweisenden Nordrichtung automatisch nachgeführt wird. Unter der Nullmarke wird stets der Steuerkurs angezeigt. Das QDM kann direkt abgelesen werden (vgl. Abb. 25.11).

Da zur Bestimmung des Standortes Peilungen zu zwei verschiedenen Bodensendern erforderlich sind, werden in Luftfahrzeugen meistens zwei unabhängige ADF-Anlagen verwendet, deren Peilungen in einem kombinierten Zweizeiger-Instrument angezeigt werden.

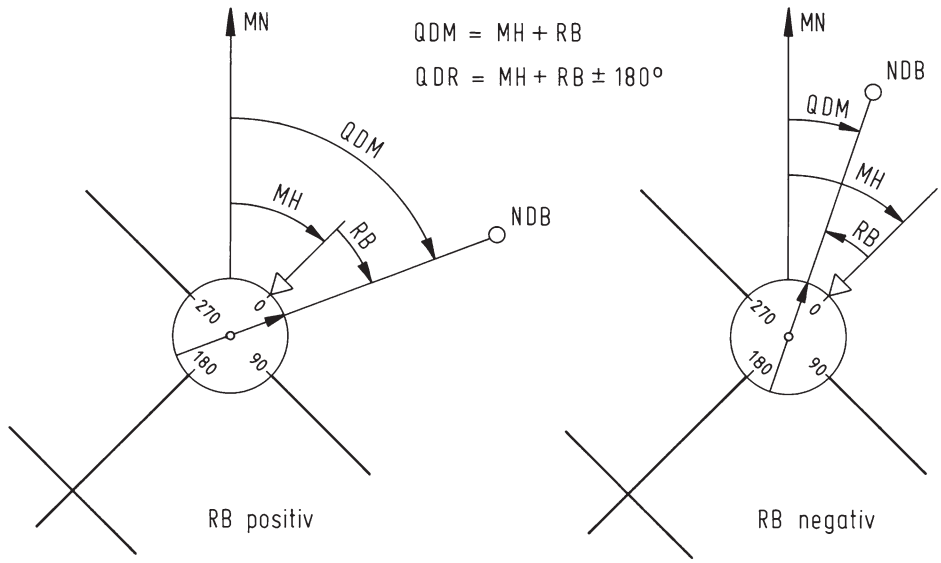


Abb. 25.10 Zusammenhang zwischen absoluter und relativer Peilung [163]

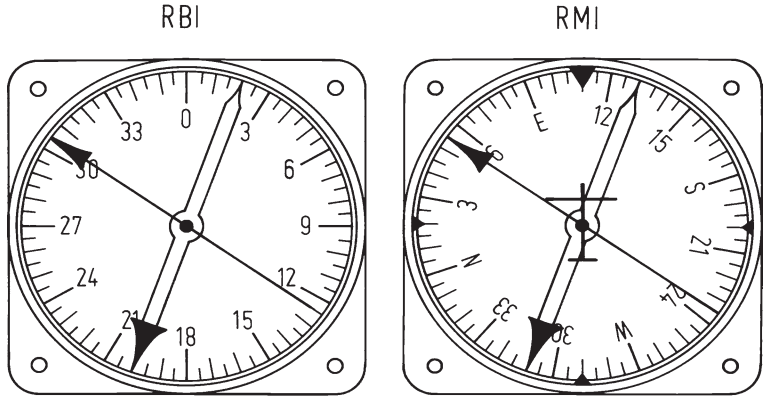


Abb. 25.11 Peilwert-Darstellung RBI und RMI [163]

Bei Luftfahrzeugen mit Kathodenstrahlröhren als Anzeigegeräte erfolgt eine entsprechende Anzeige. Ungerichtete Funkfeuer werden genutzt:

- zur Streckennavigation auf Flugverkehrsstrecken,
- zur Markierung von Pflichtmeldepunkten auf Flugverkehrsstrecken,
- als Holding Fix (HF) auf Flugverkehrsstrecken,
- als Initial Approach Fix (IAF) in Nahverkehrsbereichen,
- zur Standortbestimmung z. B. durch Kreuzpeilung,
- als Anflugfunkfeuer (Locator) an Flugplätzen.

Gebräuchliche Navigationsverfahren mit NDB-Unterstützung sind Senderan- und -abflüge, Warteverfahren sowie die Durchführung von Verfahrenskurven.

Der einfachste Fall ist ein Zielflug (Homing) auf das NDB. Hierzu wird so geflogen, dass die Peilnadel stets unter der feststehenden Marke an der Oberkante des Instruments (Lubber Line) steht.

Bei Seitenwindeinfluss liefert dieses Verfahren als Flugweg über Grund die so genannte „Hundekurve“, da der Steuerkurs ständig geändert werden muss, um die Peilnadel unter der „Lubber Line“ zu halten (vgl. Abb. 25.12).

25.2.2 UKW-Drehfunkfeuer

Das UKW-Drehfunkfeuer (Very High Frequency Omnidirectional Radio Range (VOR)) ist eine Funknavigationshilfe, die als Azimutinformation den Winkel zwischen Luftfahrzeugstandlinie und magnetisch Nord liefert. Die Bodenstation sendet hierzu zwei voneinander unabhängige Signale aus, und zwar ein Bezugssignal, dessen Phasenlage unabhängig vom Standort des Empfängers ist, und ein Signal mit

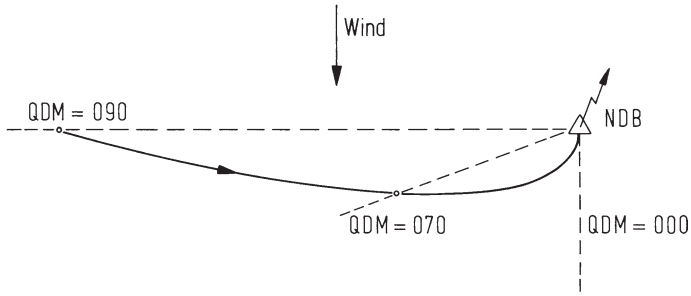


Abb. 25.12 Zielflugverfahren (Homing) mit Seitenwindeinfluss [163]

azimutabhängiger Phasenlage. Die Phasenverschiebung entspricht der Relativrichtung des Empfängers bezüglich der Bodenstation, d. h. südlich des Senders beträgt die Phasenverschiebung 180°, westlich des Senders 270° usw.

Eine VOR-Bodenanlage setzt sich aus einer Antennenanlage, einem Ultrakurzwellensender in Doppelanordnung und einer Überwachungsanlage zusammen.

Die Antennenanlage besteht aus einer Rundstrahlantenne für das richtungsunabhängige Bezugssignal (z. B. eine Stab- oder Rahmenantenne) und einer Richtstrahlantenne für das richtungsabhängige Umlaufsignal (z. B. rotierender Dipol).

Das Phasenvergleichsprinzip beim UKW-Drehfunkfeuer ist der Abb. 25.13 zu entnehmen.

Zur Vermeidung vertikalpolarisierter Anteile der VOR-Ausstrahlung ist die Antennenanlage in einem aus vertikalen Stäben bestehenden Polarisationskäfig untergebracht. Zum Schutz vor äußeren Einflüssen (z. B. Witterung) befindet sich das ganze System in einem Styroporgehäuse (vgl. Abb. 25.14).

Bei der hier abgebildeten Antennenanlage findet noch ein mechanisch rotierender Dipol, angetrieben von einem präzise arbeitenden Synchronmotor, Anwendung. Da dieses Verfahren, bedingt durch den mechanischen Verschleiß, relativ störanfällig ist und einen erhöhten Wartungsaufwand erfordert, ist man dazu übergegangen, ein rotierendes Richtdiagramm bei feststehenden Antennen durch die Verwendung eines elektronischen Goniometers zu erzeugen.

Das Antennensystem besteht dabei aus zwei gekreuzten Dipolen für das Umlaufsignal, die über das elektronische Goniometer gespeist werden sowie einer Rahmenantenne für das Referenzsignal. Beide Strahlerelemente werden in Ätztechnik auf einer kupferkaschierten Epoxyd-Glasfaser-Platine hergestellt.

Die Sendeanlage ist in Doppelanordnung ausgeführt, damit bei Ausfall eines Senders der Betrieb ohne Unterbrechung fortgeführt werden kann. Der Sender selbst besteht aus zwei Komponenten. Die eine enthält Oszillator, Breitbandverstärker und Treiberstufe, die andere einen Leistungsverstärker. Die Ausgangsleistung eines UKW-Dreh-funkfeuers liegt zwischen 25 und 200 W und der Frequenzbereich bewegt sich zwischen 108 und 117,95 MHz.

Die Überwachungsanlage wird über einen Felddetektor, der in einer Entfernung von ca.10 m zum Sender aufgestellt ist, mit den abgestrahlten Signalen gespeist. In einem

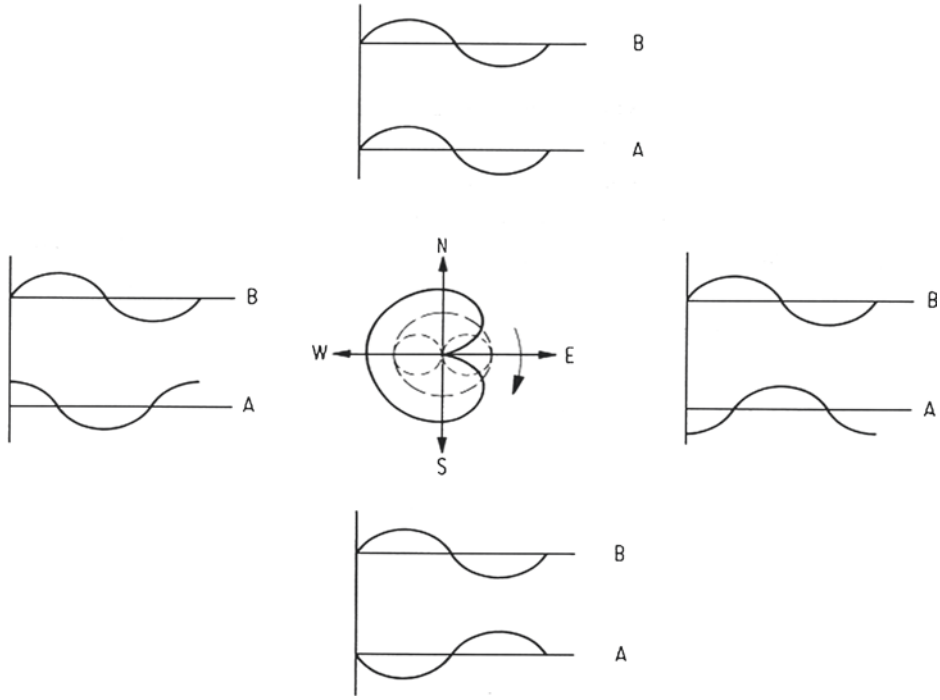


Abb. 25.13 Phasenvergleichsprinzip beim UKW-Drehfunkfeuer [163]

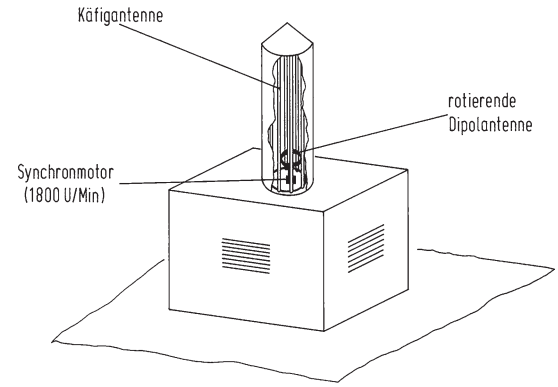


Abb. 25.14 Antennenanlage eines VOR-Senders [163]

Kursüberwacher wird die Genauigkeit der empfangenen Richtungsinformationen überprüft. Werden die Toleranzwerte für Abweichungen vom Sollwert überschritten, erfolgt die Aktivierung des Ersatzsenders. Treten auch hier unzulässige Meßwerte auf, wird die Anlage abgeschaltet. Abbildung 25.15 zeigt eine Doppler-VOR Anlage.

Abb. 25.15 Doppler-VOR Anlage [102]

Abbildung 25.16 zeigt eine VOR/DME Anlage.

Zu einer VOR-Bordanlage gehören die Antenne, der Empfänger und das Bedien- und Anzeigegerät.

Zum Empfang der Hochfrequenz-Signale ist eine Antenne für den Frequenzbereich 108–117,95 MHz erforderlich. Sie muss ein Strahlungsdiagramm mit Rundumcharakteristik aufweisen.

Der VOR-Bordempfänger soll in dem genannten Frequenzbereich mit einem Kanalabstand von 50 kHz arbeiten. Damit die Forderungen an Empfindlichkeit, Bandbreite und Selektivität erfüllt werden können, werden auch hier Überlagerungsempfänger (Superhet-Empfänger) verwendet.

Der Empfänger erhält das mit 30 Hz frequenzmodulierte Bezugssignal (9960 Hz) und das mit 30 Hz amplitudenmodulierte azimutabhängige Signal. Um die Phasenverschiebung beider Signale vergleichen zu können, wird das Bezugssignal in ein amplitudenmoduliertes Signal umgesetzt. Die IST-Phasenverschiebung und die am Kurswähler eingestellte SOLL-Phasenverschiebung werden verglichen und die Differenz an das Anzeigeinstrument weitergeleitet. Das Bediengerät dient zum Einstellen der Frequenz der gewünschten Bodenstation.

Die VOR-Anlage liefert dem Nutzer neben der Stationskennung im Morsecode den Winkel zwischen Luftfahrzeugstandlinie und Nordrichtung bzw. die Ablage zwischen SOLL- und IST-Standlinie. Ferner wird die Information geliefert, ob die vorgewählte Richtung zur Station hin oder von ihr weg führt (TO/FROM-Anzeige). Da die Richtungsinformation von der Bodenstation erzeugt und übermittelt wird, bezeichnet man diese Art der Richtungsbestimmung aus der Sicht des Nutzers als Fremdpeilung.

Abb. 25.16 VOR/DME Anlage [102]

Die Richtungsinformation beim UKW-Drehfunkfeuer basiert auf der Phasenverschiebung zwischen Referenz- und Umlaufsignal. Hierzu wird die von einem Hochfrequenzgenerator erzeugte Energie beiden Antennensystemen zugeführt.

Um am Empfänger eine Unterscheidung zwischen Referenz- und Umlaufsignal zu erhalten, wird das Referenzsignal mit 9,96 kHz amplitudenmoduliert (AM). Dieser neue Subträger wird zusätzlich mit 30 Hz frequenzmoduliert (FM). Der Hub dieser Modulation beträgt dabei ±480 Hz. Das Umlaufsignal bleibt unmoduliert, während seine Richtcharakteristik mit 30 U/s umläuft. Durch diese Drehung tritt am Empfangsort eine Amplitudenmodulation mit 30 Hz auf. Die Phasenlage dieses Umlaufsignals bezüglich des Referenzsignals ist dabei von der Richtung zum Empfangsort abhängig.

Im Nahbereich der Bodenstation steht die Richtungsinformation jedoch nur im begrenzten Maße zur Verfügung. Bedingt durch das Ausbreitungsverhalten elektromagnetischer Wellen entsteht oberhalb des Senders ein so genannter Schweigekegel, auch als Zone der Unsicherheit bezeichnet. Hier können keine bzw. nur schwache Signale empfangen werden. Der maximale Öffnungswinkel des Kegels kann bis zu 100° betragen, wodurch der Durchmesser des Kegels entsprechend der Flughöhe wächst (vgl. Abb. 25.17).

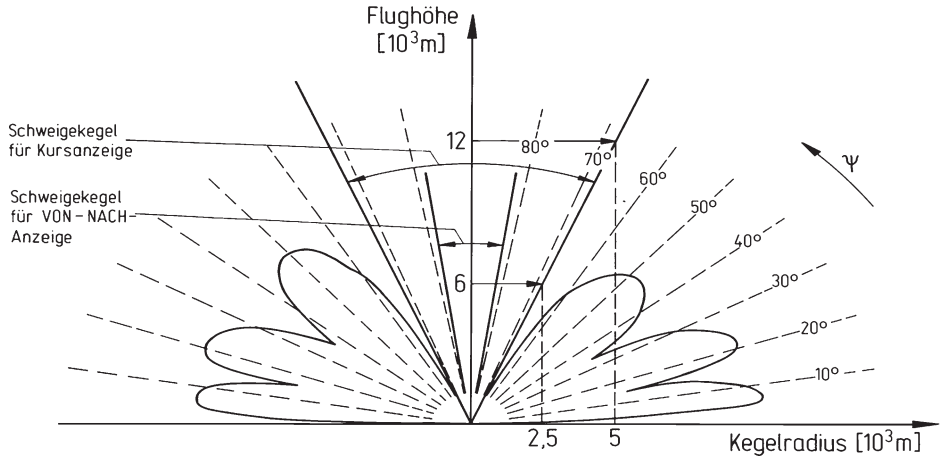
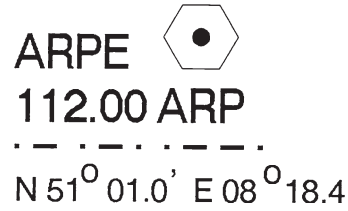


Abb. 25.17 Schweigekegel eines VOR-Senders [163]

Abb. 25.18 Darstellung einer VOR-Bodenstation in Funknavigationskarten [58]



Der 3-Letter-Code des Funkfeuers wird in Abständen von ca. 30 s im Morsecode ausgestrahlt. Der Träger wird dazu mit 1020 Hz amplitudenmoduliert. Zur Übertragung zusätzlicher Sprachinformationen, wie z. B. ATIS, wird der Träger ebenfalls amplitudenmoduliert. Der Frequenzbereich dieser Modulation liegt zwischen 300 und 3.000 Hz. Name, Frequenz, Kennung und Morsecode sind in den Funknavigationskarten aufgeführt. Oft ist auch die Ausrichtung auf magnetisch Nord über eine Kompaßrose angedeutet. Die Darstellung einer VOR-Bodenstation in Funknavigationskarten zeigt Abb. 25.18.

Abbildung 25.19 zeigt das Frequenzspektrum eines VOR-Senders.

Die Anzeige der VOR-Informationen erfolgt üblicherweise im Cockpit auf dem Horizontal Situation Indicator (HSI) oder in der entsprechenden Betriebsart auf dem Navigation Display (ND) des EFIS (vgl. Abb. 25.20).

Die VOR-Bordanlage ermöglicht es dem Luftfahrzeugführer, die VOR-Station auf einem vorgewählten Radial (Linie gleicher Phasendifferenz) anzufliegen bzw. von der Station wegzufliegen.

Weichen Steuerkurs (MH) und vorgewählter Kurs (Radial) um nicht mehr als 90° voneinander ab, dann arbeitet das Gerät als Kommandogerät, d. h. der Course Deviation Bar schlägt stets in die Richtung aus, in die geflogen werden muss, um mit

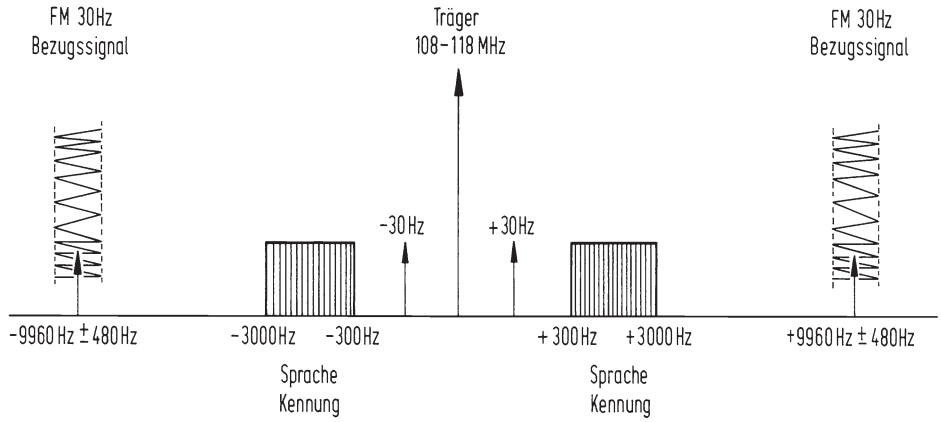


Abb. 25.19 Frequenzspektrum eines VOR-Senders [163]

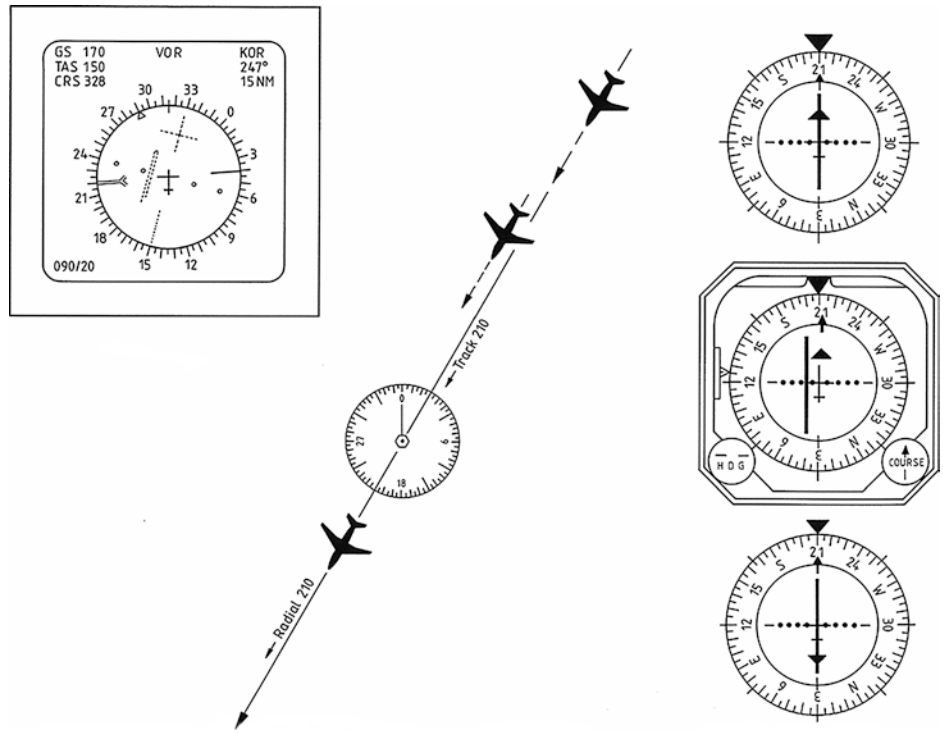


Abb. 25.20 VOR-Anzeigebeispiele auf dem Horizontal Situation Indicator (HSI) bzw. Navigation Display (ND) [163]

der kleineren Kursänderung auf den eingewählten Kurs zu kommen. Ist die Abweichung größer als 90°, dann liefert das Instrument eine IST-Anzeige. Jeder Punkt (dot) auf dem Anzeigegerät bedeutet dabei eine Ablage von 2,5°.

Das UKW-Drehfunkfeuer eröffnet eine Vielfalt von Anwendungsmöglichkeiten. Die Nutzung ermöglicht:

- Streckennavigation auf Flugverkehrsstrecken,
- Markierung von Pflichtmeldepunkten auf Flugverkehrsstrecken,
- Navigationshilfe für An- und Abflüge in Flugplatznähe (Terminal VOR, TVOR), zusammen mit der Ausstrahlung der Start- und Landeinformationen (ATIS),
- Kennzeichnung Holding Fix (HF),
- Kennzeichnung Initial Approach Fix (IAF),
- Standortbestimmung mit Hilfe mindestens zweier VOR-Stationen bzw. einer VOR-Station und einem NDB.

Gebräuchliche Navigationsverfahren sind Senderan- und -abflüge mit vorgewähltem Kurs.

25.2.3 Funk-Entfernungsmessanlage

Die Funk-Entfernungsmessanlage (Distance Measuring Equipment (DME)) ist eine Navigationsanlage, die dem Luftfahrzeugführer die Entfernung (Schrägentfernung) zu der von ihm gewählten Station liefert. Die Entfernung wird aus der Laufzeit von Impulsen gewonnen, die der Luftfahrzeugsender ausstrahlt, die Bodenstation empfängt und verzögert zurücksendet. An Bord wird die für einen solchen Hin- und Rücklauf benötigte Zeit gemessen und als Entfernungsmaß zur Anzeige gebracht. Das Funktionsprinzip eines DME zeigt Abb. 25.21.

Eine DME-Bodenstation umfasst den Abfrageempfänger und Antwortsender, das Verzögerungsglied, die Sende-/Empfangsantenne und die Modulations- und Ent- bzw. Verschlüsselungseinrichtungen (vgl. Abb. 25.22). Die bordseitige Anlage besteht aus dem DME-Bordgerät (Interrogator), der Sende-/Empfangsantenne und dem Bedien- und Anzeigegerät.

Der an Bord befindliche Interrogator beinhaltet sowohl den Abfragesender als auch den Antwortempfänger. Das Gerät erzeugt Abfrageimpulse im Frequenzbereich von 1025–1150 MHz, die zu Doppelimpulsen verschlüsselt und über die Antenne abgestrahlt werden. Bei einem Kanalabstand von 1 MHz ergeben sich somit 126 Kanäle (vgl. Abb. 25.23).

Die Verwendung von Impulspaaren hat zwei Gründe. Einmal lässt sich durch Kodierung des Impulsabstandes auf einfache Weise eine Kanalkennzeichnung vornehmen und damit die Anzahl der Kanäle erhöhen, zum anderen schützt die Verwendung von Impulspaaren gegen die irrtümliche Auswertung fremder Einzelimpulse. Derzeit sind 126 X-Kanäle (Impulsabstand 12 μs) und 126 Y-Kanäle (Impulsabstand 36 μs) festgelegt (vgl. Tab. 25.4).

Die vom Luftfahrzeug abgestrahlten Abfrageimpulse werden bodenseitig empfangen und der Impulsabstand entschlüsselt. Anschließend werden die Impulse erneut zu Doppelimpulsen mit dem gleichen Impulsabstand verschlüsselt und auf einer um 63 MHz höheren oder niedrigeren Frequenz (je nach Kanalbereich) zum Luftfahrzeug

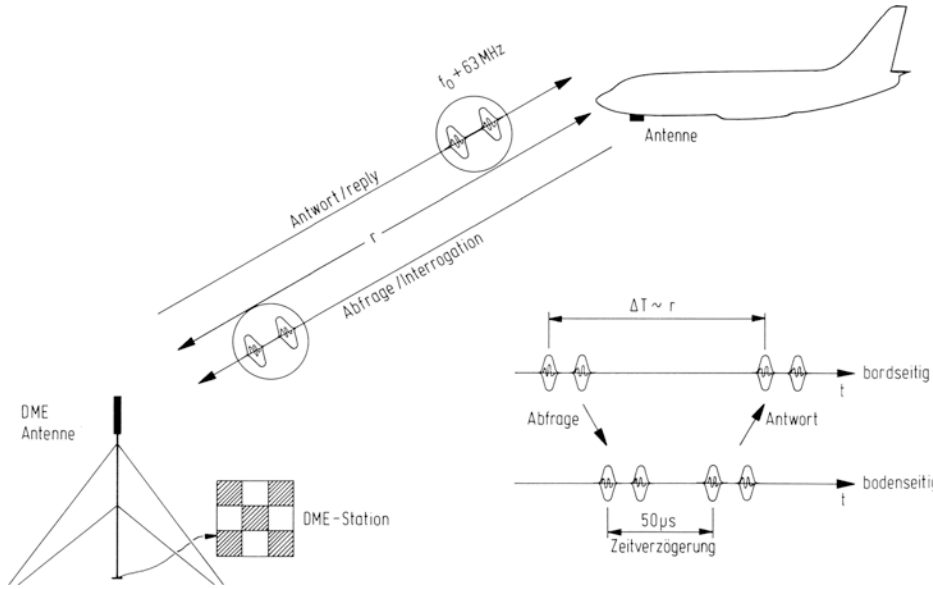


Abb. 25.21 Funktionsprinzip einer Funk-Entfernungsmessanlage (DME) [163]

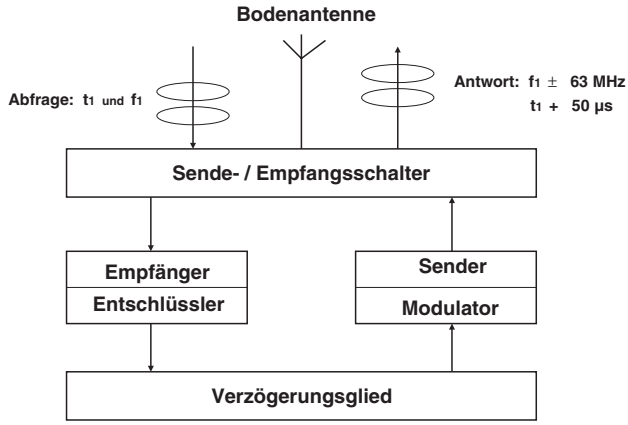


Abb. 25.22 Vereinfachtes Blockschaltbild einer DME-Bodenstation [163]

zurückgesendet. Ein Verzögerungsglied sorgt dafür, dass, unabhängig von der Verarbeitungszeit in der Bodenstation, der eintreffende Abfrageimpuls 50 µs später durch einen abgestrahlten Antwortimpuls beantwortet wird. Der Frequenzbereich der Bodenstation liegt zwischen 962 und 1213 MHz .

Die Trägerfrequenzen für die Empfangs- und Senderstufe werden über quarzstabilisierte Oszillatoren erzeugt. Die Umschaltung zwischen Sende- und Empfangsbetrieb

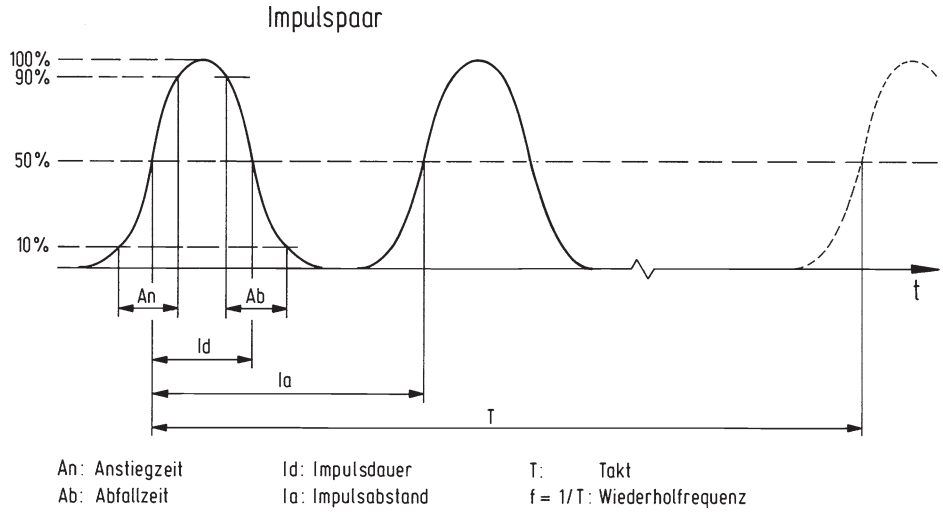


Abb. 25.23 Impulsformat einer Funk-Entfernungsmessanlage (DME) [163]

Tab. 25.4 Frequenzbereiche und Kanaleinteilung – DME

Frequenzbereiche	Bordgerät: Abfrageimpulse	Bodenstation: Antwortimpulse
962–1024 MHz		63 X – Kanäle $t_k = 12\ \mu s$
1025–1087 MHz	63 X – Kanäle $t_k = 12\ \mu s$	63 Y – Kanäle $t_k = 30\ \mu s$
	63 Y – Kanäle $t_k = 36\ \mu s$	
1088–1150 MHz	63 X – Kanäle $t_k = 12\ \mu s$	63 Y – Kanäle $t_k = 30\ \mu s$
	63 X – Kanäle $t_k = 36\ \mu s$	
1151–1213 MHz		63 X – Kanäle $t_k = 12\ \mu s$

erfolgt über eine elektronische Sende-/Empfangsweiche. Für Sendung und Empfang kommt eine gemeinsame Antenne mit angenäherter Rundstrahlcharakteristik zur Anwendung.

An Bord wird der Antwortimpuls der Bodenstation empfangen und zur Ermittlung der Entfernung ausgewertet. Da ein Luftfahrzeug jedoch alle von der Bodenstation

ausgesendeten Antwortimpulse empfängt, muss das DME-Bordgerät in der angegebenen Reihenfolge folgende Funktionen erfüllen:

- Trennung von Fremdimpulsen und eigenen Antworten (Suchbetrieb),
- Umwandlung der Laufzeit in eine Entfernung (Nachlaufbetrieb),
- Darstellung der Entfernung auf dem Anzeigegerät.

Nach dem Einschalten des Empfängers muß dieser zunächst aus der Vielzahl der empfangenen Impulse die Antworten auf die eigenen Abfrageimpulse heraussuchen. Dies erfolgt dadurch, dass gleichzeitig mit dem Aussenden des Abfrageimpulses ein zweiter Impuls über eine Verzögerungseinrichtung an einen im Bordgerät befindlichen Impulsvergleicher gegeben wird.

Der von der Bodenstation gesendete Antwortimpuls wird nach dem bordseitigen Empfang ebenfalls dem Impulsvergleicher zugeführt. Im Suchbetrieb wird nun die Verzögerungszeit im Bordgerät solange verändert, bis mehrere Male hintereinander, d. h. mit einer bestimmten hohen Häufigkeit, der empfangene Impuls mit dem im Bordgerät erzeugten Impuls übereinstimmt.

Dies ist infolge der stochastisch ausgesendeten Abfrageimpulse nur bei den eigenen Antworten der Fall. Um den Suchbetrieb abzukürzen, wird hier mit einer Impulsfolgefrequenz von etwa 150 Impulspaaren pro Sekunde gearbeitet. Die Suchzeiten liegen im Bereich von 1–20 s. Ist die Verzögerungszeit gefunden, bei der die Abfragen mit einer bestimmten Häufigkeit beantwortet werden, wird auf den Nachlaufbetrieb umgeschaltet.

Im Nachlaufbetrieb wird die Verzögerungszeit synchron mit den Antworten der Bodenstation verändert, d. h. fällt der Antwortimpuls etwas später ein, so wird die Verzögerungszeit erhöht und umgekehrt. Die Impulsfolgefrequenz im Nachlaufbetrieb liegt zwischen 25 und 30 Impulspaaren pro Sekunde.

Die Zeit, die der verzögerte Impuls an Bord bis zum Impulsvergleicher benötigt, entspricht der Laufzeit des Impulses zur Station und zurück einschließlich der Verzögerungszeit von 50 μs in der Bodenstation. Diese Laufzeit ist ein Maß für die Entfernung des Luftfahrzeuges zur Bodenstation.

Die Entfernung berechnet sich aus der Laufzeit nach Formel 25.1:

$$\mathbf{R = 0{,}5 \times c\ (t\ -\ 50)} \tag{25.1}$$

mit:

R = Schrägentfernung zur Bodenstation (m)
c = Lichtgeschwindigkeit (m/s)
t = Laufzeit des Impulses (μs)

Die ermittelte Entfernung wird in Nautische Meilen (NM) umgerechnet und auf dem Anzeigegerät an Bord dargestellt.

Für VOR und DME ist meist ein gemeinsames Bediengerät vorhanden. VOR- und DME-Frequenzen sind einander fest zugeordnet, so dass man bei der Wahl einer VOR-Frequenz automatisch die zugehörige DME-Frequenz mit einstellt, falls die VOR-Station mit einem DME gekoppelt ist.

Das DME liefert die Schrägentfernung zu der gewählten Bodenstation. Direkt über der Station wird die Flughöhe angezeigt. Die Reichweite beträgt etwa 200 NM. Jede Bodenstation kann bis zu 100 Flugzeuge bedienen. Bei mehr als 100 Flugzeugen wird die Empfindlichkeit der Bodenstation reduziert, so dass nur die Flugzeuge der näheren Umgebung bedient werden. Die Bodenstation strahlt zusätzlich zum Antwortsignal in regelmäßigen Abständen die Stationskennung ab.

Die Anzeige der Schrägentfernung kann auf einem separaten Gerät oder kombiniert mit anderen Informationen z. B. auf dem RMI erfolgen (vgl. Abb. 25.24). Die Entfernungsanzeige bleibt erhalten, auch wenn die Antwortimpulse für 10 s ausbleiben. Erst danach wird wieder in den Suchbetrieb geschaltet.

Eine gemeinsame VOR/DME-Station reicht zur Standortbestimmung aus, weil neben der Richtung auch die Entfernung geliefert wird. Fliegt ein Luftfahrzeug direkt auf eine DME-Station zu oder von ihr weg, so kann aus der Änderung der Entfernung die Geschwindigkeit über Grund ermittelt werden. Weitere Anwendungen sind Anflug- und Warteverfahren, bezogen auf einen durch VOR/DME festgelegten Ort.

25.2.4 Kombinierte Systeme

Bodenseitig treten oft Kombinationen der genannten Navigationsanlagen auf. Das bereits erwähnte VOR/DME Anlage bietet den Vorteil, den Standort durch die vorhandene Richtungs- und Entfernungsinformation mit nur einer Bodenstation ermitteln zu können.

TACAN (Tactical Air Navigation) ist ein Funknavigationsverfahren für die Kurz- und Mittelstreckennavigation der militärischen Luftfahrt, das seit Mitte der 50er Jahre in großem Umfang in allen NATO-Staaten eingeführt wurde.

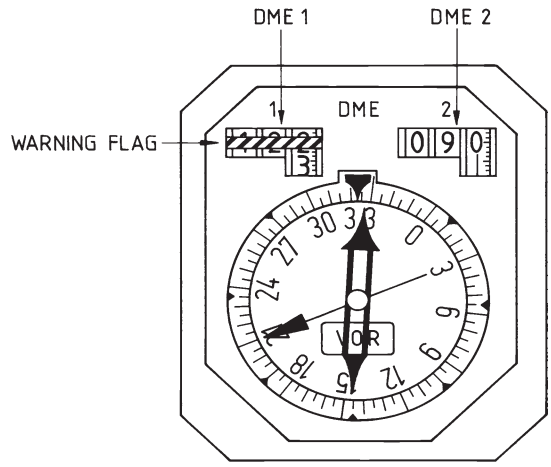


Abb. 25.24 RMI mit DME – Anzeige [163]

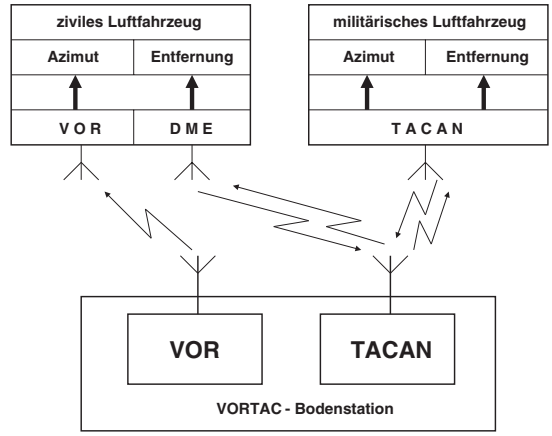


Abb. 25.25 Prinzip der VORTAC Systemnutzung durch militärische und zivile Luftfahrzeuge [163]

Das TACAN-Bordgerät ist im Prinzip ein DME-Gerät mit Zusätzen zur Azimutmessung, die ähnlich wie beim VOR auf der Messung der Phasendifferenz zwischen einem Bezugssignal und einem azimutabhängigen Signal beruht. Diese Kompatibilität zwischen TACAN und DME ermöglicht es, dass alle TACAN-Stationen auch alle DME-Bordgeräte bedienen können und andererseits alle DME-Stationen auch alle TACAN-Bordgeräte mit der Entfernungsinformation versorgen können.

Um mit TACAN ausgerüsteten Flugzeugen auch die Benutzung der ATS-Routen zu ermöglichen, wurde von mehreren Staaten das VORTAC-System eingeführt. Dabei wird der VOR-Anlage anstelle einer DME-Station eine TACAN-Station zugeordnet.

Die zivilen Luftfahrzeuge erhalten ihr Azimut von einer VOR-Station und ihre Entfernung von der TACAN-Station. Militärische Luftfahrzeuge erhalten Azimut und Entfernung von derselben TACAN-Station (vgl. Abb. 25.25). Flugsicherungsmäßig können somit beide Nutzer gleich behandelt werden.

25.3 Weitbereichsnavigation

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Systeme sollen dem Benutzer im ersten Schritt Ortungsinformationen über sehr große Entfernungen übermitteln. Erwünscht sind hierbei Überdeckungsbereiche bis zu 10.000 km.

Die wichtigsten Weitbereichsnavigationssysteme sind LORAN und OMEGA, die die Ortungsinformation aus Laufzeit- bzw. Phasendifferenzen gewinnen, während bei der Satellitennavigation GPS (Global Positioning System) Einweg-Laufzeitmessungen zur Positionsbestimmung dienen. Alle Systeme kommen ohne bordseitige Sender aus.

LORAN und OMEGA zählen zu den Hyperbelnavigationsverfahren. Wird nämlich von zwei Bodenstationen gleichzeitig ein Signal abgestrahlt und wird dieses Signal an

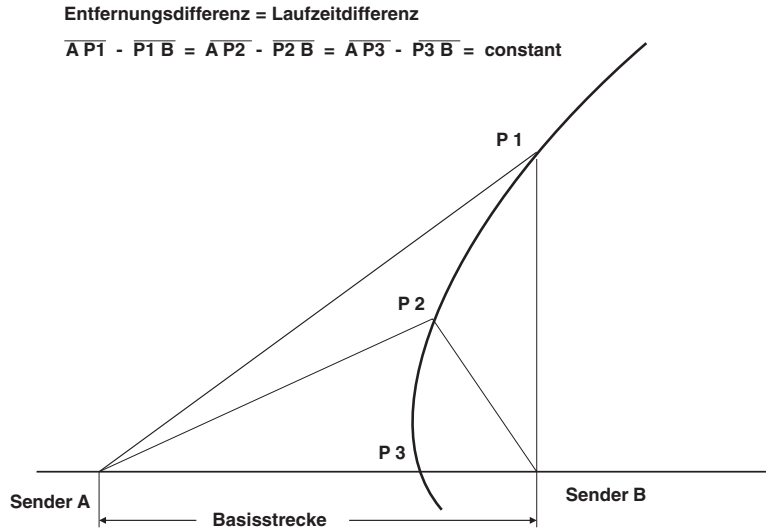


Abb. 25.26 Hyperbelstandlinie als geometrischer Ort aller Punkte gleicher Entfernungs differenz

einem bestimmten Ort zu unterschiedlichen Zeiten (bzw. bei OMEGA mit unterschiedlicher Phasenlage) empfangen, dann entspricht die Laufzeit- bzw. Phasendifferenz der Entfernungsdifferenz zu den beiden Bodenstationen (vgl. Abb. 25.26).

Der geometrische Ort aller Punkte gleicher Entfernungsdifferenz ist die Hyperbel. Zur Bestimmung des Standortes sind meistens zwei Standlinien (Hyperbeln), d. h. mindestens drei Bodenstationen (zwei Senderpaare) erforderlich.

25.3.1 LORAN-Systeme

LORAN (Long Range Navigation) steht für ein Navigationssystem über große Entfernungen, wobei es primär ein Ortungssystem ist, d. h. der Standortermittlung dient. Die eigentliche Navigation wurde früher von einem Navigator durchgeführt, der in einer speziellen Lorankarte die Luftfahrzeugposition bestimmte und den bis zum nächsten Wegpunkt einzuhaltenden Kurs errechnete.

Moderne Bordrechner erlauben heutzutage die Speicherung großer Datenmengen und die Durchführung komplizierter Rechenvorgänge, so dass die Verläufe einzelner Navigationshyperbeln gespeichert werden können und der Rechner diese Daten für eine Navigation über vorgegebene Wegpunkte benutzen kann. Man unterscheidet bei LORAN die Systemvarianten LORAN-A, -C und -D.

Die heutigen Anlagen entsprechen größtenteils dem LORAN-C. Von den LORAN-C-Sendern werden jeweils kodierte Impulsgruppen, bestehend aus 8 bis 9 Einzelimpulsen, ausgestrahlt. Die Grobmessung der Entfernung erfolgt über die Laufzeitdifferenzen

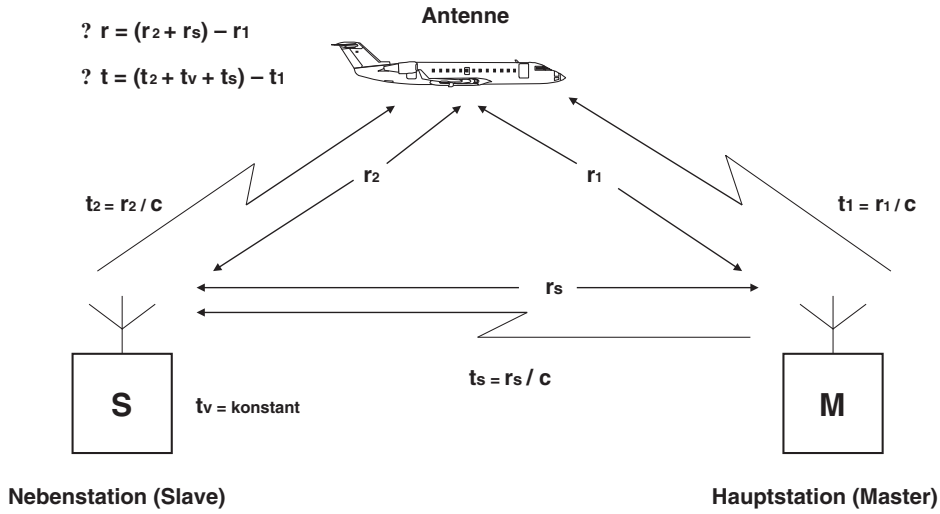


Abb. 25.27 Erzeugung der Laufzeitdifferenzen [163]

(vgl. Abb. 25.27), zur Feinmessung wird zusätzlich noch eine Phasenmessung durchgeführt, die eine Genauigkeit von 1 NM ermöglicht. LORAN-C arbeitet auf einer einzigen Festfrequenz von 100 kHz für alle Bodenstellen.

LORAN-D ist ein modifiziertes LORAN-C-System gleichen Prinzips mit stärker verschlüsselten Impulsgruppen von je 16 Impulsen, mit kleineren Bodenantennen und kürzeren Basisstrecken für kleinere Navigationsgebiete.

Eine LORAN-Anlage setzt sich aus zwei Sendern, dem Hauptsender (Master) und dem Nebensender (Slave), zusammen. Mit Hilfe dieser beiden Sender lassen sich die bereits erwähnten Hyperbelstandlinien erzeugen. Für die Positionsbestimmung ist ein zweiter Nebensender (Slave) erforderlich. Um einen optimalen Überdeckungsbereich zu erhalten, werden oftmals drei Nebensender sternförmig um einen Hauptsender angeordnet.

Die Verbindungslinie zwischen dem Hauptsender und einem Nebensender wird als Basis bezeichnet und ihre Länge beträgt mehrere 100 km bei LORAN-A bzw. 1.000–2.000 km bei LORAN-C. Die einzelnen Sender arbeiten nach dem Rundstrahlerprinzip. Als Antennen kommen Stahlgittermaste von 30–100 m Höhe (LORAN-A) bzw. 200–400 m Höhe (LORAN-C) zur Anwendung.

Abhängig von der Tageszeit, der Impulsspitzenleistung der Sender und der topographischen Struktur des Überdeckungsbereiches (Land/See) ergeben sich verschiedene Reichweiten. Sie betragen bei LORAN-A etwa 1.000 NM und bei LORAN-C etwa 2.000 NM. Die höheren Reichweiten bei LORAN-C werden u. a. durch die niedrigere Trägerfrequenz erreicht.

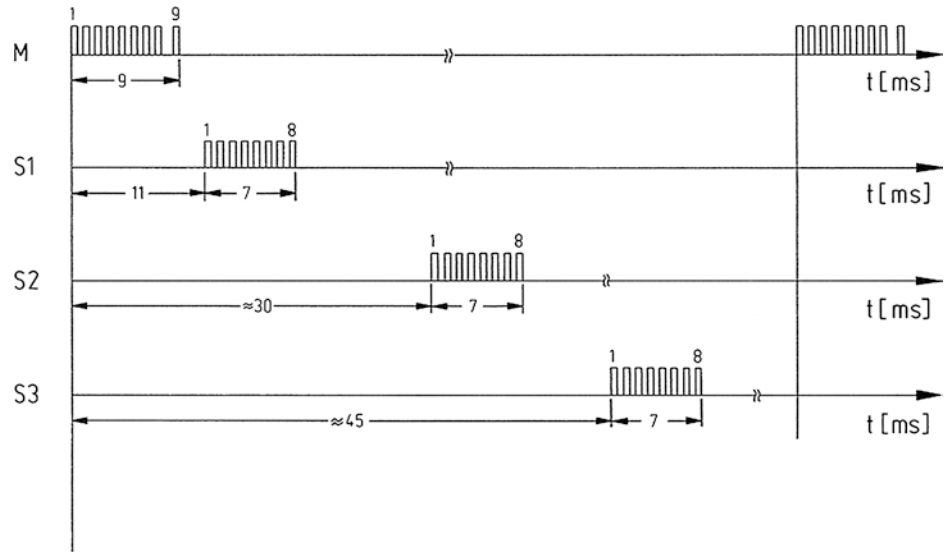


Abb. 25.28 Signalformat LORAN-C [163]

Die Bordanlagen für das LORAN-C-System sind so ausgelegt, dass die Auswertung der empfangenen Signale automatisch erfolgt. Der Luftfahrzeugführer stellt nur noch die Kennung (Kanalnummer, Sendergruppe und Station, z. B. 1L6 und 1S3) der Sender ein. Das Bordgerät zeigt nach einer gewissen Suchzeit selbsttätig die Laufzeitdifferenzen in Mikrosekunden (z. B. 1840 und 3160) an. Die entsprechenden Hyperbel-Standlinien sind in einer LORAN-Navigationskarte aufzusuchen bzw. in einem Bordrechner gespeichert. Ihr Schnittpunkt gibt den Standort des Empfängers an.

Dem LORAN-C liegt eine kombinierte Laufzeit-Phasenmessung zugrunde. Ziel ist es, die Ortungsgenauigkeit zu erhöhen. Die Ortungssignale bestehen nicht mehr aus Einzelimpulsen, sondern aus Impulsgruppen. Jede Impulsgruppe setzt sich aus einer Reihe, in ihrem Aufbau fest definierter, Einzelimpulse zusammen. Beim Nebensender umfaßt eine Pulsgruppe 8 LORAN-C-Impulse mit einem Abstand von je 1 ms.

Die Hauptsender-Pulsgruppe ist dadurch gekennzeichnet, dass auf die 8 Einzelimpulse der Gruppe nach einer Tastpause von 2 ms ein neunter Impuls als Nachläufer folgt. Jeder Einzelimpuls einer Gruppe steht in der Phase seiner hochfrequenten Schwingungen in einer festen Relation zur Phase einer Bezugsschwingung, so dass eine Phasencodierung durchgeführt werden kann. Durch diese Maßnahmen kennzeichnet man die Signale der Haupt- und Nebensender. Das Signalformat LORAN-C zeigt Abb. 25.28.

Die Phasencodierung der LORAN-C-Impulse eröffnet die Möglichkeit, einfache Informationen zu übertragen. So kann z. B. eine vorliegende Systemstörung der Bodenanlage durch eine Veränderung des vorgeschriebenen Zeitabstandes beim 9. Impuls der Hauptsender-Pulsgruppe angezeigt werden. Die Einzelimpulse einer Impulsgruppe bestehen wiederum aus einer Anzahl von Schwingungen des 100-kHz-Trägers.

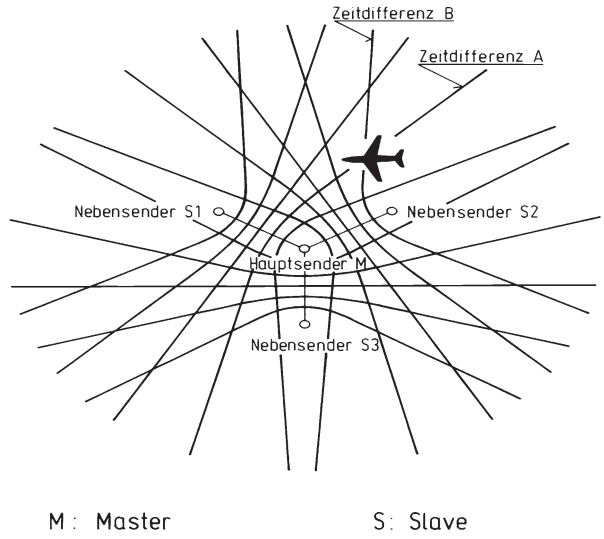


Abb. 25.29 Standortbestimmung mit LORAN [163]

Zur Ortung werden die Phasen der Schwingungszüge der Haupt- und Nebensender-Pulsgruppen verglichen. Die Phasendifferenz bezeichnet die gesuchte Hyperbelstandlinie. Der daraus resultierende Nachteil der Mehrdeutigkeit der Phasendifferenzmessung wird durch eine gleichzeitig durchgeführte Impulslaufzeitmessung ausgeglichen. Die Ortung wird also in eine Grob- und in eine Feinortung unterteilt. Die Standortbestimmung mit LORAN zeigt Abb. 25.29.

25.3.2 OMEGA-System

Das OMEGA-System sei nur noch der Vollständigkeit halber erwähnt. Es hat für die Luftfahrt keine Bedeutung mehr, da die Satellitennavigation die Funktionalität des OMEGA seit geraumer Zeit ersetzt.

OMEGA, als das einst modernste Hyperbelnavigationssystem, war ein Längstwellen-System, mit den drei Trägerfrequenzen 10,2, 11,33 und 13,6 kHz. Acht Sender waren in großen Abständen auf der Erde verteilt und strahlten ihre Signale nach einem festgelegten Zeitplan im Rundstrahlprinzip ab.

Die OMEGA-Signale ermöglichten dem Nutzer eine Ortung nach dem Phasenmeßprinzip. Die eintreffenden Signale der Bodenstationen wurden zur Messung der Phasenlage gespeichert. Die Änderung der Phasenlage war ein Maß für die Veränderung der Entfernung zur Bodenstation. OMEGA gestattete eine weltweite Navigation mit einer Ortungsgenauigkeit von 2–3 NM. Gegenüber den Koppelnavigationssystemen bot es den Vorteil, dass die Ortungsgenauigkeit konstant blieb.

Das System OMEGA war ein erdumfassendes Hyperbelortungssystem. Durch Verwendung von Längstwellen wurde eine große Reichweite erzielt und damit die Grundlage für eine globale Überdeckung mittels weniger Bodenstationen geschaffen.

Insgesamt 8 Bodenstationen, mit den theoretisch daraus folgenden 28 Senderpaaren, erzeugten die für die globale Überdeckung notwendigen Hyperbelstandlinien. Mindestens sechs dieser acht Bodenstationen konnten an jedem Punkt der Erde empfangen werden. Jeweils drei Sender, d. h. zwei Senderpaare, waren zur Positionsbestimmung notwendig. Die Basislänge beim OMEGA-System bewegte sich dabei zwischen 3.000 und 7.000 NM.

Da bei der Phasendifferenzmessung die Genauigkeit der Ortungsinformation vor allem von der Frequenz- und Phasenstabilität abhängt, wurde in jeder Bodenstation die Frequenzaufbereitung von vier Cäsium-Atom-Frequenznormalen, das sind Frequenzgeneratoren hoher Frequenzkonstanz, durchgeführt. Eine Bodenstation eines Senderpaares übernahm die Funktion der Hauptstation und führte als solche eine phasenstarre Synchronisation durch. Die erreichbare Frequenzgenauigkeit lag bei 10^{-12}, das entsprach einem Zeitfehler von 1 s in 30.000 Jahren. Die Senderstufe lieferte eine Ausgangsleistung von 130 kW an die Antenne.

Bedingt durch die erwünschte Wellenlänge von etwa 30 km hatten die Sendeantennen eine Bauhöhe von bis zu 450 m.

Durch den periodischen Wechsel der Trägerfrequenz wurde eine automatisch arbeitende Antennenabstimmung notwendig, die durch eine zusätzliche, die Witterungseinflüsse kompensierende, Abstimmeinrichtung ergänzt wurde. Infolge der daraus resultierenden Leistungsverluste betrug die Sendeleistung nur etwa 10 kW.

Die OMEGA-Bordanlage bestand aus den Komponenten Antenne mit Anpassgliedern, dem Empfänger und Auswertegerät und dem Bedien- und Anzeigegerät.

Als Antenne fand eine Kreuzrahmen-Antenne mit steuerbarer Richtwirkung Anwendung, die aufgrund ihrer gezielt veränderbaren Richtwirkung optimal für den Empfang der OMEGA-Längswellen war. Eine Mitbenutzung der ADF-Sense-Antenne war ebenfalls möglich und konnte bei starken magnetischen Störfeldern an Bord gegenüber der Kreuzrahmen- Antenne sogar ein besseres Signal/Rausch-Verhältnis liefern.

Der OMEGA-Empfänger bestand eigentlich aus drei Empfängern für die drei Kanäle 10,2, 11,33 und 13,6 kHz. Die Antenne und die Frequenzaufbereitungseinrichtung wurden gemeinsam genutzt. Die Phasen der drei Empfängerausgänge wurden gemessen, in einem Digitalrechner gespeichert und ausgewertet. Ein Rechner übernahm unter anderem folgende Funktionen:

- Drehung der Antenne bis zum optimalen Empfang der OMEGA-Signale,
- Auswahl der günstigsten Sendestationen,
- Berechnung der zu erwartenden Phasen- bzw. Phasendifferenzwerte aus der eingegebenen Fahrzeugposition,
- Vergleich der gemessenen und vorausberechneten Phasenwerte zur Aufhebung der Mehrdeutigkeit,
- Bestimmung der Fahrzeugposition,
- Vorausberechnung der wahrscheinlichen Position für den nächsten Meßzyklus durch Koppelrechnung mit Fahrt- und Windwerten für den Fall, dass der Empfang ausfällt oder zu schlecht wird,

- Berechnung des Vektors „Kurs über Grund“,
- Berechnung des Driftwinkels,
- Durchführung von Navigationsrechnungen für die Wegpunkt-Navigation.

Mit Hilfe des Bedien- und Anzeigegerätes wurden Daten in das OMEGA-System eingegeben und andererseits aus dem System ausgelesen. Es diente zur:

- Eingabe der zur Funktion erforderlichen Minimaldaten: Uhrzeit (UTC), Datum und ungefähre Anfangsposition,
- Eingabe der Winddaten zur Verbesserung der anfänglichen Standort-Vorausberechnung,
- Eingabe von Wegpunkt-Koordinaten für eine Wegpunkt-Navigation,
- Anzeige der in der OMEGA-Anlage bestimmten oder weitergeführten Daten.

Für die Dateneingabe war ein alphanumerisches Tastenfeld vorhanden. Die Anzeige der Daten erfolgte über verschiedene Ziffernfelder.

Das OMEGA-System ermittelte in erster Linie die augenblickliche Position des Luftfahrzeuges. Darüber hinaus konnte es die Änderung der Position, also die Geschwindigkeit errechnen, sowie bei bekannter Eigenbewegung (TAS) des Luftfahrzeuges Angaben über den Wind und den Driftwinkel machen. Insgesamt lieferte das OMEGA-System folgende Informationen:

- Augenblickliche Position (Present Position, POS),
- Windwinkel (Wind Angle, WA) und Windgeschwindigkeit (Wind Speed, WS),
- Driftwinkel (Drift Angle, DA),
- Augenblicklicher Kurs über Grund (Track, TK),
- Geschwindigkeit über Grund (Ground Speed, GS),
- Sollkurs zwischen FROM- und TO-Wegpunkt (Desired Track, DSRTK),
- Kursabweichung über Grund (Track Angle Error, TKE),
- Richtung (Bearing, BRG), Entfernung (Distance, DIS) und Flugzeit (Estimated Time Enroute, ETE) zum TO-Wegpunkt,
- Anflug- bzw. Abfluganzeige (TO/FROM),
- Rechtweisender Steuerkurs (True Heading, HDG),
- Querablage zum Sollkurs (Cross Track Distance, XTK). (vgl. Abb. 25.30).

Die Verwendung der drei verschiedenen Trägerfrequenzen trug der Mehrdeutigkeit des Phasendifferenz-Meßprinzips Rechnung. Die Hauptträgerfrequenz war 10,2 kHz. Das bedeutete, daß alle 14,7 km die gleiche Phasendifferenz zwischen zwei Signalen gemessen wurde. Die beiden Hilfsträger 11,33 und 13,6 kHz dienten der Grobortung und sollten die Mehrdeutigkeit ausgleichen. Empfängerseitig wurden die beiden Frequenzdifferenzen:

$$13{,}60–10{,}20\ \text{kHz} = 3{,}40\ \text{kHz}\ (= {}^{1}/_{3} \times 10{,}20\ \text{kHz})$$
$$11{,}33–10{,}20\ \text{kHz} = 1{,}13\ \text{kHz}\ (= {}^{1}/_{9} \times 10{,}20\ \text{kHz})$$

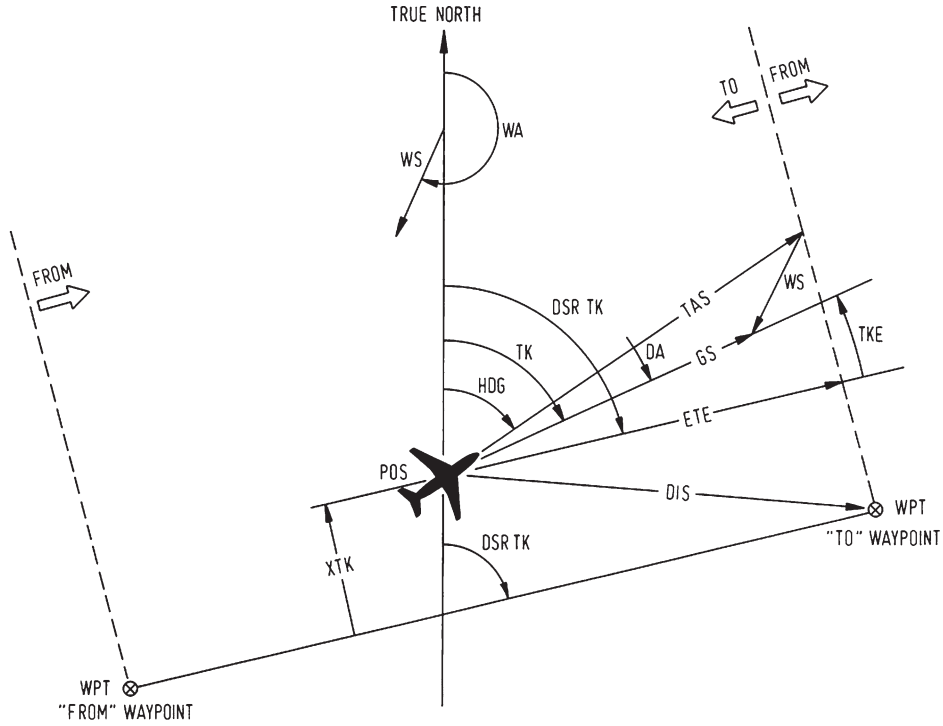


Abb. 25.30 Informationen des OMEGA-Systems bei der Wegpunkt-Navigation [163]

ausgewertet. Damit wurde die Anzahl der Mehrdeutigkeiten um den Faktor 3 bzw. 9 verringert. Die Position des Empfängers musste nunmehr in einem Bereich von ca. 45 km bzw. 130 km im voraus bekannt sein. Letzteres war durch einfache Navigationsverfahren, z. B. Koppelnavigation, leicht durchführbar.

Die Ortungsreichweite wurde u. a. vom Erdmagnetfeld beeinflusst. Dadurch ergaben sich richtungsabhängig verschiedene Reichweiten. Sie lagen in Nord-Süd-Richtung bei ca. 8.000 NM, in West-Ost-Richtung bei ca. 11.000 NM und in Ost-West-Richtung bei ca. 5.000 NM.

Die Ortungsgenauigkeit hing von den Ausbreitungsbedingungen der elektromagnetischen Wellen ab. Besonders die sich tageszeitlich ändernde Ionosphärenhöhe übte einen wesentlichen Einfluss aus. So lag der Fehlerkreisradius der Position tagsüber zwischen 0,5 und 1,0 NM, während er nachts auf 1–2 NM anstieg.

Ein Teil dieser Laufzeit-Abweichungen der OMEGA-Wellen war vorhersehbar. Es waren dies die Laufzeiterhöhungen über die schlecht leitfähige Erdoberfläche und die Laufzeitverringerungen durch eine niedrige D-Schicht-Untergrenze in der Atmosphäre. Diese Laufzeit-Abweichungen ließen sich für einen Ort ziemlich genau voraussagen und wurde im OMEGA-System in Form von Korrekturwerten (sky wave corrections) berücksichtigt.

Da alle Bodenstationen auf den gleichen Frequenzen arbeiteten, musste zwecks eindeutiger Unterscheidung der Empfangssignale auf der Empfängerseite die Ausstrahlung zu fest definierten Zeiten und in einer festgelegten Reihenfolge (Zeitmultiplexverfahren) durchgeführt werden. Dies erfolgte nach einen festgelegten Signalschema. Der Sendezyklus der Bodenstationen war an die Weltzeit (Universal Time Coordinated (UTC)) gebunden. Dadurch wurde in allen acht Bodenstationen ein Gleichlauf erzwungen. Der Sender in der Bodenstation A begann zur Zeit 00.00 Uhr UTC mit einem Nulldurchgang seiner Trägerfrequenz 10,2 kHz. Danach setzte sich der Ablauf entsprechend dem Signalschema fort.

OMEGA stellte bei der Weitbereichsnavigation eine Alternative zur Trägheitsnavigation (Inertial Navigation System (INS)) dar, und zeichnete sich durch seine Einfachheit aus. Darüber hinaus gewann es bei der Kurz- und Mittelstreckennavigation zunehmend in den Gebieten an Bedeutung, die nur über eine geringe Dichte an Navigationshilfen für den Kurz- und Mittelstreckenverkehr (NDB oder VOR) verfügten. Die Satellitensysteme, wie GPS, haben OMEGA ersetzt.

25.3.3 Satellitennavigationssysteme

Unter dem Begriff „Global Navigation Satellite System (GNSS)“ versteht man die Satellitensysteme Global Positioning System (GPS), Global Orbiting Navigation Satellite System (GLONASS) geostationäre Satelliten (z. B. Inmarsat) sowie so genannte Augmentationsservices (Augmentation Services).

25.3.3.1 Grundprinzipien der Satellitennavigation

Die Positionsbestimmung des Nutzers (z. B. Luftfahrzeuges) erfolgt durch Laufzeitmessung. Vier Pseudorange-Messungen liefern vier unabhängige Gleichungen zur Ermittlung der Empfängerkoordinaten und des Offsets der Empfängeruhr, d. h.: X,Y,Z und Δ t.

Vier Einweg-Laufzeitmessungen der von vier Satelliten gesendeten Zeitsignale ergeben vier Gleichungen (Gl. 25.2–25.5) zur Berechnung der Pseudoentfernungen zwischen den Satelliten und dem Nutzer [163].

$$R_1 = c \times \Delta T_1 \tag{25.2}$$

$$R_2 = c \times \Delta T_2 \tag{25.3}$$

$$R_3 = c \times \Delta T_3 \tag{25.4}$$

$$R_4 = c \times \Delta T_4 \tag{25.5}$$

Für den Nutzer ergeben sich vier Unbekannte, drei Nutzer-Koordinaten X,Y,Z und der Uhrenfehler Δ t, mit $c \times \Delta t = r$.

Die Bestimmung der Position des Nutzers ist mit dem nachfolgenden Gleichungssystem (Gl. 25.6–25.9) möglich:

$$(X_1 - X)^2 + (Y_1 - Y)^2 + (Z_1 - Z)^2 = (R_1 - r)^2 \tag{25.6}$$

$$(X_2 - X)^2 + (Y_2 - Y)^2 + (Z_2 - Z)^2 = (R_2 - r)^2 \tag{25.7}$$

$$(X_3 - X)^2 + (Y_3 - Y)^2 + (Z_3 - Z)^2 = (R_3 - r)^2 \tag{25.8}$$

$$(X_4 - X)^2 + (Y_4 - Y)^2 + (Z_4 - Z)^2 = (R_4 - r)^2 \tag{25.9}$$

Institutionelle Probleme Die bisher in der Luftfahrt verwendete Geräte- und Anlagentechnik genügt internationalen Standards und unterliegt den Regularien der ICAO. Die Satellitensysteme GPS und GLONASS werden unter militärischer Zuständigkeit der USA und Russlands betrieben und gesteuert.

Operationelle Probleme Die operationellen Problemparameter, die es in ihren Ausprägungen für die einzelnen verkehrsträgerspezifischen Applikationen noch zu verbessern gilt, sind:

- Verfügbarkeit (Availability)
- Kontinuität der Signale (Continuity of function (service))
- Genauigkeit (Accuracy)
- Zuverlässigkeit (Integrity)

Diese operationellen Parameter werden in der amerikanischen Literatur wie folgt beschrieben. „Availability is the ability of the total system to perform its function at the initiation of the intended operation. The Availability Risk is the probability that the required guidance will not be present at the initiation of the intended operation. Availability of a Navigation System is the pecentage of time that the services of the system are within required performance limits. Signal Availability is the percentage of time that navigational signals transmitted from external sources are available for use. Continuity of Function (Service) is the ability of the navigation system to provide its service without interruption during an operation. Integrity is the assurance that all functions of a system perform within operational limits and the ability of the navigation system to provide timly warnings to users when the system should not be used for navigation. The integrity risk is the probability of an undetected failure which will result in the loss of the specified accuracy“.

Die vorsagbaren Genauigkeiten (Predictable Accuracy) liegen bei:

- $\leq$100 m horizontaler Fehler in 95 % der Zeit;
- $\leq$156 m vertikaler Fehler in 95 % der Zeit;
- $\leq$300 m horizontaler Fehler in 99,99 % der Zeit;
- $\leq$500 m vertikaler Fehler in 99,99 % der Zeit;

Die wiederholbaren Genauigkeiten (Repeatable Accuracy) liegen bei:

- ≤141 m horizontaler Fehler in 95 % der Zeit
- ≤221 m vertikaler Fehler in 95 % der Zeit

Der relative Fehler (Relative Accuracy) liegt bei:

- ≤1.0 m horizontaler Fehler in 95 % der Zeit
- ≤1.5 m vertikaler Fehler in 95 % der Zeit

Der zeitliche Übertragungsgenauigkeit (Time Transfer Accuracy) liegt bei:

- ≤340 ns Übertragungsfehler in 95 % der Zeit

Als Fehlerquellen treten die Bahnfehler (Satellitengeometrie), das Empfängerrauschen, die Mehrwegeausbreitung (Mehrwegeempfang), der Uhrenfehler, sowie die troposphärische Refraktionen und ionosphärische Refraktionen auf.

25.3.3.2 Aufbau und Struktur des Global Positioning System

Das Raumsegment des GPS umfasst 24 Satelliten. Diese bewegen sich in Dreiergruppen auf 6 Umlaufbahnen in einer Höhe von 20.196 km und mit einer Bahngeschwindigkeit von 3.873 m/s. Die Inklination, d. h. Neigung zur Äquatorebene, beträgt 55°. Der Abstand zwischen zwei Satelliten auf einer Umlaufbahn liegt bei 120°, die Erdumlaufzeit beträgt 12 Stunden pro Satellit. Neben den Systemen für die Positionsbestimmung, Lageregelung und Energieversorgung befinden sich eine hochpräzise Atomuhr und eine Sendeanlage an Bord der Satelliten. Die operationelle Nutzbarkeit (Sichtbarkeit) pro Umlauf und Satellit beträgt ca. 5 Stunden. Die GPS Satellitenstruktur zeigt Abb. 25.31.

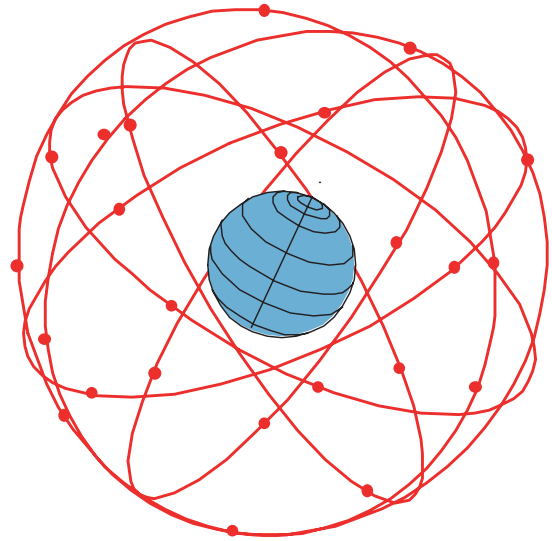


Abb. 25.31 GPS Satellitenstruktur

Die Ortung basiert auf Laufzeitmessungen von Funksignalen von mindestens 4 von insgesamt 24 Satelliten. Jeder Satellit trägt eine hochpräzise Atomuhr und sendet neben dem Zeitsignal seine augenblicklichen geozentrischen Positionskoordinaten (Ephemeriden). Der Nutzer, der ebenfalls über eine Zeitbasis verfügt, empfängt das Signal des Satelliten zeitlich verzögert und ermittelt aus der Laufzeit die Entfernung zu dem betreffenden Satelliten. Der Standort des Empfängers läßt sich dann aus den Positionen der Satelliten und den Entfernungen zu ihnen errechnen.

Das funktioniert jedoch nur dann exakt, wenn die Nutzerzeitbasis synchron zur Satellitenzeitbasis arbeitet, was auch auf der Nutzerseite eine hochpräzise Atomuhr voraussetzen würde. Aus Kostengründen verwendet man nutzerseitig eine weniger genaue Zeitbasis (Quarzoszillator), deren Gangfehler dann jeweils festgestellt und korrigiert wird. Hierzu muss man jedoch mindestens die Signale eines Satelliten zusätzlich empfangen, als zur eigentlichen Positionsbestimmung nötig ist, also vier statt drei.

Das Prinzip der Korrektur beruht darauf, dass sich eine Positionsveränderung bei verschiedenen Satelliten unterschiedlich auf die Zeitdifferenz auswirkt, ein Fehler der Nutzerzeitbasis jedoch bei allen in gleicher Weise. Man kann nun den Gangfehler so korrigieren, dass man wieder einen eindeutigen Schnittpunkt der Standlinien erhält.

Die satellitengestützten Navigationssysteme GPS (USA) und GLONASS (Rußland) setzen sich jeweils zusammen aus dem Raumsegment, dem Kontrollsegment und dem Nutzersegment.

Das Kontrollsegment besteht aus einer Kontrollzentrale (Master Control Station (MCS)), mehreren Überwachungsstationen (Monitor Station (MS)) sowie den Sende-/Empfangsantennen (Ground Antenna, GA). Aufgabe des Kontrollsegments ist die Durchführung der Kontrolle sowie die Bahnverfolgung der Navigationssatelliten. Die Datenerfassung wird von den Überwachungsstationen durchgeführt, die die Informationen über die geozentrische Satellitenposition, den Satellitenstatus und andere Systemparameter an die Kontrollzentrale weiterleiten.

In der Kontrollzentrale werden anhand der Informationen die notwendigen Kontrollen und Berechnungen durchgeführt sowie entsprechende Korrekturen eingeleitet. Dreimal täglich werden den Satelliten über die Sende-/Empfangsantennen die neuen Steuerparameter übermittelt.

Der prinzipielle Datenfluss Raumsegment-Kontrollsegment ist der Abb. 25.32 zu entnehmen.

Die nutzerseitige Anlagentechnik ist stark abhängig von der jeweiligen Anwendung. Von Mehrkanal-Empfängern hoher Leistungsfähigkeit für militärische Nutzer mit hohen Anforderungen an Genauigkeit und Zuverlässigkeit bis hin zu einfachen und preiswerten Einkanal-Empfängern für zivile Nutzer sind unterschiedliche Varianten möglich. Die Abb. 25.33 zeigt das vereinfachte Blockschaltbild eines GPS- Empfängers für zivile Anwendungen.

Der Empfänger besitzt einen Daten- und einen Navigationskanal. Der Navigationskanal führt die sequentiellen Pseudo-Entfernungsmessungen zu den vier gerade am günstigsten positionierten Satelliten aus. Pseudo-Entfernung deshalb, da der Uhrenfehler,

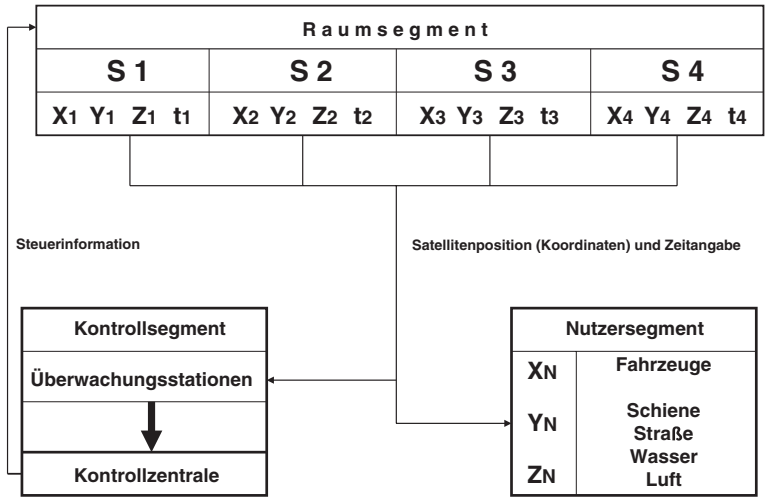


Abb. 25.32 Datenfluss Raumsegment–Kontrollsegment [163]

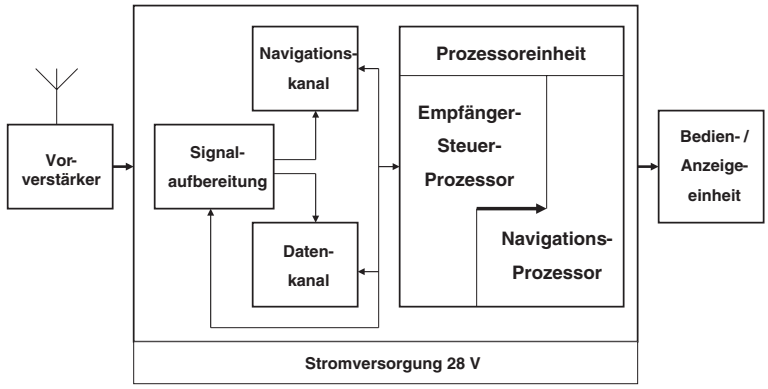


Abb. 25.33 Vereinfachtes Blockschaltbild eines GPS-Empfängers [163]

relativistische Effekte sowie atmosphärische Störeinflüsse noch nicht berücksichtigt wurden. Der Datenkanal sammelt die Daten aller sichtbaren Satelliten. Die Daten enthalten den Satellitenstatus, Korrekturparameter für die Satellitenuhr und die Ionosphäre, die Ephemeriden des Satelliten und andere Systemparameter.

Zusätzlich sendet jeder Satellit die Almanach-Daten der übrigen Satelliten. Diese Daten ermöglichen zusammen mit den Entfernungsmessungen die Berechnungen der gewünschten Navigationsdaten.

Jeder Satellit sendet zwei Signale im sogenannten Pseudo-Random-Noise Code (PRN) aus. Dieser PRN, oder Pseudozufalls-Code, besteht aus einer scheinbar willkürlich

aufeinander folgenden Reihe von Signalzuständen, welche einer Gauß'schen Verteilung sehr ähnlich ist, jedoch eine definierte Wiederholungsrate des Spektrums beinhalten.

Die von den Satelliten abgestrahlten Signale enthalten zwei verschiedene PRN-Codes, welche als Clear Acquisition-(C/A) und Protected-(P) Signal bezeichnet werden. Das C/A-Signal ist für die zivile Nutzung vorgesehen und erzielt eine Auflösungsgenauigkeit von bis zu 100 m, während das P-Signal rein militärischen Zwecken vorbehalten ist und eine Auflösungsgenauigkeit von bis zu 15 m besitzt. Dieses wird insbesondere durch eine wesentlich höhere Taktfrequenz erreicht. Die Ausstrahlung der Signale erfolgt auf zwei Trägerfrequenzen (L_1, L_2) des L-Bandes.

Das L_1-Signal (1575,42 MHz) wird mit dem P-Signal und C/A-Signal moduliert, während das L_2- Signal (1227,60 MHz) ausschließlich mit dem P-Signal moduliert wird.

GPS findet sowohl im militärischen als auch im zivilen Bereich ein breites Anwendungsspektrum, das sich nicht nur auf die Luftfahrt beschränkt, sondern auch für die Seefahrt und den Landverkehr interessant ist. Aus der Luft- und Raumfahrt seien hier nur Anwendungen, wie Strecken- und Flächennavigation, Stützung von Trägheitsnavigationsanlagen, Rettungseinsätze und Raumfahrtmissionen genannt.

25.3.3.3 Aufbau und Struktur des Global Orbiting Navigation Satellite System

Das russische Global Orbiting Navigation Satellite System (GLONASS) ist ähnlich wie das GPS aufgebaut. Das System besteht aus 24 Satelliten die sich auf 3 Bahnebenen bewegen. Die Bahnhöhe beträgt 19.100 km, die Umlaufzeit 11,4 Stunden. Die Inklination beträgt 64,8°. Die GLONASS Satellitenstruktur zeigt Abb. 25.34.

Auch das GLONASS System liefert die dreidimensionale Position des Nutzers in der geschilderten Weise. Die horizontale Genauigkeit liegt bei 100 m.

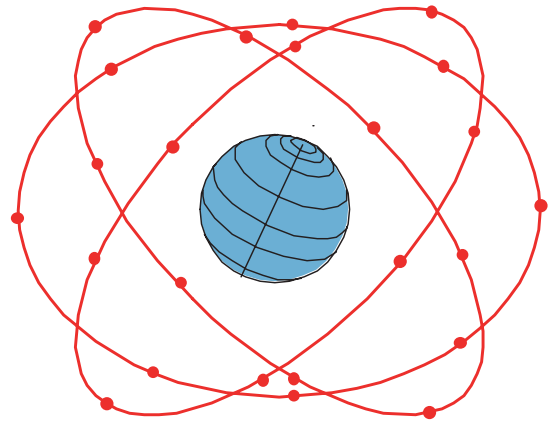


Abb. 25.34 GLONASS – Systemstruktur

25.3.3.4 Overlay Servicekonzepte

Um die Genauigkeit der Signale zu verbessern, wurden so genannte Overlay Servicekonzepte entwickelt, denen unterschiedliche Philosophien zugrunde liegen. Eine Unterscheidung lässt sich vornehmen in Wide Area- und Local Area- Servicekonzepte. D. h. einerseits in Konzepte, die einen größeren geographischen Raum abdecken und andererseits in Konzepte, die die Fehlerkorrekturen der Satelliten vor Ort für einen begrenzten geographischen Raum vornehmen.

Wide Area Augmentation Service Den Wide Area Augmentation Services (WAAS) liegt die Philosophie zugrunde, an wenigen Bodenstationen innerhalb eines größeren geographischen Raumes Differential-GPS Korrekturdaten, aber auch Korrekturdaten für ionosphärische Fehler, Ephemeriden Fehler sowie Uhrenfehler bereitzustellen.

Das Konzept sieht Referenz-Stationen im Netzverbund mit synchronisierten Uhren sowie eine Master-Control-Station vor. Es erfolgen präzise Ephemeriden-Berechnungen (Position der Satelliten) sowie die präzise Modellierungen ionosphärischer und troposphärischer Refraktionen für den betroffenen geographischen Raum. Die verbesserten Ephemeriden und ermittelten Korrekturdaten werden von der Master-Control-Station (Ground/Earth-Station) an geostationäre Satelliten (INMARSAT) gesendet und über diese Satelliten an die Nutzer weitergegeben.

Die Vertreter der WAAS Konzepte gehen davon aus, dass Luftfahrzeuge, ausgerüstet mit entsprechenden GPS/WAAS Empfängern, Präzisionslandungen der ICAO Landekategorie I ausführen können.

Um einen weltumfassenden WAAS Service bereitzustellen, wird der amerikanische Raum (Nord- und Südamerika) mit dem gleichnamigen Service (WAAS), unter der Verantwortung der Federal Aviation Administration (FAA) abgedeckt. Für Europa und Afrika ist das European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS) System operationell.

Für den asiatischen/pazifischen Raum stellten die Japaner so genannte Multifunctional Satellites (MT-SAT) zur Verfügung. Die Services sind untereinander kompatibel und stellen die gleichen Daten zur Verfügung.

Local Area Augmentation Services (LAAS) Für die ICAO Landekategorieen II und III der Luftfahrt reichen die durch WAAS Konzepte erzielbaren Genauigkeiten nicht aus. Die hier erforderlichen Genauigkeiten sind nur durch lokale Fehlerkorrekturen im direkten Bereich der Start-/Landebahn eines Flugplatzes möglich.

Zur Erzeugung der erforderlichen Genauigkeiten wurden zwei LAAS Konzepte verfolgt, das Differential-GPS Konzept und das Pseudolite Konzept.

Beim Differential-GPS Konzept wird im Bereich der Start-/Landebahn eine geodätisch vermessene D-GPS Bodenstation installiert. Diese Bodenstation empfängt die fehlerbehafteten Satellitensignale in gleicher Weise wie die Nutzer im betroffenen Nahbereich. Die Bodenstation vergleicht die empfangenen Positionsdaten mit der bekannten eigenen Position und errechnet die Abweichungen in Form von Korrekturwerten. Diese Korrekturwerte werden abgestrahlt und von der Empfängern der Nutzer zur Korrektur der Positionsdaten benutzt.

Unter Pseudoliten sind GPS Transmitter zu verstehen, die am Boden platziert sind und die GPS Positionsdaten übermitteln (abstrahiert). In Kombination mit den Signalen der zusätzlichen umlaufenden Satelliten ergibt sich die Positionsinformation im Empfänger des Nutzers. Dieses Konzept wurde nicht weiter verfolgt.

25.3.3.5 Galileo

Galileo ist die Bezeichnung für das europäische Satellitennavigationssystem. Es soll weltweit Daten zur genauen Positionsbestimmung liefern und ist im Aufbau mit dem US-amerikanischen NAVSTAR-GPS und dem russischen GLONASS-System vergleichbar.

Galileo wurde nur für zivile Zwecke konzipiert und unterliegt, anders als NAVSTAR-GPS und GLONASS, nicht einer nationalen militärischen Kontrolle. Galileo wird aber, durch die vom Europäischen Parlament im Juli 2008 verabschiedete Entschließung zu den Themen Weltraum und Sicherheit, für Operationen im Rahmen der Europäischen Sicherheits- und Verteidigungspolitik mitgenutzt werden.

Galileo ist das erste von der Europäischen Union (EU) und der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) gemeinsam durchgeführte Projekt und Teil des TEN-Verkehrsprojektes.

Galileo basiert auf insgesamt 30 Satelliten (27 plus drei Ersatzsatelliten), die die Erde in einer Höhe von etwa 23.260 km mit 3,6 km/s umkreisen, und einem Netz von Bodenkontrollstationen. Empfänger können anhand der Funksignale der Satelliten die eigene Position mit einer Genauigkeit von ungefähr vier Metern bestimmen. Bei Verwendung von Zusatzinformationen u./o. -diensten lässt sich ähnlich wie bei anderen satellitengestützten Navigationssystemen (GPS etc.) die Positionsgenauigkeit in den Zentimeterbereich steigern.

Galileo-Satelliten senden mit 50 W. Die Sendeleistung der Satelliten in 23.260 km Entfernung ist allerdings so gering, dass ein Navigationsempfänger, ausgestattet mit einer einfachen Stabantenne, fast nur Rauschen empfängt. Er empfängt aber nicht nur das Signal eines Satelliten, sondern von mindestens vier, deren Signale dopplerverschoben sind. Hinzu kommen die Ausstrahlungen von GPS-Satelliten auf den gleichen Frequenzen.

Die Rückgewinnung der Navigationsdaten gelingt, da jeder Satellit z. B. auf der L1-Frequenz ein charakteristisches Rauschsignal mit einer Bandbreite von 1 MHz sendet, das mit einer Bitrate von 50 bit/s moduliert ist. Durch Korrelation mit dem charakteristischen Rauschsignal werden im Empfänger die Signale der einzelnen Satelliten wieder herausgefiltert.

Die 30 Satelliten umkreisen die Erde auf drei Bahnebenen mit einer Inklination von 56° bei voller Betriebsbereitschaft. Pro Bahnebene sind neun Satelliten vorgesehen plus zusätzlich einem Reservesatelliten. Sie haben einen Abstand von 40° mit einer Abweichung von maximal 2°, entsprechend 1.000 km. Bei einer Höhe von 23.260 km über der Erdoberfläche benötigen die Satelliten ca. 14 Stunden für einen Umlauf. Nach 17 Umläufen oder 10 Tagen wiederholt sich das Muster der Bodenspuren (Footprints).

Galileo benutzt gemeinsam mit GPS das Frequenzband L1 bei 1575,42 MHz und L5 bei 1176,45 MHz. Das Band L2 bei 1227,6 MHz steht GPS allein zur Verfügung, für Galileo ist es das Band E6 bei 1278,75 MHz.

Die ersten zwei Satelliten wurden am 21. Oktober 2011 mit dem ersten Start einer Sojus-ST-Rakete vom europäischen Weltraumzentrum in Französisch-Guayana ins All gebracht. Dies war gleichzeitig der erste Start einer russischen Trägerrakete vom Hoheitsgebiet eines westeuropäischen Staats. Mit Planungsstand vom Juni 2012 wurde der Start der nächsten beiden Satelliten wiederum mit einer Sojus-Rakete von Kourou aus im Oktober 2012 durchgeführt.

Erste Dienste, basierend auf einer Konstellation von 18 Satelliten sollen voraussichtlich ab 2014 angeboten werden, während die vollständige Konstellation mit 30 Satelliten mit allen Diensten nicht vor 2020 möglich sein wird.

Zur Überwachung dienen zwei gleichberechtigte Kontrollzentren (GCC) (Performance Center) in Oberpfaffenhofen (Deutschland) und Fucino (Italien).

25.3.4 Bordautonome Navigationsanlagen

Bordautonome Navigationsanlagen, wie die Trägheitsnavigationsanlage oder das Doppler-Radar, sind von boden- bzw. weltraumseitigen Komponenten ebenso unabhängig wie vom Wetter, der Tageszeit und dem Einsatzgebiet. Nachteilig ist, dass sie sich der Koppelnavigation bedienen, d. h. von dem letzten bekannten Standort aus wird kontinuierlich der seitdem zurückgelegte Flugweg über Grund ermittelt und hieraus die augenblickliche Position bestimmt. Hierdurch nimmt die Genauigkeit der Positionsbestimmung mit zunehmender Betriebszeit ab.

25.3.4.1 Trägheitsnavigationsanlage

Trägheitsnavigationsanlagen (Inertial Navigation System, INS) befinden sich seit etwa 30 Jahren im Einsatz. Sie liefern neben den Navigationsinformationen auch Angaben über die Lage des Luftfahrzeuges im Raum.

Auf einer stabilisierten, vollkardanisch aufgehängten Plattform sind drei Beschleunigungsmesser und drei Kreisel angebracht. Die Kreisel dienen dazu, die Auswanderungen der Plattform zu registrieren und mit Hilfe von Stellmotoren die Plattform in ihrer ursprünglichen Lage zu stabilisieren. Die drei Beschleunigungsmesser sind so angeordnet, dass sie die Beschleunigungen des Luftfahrzeuges in Richtung der Koordinatenachsen des Bezugssystems erfassen können. Mit Hilfe der gemessenen Beschleunigungen lassen sich Geschwindigkeit und zurückgelegte Strecke innerhalb des Bezugssystems bestimmen.

Das Bezugssystem kann ein körperfestes Koordinatensystem (Strapdown-System) oder ein erdfestes Koordinatensystem sein. Bei Strapdown-Systemen erübrigt sich eine Plattform, da die Beschleunigungssensoren direkt am Luftfahrzeug befestigt werden können. Eine Trägheitsnavigationsanlage besteht aus dem Trägheitsnavigationsgerät

(Inertial Navigation Unit, INU), einem Betriebsartenwahlgerät (Mode Selector Unit, MSU), einem Bedien- und Anzeigegerät (Control and Display Unit, CDU) und einer Batterie (Battery Unit, BU). Das Trägheitsnavigationsgerät enthält die Plattform, die Plattformelektronik und den Digitalrechner. Der Digitalrechner führt die notwendigen Navigationsberechnungen durch und errechnet die Korrekturen, um die Plattform stets in der Ortsvertikalen zu halten.

Die von der Trägheitsnavigationsanlage gelieferten Informationen in der NAV-Betriebsart lassen eine Wegpunkt-Navigation zu (vgl. Abb. 25.35 und 25.36). Es sind dies:

• XTK	Cross Track Distance	Querablage zum Sollkurs
• TKE	Track Angle	Kursfehlerwinkel
• HDG	True Heading	Rechtweisender Steuerkurs
• DA	Drift Angle	Driftwinkel
• TK	Track Angle	Kurs über Grund
• GS	Ground Speed	Geschwindigkeit über Grund
• POS	Present Position	Derzeitiger Standort
• WPT	Waypoint	Wegpunkt-Koordinaten
• DIS	Distance to go	Entfernung zum nächsten Wegpunkt
• TIM	Time to go	Flugzeit zum nächsten Wegpunkt
• WIND	Wind Direction/Speed	Windrichtung und -geschwindigkeit
• DSRTK	Desired Track Angle	Sollkurs über Grund.

Für die Anzeige der Navigationsdaten stehen neben dem Bedien- und Anzeigegerät der Trägheitsnavigationsanlage auch die Instrumente Attitude Director Indicator (ADI) und Horizontal Situation Indicator (HSI) zur Verfügung. Das ADI dient zur Anzeige der Lageinformationen (Nick- und Rollwinkel). Auf dem HSI (vgl. Abb. 25.37) können angezeigt werden:

- Steuerkurs,
- Driftwinkel,
- Kursfehlerwinkel,
- Querablage zum Sollkurs,
- Geschwindigkeit über Grund,
- Entfernung zum nächsten Wegpunkt.

Für eine automatische Führung des Luftfahrzeuges können die INS-Signale auch auf das Autoflight-System bzw. auf das Flight Management System aufgeschaltet werden.

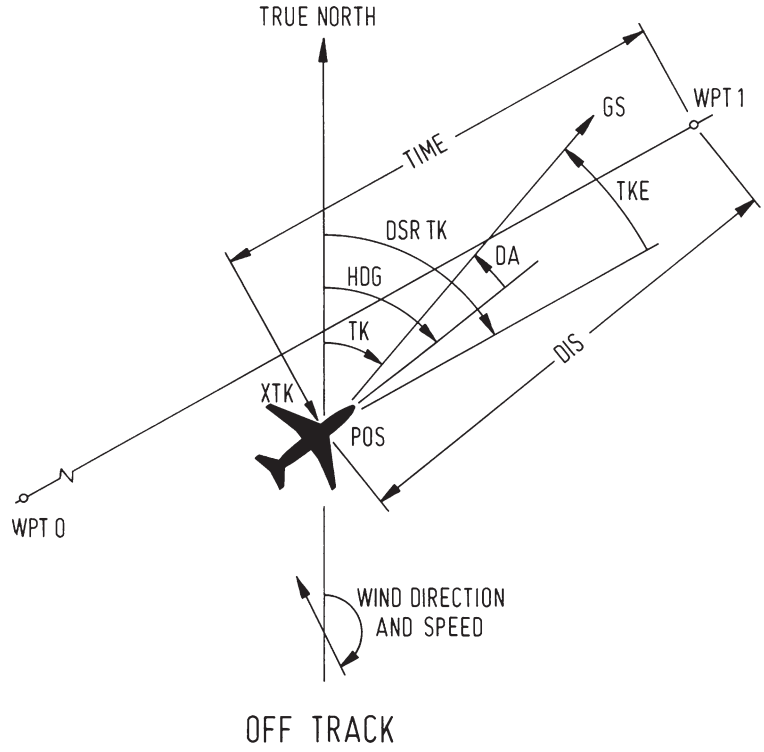


Abb. 25.35 INS Navigationsdaten in der Betriebsart „NAV“ (Off Track) [163]

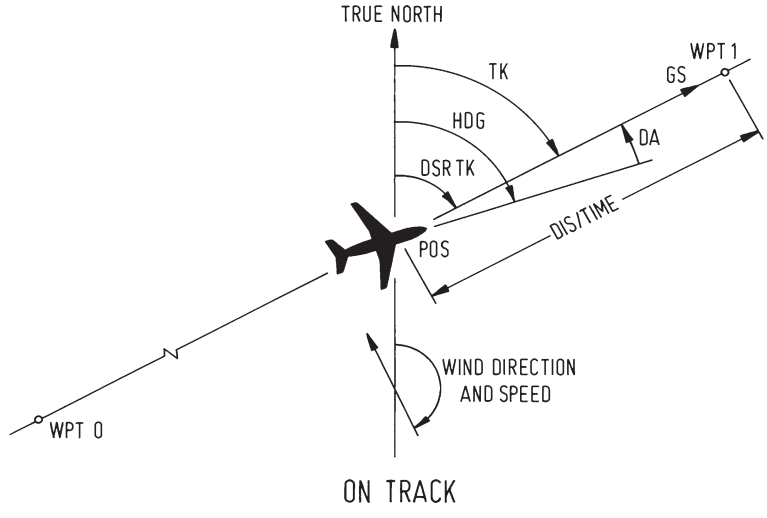


Abb. 25.36 INS Navigationsdaten in der Betriebsart „NAV“ (On Track) [163]

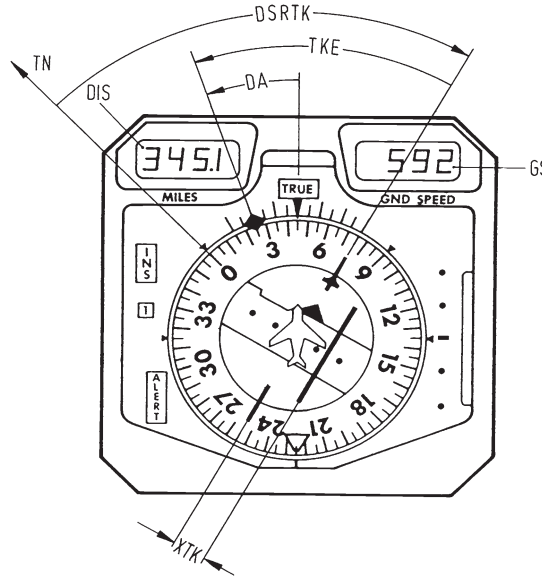


Abb. 25.37 INS – Datenanzeige am HSI [163]

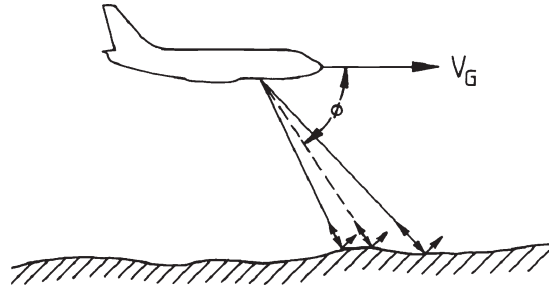


Abb.25.38 Funktionsprinzip des Doppler Radars [163]

Trägheitsnavigationsanlagen sind weltweit anwendbar. Sie gestatten unabhängig von Bodenanlagen eine Wegpunkt-Navigation vom Startort bis zum Zielort. Sie kommen sowohl bei Langstreckenflügen als auch bei der Kurz- und Mittelstreckennavigation zum Einsatz.

25.3.4.2 Doppler-Radar

Beim Doppler-Radar erfolgt die Ermittlung des Flugweges über Grund durch zeitliche Integration des Geschwindigkeitsvektors über Grund. Zu diesem Zweck werden je nach Ausführung zwei bis vier scharf gebündelte Mikrowellenstrahlen vom Flugzeug zum Boden gesandt, dort reflektiert und wieder vom Flugzeug empfangen. Die Differenzfrequenz zwischen ausgesandter und empfangener Frequenz aufgrund des Doppler-Effektes ist ein Maß für die Geschwindigkeit über Grund. Das Funktionsprinzip des Doppler Radars ist Abb. 25.38 und Gl. 25.10 zu entnehmen.

$$\mathbf{f_D = 2 \times V_G \times f_S/c \times \cos o = I\, f_e - f_s\, I} \tag{25.10}$$

mit:
f_D = Dopplerfrequenz
V_G = Geschwindigkeit über Grund
c = Lichtgeschwindigkeit
f_S = Sendefrequenz
f_e = Empfangsfrequenz

Für die Ermittlung der Geschwindigkeit über Grund würde eine einzige Strahlenkeule in Richtung des Grundkurses (TT) genügen. Will man jedoch die Abdrift (DA) bestimmen, benötigt man wenigstens zwei Keulen, symmetrisch zur Flugzeuglängsachse. Die Dopplerfrequenz der beiden Strahlen ist nur dann gleich groß, wenn die Richtung der Flugzeuglängsachse (TH) mit der Richtung des Grundkurses übereinstimmt (TT = TH). Die beiden Strahlenkeulen liegen dann auf einer Linie gleicher Dopplerfrequenz (Isodope). Bei TH = TT ergeben sich für die beiden Keulen unterschiedliche Dopplerfrequenzen. Die Bestimmung der Abdrift mittels Doppler-Radar zeigt Abb. 25.39.

Da die Signale schräg nach unten abgestrahlt werden, muß zusätzlich die vertikale Geschwindigkeitskomponente berücksichtigt werden. Diese Vertikalkomponente kann entweder durch das Doppler-Radar-System selbst, d. h. durch einen weiteren Strahler, oder von anderen Vertikal-Geschwindigkeitsmessern ermittelt werden.

Zu einer Doppler-Radar-Bordanlage gehören die Baugruppen Antennenanlage, Sender/Empfänger, Rechner und Bedien- und Anzeigeinstrument.

Beim Doppler-Radar lassen sich zwei Antennenmechanismen unterscheiden. Das feststehende Antennensystem ist mit dem Flugzeugrumpf fest verbunden und ermittelt die Geschwindigkeitskomponenten bezogen auf die Flugzeugkoordinaten. Um die Geschwindigkeiten im erdfesten Koordinatensystem zu erhalten, muss zusätzlich die Roll- und Pitch-Information verarbeitet werden. Beim stabilisierten Antennensystem

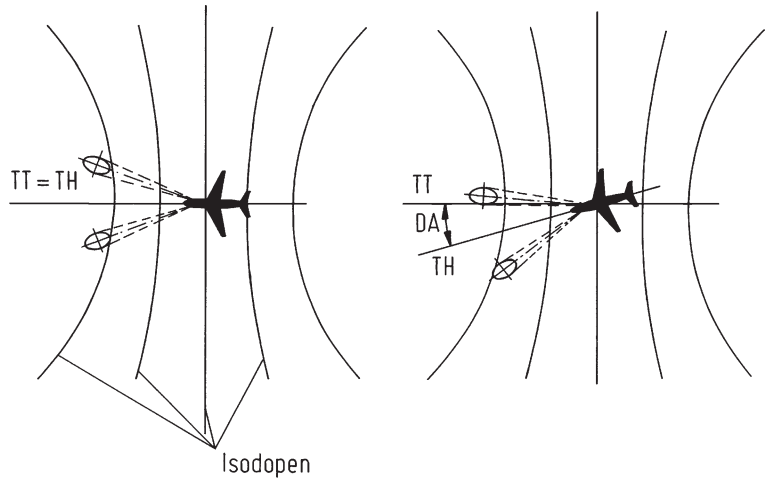


Abb. 25.39 Bestimmung der Abdrift mittels Doppler-Radar [163]

ist die Antenne kardanisch aufgehängt und wird über ein Servosystem ständig auf den Horizont ausgerichtet. Die gemessenen Geschwindigkeitskomponenten sind hierbei auf die Navigationsebene bezogen.

Die Sender/Empfänger-Baugruppe arbeitet mit 8,8 GHz oder mit 13,3 GHz. Die höhere Frequenz erlaubt eine schärfere Bündelung bei begrenzten Abmessungen der Antenne. Eine Erhöhung der Sendefrequenz wesentlich über 13,3 GHz würde zu beträchtlichen Messfehlern bei der Rückstrahlung an fallendem Regen führen.

Der Rechner hat die Aufgabe, aus den Dopplerverschiebungen der Strahlenkeulen die Werte für Driftwinkel und Geschwindigkeit über Grund zu bestimmen.

Neben einem Schalter zur Inbetriebnahme der Doppler-Radar-Anlage weisen ältere Bediengeräte noch einen Schalter zur Berücksichtigung des Land-See-Effektes auf. Der reflektierte Energieanteil ist nämlich über Wasserflächen abhängig vom Neigungswinkel der Strahlenkegel. Die Strahlhinterkante mit dem größeren Neigungswinkel liefert einen höheren reflektierten Energieanteil als die Vorderkante des Strahlenkegels. Bei Flügen über Wasser verlagert sich deshalb das Maximum der reflektierten Energie zur Hinterkante des Antennenstrahles. Dieser größere Neigungswinkel muß bei den anschließenden Berechnungen berücksichtigt werden. Moderne Geräte kompensieren den Land-See-Effekt durch ein geringes Oszillieren des Strahlenkegels. In der Schalterstellung Standby (Bereitschaft) können die angezeigten Werte für Grundgeschwindigkeit und Driftwinkel manuell verändert werden. Der Rechner kann damit für eine Koppelnavigation verwendet werden, auch wenn keine Dopplerinformationen zur Verfügung stehen. Das Anzeigeinstrument zeigt den Driftwinkel und die Geschwindigkeit über Grund an.

Um Angaben über die verbleibende Strecke zu einem Wegpunkt zu erhalten, muss zusätzlich ein Flugwegrechner vorhanden sein, dem die Position des gewünschten Wegpunktes eingegeben wird und der dann Informationen über die verbleibende Wegstrecke und die seitliche Ablage vom Sollkurs liefert.

Doppler-Radar-Anlagen können weltweit angewendet werden. Sie sind unabhängig von Bodenstationen und arbeiten unter nahezu allen Wetterbedingungen, lediglich extrem starker Niederschlag kann sich störend auswirken. Es werden Genauigkeiten von ± 2 Knoten für die Geschwindigkeit und $\pm 0{,}3°$ für den Driftwinkel erreicht.

25.3.5 Landesysteme

25.3.5.1 Befeuerungssysteme für Sichtanflüge

Als Systeme zur Unterstützung von Sichtanflügen sind zu nennen:

- Approach Lighting System (ALS):
  Anflugbefeuerung vor der Landebahn, meist in Kombination mit einem Instrumentenlandesystem oder für VFR-Night Anflüge.

- Visual Approach Slope Indicator (VASI):
  Optische Systeme, die dem Luftfahrzeugführer mittels Lichtbalken, die in Abhängigkeit der jeweiligen Höhe des Luftfahrzeuges kombiniertes weißes und rotes Licht abstrahlen, den Geleitwinkel vorgeben.
- Precision Approach Path Indicator (PAPI):
  Abgewandelte Form des VASI
- Pilot Controlled Lighting (PCL):
  Vom Luftfahrzeugführer per Funk aktivierte Befeuerung.

25.3.5.2 Instrumentenlandesystem

Das Instrumentenlandesystem (ILS) ist die von der ICAO standardisierte Funklandehilfe für den Präzisionslandeanflug. Es hat die Aufgabe, dem Luftfahrzeugführer auch bei schlechten Sichtverhältnissen eine genaue Anflugführung des Luftfahrzeuges bis zum Aufsetzpunkt zu ermöglichen.

Das ILS besteht bodenseitig aus einem Landekurssender (Localizer (LOC)), einem Gleitwegsender (Glide Path oder Glide Slope (GS)) und zwei Einflugzeichensendern (Outer Marker (OM) und Middle Marker (MM)).

Die Leitsignale des Landekurs- und Gleitwegsenders dienen der horizontalen bzw. vertikalen Führung des Luftfahrzeuges und werden durch sich überdeckende modulierte Strahlungen mit Modulationsfrequenzen von 90 und 150 Hz erzeugt.

Der Gleitpfad entsteht im Schnittpunkt der beiden Leitebenen der Antennen-Strahlungsdiagramme, in denen der Grad der Modulation gleich groß bzw. die Modulationsgrad-Differenz (Difference in Depth of Modulation, DDM) gleich Null ist. Die Signale der Einflugzeichensender dienen der Abstandsbestimmung zur Landebahnschwelle. Die bodenseitigen Komponenten des Instrumentenlandesystems zeigt Abb. 25.40.

Die bodenseitigen Komponenten des Instrumentenlandesystems sind unabhängig voneinander arbeitende Systeme. Sie setzen sich zusammen aus Sender/Ersatzsender, Modulator, Antenne, Stromversorgung/Notstromversorgung und Überwachungseinheit.

Der Landekurssender (Localizer) steht ca. 300–900 m (meist ca. 360 m) hinter der Landebahn. Ein Quarzoszillator erzeugt die Betriebsfrequenz, die zwischen 108,1 und 111,9 MHz liegt, gefolgt von einer Verstärkerstufe. Die Treiberstufe teilt die Hochfrequenz (HF)-Leistung kapazitiv und führt sie zwei Kraftverstärkern zu. Hier erfolgt die Modulation mit dem 90-Hz- bzw. 150-Hz-Signal und der Kennung.

Zur Unterdrückung der Oberwellen schließt noch ein Tiefpass an. Danach werden die Signale einem Koppler zugeführt, über den die Weiterleitung an die Antenne erfolgt. Die Sendeleistung liegt zwischen 10 und 20 W. Abb. 25.41 zeigt das vereinfachte Blockschaltbild eines ILS-Landekurssenders.

Aus der Quellfrequenz eines weiteren Oszillators generiert bzw. regelt der nachgeschaltete Regler die Modulationsfrequenzen 90 und 150 Hz. Anschließend wird die

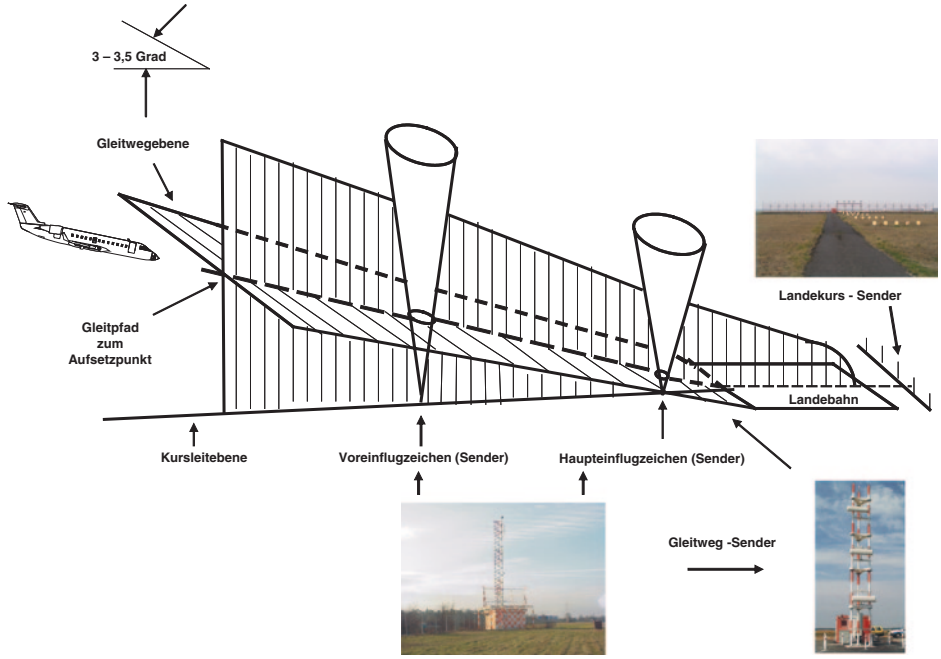


Abb. 25.40 Bodenseitige Komponenten des Instrumentenlandesystems [163]

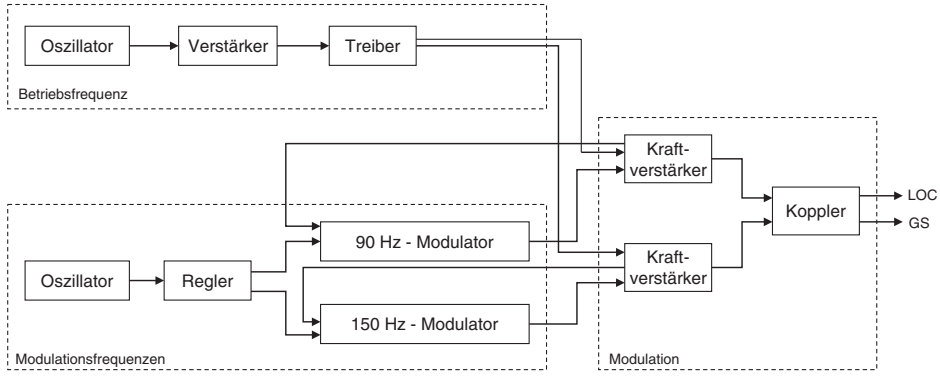


Abb. 25.41 Vereinfachtes Blockschaltbild eines ILS-Landekurssenders [163]

Betriebsfrequenz mit diesen 90 und 150-Hz-Signalen moduliert. Die Stromversorgung wird über ein Gleichrichtergerät gesteuert. Eine Notstrombatterie übernimmt die Energieversorgung bei Ausfall des normalen Versorgungsnetzes.

Das Antennensystem des Landekurssenders besteht aus einer Anzahl von Dipolen, die in einer Linie angeordnet sind. Daraus resultiert eine ausgeprägte, keulenförmige

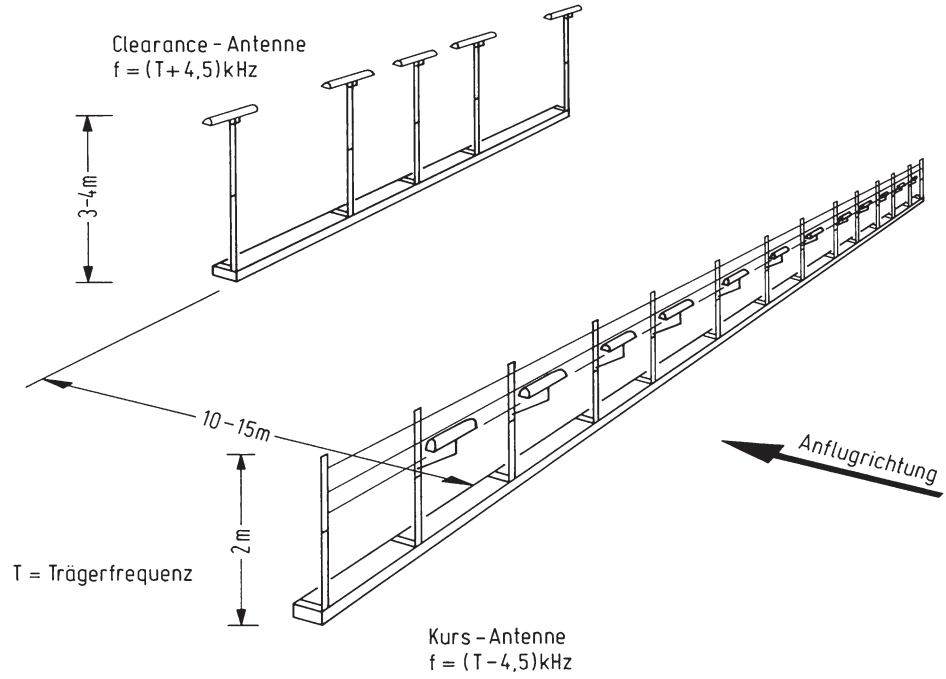


Abb. 25.42 Antennensystem eines Zweifrequenz-Landekurssenders [163]

Richtcharakteristik. Etwas dahinter und höher angeordnet befindet sich das Clearance-Antennensystem. Die dazugehörige Antennencharakteristik erfasst einen wesentlich größeren Überdeckungsbereich als die des Landekurssenders. Dadurch kann die seitliche Ablage vom Landekurs besser festgestellt werden. Das Gesamtsystem wird als Zweifrequenz-Landekurssender bezeichnet.

Die Überwachungsanlage kontrolliert mittels Felddetektoren Kurslage und -breite, Modulationsgrad, Feldstärke und Kennung des Landekurssenders im Nah- und Nächstbereich.

Die Abb. 25.42 und 25.43 zeigen das Antennensystem eines Zweifrequenz-Landekurssenders.

Der Gleitwegsender (Glide Slope) befindet sich etwa 120–180 m neben der Mittellinie der Landebahn, in der Höhe des Aufsetzpunktes. Aufbau und Arbeitsweise des Gleitwegsenders ähneln dem des Landekurssenders.

Die Sendeleistung ist jedoch geringer und beträgt nur ca. 8–10 W. Der Frequenzbereich liegt zwischen 328,6 und 335,4 MHz. Da diese Frequenzen mit denen des Landekurssenders gekoppelt sind, muss der Nutzer sie nicht gesondert einwählen.

Die Antennenanlage setzt sich meist aus zwei Dipolen zusammen, die in verschiedenen Höhen über der Erdoberfläche installiert sind. Da die Antennen seitlich der Landebahn installiert sind, erfolgt eine Korrektur der sich daraus ergebenden

Abb. 25.43 Antennensystem eines Zweifrequenz-Landekurssenders (Verkehrsflughafen Frankfurt/M) [102]

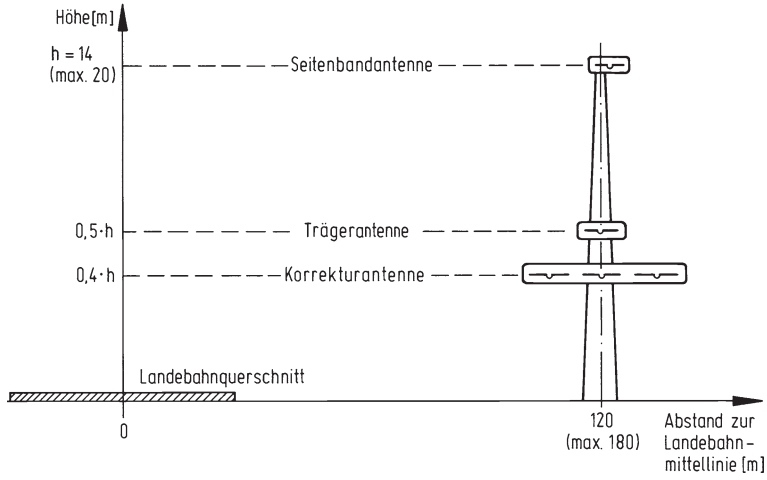


Abb. 25.44 Antennensystem eines Gleitwegsenders [163]

Verschiebung der Gleitwegführung über eine Korrekturantenne. Abbildung 25.44 und 25.45 zeigen das Antennensystem eines Gleitwegsenders.

Zur Überwachung der Signale des Gleitwegsenders werden auch hier Felddetektoren eingesetzt. Bei Störungen wird der Reservesender bzw. die Notstromversorgung aufgeschaltet.

Die Einflugzeichensender (Marker) befinden sich auf der Anfluggrundlinie, ca. 4 NM (Outer Marker) bzw. 3.500 ft (Middle Marker) vor der Landebahnschwelle. Beide Sender

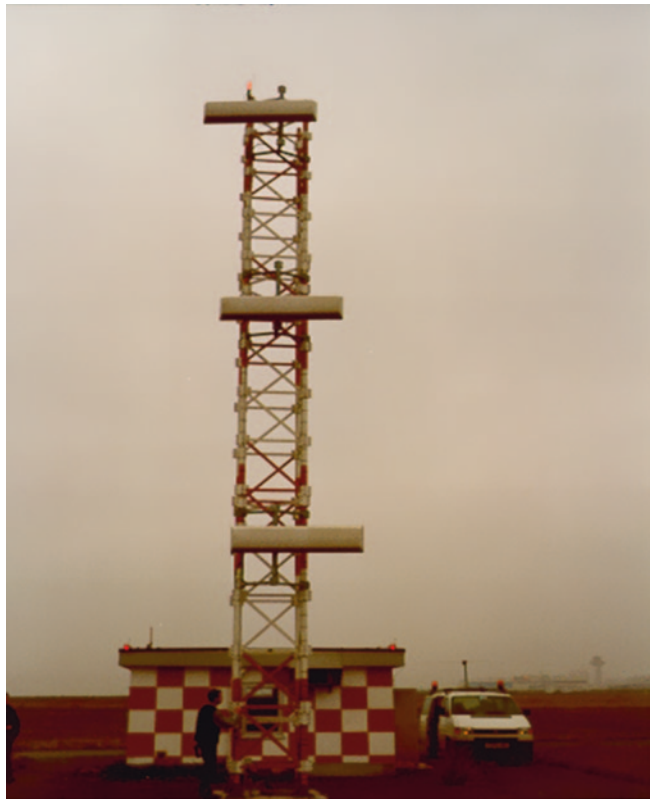


Abb. 25.45 Antennensystem eines Gleitwegsenders (Verkehrsflughafen Frankfurt/M) [102]

arbeiten mit einer Betriebsfrequenz von 75 MHz und besitzen ein vertikal polarisiertes Strahlungsdiagramm.

Die Sendeleistung beträgt jeweils ca. 10 W. Damit ist ein Empfang bis zu einer Höhe von 2.000 ft sichergestellt. Sender und Modulatorstufen entsprechen im Aufbau denen des Landekurssenders.

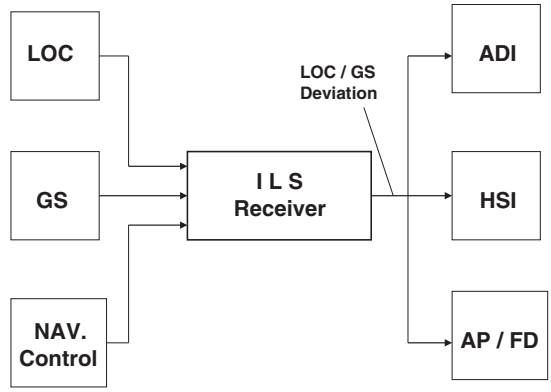
Das Antennensystem besteht aus zwei horizontalen Dipolantennen, die oberhalb einer gut leitenden Reflektionsfläche montiert sind. Auch hier stehen Reservesender- und Notstromversorgung zur Verfügung.

Abbildung 25.46 zeigt einen Haupteinflugzeichen-Sender mit Shelter.

Die ILS-Bordanlage hat die Aufgabe, die Auswahl einer gewünschten Bodenstation zu ermöglichen, die Signale dieser Station auszuwerten und dem Luftfahrzeugführer zur Anzeige zu bringen. Ist das Luftfahrzeug mit einem Autopiloten ausgerüstet, so kann mit Hilfe der ILS-Signale auch ein automatischer Landeanflug durchgeführt werden. Zu einer ILS-Bordanlage gehören die Baugruppen Localizer-Antenne, Glide-Slope-Antenne, Empfänger, Bediengerät und ILS-Anzeigeinstrumente. Die prinzipiellen Baugruppen einer ILS – Bordanlage zeigt Abb. 25.47.

Abb. 25.46 Haupteinflugzeichensender mit Shelter [102]

Abb. 25.47 Prinzipielle Baugruppen einer ILS – Bordanlage [163]



Nach der Flugsicherungsausrüstungsverordnung, FSAV § 3, Flugsicherungsausrüstung für Flüge nach Instrumentenflugregeln [110], müssen Luftfahrzeuge für Anflüge nach dem Instrumenten-Landesystem (ILS) ausgerüstet sein mit:

1. einem Empfangsgerät für die Signale von ILS-Landekurssendern (ILS-Landekurs-emfangsanlage), das die nach gültigem internationalen Standard geforderte Störfestigkeit gegenüber UKW-Rundfunksendern (FM-Immunity) aufweist;

2. einem Empfangsgerät für die Signale von ILS-Gleitwegsendern (ILS-Gleitwegempfangsanlage);
3. einem UKW-Empfangsgerät mit einer Anzeigeeinrichtung für die Signale der Markierungsfunkfeuer;
4. einem Gerät für die gemeinsame Anzeige der Signale der ILS-Landekurs- und- Gleitwegsender.

In älteren Luftfahrzeugen gibt es keine eigene Localizer-Antenne, es wird vielmehr eine gemeinsame Antenne für den VOR- und Localizer-Empfang verwendet. Als Glide-Slope-Antenne findet man in älteren Luftfahrzeugen eine einfache Dipolantenne. Bei modernen Ausführungen verwendet man eine z. B. im Flugzeugbug installierte Spezialantenne, die gegenüber dem Dipol eine günstigere Antennencharakteristik aufweist.

Der Empfänger enthält in modernen Geräten den Hochfrequenz- und den Auswerteteil für die 90-Hz- und die 150-Hz-Modulation sowohl für den Localizer als auch für den Glide-Slope. Der Empfänger demoduliert die Trägerfrequenz und erhält ein 90-Hz- und ein 150 Hz-Signal mit bestimmten Amplituden (Modulationsgrad). Diese Wechselstromsignale werden gleichgerichtet und miteinander verglichen. Die Spannungsdifferenz beider Signale entspricht der Modulationsgrad-Differenz und ist ein Maß für die Ablage vom Sollflugpfad. Auf dem Sollflugpfad werden das 90-Hz- und das 150-Hz-Signal gleich stark empfangen, die Modulationsgrad-Differenz ist gleich Null. Der Frequenzbereich soll für den Localizer-Empfang 108–111,95 MHz und für den Glide-Slope-Empfang 328,6–335,4 MHz betragen. Die Kanäle müssen im Abstand von 50 kHz (Localizer) bzw. 150 kHz (Glide Slope) rastbar sein.

Die Abb. 25.48 zeigt das Modulationsdiagramm eines Zweifrequenz-Landekurssenders, Abb. 25.49 zeigt das Modulationsdiagramm eines Gleitwegsenders.

Die Neigung des Gleitweges liegt, abhängig von der umgebenden Topographie und Bebauung des Einsatzgebietes zwischen 2 und 4 Grad.

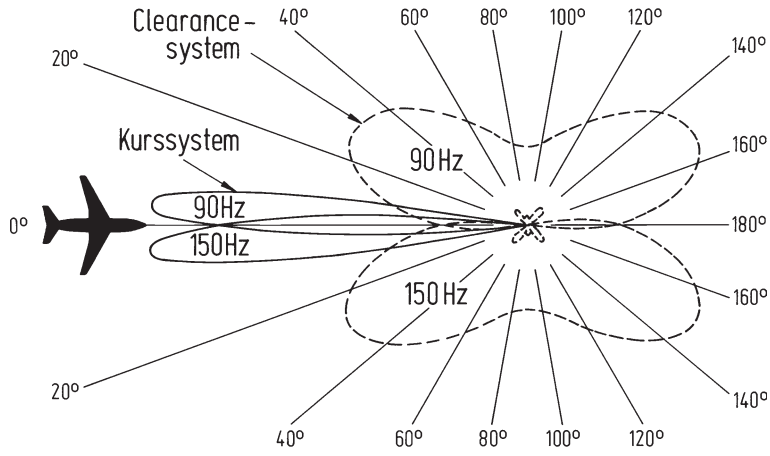


Abb. 25.48 Modulationsdiagramm eines Zweifrequenz – Landekurssenders [163]

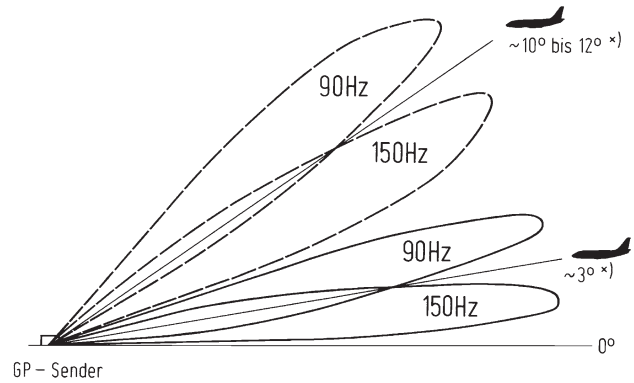


Abb. 25.49 Modulationsdiagramm eines Gleitwegsenders [163]

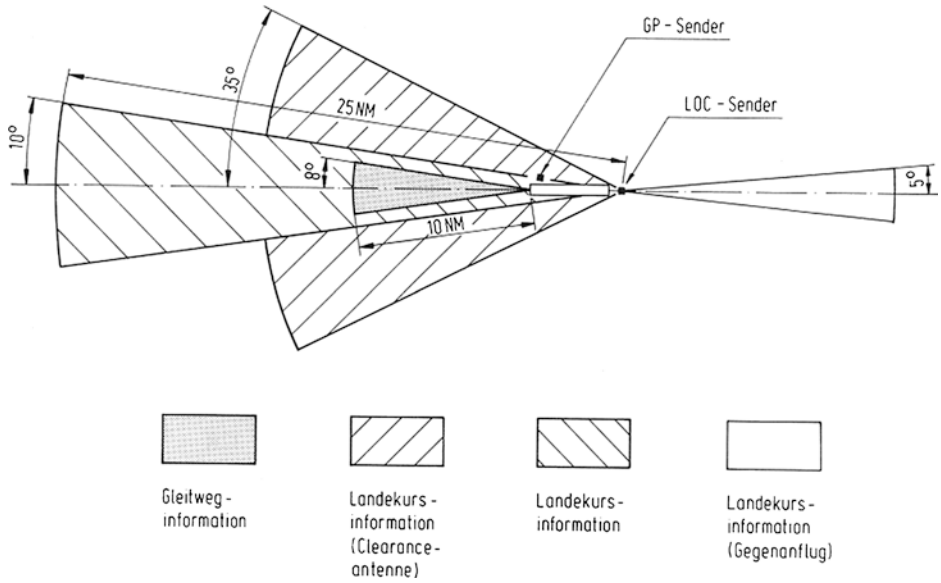


Abb. 25.50 Überdeckungsbereiche des Gleitweg- und Landekurssenders [163]

Bei Abweichungen vom Sollflugweg überwiegt in den beiden Ebenen der Modulationsgrad des 90-Hz- oder 150-Hz-Signals. Empfängerseitig wird das schwächere Signal unterdrückt. Das daraus resultierende Modulationssignal gibt Auskunft über die Relativrichtung der Ablage, der Modulationsgrad ist ein Maß für die Abweichung. Die Überdeckungsbereiche des Gleitweg- und Landekurssenders zeigt Abb. 25.50.

Das Instrumentenlandesystem ist für den Luftfahrzeugführer eine Hilfe bei der Führung des Luftfahrzeuges im Landeanflug. Entsprechend der Genauigkeit der bord- und

bodenseitigen Gerätetechnik werden die so genannte ILS Allwetter-Kategorien unterschieden (CAT I, II und III), die bestimmte Mindestsichtweiten für den Landeanflug fordern.

Alle für den Luftfahrzeugführer wichtigen Informationen, wie z. B. ILS-Frequenz, Anflugkurs, 3-Letter-Code, Gleitwinkel, Position der Einflugzeichensender etc., sind in den Instrumenten-Anflugkarten (Instrument Approach Chart) des Luftfahrthandbuches der Bundesrepublik Deutschland (AIP) veröffentlicht.

Das Bediengerät dient zur Auswahl der gewünschten Bodenstation. Zum Empfang der Localizer- und Glide-Slope-Signale wird nur die Frequenz des Localizers eingestellt. Die Wahl der Glide-Slope-Frequenz erfolgt automatisch nach der im ICAO Annex 10 festgelegten Zuordnung der Localizer- und Glide-Slope-Frequenzen.

Als Anzeigeinstrumente an Bord werden üblicherweise der elektromechanische Attitude Director Indicator (ADI) und der Horizontal Situation Indicator (HSI), bei modernen Luftfahrzeugen die entsprechenden, auf Flüssigkeitsdisplays basierenden Instrumente Primary Flight Display (PFD) und Navigation Display (ND), verwendet.

Die Einflugzeichen-Anlage besteht aus einer Antenne an der Luftfahrzeugunterseite, einem Empfänger und bei älteren Luftfahrzeugen 3 Anzeigelampen im Luftfahrzeug.

Die auf der Trägerfrequenz 75 MHz arbeitenden Markierungsfunkfeuer weisen eine senkrecht nach oben zeigende Strahlungscharakteristik auf. Der Bordempfänger nimmt beim Überflug die mit 400 Hz (Outer Marker) bzw. 1300 Hz (Middle Marker) modulierten Signale auf und steuert die zugehörigen Anzeigelampen im Cockpit an.

Das Instrumentenlandesystem liefert dem Luftfahrzeugführer:

- die laterale und vertikale Flugwegführung in der Hauptanflugrichtung;
- die laterale Flugwegführung in der Gegenanflugrichtung;
- Größe und Richtung der Abweichungen vom Sollflugweg;
- die Entfernung bis zum Aufsetzpunkt beim Überfliegen der Einflugzeichensender;
- die Stationskennung und ggf. Informationen des ATIS.

Die Anzeige der Ablage von der Anfluggrundlinie erfolgt auf dem HSI. Man stellt sich zweckmäßigerweise mit Hilfe des Course-Selectors die zur ILS-Frequenz gehörende Landerichtung ein. Die Anzeigeempfindlichkeit ist so ausgelegt, dass der Ausschlag der Nadel um einen Punkt (one dot) eine Ablage vom Localizer um 0,5 Grad bedeutet. Die Anzeige ist als Kommando-Anzeige zu interpretieren, d. h. Korrekturen sind in Richtung des Zeigerausschlages auszuführen.

Der Gleitwegzeiger zeigt die Ablage des Luftfahrzeuges von der durch den Gleitwegsender vorgegebenen Ebene an, und zwar ebenfalls als Kommando-Anzeige. So bedeutet ein Nadelausschlag nach oben, dass sich das Luftfahrzeug unter dem Gleitpfad befindet. Der Gleitwegzeiger ist so geeicht, dass ein Punkt auf der Skala einer Ablage von 0,25 Grad vom Gleitpfad entspricht.

Die Anzeige für das Überfliegen der Marker erfolgt optisch und akustisch. Der Überflug des Outer Markers wird durch eine akustische Strich-Strich-Kennung und das Blinken einer blauen Anzeigelampe im Cockpit signalisiert. Der Middle Marker ist

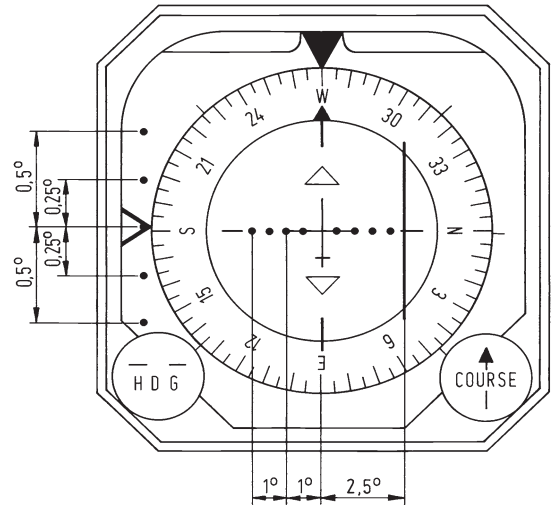


Abb. 25.51 Localizer- und Glide-Slope Anzeige auf einem HSI [163]

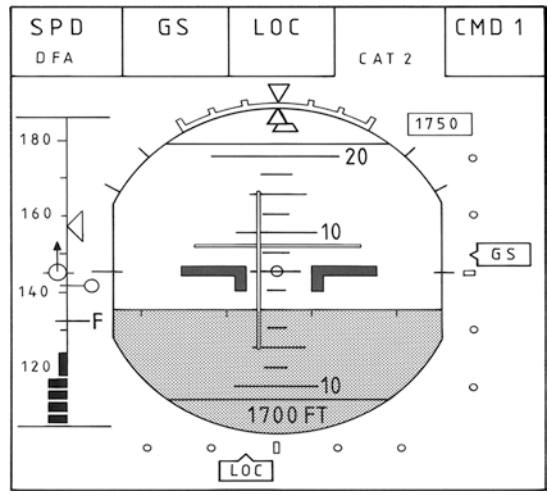


Abb. 25.52 Localizer- und Glide-Slope Anzeige auf einem PFD [163]

durch eine Punkt-Strich-Kennung und gelbes Blinklicht gekennzeichnet. Die dritte, weiße Anzeigelampe zeigt den Überflug über Marker an, die Luftstraßenkreuzungen, Meldepunkte oder andere wichtige Standorte kennzeichnen. Diese so genannten „Airway Marker“ sind in der Bundesrepublik Deutschland nicht mehr vorhanden.

Abbildung 25.51 zeigt die Localizer- und Glide-Slope Anzeige auf einem HSI, Abb. 25.52 auf einem PFD.

Der Localizer strahlt nicht nur in die Hauptanflugrichtung, sondern auch in die entgegengesetzte Richtung eine Richtungsinformation ab, die als “Back Course” oder “Back Beam” bezeichnet wird.

Tab. 25.5 ILS-Kategorien ausgewählter bundesdeutscher Verkehrsflughäfen/Verkehrslandeplätze (Stand 2012) [58]

Verkehrsflughafen	ILS Landekategorien/GLS Landekategorien				
	CAT I	CAT II	CAT IIIa	CAT IIIb	GLS CAT I
Berlin Brandenburg	–	07, 25	–	07, 25	–
Bremen	–	09, 27	–	09, 27	09, 27
Dresden	–	04	–	22	–
Düsseldorf	05L	23L, 23R, 05R	–	23L, 23R, 05R	–
Erfurt	–	10, 28	–	10, 28	–
Frankfurt Main	–	07L, 07C, 07R, 25L, 25 C, 25R	–	07L, 07C, 07R, 25L 25C, 25R	–
Frankfurt Hahn	03	21	–	–	–
Friedrichshafen	06	24	–	24	– –
Hamburg	05, 15	23	–	23	–
Hannover	27L, 09R	09L, 27R	–	09L, 27R	–
Heringsdorf	28	–	–	–	–
Köln-Bonn	24	14L, 32R	–	14L, 32R	–
Leipzig-Halle	–	08L, 08R 26L, 26R,	–	08L, 08R 26L, 26R	–
München	–	08L, 08R 26L, 26R	–	08L, 08R, 26L, 26R	–
Münster-Osnabrück	07	25	–	25	–
Nürnberg	10	28	–	28	–
Stuttgart	–	07, 25	–	07, 25	–

Bei Anflügen auf dem ILS-Rückkurs, die heutzutage allerdings Ausnahmen darstellen, ist zu beachten, dass keine vertikalen Führungsinformationen zur Verfügung stehen und dass es sich nicht mehr um eine Kommando-Anzeige handelt. Einige Luftfahrzeugmuster verfügen jedoch über einen Umschalter, der dann den gewohnten Anzeigesinn wiederherstellt.

Die deutschen Verkehrsflughäfen sind mit ILS-Systemen, meist mit der Funktionalität CAT IIIb, ausgerüstet. Die ILS-Allwetter-Kategorien der bundesdeutschen Verkehrsflughäfen zeigt Tab. 25.5 nach Betriebsrichtung, wobei die angegebene höchste Kategorie jeweils die entsprechend niedrigeren einschließt.

25.3.5.3 Mikrowellenlandesystem

Das Mikrowellenlandesystem (MLS) [139] ist die von der ICAO seit 1998 standardisierte Funkhilfe für den Präzisionslandeanflug. Es sollte das bisherige Instrumentenlandesystem (ILS) ablösen. Gegenüber dem ILS bietet das MLS primär den

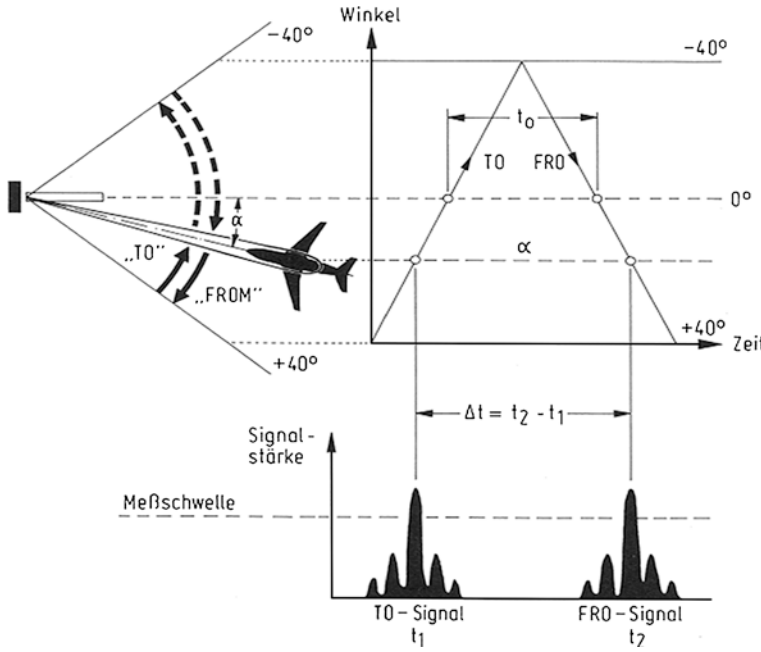


Abb. 25.53 Funktionsprinzip des TRSB beim MLS [139]

Vorteil, dass Anflugkurs und Gleitwegebene wählbar, und somit auch segmentierte oder gekrümmte Anflugwege möglich sind.

Das MLS besitzt drei Systemfunktionen, die Winkelfunktion (Azimut und Elevation), die MLS-Datenfunktion und die Entfernungsfunktion.

Die Winkelfunktion arbeitet nach dem TRSB-Prinzip (Time Reference Scanning Beam), was einen „Abtaststrahl mit Zeitbezug" darstellt. Dieser Abtaststrahl schwenkt mit konstanter Geschwindigkeit in einem Azimutsektor von üblicherweise ±40 Grad (±60 Grad sind möglich) zur Landebahnmittellinie hin und her (Abb. 25.53). Ein zweiter Abtaststrahl schwenkt vertikal in einem Elevationssektor von 0–20 Grad. An Bord des anfliegenden Luftfahrzeuges wird bei jedem Passieren des Abtaststrahles ein pulsförmiges Signal erzeugt.

Die Zeit zwischen dem aus dem Hinlauf und dem aus dem Rücklauf des Abtaststrahls stammenden Signal wird gemessen und liefert das Maß für den Azimut- bzw. Elevationswinkel.

Die Datenkomponente des MLS erlaubt die digitale Übertragung von Basisdaten, z. B. der Stationskennung oder zusätzlicher Daten, wie Wetterdaten, Landebahnzustand etc. Moderne, bordgestützte Flugführungssysteme ermöglichen es, MLS-basierte Anflugprofile zu berechnen, und an das Flight Management System sowie den Autopiloten zu übermitteln.

Die Entfernungsfunktion arbeitet nach dem DME (Distance Measuring Equipment)-Prinzip und liefert die direkte Entfernung des Luftfahrzeuges bis zum Aufsetzpunkt auf der Landebahn. Das speziell für das MLS entwickelte Präzisions-DME (DME/P)

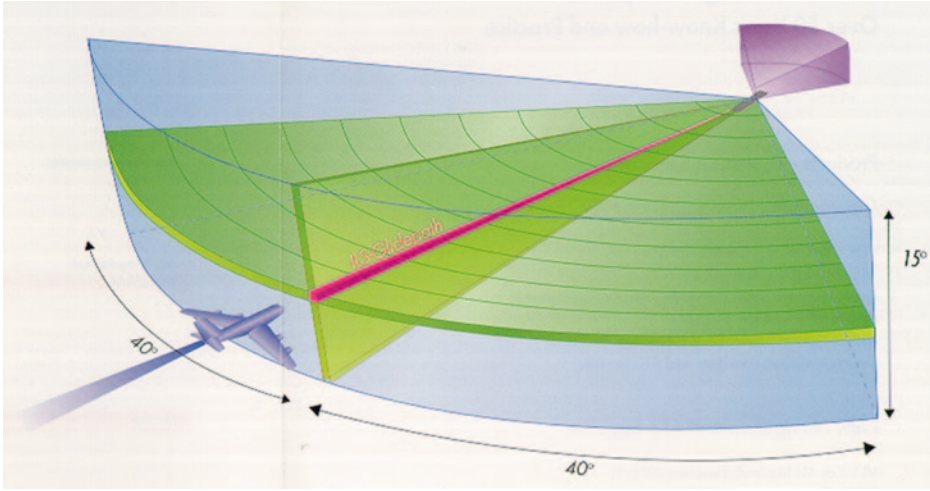


Abb. 25.54 MLS Anflugsektoren [102]

liefert im letzten Teil des Anfluges eine höhere Genauigkeit als das Standard-DME. Abbildung 25.54 zeigt die MLS Anflugsektoren.

Für das MLS existieren zwei Systemkonfigurationen. Das Grundsystem umfasst die Komponenten zur:

- azimutalen Anflugführung (Approach Azimuth Guidance, AZ),
- vertikalen Anflugführung (Approach Elevation Guidance, EL),
- Entfernungsmessung (Distance Measuring Equipment, DME),
- Übertragung von Basisdaten (Basic Data Transmission).

In der erweiterten Systemkonfiguration sind Komponenten enthalten, die folgende Funktionen ermöglichen:

- azimutale Abflugführung (Back Azimuth Guidance, BKAZ),
- Führung in der Flare-Phase (Flare Guidance),
- Präzisions-Entfernungsmessung (Precision DME),
- Übertragung von Zusatzdaten (Auxiliary Data Transmission).

Durch den modularen Aufbau der Einzelkomponenten kann die Erweiterung des Systems auch schrittweise erfolgen. Da ferner die derzeitigen DME-Systeme in den meisten Fällen mit dem DME-System des MLS kompatibel sind, können die bestehenden DME-Systeme bei einer MLS-Installation verwendet werden. Abbildung 25.55 gibt einen Überblick über die MLS-Systemkomponenten.

Die Grundstruktur der einzelnen Systemkomponenten ist ähnlich denen des ILS. Sie bestehen aus dem Sender, dem Antennensystem, dem Überwachungssystem, dem Takt- und Steuerungssystem und der Energie- und Notstromversorgung.

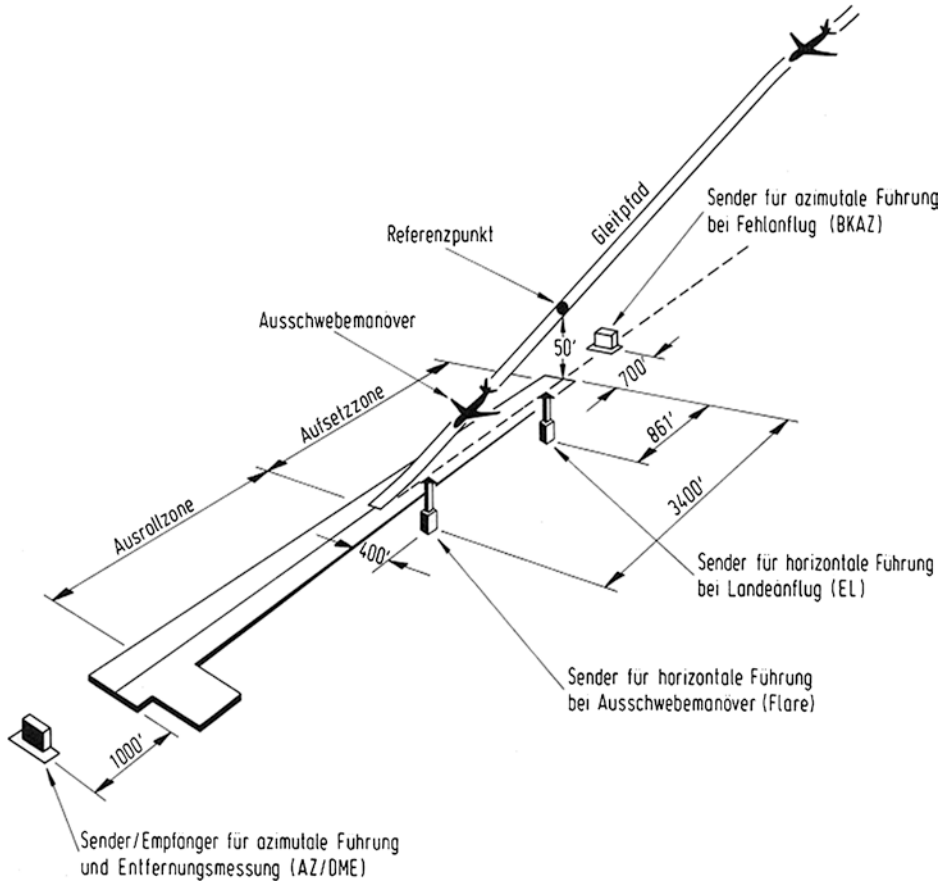


Abb. 25.55 Systemkomponenten des MLS [139]

Eine Ausnahme bildet hier das DME-System, das autark ist und nur mit dem MLS-System gekoppelt wird.

Die Sender (Transmitter) arbeiten auf dem Mikrowellen-C-Band, im Frequenzbereich zwischen 5031 und 5091 MHz. Der Kanalabstand beträgt 300 kHz. Somit kann auf 200 verschiedenen Kanälen gesendet werden. Die Sendeleistung liegt zwischen 10 und 20 W. Alle Sender eines MLS-Systems arbeiten auf einer Frequenz. Damit empfängerseitig die einzelnen Signale den verschiedenen Sendern zugeordnet werden können, erfolgt die Ausstrahlung der Signale nach einem festen Zeitplan.

Das Antennensystem (Antenna Subsystem) ist für die Formgebung des Abtaststrahls (Antennencharakteristik) verantwortlich. Grundsätzlich ist der Abtaststrahl stark gebündelt. Der Öffnungswinkel hängt dabei von der jeweiligen Aufgabenstellung ab. Für die azimutale Abtastung werden Öffnungswinkel von 1–3 Grad, für die vertikale Abtastung werden Winkel zwischen 0,5 (Flare-Phase) und 2 Grad verwendet. Die Abtastung wird elektronisch gesteuert.

Das Überwachungssystem (Monitor Subsystem) empfängt über Felddetektoren (Monitor Antennas) die ausgestrahlten Signale, bereitet sie auf und leitet sie an das Takt- und Steuerungssystem (Timing and Control) weiter. Treten für Frequenz, Feldstärke, Zeitplan etc. nicht mehr tolerierbare Abweichungen vom Sollwert auf, werden entsprechende Steuersignale erzeugt und Korrekturen durchgeführt.

Bei Ausfall einer Systemkomponente erfolgt innerhalb einer Sekunde die Umschaltung auf das Reservesystem, da ansonsten das gesamte MLS-System aus Sicherheitsgründen zunächst abgeschaltet werden muss.

Die MLS-Bordanlage besteht aus der Standard- bzw. Präzisions-DME-Anlage sowie der Empfangsanlage für die Führungswinkel, mit der auch die zusätzlich abgestrahlten Daten empfangen werden. Beide Anlagen arbeiten unabhängig voneinander.

Das Präzisions-DME (DME/P) unterscheidet sich von dem Standard-DME durch die Verwendung von Impulsen mit steilerer Anstiegsflanke und der Einführung von zwei Betriebsarten, dem „Initial Approach Mode“ (IAM) und dem „Final Approach Mode“ (FAM). Der Initial Approach Mode ist voll kompatibel mit dem konventionellen DME und ist zu Beginn des Landeanfluges wirksam. Im weiteren Verlauf des Anfluges, etwa bei einer Entfernung von 7 NM, werden neben den IAM-Abfrageimpulsen auch FAM-Abfrageimpulse abgestrahlt.

Die beiden Abfragen unterscheiden sich durch unterschiedliche Impulsabstände. Erst nach Sicherstellung einer Mindestantwortrate für die zunächst probeweise gesendeten FAM-Abfragen wird der Mischbetrieb beendet, d. h. es werden nur noch FAM-Abfragen abgestrahlt. Die steile Sendeimpulsform gewährleistet zusammen mit einem speziellen FAM-Signalverarbeitungsverfahren, dass auch bei starken Reflexionsstörungen die geforderte Genauigkeit im letzten Teil des Anfluges erreicht wird. Abbildung 25.56 zeigt das Zusammenwirken der MLS-Systemkomponenten.

Die Empfangsanlage für die Führungswinkel besteht aus der Antennenanlage, dem Führungswinkel-Empfänger, dem Bediengerät und den Anzeigeinstrumenten.

Antennen für 5 GHz zeichnen sich durch geringe Abmessungen aus und lassen sich in verschiedenen Formen realisieren. Anzahl und Art der Antennen sind abhängig von dem Luftfahrzeugmuster und den gewünschten Einsatzbedingungen. Für geradlinige Anflüge kommt man mit einer einzigen Rundsichtantenne in der Rumpfnase aus. Soll der Anflug jedoch auf einer gekrümmten Anflugbahn durchgeführt werden, kann eine zweite Antenne im Heck des Luftfahrzeuges erforderlich werden.

Der Führungswinkel-Empfänger beinhaltet den HF-Empfangsteil mit 200 Kanälen sowie einen Mikroprozessor, der die Zeit zwischen dem Empfang des hin- und hergeschwenkten Abtaststrahles in eine Winkelinformation umsetzt. Weitere Funktionen des Empfängers sind:

- Die Auswahl der Bordantenne, die das stärkste Signal liefert;
- Die Überprüfung, ob sich das Luftfahrzeug im Erfassungsbereich der eingestellten Bodenstation befindet;
- Die Weitergabe der Winkelinformation an die entsprechenden Anzeigegeräte bzw. Bordrechner;

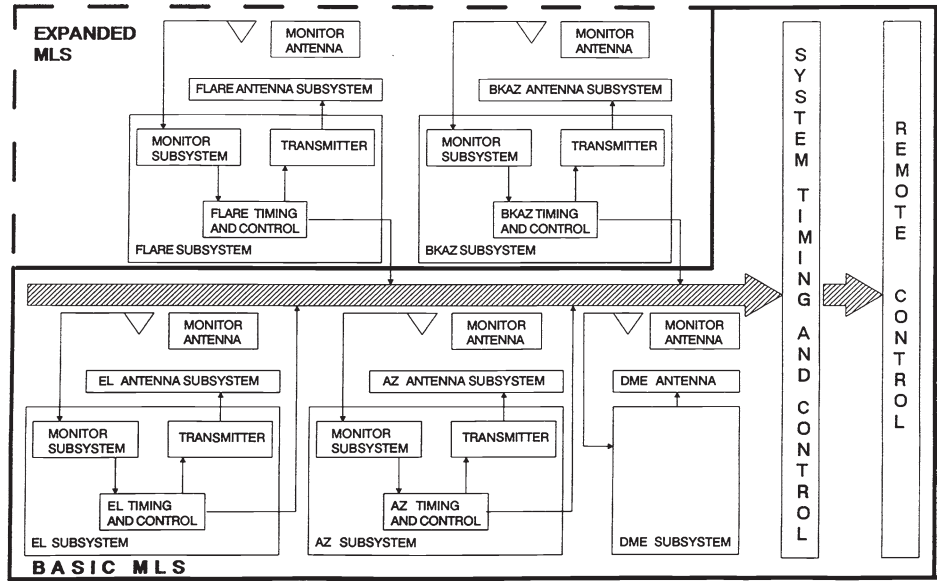


Abb. 25.56 Zusammenwirken der MLS-Systemkomponenten (Boden) [139]

- Die Durchführung von Selbsttests;
- Empfang und Weitergabe der MLS-Zusatzdaten.

Das Bediengerät dient zur Auswahl der Bodenstation und zur Eingabe des gewünschten Anflugkurses und Gleitwinkels. Die Wahl der Bodenstation geschieht durch Einstellung der entsprechenden Kanalnummer. Die Kanäle sind von 500–699 durchnumeriert. Mit der Kanalnummer wird automatisch die Frequenz der dazugehörigen DME-Station geschaltet. Die vorhandenen Anzeigeinstrumente für einen ILS-Anflug reichen für geradlinige und einfach segmentierte MLS-Anflüge aus (Look alike Anzeige).

Die MLS-Bordanlage liefert die horizontale Ablage von dem gewählten Anflugkurs und die vertikale Ablage von der gewählten Gleitwegebene. Das DME liefert zusätzlich die Entfernung bis zum Aufsetzpunkt. Die Systemgenauigkeit liegt für die laterale Flugwegführung bei ± 20 ft, für die vertikale Flugwegführung bei ± 2 ft.

Die Anzeige der horizontalen und vertikalen Ablagen kann wie beim ILS auf vorhandenen Instrumenten wie ADI und HSI bzw. PFD und ND erfolgen. Für einen automatischen Landeanflug können die vom MLS gelieferten Ablagesignale auch an den Autopiloten weitergegeben werden.

Die Ausstrahlung der Abtastsignale erfolgt für die laterale und vertikale Winkelbestimmung auf einer gemeinsamen Frequenz, was die Einhaltung eines festen Zeitplanes notwendig macht. Dieser Zeitplan sieht eine feste Unterteilung in Zeitabschnitte von jeweils 75 µs Dauer vor. Innerhalb dieser Zeit werden die vier Abtaststrahlen für die vertikale Führung (EL), das Ausschwebemanöver (FL), die azimutale Führung (AZ) und die azimutale Abflugführung (BKAZ) sowie variabel zu gestaltende Zusatzinformationen in Form von Teilblöcken ausgesendet (Abb. 25.57).

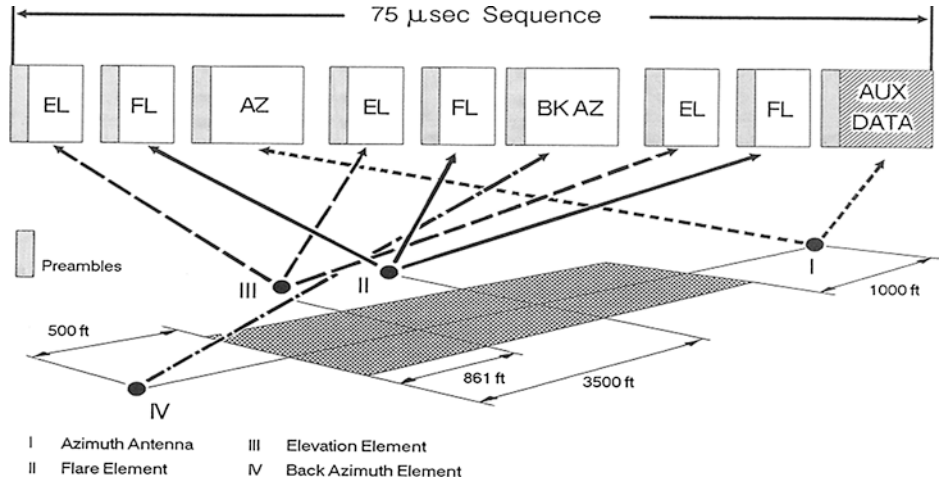


Abb. 25.57 Signalblock MLS [139]

Innerhalb eines Teilblockes wird, um Überlappungen zu vermeiden, jeder Funktion ein fester Zeitschlitz zugeordnet. Der Informationsblock, der den einzelnen Signalformaten vorangeht, setzt sich aus einer Präambel und einem Sektor zusammen. Danach folgt der Zeitschlitz für das Taktsignal. Die Präambel kann im gesamten Überdeckungsbereich des betreffenden Senders empfangen werden. Durch sie wird die empfängerseitige Erkennung der Trägerfrequenz sowie die Phasensynchronisation (Carrier Acquisition) ermöglicht. Anschließend folgt in Form eines Bit-Musters ein Zeit-Referenz-Code (Receiver Reference Time Code), der die Referenzzeit im Empfänger festlegt. Abschließend folgt ein Identifikationscode (Function Identification Code) für die betreffende Funktion. Abbildung 25.58 zeigt das Signalformat der Azimut-Funktion des MLS.

Im Sektor können bis zu vier zusätzliche Signale untergebracht werden, welche die Identifizierung des MLS-Systems (Ground Equipment Identification, nur bei AZ-Funktion), die Auswahl der optimalen Empfängerantenne (Airborne Antenna Selection), eine Anzeige bei Verlassen des Überdeckungsbereiches (Out-of-Range Indication) sowie eine Kalibrierung des Empfängers (Ground Radiated Test-To-Pulse) ermöglichen.

Es folgt der Zeitschlitz für den Taststrahl. Dieser wird unterteilt in einen Zeitschlitz für den TO- bzw. FROM-Scan sowie in eine fest definierte Pausenzeit. Die Gesamtlänge dieser Zeitschlitze hängt von der jeweiligen Tastfunktion, d. h. dem daraus resultierenden Überdeckungsbereich, ab. Abbildung 25.59 zeigt die Anwendung des Zeitschlitzes beim Taststrahl des MLS.

Bei den Azimutfunktionen (AZ, BKAZ) folgt abschließend nochmals ein Kalibrierungssignal (Ground Radiated Test-FRO-Pulse).

Das MLS soll dem Luftfahrzeugführer beim Landeanflug die genaue Führung des Luftfahrzeuges bis zum Aufsetzpunkt ermöglichen. Abbildung 25.60 zeigt mögliche MLS- Anflugverfahren. Gegenüber dem ILS hat das MLS folgende Vorteile:

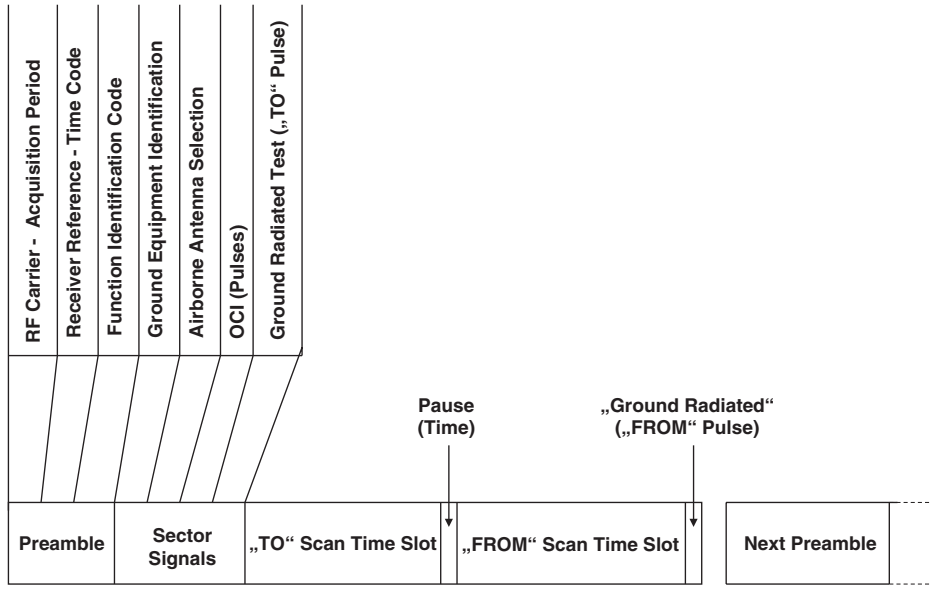


Abb. 25.58 Signalformat (Azimut Funktion) MLS [139]

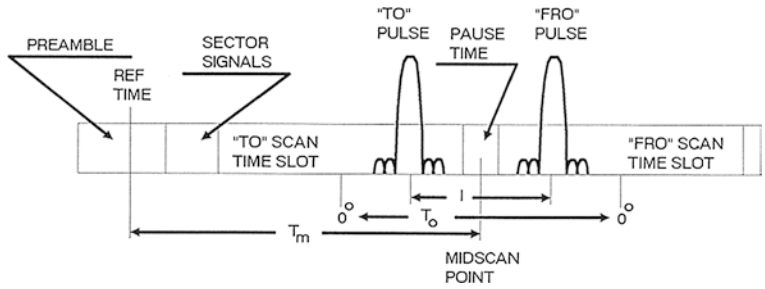


Abb. 25.59 Anwendung des Zeitschlitzes beim Taststrahl des MLS [139]

- Servicekapazität von bis zu 200 Luftfahrzeugen, beim ILS nur ca. 20 Luftfahrzeuge (je nach Auslegung);
- verringerte Reflexionseinflüsse durch Terrain und Gebäude infolge des hochfrequenten und stark gebündelten Taststrahls;
- genauere Entfernungsangaben zum Aufsetzpunkt durch das Präzision-DME;
- Führung in der FLARE-Phase (Ausschwebephase) möglich;
- kaum Signalbeeinträchtigung durch Wettereinflüsse;
- wesentlich größerer Überdeckungsbereich, sowohl lateral als auch vertikal, dadurch bessere Luftraumnutzung mittels variabler Anflugwegeführung möglich.

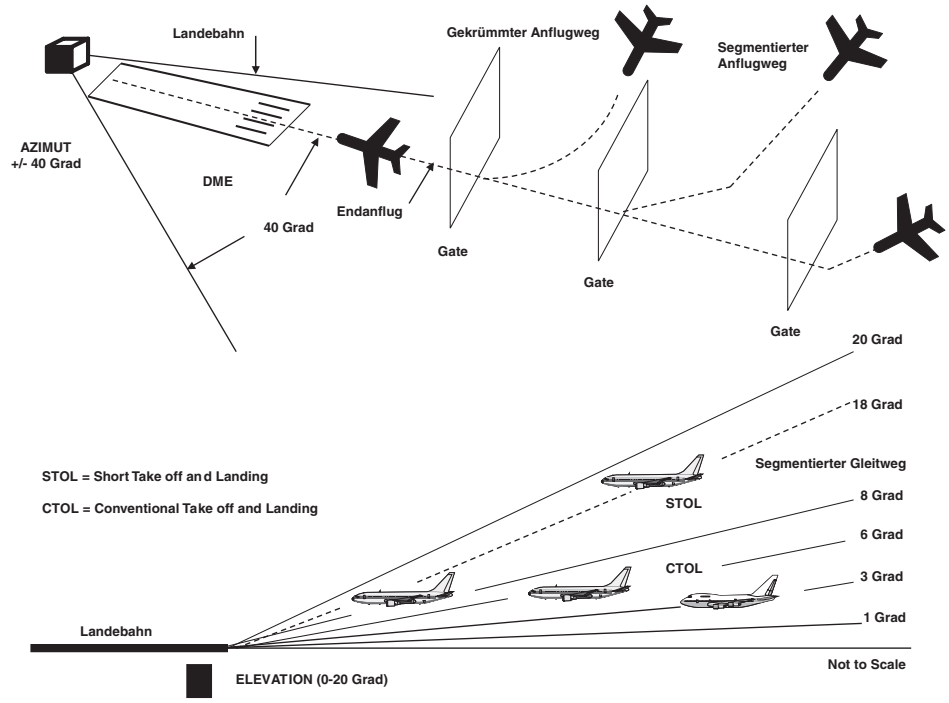


Abb. 25.60 MLS Anflugverfahren [139]

Aufgrund der Entwicklung des satellitengestützten Landesystems GBAS (Ground Based Augmentation System) hat das MLS bisher nur wenig praktische Anwendung auf zivilen Verkehrsflughäfen gefunden. Abbildung 25.61 zeigt eine MLS Anflugkarte [155]

25.3.5.4 Satellitengestütztes Landesystem

Beim Differential-GPS Konzept (Ground Based Augmentation System (GBAS)) wird im Bereich der Start-/Landebahn eines Flugplatzes eine geodätisch vermessene Differential-GPS Bodenstation installiert. Diese Bodenstation empfängt die fehlerbehafteten Satellitensignale (Positionsdaten in Form von Koordinaten) in gleicher Weise wie die Bordempfänger in Luftfahrzeugen im betroffenen Nahbereich eines Flugplatzes. Die Bodenstation vergleicht die empfangenen Positionsdaten mit der bekannten eigenen eingemessenen Position, und errechnet die Abweichungen in Form von Korrekturwerten (Delta Fehler). Diese Korrekturwerte werden abgestrahlt und von der Bordempfängern der Luftfahrzeuge zur Korrektur der fehlerbehafteten Positionsdaten genutzt. Abbildung 25.62 zeigt das Prinzip des Differential-GPS (GBAS).

An Bord eines Luftfahrzeuges werden die fehlerhaften Positionsdaten korrigiert und die Anflugkoordinaten in Form von Wegpunkten bis zur Schwelle der Landebahn (Aufsetzpunkt) im Bordrechner ermittelt (Wegpunktnavigation). GBAS erreicht die für einen Präzisionsanflug der ICAO Allwetter-Landekategorie, CAT I erforderlichen

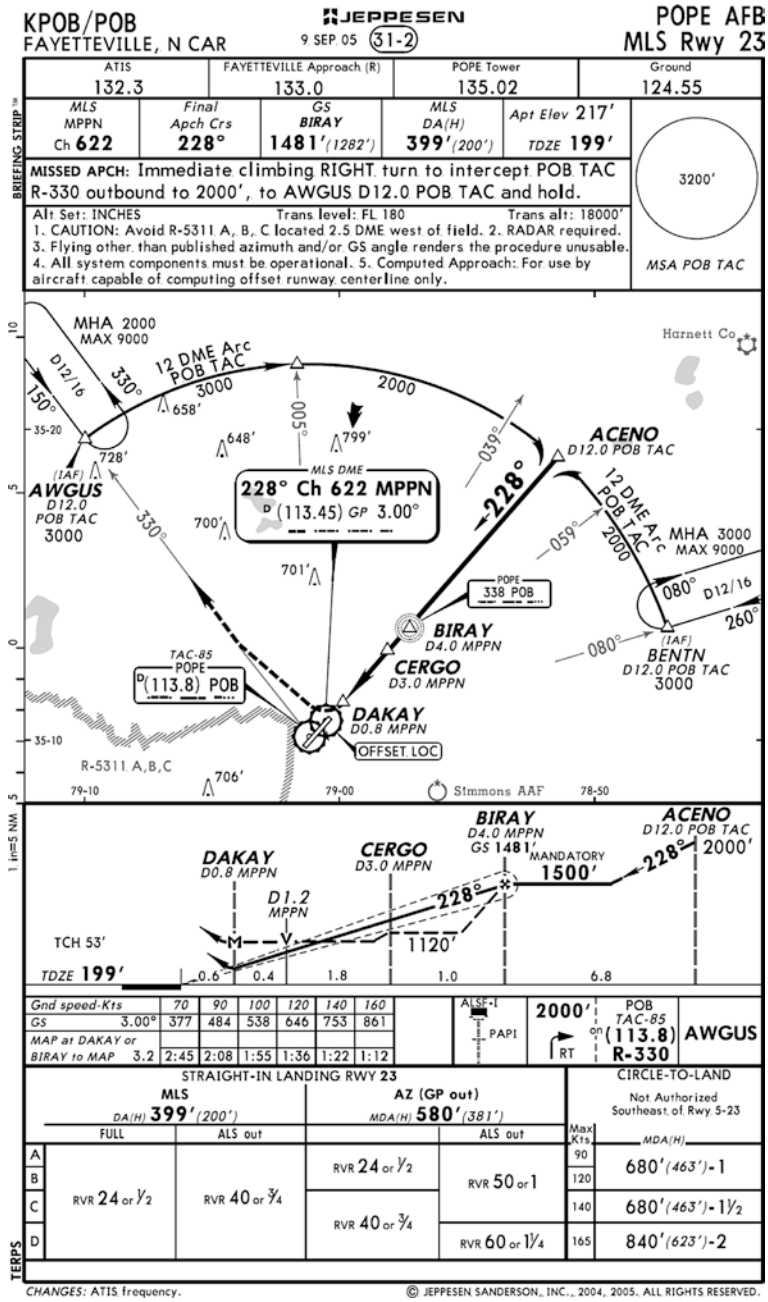


Abb. 25.61 MLS Anflugkarte [155]

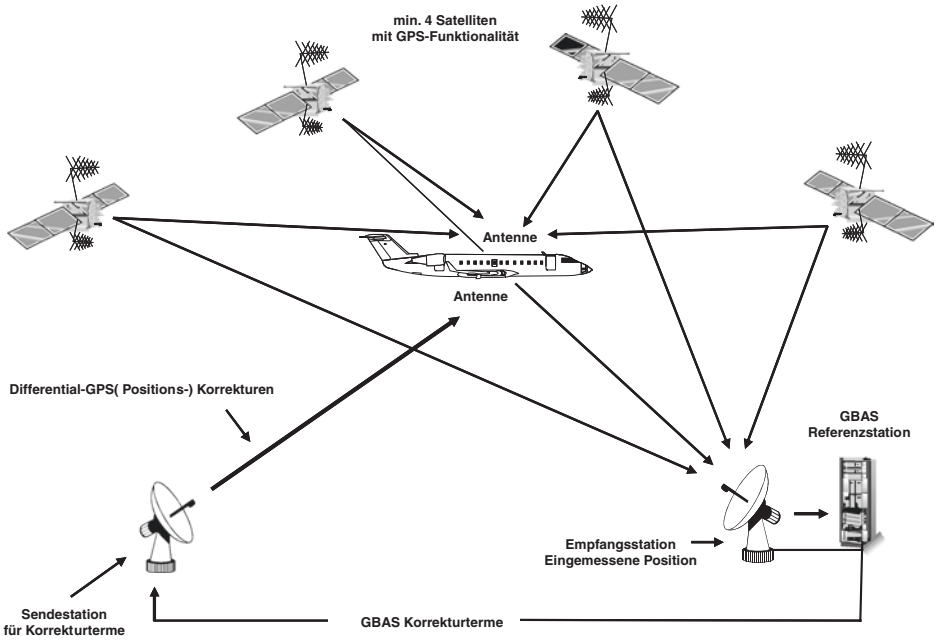


Abb. 25.62 Prinzip des Ground Based Augmentation Systems (GBAS) [170]

Abb. 25.63 GBAS-Antenne auf dem Verkehrsflughafen Frankfurt/Main [102]

Genauigkeiten (im Meterbereich). Die ICAO-Standards für das Landesystem wurden im Jahre 2001 verabschiedet. Der operationelle Betrieb mit GBAS-Landesystemen ist in Deutschland seit dem Jahr 2010 operationell möglich (Verkehrsflughafen Bremen). Abbildung 25.63 zeigt eine GBAS-Antenne auf dem Verkehrsflughafen Frankfurt/M.

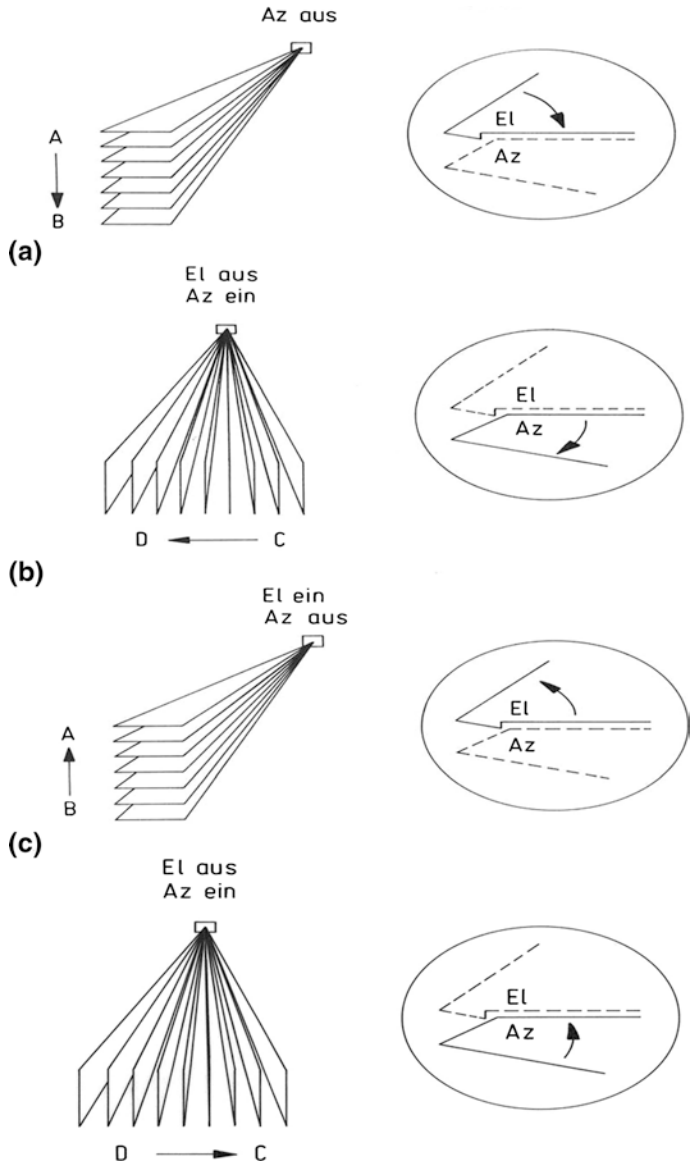


Abb. 25.64 Abtastschema des Precision Approach Radar [163]

25.3.6 Radargestütztes Landesystem

Die militärische Flugsicherung betreibt auf den Flugplätzen der Bundeswehr so genannte Präzisions-Anflug-Radargeräte (Precision-Approach-Radar) PAR 80.

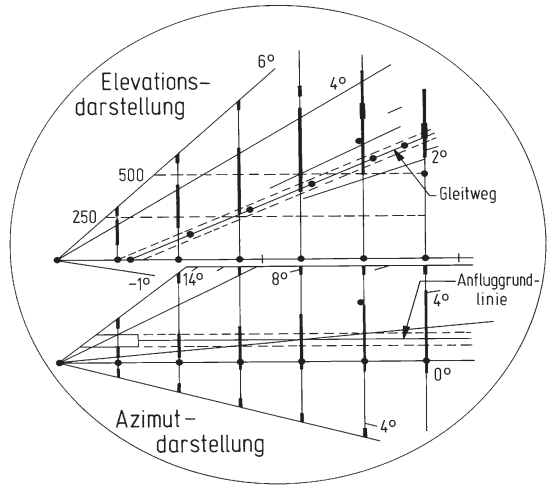


Abb. 25.65 Bildschirmdarstellung beim Precision Approach Radar [163]

Diese Radargeräte sind direkt neben der Start-/Landebahn auf Flugplätzen installiert und arbeiten mit zwei Antennen. Während die eine Antenne im horizontalen Bereich elektronisch geschwenkt wird, erfolgt die vertikale Bewegung durch ein sehr genau arbeitendes Getriebe mechanisch. Hier kann die Höhe und Anflugrichtung des Luftfahrzeuges sehr präzise ermittelt werden. Auf einem Sichtgerät im Anflugkontrollraum werden ein idealer Gleitweg und das Luftfahrzeug dargestellt.

Der militärische Flugslotse gibt dem Luftfahrzeugführer über Sprechfunk ständig Anweisungen über seinen Flugweg, auch wenn dieser korrekt eingehalten wird. Er „spricht“ das Luftfahrzeug sozusagen herunter. Wird die Sprechfunkverbindung für mehr als 5 s unterbrochen, so muss der Luftfahrzeugführer unverzüglich ein Fehlanflugverfahren einleiten, wenn er keine weiteren Informationen über seinen Anflugweg besitzt.

Das Präzisions-Anflug-Radar ist kein Instrumentenlandesystem, ist aber bei schlechter Sicht ein sehr brauchbares Navigationshilfsmittel und besitzt den Vorteil, dass die Luftfahrzeuge außer Funk keine Sonderausrüstung benötigen.

Aufgrund der hohen Anforderungen an die Genauigkeit muss die Anlage regelmäßig durch Flugvermessungen geprüft werden.

Die Abb. 25.64 zeigt das Abtastschema des Precision Approach Radar, Abb. 25.65 die Bildschirmdarstellung beim Precision Approach Radar.

Überwachungssysteme

26

26.1 Grundlagen

Ortungsanlagen dienen dazu, die für die Standortbestimmung erforderlichen Informationen zu liefern. Im wesentlichen sind dies:

- die Relativrichtung eines Zieles zur ortenden Station,
- die Entfernung des Zieles zur ortenden Station,
- die Standortkoordinaten und
- die Höhe über Grund.

26.1.1 Funkortung

Unter Ortung versteht man die Erfassung von Gegenständen nach Richtung, Entfernung und Höhe zum Zwecke der Ortsbestimmung. Ein funktechnisches Mittel zur Ortung ist das Radar (Radio Detection And Ranging).

Beim Radar werden von einer Station ausgestrahlte elektromagnetische Wellen von Hindernissen reflektiert und können über eine Antenne von der sendenden Station wieder empfangen werden. Aus der Laufzeit der Signale und der Stellung der Antenne lässt sich die Entfernung und Relativrichtung des reflektierenden Objektes bestimmen.

Die flugsicherungsmäßige Überwachung der Luftfahrzeuge erfolgt im bundesdeutschen kontrollierten Luftraum radargestützt. Die Radarüberwachung weltweit ist abhängig von der Verfügbarkeit von Radaranlagen und deren Reichweite.

Entsprechend der unterschiedlichen Technologien zur Erzeugung des Empfangssignals unterscheidet man die passive Funkortung, d. h. die Erfassung von Gegenständen nach Richtung, Entfernung und Höhe durch Verwendung reflektierender Funksignale, und die aktive Funkortung, d. h. die Erfassung von Gegenständen nach Richtung, Entfernung und Höhe durch Verwertung von Funk-Antwortsignalen des zu ortenden Objektes (z. B.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_26,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Luftfahrzeug), deren Ausstrahlung durch Funk-Abfragesignale der ortenden Station (Radar) ausgelöst werden.

Neben dieser Unterscheidung lassen sich Funkortungsanlagen (Radaranlagen) nach der Struktur der ausgestrahlten bzw. empfangenen Wellen differenzieren. Es werden unterschieden:

Bei CW-Radaranlagen sind die elektromagnetischen Wellen des Ortungssignals durch einen kontinuierlichen Verlauf gekennzeichnet (Continuous Wave, CW).

Bei Impuls-Radaranlagen besteht das Ortungssignal aus kurzen, impulsartigen Wellenzügen.

Bei den meisten, in der Funkortung verwendeten Radaranlagen, handelt es sich um Impuls-Radaranlagen. Um die notwendige Synchronisation zur Laufzeitmessung zu erzielen, müssen den ausgestrahlten Funkwellen Informationen aufgeprägt werden. Dies geschieht durch die Impulsmodulation. Hierbei wird der Sender nur kurz eingeschaltet. Die anschließende Tastpause dient der Aufnahme der Echosignale. Das Verhältnis von Sende- zu Pausenzeit liegt bei etwa 1:1000.

Alle Radaranlagen der Deutschen Flugsicherung arbeiten mit dem Puls-Doppler-Verfahren, auch als Moving Target Detection (MTD) bezeichnet. Dieses Verfahren bietet eine wesentliche Verbesserung der Festzielunterdrückung und Festzielerkennung gegenüber dem Moving Target Indication (MTI). Dabei werden am Eingang des Signalprozessors die ankommenden Echos in einem so genannten MTD-Filter phasenbezogen aufsummiert. Diese Addition erhöht die Empfindlichkeit des Primärradars im Vergleich zu anderen Verfahren erheblich und erlaubt zusätzlich zur Trennung von Festzielen und bewegten Zielen sowie die Unterscheidung von Flugzielen und bewegten Störungen wie Wettergebieten.

Der MTD-Filter selbst besteht aus mehreren Filtern, die u. a. Störungen „kennen“ die durch Bebauung, Erhebungen des Geländes oder bewaldete Gebiete entstehen.

Zur Unterdrückung der Festziele werden die ankommenden Signale kontinuierlich über eine bestimmte Anzahl von Antennenumläufen gemittelt und in Clutterkarten gespeichert. Wenn sie den gespeicherten Vergleichswert unterschreiten, werden sie als statische Störungen angesehen und unterdrückt. Nur bei Überschreiten des Schwellwertes wird das Signal als potentielles Flugziel interpretiert und zur weiteren Verarbeitung im Signalprozessor zugelassen.

26.1.2 Ausbreitungsverhalten von Funkwellen

Durch die Schichtung der Atmosphäre, dem Ausbreitungsmedium der Funkwellen, findet an den Grenzen zwischen den Luftschichten jeweils eine Brechung statt. Da ferner diese Brechung vom dünneren zum dichteren Medium hin geschieht und die dichteren Luftschichten jeweils unterhalb der dünneren liegen, folgt der Radarstrahl mehr oder weniger der Erdkrümmung, so dass der Radarhorizont letztendlich weiter reicht als der optische Horizont.

Im luftleeren Raum nimmt die Energie elektromagnetischer Wellen mit dem Quadrat der Entfernung ab. Durch Streuung an Partikeln in der Atmosphäre und durch Umwandlung

der Energie in Wärme wird die Abnahme der Energie verstärkt, so dass nur ein Bruchteil der abgestrahlten Energie nach der Reflexion noch empfangen werden kann.

Funkwellen können von mehr oder weniger allen Objekten reflektiert werden. Die Reflexion an metallischen Gegenständen, z. B. Fahrzeugen, ist dabei besser als an organischen wie z. B. Bäumen. Die Ionosphäre als elektrisch leitende Schicht der Erdatmosphäre ist ebenfalls ein guter Reflektor. Bedingt durch ihre große Höhe von 80–400 km können dadurch große Entfernungen überbrückt werden.

Die Bündelung der Funkstrahlen dient dazu, die von der Antenne ausgehende Strahlung auf eine Richtung im Raum zu konzentrieren. Dies hat den Vorteil, dass einzelne Objekte winkelmäßig besser voneinander unterschieden werden können, d. h. eine bessere Auflösung vorliegt. Gleichzeitig kommt man bei einem gebündelten Funkstrahl mit einer geringeren Sendeleistung aus, als wenn man in alle Richtungen abstrahlen würde. Oder anders ausgedrückt, bei gleicher Sendeleistung wird mit einem gebündelten Strahl eine größere Reichweite erzielt. Dieser Effekt wird als Antennengewinn bezeichnet.

Erreicht wird diese Bündelung durch die Antennenreflektoren, die die Strahlungsenergie in eine festgelegte Richtung abgeben. Für eine starke Bündelung ist eine große Antenne erforderlich (Abb. 26.1).

26.1.3 Radargleichung

Die Reichweite wird beeinflusst von der mittleren Sende- bzw. Impulsspitzenleistung, dem Antennengewinn, der Mindestempfindlichkeit des Empfängers, der Wellenlänge der Sendefrequenz sowie der Rückstrahlfläche des georteten Zieles. Diese Zusammenhänge sind in der Radargleichung (26.1) zusammengefasst.

$$R_{\max} = \sqrt[4]{\frac{P_m * G^2 * \lambda^2 * \delta}{(4\Pi)^3 * S_{\min}}} \tag{26.1}$$

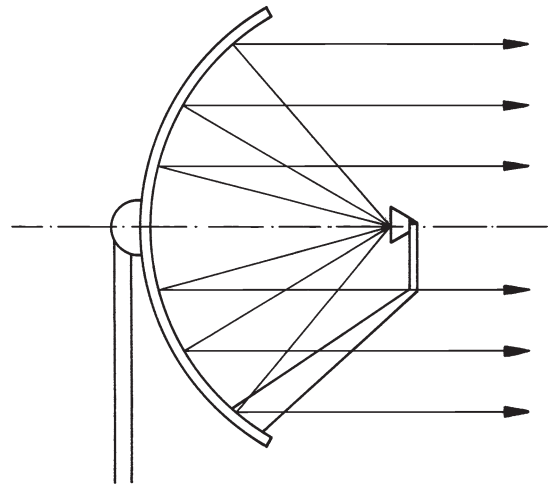


Abb. 26.1 Bündelung des Radarabtaststrahls [163]

mit:

P_m = mittlere Sende- bzw. Impulsspitzenleistung
G = Antennengewinn
S_{min} = Mindestempfindlichkeit des Empfängers
λ = Wellenlänge der Sendefrequenz
δ = Rückstrahlfläche des Zieles

Aus der Radargleichung folgt u. a.:

- dass sich die Grenzreichweite erhöht, wenn die Leistung des Senders, die Rückstrahlfläche des Zieles oder der Antennengewinn vergrößert wird. Es müssen Sendeleistung oder Rückstrahlfläche versechzehnfacht und der Antennengewinn vervierfacht werden, um eine Verdoppelung der Reichweite zu erzielen.
- dass sich die Grenzreichweite erhöht, wenn die Frequenz oder die Grenzempfindlichkeit des Empfängers verringert wird.

26.1.4 Frequenzabhängigkeit

Grundsätzlich können Radaranlagen mit jeder Frequenz betrieben werden. In der Praxis werden die nachfolgend genannten Frequenzbereiche eingegrenzt, die das Ausbreitungsverhalten und die Reichweite frequenzabhängig berücksichtigen (Tab. 26.1).

Letztendlich richtet sich die zu wählende Frequenz danach, welche Aufgaben die Radaranlage erfüllen soll. So ist eine starke Dämpfung durch Niederschlagspartikel bei Wetterbeobachtungen erwünscht, bei einer Luftraumüberwachung dagegen äußerst störend.

Schwer vereinbar sind beispielsweise auch die Forderungen nach großer Auflösung und großer Reichweite. Bei gleicher Sendeleistung kann man zwar das Auflösungsvermögen verbessern, indem man die Frequenz erhöht, die Reichweite nimmt dabei aber ab und umgekehrt (vgl. Radargleichung 26.1).

Tab. 26.1 Frequenzbänder

Band	Frequenz (f)	Wellenlänge (λ)
P	225–390 MHz	133,3–76,9 cm
L	390–1550 MHz	76,9–19,3 cm
S	1,55–5,2 GHz	19,3–5,7 cm
C	5,3–5,8 GHz	5,7–5,2 cm
X	5,8–10,8 GHz	5,2–2,8 cm
Ku	10,9–36 GHz	2,8–0.8 cm
Q	36–46 GHz	8,3–6,5 mm

26.1.5 Auflösungsvermögen

Beim Auflösungsvermögen wird zwischen der Entfernungsauflösung und der Winkelauflösung unterschieden.

Die Entfernungsauflösung ist von der Impulsdauer (τ_p) und der Ausbreitungsgeschwindigkeit elektromagnetischer Wellen c (Lichtgeschwindigkeit) abhängig. In radialer Richtung liegt die Grenze der Entfernungsauflösung (Gl. 26.2) bei:

$$\mathbf{r_{min} = 0{,}5 \times A = 0{,}5 \times c \times \tau_p} \tag{26.2}$$

oder in Zahlen ausgedrückt, bei einer Impulsdauer τ_p von:

$$\mathbf{\tau_p = 1\ \mu s} \text{ beträgt } \mathbf{r_{min} = 150\ m}$$

Die Winkelauflösung wird im wesentlichen von der Richtcharakteristik des Strahlungsdiagramms, der Antennen-Halbwertsbreite beeinflusst. Unter der Antennen-Halbwerts-breite versteht man den Winkelbereich des Strahlungsdiagramms, in dem die Leistung nicht unter die Hälfte des maximalen Wertes absinkt.

Zwei Ziele lassen sich also nur dann unterscheiden, wenn sie mindestens einen Winkelabstand von der Größe der Antennen-Halbwertsbreite zueinander haben (vgl. Abb. 26.2).

mit: $A = c \times \tau_p$

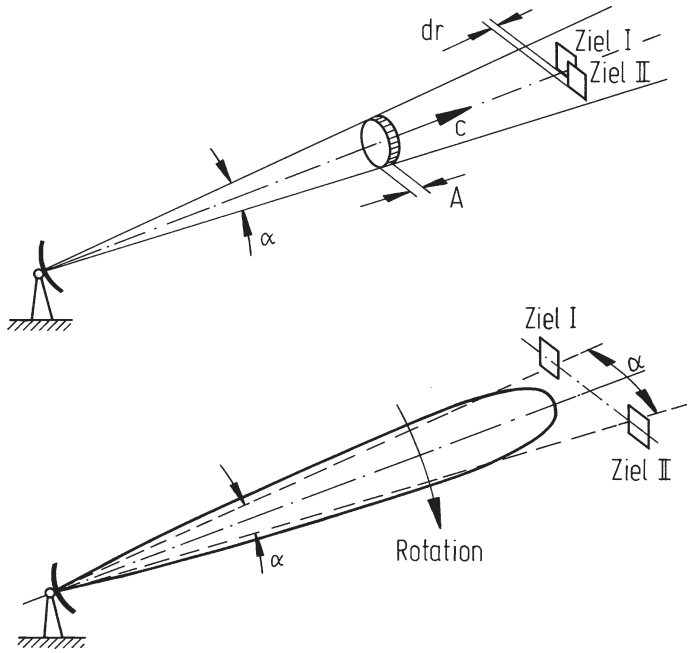


Abb. 26.2 Entfernungs- und Winkelauflösung beim Impulsradarverfahren [163]

26.2 Primärradar

26.2.1 Funktionsprinzip

Das Primärradar arbeitet nach dem Prinzip der passiven Funkortung. Es werden hochfrequente Radarimpulse vom Sender über die Antenne in den Raum abgestrahlt. Der von der Antenne empfangene Teil der vom Ziel reflektierten Energie wird zum Empfänger weitergeleitet. Diese reflektierte Energie wird, nach Richtung und Entfernung des betreffenden Objektes bezüglich der Senderposition, auf einem Bildschirm zur Anzeige gebracht. Die Entfernungsbestimmung basiert auf der Laufzeitmessung des ausgestrahlten und reflektierten Signals. Die Richtung wird durch die Antennenposition im Augenblick der Ausstrahlung definiert.

26.2.2 Anlagentechnik

Die Radaranlage besteht aus Radarantenne, Sender, Empfänger, Anzeigegerät, Steuerimpuls-Generator und Mikrowellenleitungen (vgl. Abb. 26.3).

Über die Radarantenne wird die hochfrequente Energie abgestrahlt und die vom Ziel reflektierte Energie wieder empfangen. Dabei wird die abgestrahlte Energie gebündelt und je nach Verwendungszweck, periodisch geschwenkt oder rotiert. Die Bündelung des Abtaststrahls und der reflektierten Energie wird über die parabolische Form der Antenne erreicht. Die Ausmaße solcher Antennen erreichen, je nach Verwendungszweck, bis zu 150 m^2 (z. B. Mittelbereichs-Rundsicht-Radaranlagen, vgl. Abb. 26.4).

Der Sender umfasst den Hochfrequenz-Generator (Magnetron) und Modulator sowie eine Hochspannungsquelle und einen aus Spulen und Kondensatoren bestehenden Speicher (Laufzeitkette). Die Aufgabe des Senders besteht darin, in genau definierten Zeitabständen hochfrequente Impulse zu erzeugen. Die Sendefrequenz liegt, je nach Verwendungszweck, zwischen 225 MHz und 46 GHz.

Der Empfänger einer Radaranlage hat die Aufgabe, die von der Antenne aufgenommenen Echosignale ausreichend zu verstärken, zu demodulieren und für die Darstellung auf dem Bildschirm aufzubereiten.

Zum Senden und Empfangen wird meistens eine gemeinsame Antenne verwendet. Da der außerordentlich starke Sendeimpuls jedoch nicht auf den Empfängereingang gelangen darf und andererseits das schwache Empfangssignal nicht unnötig gedämpft werden soll, sorgt eine Sende-Empfangsweiche (Duplexer) dafür, dass Sender und Empfänger abwechselnd mit der Antenne verbunden werden.

Das Anzeigegerät (Sichtgerät) einer Radaranlage vermittelt dem Beobachter die Radarinformationen und ermöglicht so die Auswertung. Zur Anwendung kommen hier oftmals (bei älteren Anlagen) noch Kathodenstrahlröhren.

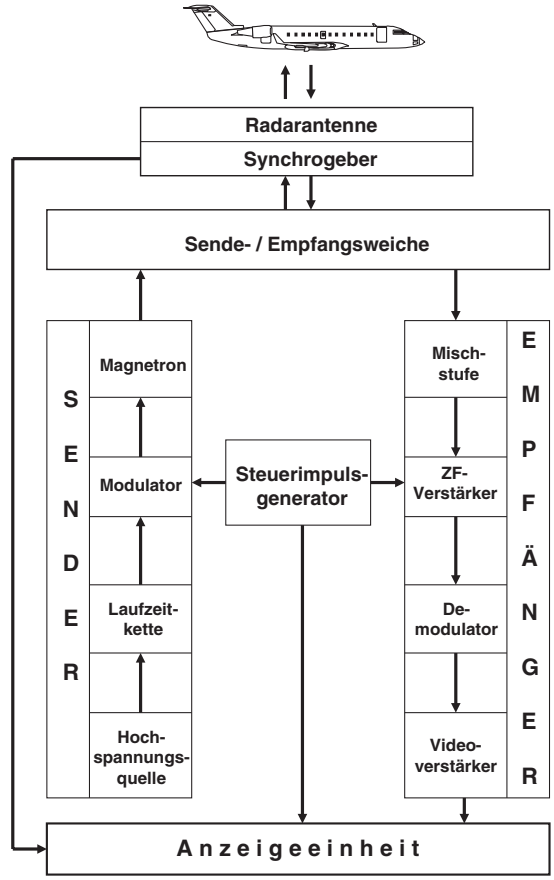


Abb. 26.3 Schematischer Aufbau und Funktionsprinzip einer Primärradaranlage [163]

Der Steuer-Impuls-Generator erzeugt die Steuerimpulse für den Modulator. Er wirkt als Taktgeber auf die gesamte Radaranlage und erreicht damit einen zeitlichen Gleichlauf der Vorgänge.

Die Mikrowellenleitungen dienen der Übertragung der elektromagnetischen Wellen von bzw. zu der Antenne.

26.2.3 Informationsdarstellung

Mit Hilfe eines Primärradars erhält man als Information die Richtung und Entfernung (2 D Radar) eines reflektierenden Objektes relativ zum Sender. Eine Höheninformation liegt nicht vor.

Die Darstellung der Informationen erfolgt auf Sichtgeräten. Sie liefern ein anschauliches, möglichst vollständiges und sich permanent erneuerndes Bild der Verkehrssituation z. B. bei der Luftraumüberwachung.

Abb. 26.4 Mittelbereichsradaranlage [102]

Analoge Sichtgeräte basieren auf der Kathodenstrahlröhrentechnologie. Hier werden alle empfangenen und nicht unterdrückten Empfangssignale fester und beweglicher Ziele nach Richtung und Entfernung, durch Leuchtpunkte markiert, sichtbar gemacht.

Dies wird dadurch erreicht, dass der Elektronenstrahl der Kathodenstrahlröhre vom Mittelpunkt nach außen abgelenkt wird, wobei die Auslenkrichtung stets mit der Stellung der Antenne übereinstimmt. Da der Schreibstrahl zunächst dunkel gesteuert wird, ist auf dem Leuchtschirm nichts zu sehen. Erst durch ein zurückkehrendes Echo wird der Elektronenstrahl hell gesteuert und es entsteht auf dem Leuchtschirm ein Lichtfleck, dessen Abstand vom Mittelpunkt des Schirmbildes der Echolaufzeit, also der Entfernung, entspricht. Da die Bildschirme eine bestimmte Nachleuchtdauer besitzen, bleiben einmal dargestellte Signale mehrere Radarumläufe erhalten, bevor sie endgültig verblassen. Dies ermöglicht in engen Grenzen eine Flugwegverfolgung.

Da jeder feste oder flüssige Körper, dessen Reflektionsfläche genügend groß ist, in der Lage ist, Hochfrequenz-Signale zu reflektieren, werden über die Radarantenne Signale von Festzielen, z. B. Gebäuden, Bergen etc., und anderen Flugzielen, z. B. Vogelschwärmen, Gewitterwolken etc., deren Darstellung auf dem Bildschirm nicht erwünscht ist, empfangen.

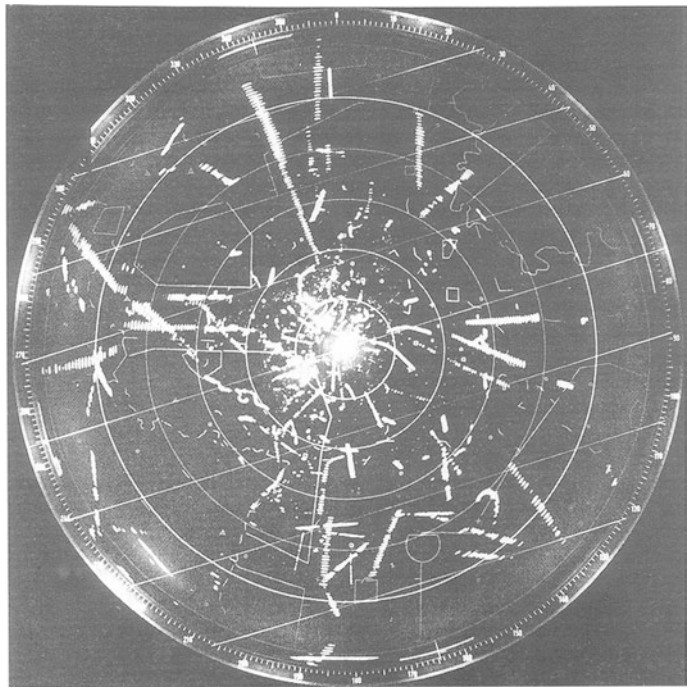


Abb. 26.5 Radardatendarstellung auf einem analogen Sichtgerät [163]

Um deren Darstellung zu vermeiden, wird die sogenannte Festzielunterdrückung (Moving Target Indication, MTI) angewendet. Hierbei wird sowohl der Dopplereffekt als auch die Periodizität der Signale genutzt.

Der Dopplereffekt bewirkt, dass sich die Frequenz des reflektierten Signals von der Frequenz des ausgestrahlten Signals um die Dopplerfrequenz unterscheidet, sofern sich das Ziel radial zur Antenne bewegt. Bei unbewegten Zielen sind demnach Sende- und Empfangsfrequenz gleich. Durch Frequenzvergleich lassen sich Echosignale von Festzielen identifizieren und herausfiltern (Festzielunterdrückung). Störsignale, die z. B. durch Wolken oder Niederschläge hervorgerufen werden, lassen sich nicht beseitigen. Sie können nur gedämpft werden.

Das MTD-Verfahren, das bei modernen Radaranlagen verwendet wird, stellt eine Weiterentwicklung des MIT-Verfahrens dar. Die Darstellung der Radarziele erfolg digital.

Abbildung 26.5 zeigt eine Radardatendarstellung auf einem analogen Sichtgerät (veralterte Technik). Abbildung 26.6 zeigt einen modernen Lotsenarbeitsplatz mit digitaler Radardarstellung.

Die häufigste Anwendungsform des Primärradars ist das Rundsichtradar. Man unterscheidet zwischen Mittelbereichs-Rundsicht-Radaranlagen, Flughafen-Rundsicht-Radaranlagen und Rollfeld-Überwachungs-Radaranlagen.

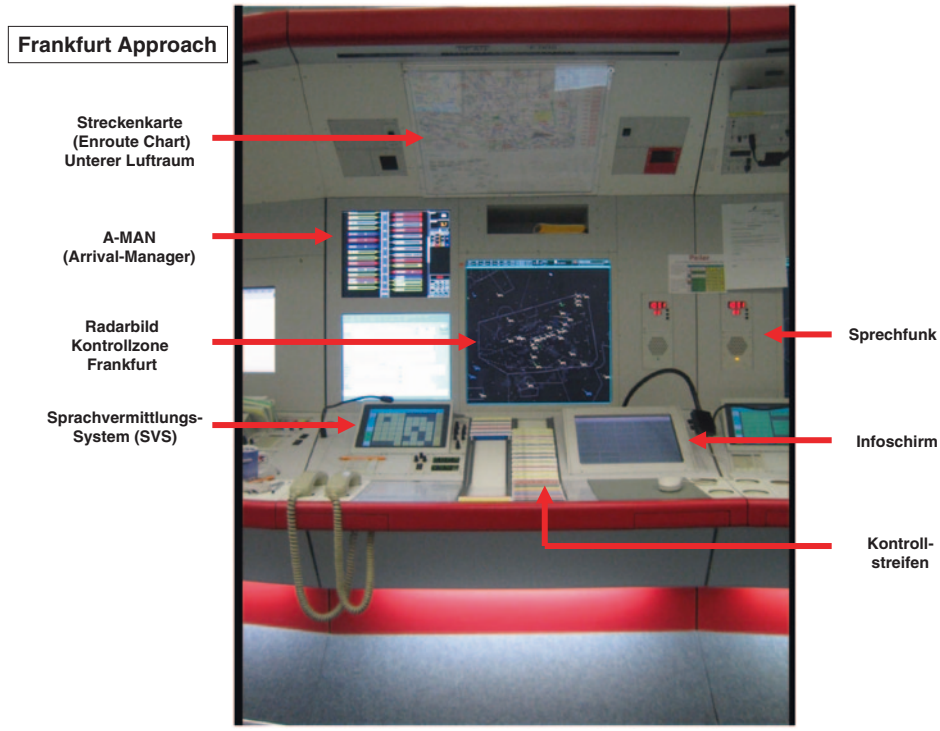


Abb. 26.6 Moderner Lotsenarbeitsplatz mit digitaler Radardarstellung

26.3 Sekundärradar

Die passive Funkortung mit Hilfe des Primärradars unterliegt zwei wesentlichen Einschränkungen. Zum einen ist keine direkte Höhenerfassung des Flugzieles möglich, diese muss vom Fluglotsen über Sprechfunk erfragt werden, zum anderen kann im ersten Schritt keine eindeutige Zuordnung zwischen Flugziel und Primärsymbol auf dem Radarschirm erfolgen. Die Identifizierung von Luftfahrzeugen über gesonderte Verfahrenskurven oder Schleifen ist angesichts der großen Verkehrsdichte sowie den damit verbundenen Verzögerungen und Kosten nicht mehr vertretbar. Das Sekundärradar löst diese Probleme.

26.3.1 Funktionsprinzip

Das Sekundärradar (Secondary Surveillance Radar, SSR) arbeitet nach dem Prinzip der aktiven Funkortung. Die Bodenstation (Interrogator) sendet über die SSR-Richtantenne impulscodierte Abfragesignale auf der Frequenz 1030 MHz aus (vgl. Abb. 26.7).

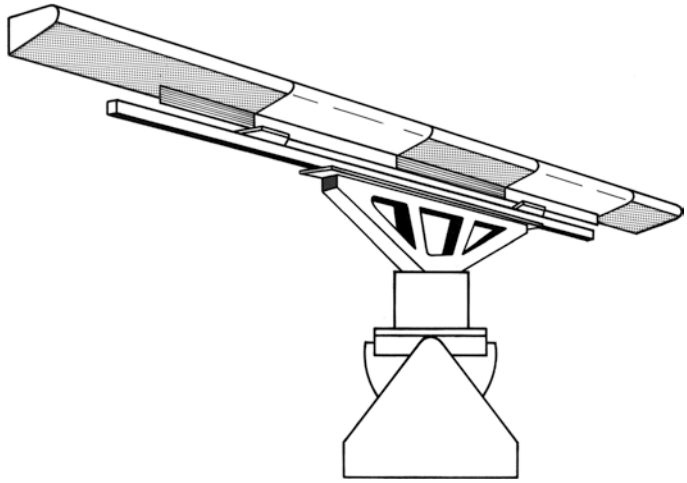


Abb. 26.7 SSR Balkenantenne [163]

Das Bord-Antwortgerät (Transponder) empfängt diese Abfragesignale über eine Rundstrahlantenne.

Die Impulscodierung ermöglicht eine konkrete Informationsabfrage durch den Interrogator. Eine erkannte Abfrage löst die im bordseitigen Transpondersystem eingerastete Antwort aus. Die Informationsverschlüsselung erfolgt über Impulscodierung. Die Sendefrequenz des Transponders liegt bei 1090 MHz.

Der Vorteil dieses Verfahrens liegt zum einen darin, dass nur Antwortsignale auf SSR-Abfragen über die SSR-Antenne empfangen werden und zum anderen, dass Zusatzinformationen wie z. B. die Flughöhe angezeigt werden können. Allerdings können nur mit Transpondern ausgerüstete Luftfahrzeuge dieses System nutzen.

26.3.2 Anlagentechnik – Interrogator

Um einen Gesamtüberblick über die Luftlagesituation zu erhalten, werden Primär- und Sekundärradarsysteme miteinander gekoppelt. Optisch ist das durch die auf die Parabolantenne des Primärradars aufgesetzte Sekundärradar-Balkenantenne zu erkennen. Durch diese konstruktive Maßnahme und gleiche Impulsfolgefrequenzen bei beiden Systemen können die einzelnen Ortungsergebnisse miteinander korreliert werden. Der Interrogator des SSR-Systems besteht aus einem Sende- und einem Empfangsteil. Abbildung 26.8 zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild eines SSR-Systems.

Der im Sendeteil befindliche Coder erzeugt das Abfragesignal und ein Regelsignal zur Unterdrückung der Nebenkeulenabfragen und -antworten. Da beim Sekundärradar längere Signalverarbeitungszeiten vorliegen als beim Primärradar, müssen die Abfragesignale

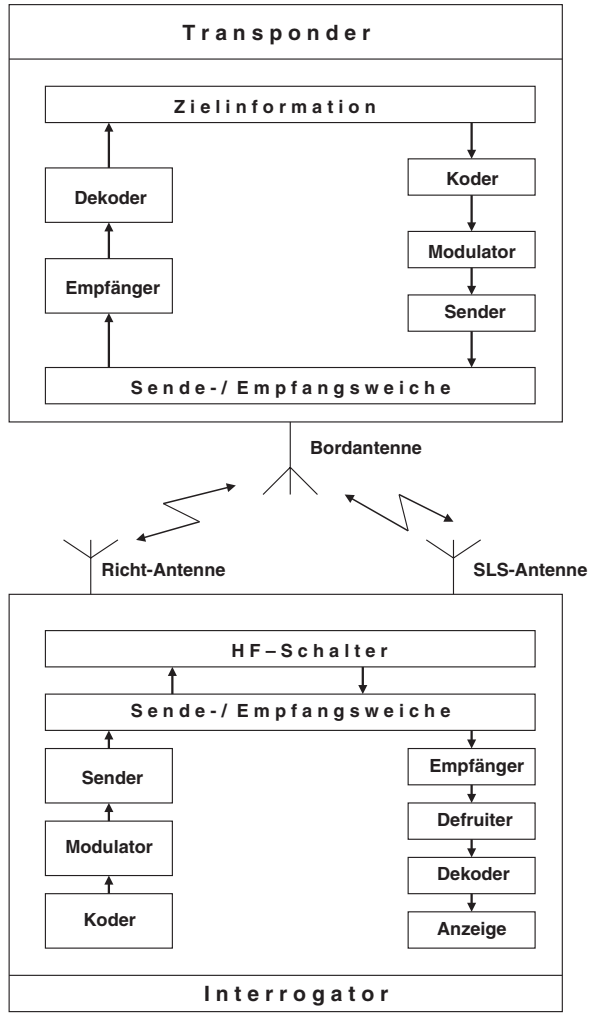


Abb. 26.8 Vereinfachtes Blockschaltbild eines SSR-Systems [163]

mit einem zeitlichen Vorlauf versehen werden. Dies wird mit einem, vom Primärradar erzeugten, Trigger-Signal (PR-Trigger) erreicht. Im anschließenden Modulator erfolgt die Impulsmodulation der vom Sender erzeugten Trägerfrequenz. Über die Sende-/Empfangsweiche werden die impulscodierten Signale an einen Hochfrequenzschalter weitergeleitet. Hier erfolgt die Trennung zwischen Regel- und Abfragesignal. Das Regelsignal wird an eine Antenne mit Rundstrahlcharakteristik, das Abfragesignal an eine Richtantenne weitergeleitet und ausgestrahlt.

Die vom Bordgerät (Transponder) gesendeten Antwortsignale werden über das Antennensystem des Interrogators empfangen, an die Sende-/Empfangsweiche weitergeleitet

und gelangen von dort in den Empfänger. Hier werden mögliche Überlappungen von Antwortsignalen erkannt und getrennt. Im anschließenden Defruiter werden nichtsynchrone Empfangsstörungen herausgefiltert. Dies können z. B. Antwortsignale von Transpondern sein, deren Ausstrahlung durch andere SSR-Bodenanlagen ausgelöst wurden. Im Dekoder werden die Antwortsignale entschlüsselt, die resultierenden Informationen anschließend zur Anzeige gebracht (Indikator).

Zur Überwachung des Sende-/Empfangs- und Dekodierbetriebes der Bodenanlage ist in deren Nähe ein Transponder installiert. Bei Fehlfunktionen der Bodenanlage wird entweder auf ein Reservesystem zurückgegriffen oder das Gesamtsystem abgeschaltet. Die Komponenten der Bordanlage (Transponder) sind:

1. Sende- und Empfangsantenne
   Für Senden und Empfangen wird eine gemeinsame Antenne mit Rundstrahlcharakteristik verwendet. Die Antenne befindet sich auf der Rumpfunterseite des Luftfahrzeuges und ist über ein Koaxialkabel mit dem Transponder verbunden.
2. Sender und Empfänger
   Der Transponder beinhaltet den Abfrageempfänger mit Dekodiereinrichtung und den Antwortsender mit Kodiereinrichtung. Er leitet die über die Antenne empfangenen Signale von 1030 MHz an die Dekodiereinrichtung und überprüft dort deren Kode. Stimmt der empfangene Kode mit dem vorgewählten Kode überein, sendet der Transponder auf der Frequenz 1090 MHz eine ebenfalls verschlüsselte Antwort zum Boden.
3. Bediengerät
   Am Bediengerät wird der Abfragemodus der Bodenstation und der Antwortkode eingestellt. Abbildung 26.9 zeigt das Bediengerät der Transponderanlage einer Boeing B747-200.

Verkehrsflugzeuge verfügen meist über zwei Transponder, die über ein gemeinsames Bediengerät angesteuert werden. Mit dem Funktionsschalter können beide Transponder ausgeschaltet (OFF) bzw. spannungsversorgt (STBY) werden. Betriebsbereit ist ein Transponder jedoch erst in der Schalterstellung A oder B, die den jeweiligen

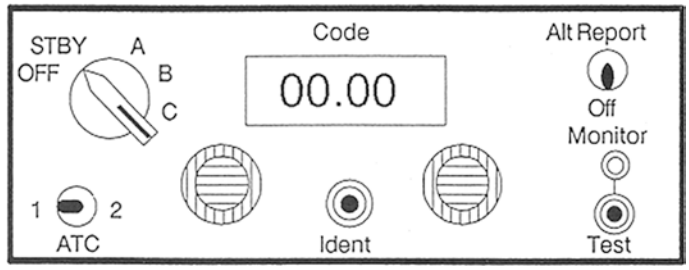


Abb. 26.9 Bediengerät der Transponderanlage einer Boeing B747-200 [31]

Abfragemodus angibt. Der darunterliegende Umschalter legt fest, welcher ATC-Transponder (ATC = Air Traffic Control) betriebsbereit ist und welcher der Reserve dient (Standby). Mit den vier Einstellknöpfen lässt sich der Antwortkode einstellen, der im darüberliegenden Sichtfenster angezeigt wird.

Die jeweils höchste einzustellende Ziffer ist die „7“. Es existieren 4096 mögliche Kodes, die mit zwölf Informationsimpulsen dargestellt werden können. Die Kodes 7500, 7600 und 7700 sind besonderen Zwecken vorbehalten. Der Kode 7500 für Flugzeugentführungen, 7600 für Funkausfall und 7700 für allgemeine Notfälle. Nach Drücken des „IDENT“-Druckschalters wird für etwa zwölf Sekunden zusätzlich zu den Antwortimpulsen ein Kennimpuls ausgestrahlt.

In der Schalterstellung „ALT REPORT“ arbeitet der Transponder zusätzlich im Modus C. Durch Drücken des Testknopfes wird eine Bodenstation simuliert, auf die der Transponder antworten muss. Bei einwandfreier Funktion des Transponders leuchtet die grüne Kontrolllampe auf.

26.3.3 Informationserzeugung

Im Prinzip kann von Seiten der Bodenanlage als Information, ähnlich wie beim Primärradar, nur die Richtung und Entfernung des Flugzieles, welches auf die Abfragesignale reagiert, ermittelt werden. Informationen wie Kode und Flughöhe werden von dem bordseitigen Transponder an die Bodenstation übermittelt.

Die Informationserzeugung beruht auf dem Zusammenspiel zwischen Boden- und Bordanlage. Ausgelöst durch das bodenseitige Abfragesignal erfolgt die bordseitige Ausstrahlung des dazugehörigen Antwortsignals.

Das Abfragesignal besteht aus einem Doppelimpuls. Die Impulsdauer der Einzelimpulse P_1 und P_3 beträgt jeweils 0,8 µs. Über den Abstand der beiden Impulse zueinander wird die eigentliche Abfrage verschlüsselt. Diese Verschlüsselung wird als Modus bezeichnet. Abbildung 26.10 zeigt die Signalformate der Abfragemodi beim SSR-Verfahren.

Es gibt drei militärische (Modus 1, 2, 3) und vier zivile Abfragemodi (Modus A, B, C, D).

Die Impulsabstände bewegen sich für die einzelnen Modi zwischen 3 und 25 µs. Innerhalb dieses Signalformats liegt noch ein dritter Impuls P_2, der Kontroll- oder Regelimpuls.

Neben der sehr stark ausgeprägten Hauptkeule des Taststrahls existiert eine Vielzahl von Nebenkeulen oder Nebenzipfel. Damit keine SSR-Antwort durch diese Nebenzipfel ausgelöst wird, erfolgt die Ausstrahlung des Kontrollimpulses. Seine Energie ist größer als die des größten zu erwartenden Nebenzipfels, aber kleiner als die der Hauptkeule.

Vom Transponder werden nur solche Signale als Abfragen erkannt, deren Energie groß genug ist, den durch den Kontrollimpuls definierten Schwellwert zu überschreiten. Um diesen Kontrollimpuls zu identifizieren, erfolgt seine Ausstrahlung in einem fest definierten Abstand zu P_1 von 2 µs. Das Verfahren der Nebenkeulenunterdrückung

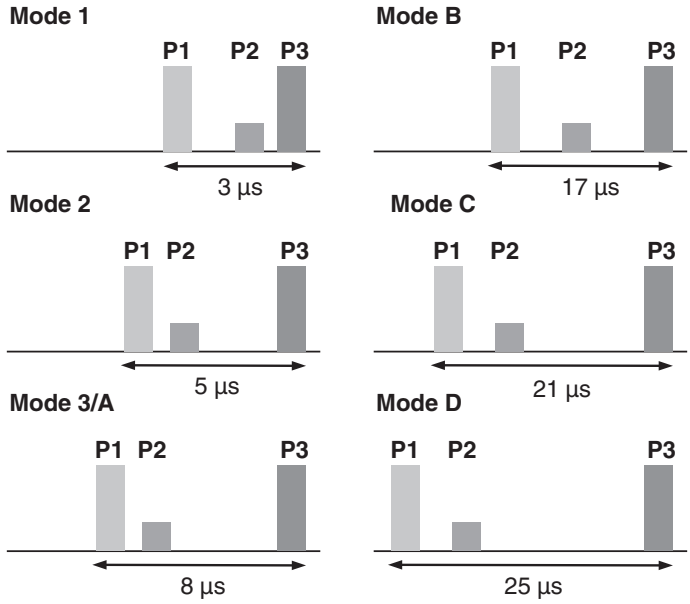


Abb. 26.10 Signalformate der Abfragemodi beim SSR-Verfahren

wird als Side Lobe Suppression (SLS) bezeichnet. Abbildung 26.11 zeigt das SSR-Antennendiagramm mit Nebenzipfel.

Nebenkeulen entstehen, da sich aufgrund physikalischer Bedingungen bei der Ausbreitung der Radarsignale nicht nur die erwünschte Hauptkeule bildet, sondern regelmäßig auch Nebenkeulen.

Vor allen bei Flugzielen im Nahbereich von Sekundärradaranlagen können Abfragen und Antworten zusätzlich über Nebenkeulen laufen, wobei der Winkel, in dem das Signal auf die Antenne auftrifft, nicht mehr eindeutig zu bestimmen ist. Gegen diese Störung wurden zwei Verfahren entwickelt.

Bei der Nebenkeulenunterdrückung auf dem Abfrageweg werden die beiden Abfrageimpulse P_1 und P_3 über einen Richtstrahler, der Regelimpuls P_2 über einen Rundstrahler ausgesandt. Wenn der Regelimpuls P_2 den Transponder erreicht, ist seine Feldstärke deshalb niedriger als die der Abfrageimpulse der Hauptkeule, jedoch höher als Feldstärken der Abfrageimpulse, die von den Nebenkeulen herrühren. Die unerwünschten Antworten auf Nebenkeulen werden nun unterdrückt, indem der Transponder nur auf Abfrageimpulse antwortet, deren Feldstärke um einen bestimmten Betrag die des Regelimpulses übersteigen.

Bei der Nebenkeulenunterdrückung auf dem Antwortweg geht es um Antworten die über Nebenkeulen aufgenommen werden. Hier werden ankommende Signale gleichzeitig über die Richtantenne und über die Rundstrahlantenne empfangen, jedoch nur das über Hauptkeule der Richtantenne eingestrahlte Signal wird verarbeitet, dessen Feldstärke höher ist als ein über die Rundstrahlantenne empfangenes Signal.

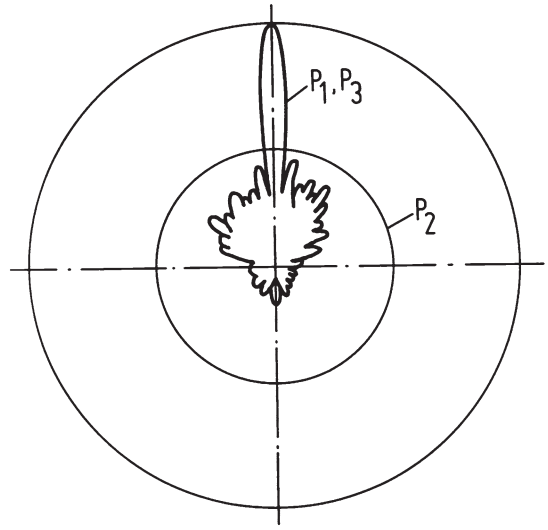


Abb. 26.11 SSR–Antennendiagramm mit Nebenzipfel [163]

Ein weiteres Problem der Informationserzeugung beim SSR-Verfahren stellt die Kode- Verwirrung (Garbling) und das Auftreten nichtsynchroner Antworten (Fruits) dar.

Garbling tritt dann auf, wenn sich zwei oder mehr Nachrichtenquellen in einer Auflösungszelle (dx, dy, dz) befinden. Die Antwortimpulse überlagern sich und bilden einen neuen, nicht identifizierbaren Kode. Dy und dz sind eine Funktion der Antennencharakteristik (Ausprägung der Hauptkeule), dx ist von der Impulsdauer des Antwortsignals abhängig. Da das Antwortsignal ein festgelegtes Signalformat besitzt, ist in den meisten Fällen eine Entwirrung (Degarbling) möglich. Abbildung 26.12 zeigt die Struktur einer Auflösungszelle.

Die Länge des Antworttelegramms einschließlich des SPI beträgt 24,65 μs, was rund 3,7 km entspricht. Befinden sich nun zwei Flugziele mit einem radialen Abstand von weniger als 3,7 km im Erfassungsbereich einer Abfragestation, so werden die Impulstelegramme der beiden Antworten ineinander verschachtelt. Es kommt zu einer Schlüsselverwirrung, dem „Garbling“.

Dabei sind zwei Fälle zu unterscheiden:

Bei der nichtsynchronen Antwortüberlappung liegen die Impulse nebeneinander. Abhängigvom Auflösungsvermögen des Decoders kann man sie meist trennen und einzeln weiterverarbeiten. Bei einer synchronen Antwortüberlappung hingegen kommen die Impulse der beiden Antworten quasi gleichzeitig an. Während früher in diesem Fall auf eine weitere Auswertung verzichtet werden musste, können heute, nach Einführung des Monopulsverfahrens, die Antworttelegramme in der Regel noch getrennt werden.

Nichtsynchrone Empfangsstörungen (Fruits) sind darauf zurückzuführen, dass Abfragestationen auch Antworten auf Abfragen anderer Bodenstationen empfangen

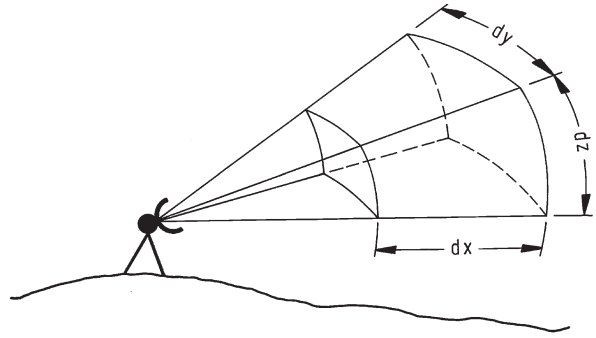


Abb. 26.12 Struktur einer Auflösungszelle [163]

werden und damit unerwünschte Impulse, die mit der eigentlichen Abfrage nichts zu tun haben. Deshalb gibt es in jedem Sekundärradar einen Defruiter, einen Zeitfilter, der nur solche Antwortsignale passieren lässt, die einen strengen Synchronismus mit dem systemeigenen Abfragetakt aufweisen.

Nichtsynchrone Antworten treten dann auf, wenn eine Bodenstation Antworten empfängt, die von einer anderen Bodenstation abgefragt wurden. Durch Vergleich der Impulsfolgefrequenzen lassen sich diese nichtsynchronen Antworten herausfiltern.

Das Antwortsignal hat die Form eines Impulstelegramms. Es besteht aus zwei Rahmenimpulsen F_1 und F_2 mit einem Abstand von 20,3 µs, sowie aus maximal 12 Informationsimpulsen, die in zwei Sechsergruppen angeordnet sind und mit einem festgelegten Zeitraster von 1,45 µs auftreten. Mit diesen Informationsimpulsen lassen sich $2^{12} = 4096$ Antwortkodes bilden. Die Verschlüsselung erfolgt binär-oktal. Der Kode selbst ist eine vierstellige Zahl. Die Bedeutung dieser Zahl ist nur in Verbindung mit dem Abfragemodus entschlüsselbar. Der mittlere Platz des Impulstelegramms (X) bleibt immer unbelegt. Zur Identifizierung des Impulstelegramms wird nach 4,35 µs ein zusätzlicher Impuls ausgestrahlt (Special Pulse Identification, SPI).

Bei den Informationsimpulsen unterscheidet man vier Arten, die in jedem Telegramm je dreimal vorkommen. Der somit aus je drei A,B, C und D Impulsen bestehende Antwortkode bildet jeweils eine Zahl, bestehend aus den Ziffern 0–7, deren Bedeutung sich anhand des zugehörigen Abfragemodus entschlüsseln lässt.

Die mit Hilfe des Luftdruckes an Bord ermittelte Höhe wird dabei in der weltweit einheitlichen Gray-Kodierung zum Boden übertragen und dort nach der Dekodierung als Flugfläche angezeigt. Im Abfragemodus C übermittelt der Transponder mit den Informationsimpulsen die vom Luftwerterechner gelieferte aktuelle Flughöhe in 100-Fuß-Stufen.

Die Bodenstation muss dann mit mindestens zwei Modi abwechselnd abfragen. Zum Beispiel Modus 3/A, zur Identifikation und Modus C, um die aktuelle Flughöhe zu erhalten. Abbildung 26.13 zeigt das Impulstelegramm des Transpondersignals.

Im Beispiel (vgl. Abb. 26.13 unten) ist der Transpondercode 4271 dargestellt. Als Impulsfolge ergibt sich: / A4 = 4/ B2 = 2/ C1 + C2 + C4 = 7/ D1 = 1/.

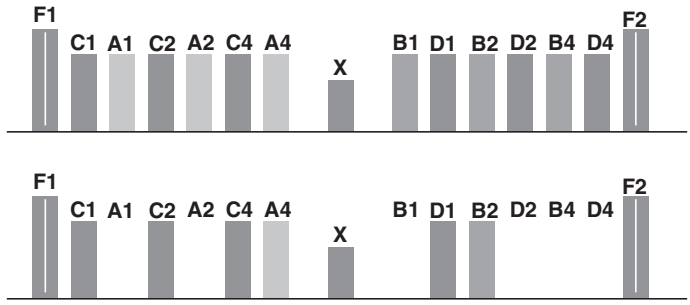


Abb. 26.13 Impulstelegramm des Transpondersignals

26.3.4 Anwendungsformen

Sekundärradaranlagen unterstützen den Lotsen bei der Flugverkehrskontrolle. Neben der eindeutigen Zuordnung von Flugziel und Symbol auf dem Radarschirm werden dem Lotsen Flughöhe, Fluggeschwindigkeit und Luftfahrzeugkennung angezeigt. Besonders im Zusammenhang mit der digitalen Radardatendarstellung ist das SSR-Radar von Bedeutung. Abbildung 26.14 zeigt die Radardatendarstellung auf einem digitalen Sichtgerät (DERD-MC).

26.3.4.1 Monopuls – Sekundärradar

Das Monopuls-Sekundärradar (MSSR) hat zwei Sende- und Empfangskanäle, von denen einer aktiv genutzt wird und der andere als Ersatz zur Verfügung steht. Die Abfrageimpulse werden in Abhängigkeit der eingestellten Modi erzeugt und abgestrahlt, die empfangenen Antworten in einen Prozessor eingespeist und dort digitalisiert. Ein integriertes Test- und Überwachungssystem überwacht diese Datenverarbeitung und schaltet bei Toleranzüberschreitungen oder Fehlern auf den Reservekanal um.

Die Sekundärradaranlagen der Deutschen Flugsicherung arbeiten nach dem Monopulsverfahren. Dieses nutzt eine zweiteilige Antenne, bei der die Signale beider Hälften einmal addiert (Summendiagramm) und einmal subtrahiert (Differenzdiagramm) werden. Die Verknüpfung von Summen- und Differenzsignal ergibt einen Winkel relativ zur Antennenmitte. Da der Winkel zwischen Antennenmitte und geographisch Nord laufend ermittelt wird, kann somit die genaue Winkelablage relativ zu Nord bestimmt werden. Abbildung 26.15 zeigt eine MSSR Antenne.

Der Begriff Monopuls ergibt sich dadurch, dass bereits aus einem Impuls die Winkelablage zur Antennenmitte bestimmt werden kann, aber erst die Mittlung der Meßergebnisse alle Impulse führt zu der hohen Genauigkeit des Monopulsverfahrens.

Darüber hinaus unterstützt das Monopulsverfahren die Dekodierung sich überlappender Antworten. Die Zusatzinformationen aus dem zweiten Kanal erlauben eine

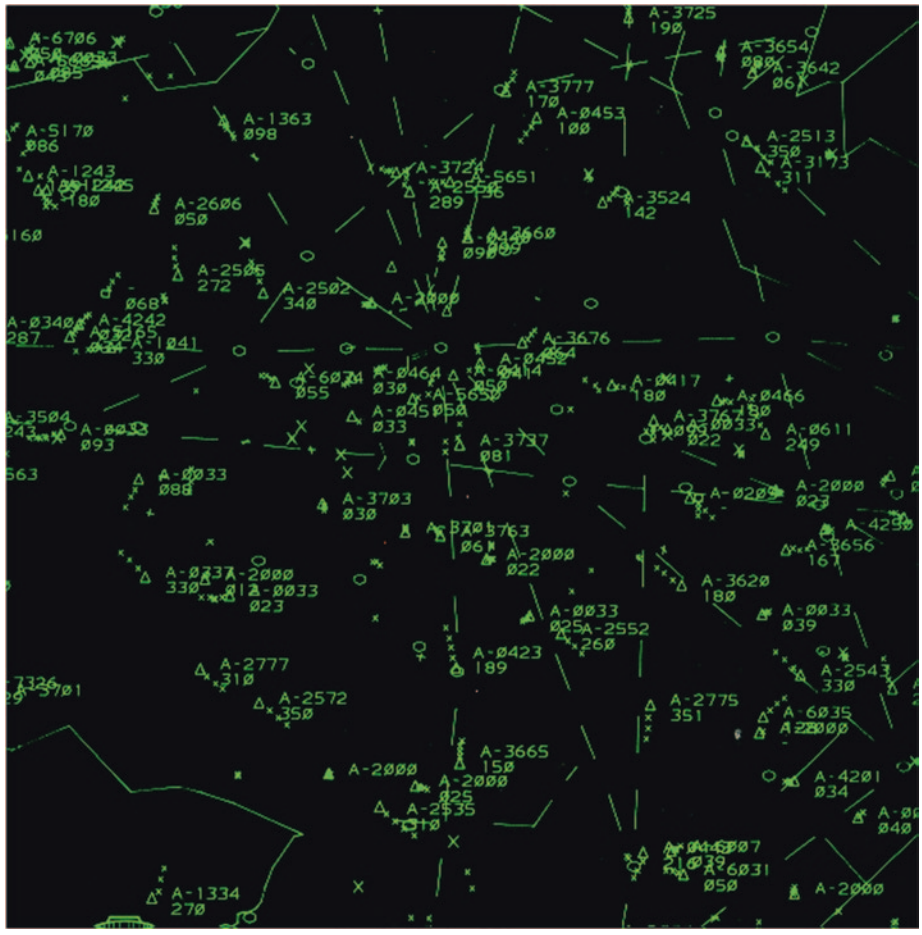


Abb. 26.14 Radardatendarstellung auf einem digitalen Sichtgerät (DERD-MC) [57]

genaue Ermittlung der Anzahl der empfangenen Antworten sowie die Bestimmung, welche Impulse zu welcher Antwort gehören.

Im Sensordatenprozessor schließt sich eine Überprüfung auf Codevertauschung an. Reflexionen, die auf dem Radarschirm zur Verdopplung von Signalen, den Spiegelzielen führen, können hier ebenfalls herausgefiltert werden.

26.3.4.2 Mode-S Sekundärradar

Eine Mode-S Sekundärradaranlage verfügt über die zwei Abfragemodi, über eine „All Call“ und eine „Roll Call“ Abfrage. Bei den „All Call“ Abfragen, sie richten sich entweder an Mode-S Transponder oder herkömmliche Transponder, werden alle Flugziele

Abb. 26.15 ASR Radaranlage mit MSSR Antenne [102]

wie beim herkömmlichen Sekundärradar rundum abgefragt. Alle, die erfasst werden, antworten. D. h., Transponder ohne Mode-S mit ihrem 3/A Code, Mode-S Tansponder mit ihrer 24 Bit umfassenden Flugzeugadresse die weltweit nur einmal vergeben ist, und somit eine eindeutige Identifizierung liefert.

Antwortet ein Mode-S Tansponder mit dieser Adresse, so wird er beim nächsten Antennenumlauf mit dem „Roll Call" abgefragt. Bei dieser Abfrage wird die Adresse mit übertragen, und nur noch das angesprochene Luftfahrzeug antwortet. Durch diese zeitlich optimierten Abfragen werden Störungen durch Transponderantworten auf Abfragen anderer reduziert und Probleme durch Überlappung von Antworten verschiedener Luftfahrzeuge beseitigt.

Die „All Call" Abfrage für herkömmliche Transponder ist im wesentlichen wie eine SSR-Abfrage aufgebaut, hat aber einen zusätzlichen Impuls P_4, der zeitlich nach dem P_3-Impuls abgestrahlt wird. Dieser ist 0,8 µs lang und verhindert, dass ein Mode-S Transponder antwortet. Ist der P_4-Impuls 1,6 µs lang, antwortet hingegen der Mode-S Transponder. Ist gewünscht, dass nur Mode-S Transponder antworten, wird zusätzlich zu den Impulsen P_1 und P_2 ein Impuls P_6 abgestrahlt, der entweder eine 56- oder 112-Bit-Information enthält. Abbildung 26.16 zeigt ein Mode-S Impulstelegramm.

Zur Nebenkeulenunterdrückung wird wie beim bisherigen SSR ein P_5-Impuls über die Rundstrahlantenne abgestrahlt.

Die Mode-S Antwort beginnt mit einer Präambel, einer aus vier Impulsen bestehenden Kontrollsequenz, gefolgt von einem Datenblock mit Informationen, der wie bei der Abfrage 56 oder 112 Bit umfasst. Damit können Luftfahrzeugdaten von Bord

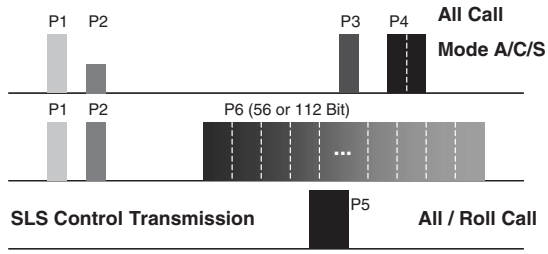


Abb. 26.16 Mode S Impulstelegramm

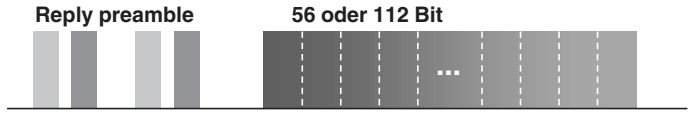


Abb. 26.17 Mode-S Präambel mit Informationsblock

zum Boden übertragen werden. Abbildung 26.17 zeigt eine Mode-S Präambel mit Informationsblock.

Bei der „Mode-S Elementary Surveillance" werden folgende Daten übertragen:

- 24 Bit Adresse,
- Luftfahrzeugidentifizierung,
- Status (am Boden oder in der Luft),
- SSR Mode 3/A (SSR Code),
- SSR Mode C (Höhenangabe im 25 Fuß Raster),
- Ausweichempfehlungen von bordgestützten Kollisionssystemen,
- Weitere Informationen, die der jeweilige Transponder potentiell übermitteln kann.

Im Rahmen der „Mode-S Enhanced Surveillance" können weitere Informationen zum Boden übertragen werden, die zur Verbesserung des Air Traffic Managementsystems beitragen können. Diskutiert werden aktuelle Flugzustandsdaten wie Kurs, Geschwindigkeit, Steig-/Sinkrate und Informationen über die eingeleitete Änderung dieser Parameter.

Die Mode-S Radaranlage hat zwei Kanäle, einen operationellen und einen als Ausfallreserve. Ihre Reichweite beträgt bis zu 256 NM, die Erneuerungsrate kann auf Werte zwischen 4,5 und 15 pro Minute eingestellt werden.

Die Antworten von herkömmlichen Transpondern und Mode-S Transpondern werden in getrennten Modulen der Systemmanagementeinheit verarbeitet. Nach der Zielextraktion werden die Daten einer Analyse unterzogen und Falschziele unterdrückt. Als echt erkannte Zielmeldungen werden an den Tracker weitergeleitet der die Korrelation mit den Primärradarzielmeldungen durchführt und letztendlich die Flugspur auf dem Radarschirm erzeugt. Dem Sender werden die Informationen übertragen, die für die selektive Abfrage der Mode-S Transponder notwendig sind.

Eine Koordinationseinheit hat die Aufgabe, die Funkfeldbelastung zu verringern, indem sie die Zusammenarbeit mit den anderen Mode-S Stationen optimiert. Vor allem soll sie störende Beeinflussungen von Mode-S Stationen untereinander vermeiden und den Informationsfluss bei der Übergabe von Luftfahrzeugen von einer Mode-S Station zur anderen reibungslos gestalten. Die Datenübertragung zwischen Luftfahrzeug und Radaranlage erfolgt über eine Datenfunkeinheit. Abbildung 26.18 zeigt die Radarstandorte in der Bundesrepublik Deutschland.

26.3.5 Radarsignalverarbeitung

In der Radarsignalverarbeitung werden die gewünschten Daten auf der Basis von Dopplerfrequenzverarbeitung und den charakteristischen Amplituden der jeweiligen Videoimpulse von Zielechos ermittelt und von Störsignalen wie Rauschen und Festzielen getrennt. In modernen Radargeräten beginnt die Radarsignalverarbeitung bereits nach der Zwischenfrequenzverstärkung mit einer phasenabhängigen Demodulation. In dieser Baugruppe besteht die Zielinformation noch aus Videoimpulsen mit einer Bandbreite von 250 KHz–5 MHz. Das bedeutet, dass die Abtastrate bei der Digitalisierung mindestens die doppelte Frequenz, also 500 KHz–10 MHz betragen muss. Diese Abtastraten werden auch durch moderne Analog/Digital Konverter (ADC) erreicht. Die Zielerkennung bildet den Abschluss in der Kette der Radarsignalverarbeitung. Hier werden aus den verschiedenen Videospektren reine Zielinformationen mit einem bestimmten Datenformat erarbeitet. Die Radarsignalverarbeitung umfasst prinzipiell und abhängig von der Art der Verarbeitung die Baugruppen: I&Q Phasendetector, die Festzielunterdrückung und eine Zielerkennung mit einer konstanten Faschalarmrate (CFAR). Der gesamte Ablauf kann in digitalen Empfängern auch als Software realisiert sein. Beispielhaft wird die Radarsignalverarbeitung nachfolgend erläutert.

Dies kann in digitalisierter Form durch Digitale-Ziel-Extraktoren (DZE) geschehen, die den Radaranlagen nachgeschaltet sind.

Die Aufgaben eines Digitalen Zielextraktors (DZE) ist die Zielerkennung, die Falschzielunterdrückung, die Korrelation von Primär- und Sekundärradar-Informationen und die Digitalisierung der Zielinformationen.

Der DZE umfasst zwei Teilbereiche. Der nichtsättigbare Teil (NST) dient der Zielerkennung und Digitalisierung, der Asynchronteil (AST) der Korrelation von Primär- und Sekundärradar-Informationen, der Filterung der Falschziele und der Eintragung des erkannten Zieles in die Zielliste. Abbildung 26.19 zeigt den Systemaufbau eines Digitalen Ziel – Extraktors (DZE).

Die im nichtsättigbaren Teil durchgeführte Zielerkennung beruht auf einer zweifachen Schwellwertüberschreitung. Diese Schwellwerte bilden auch die Grundlage für die Digitalisierung. Der erste Schwellwert wird durch die Echoerkennung, der zweite durch die Echointegration, die letztendlich zur Zielerkennung führt, bestimmt.

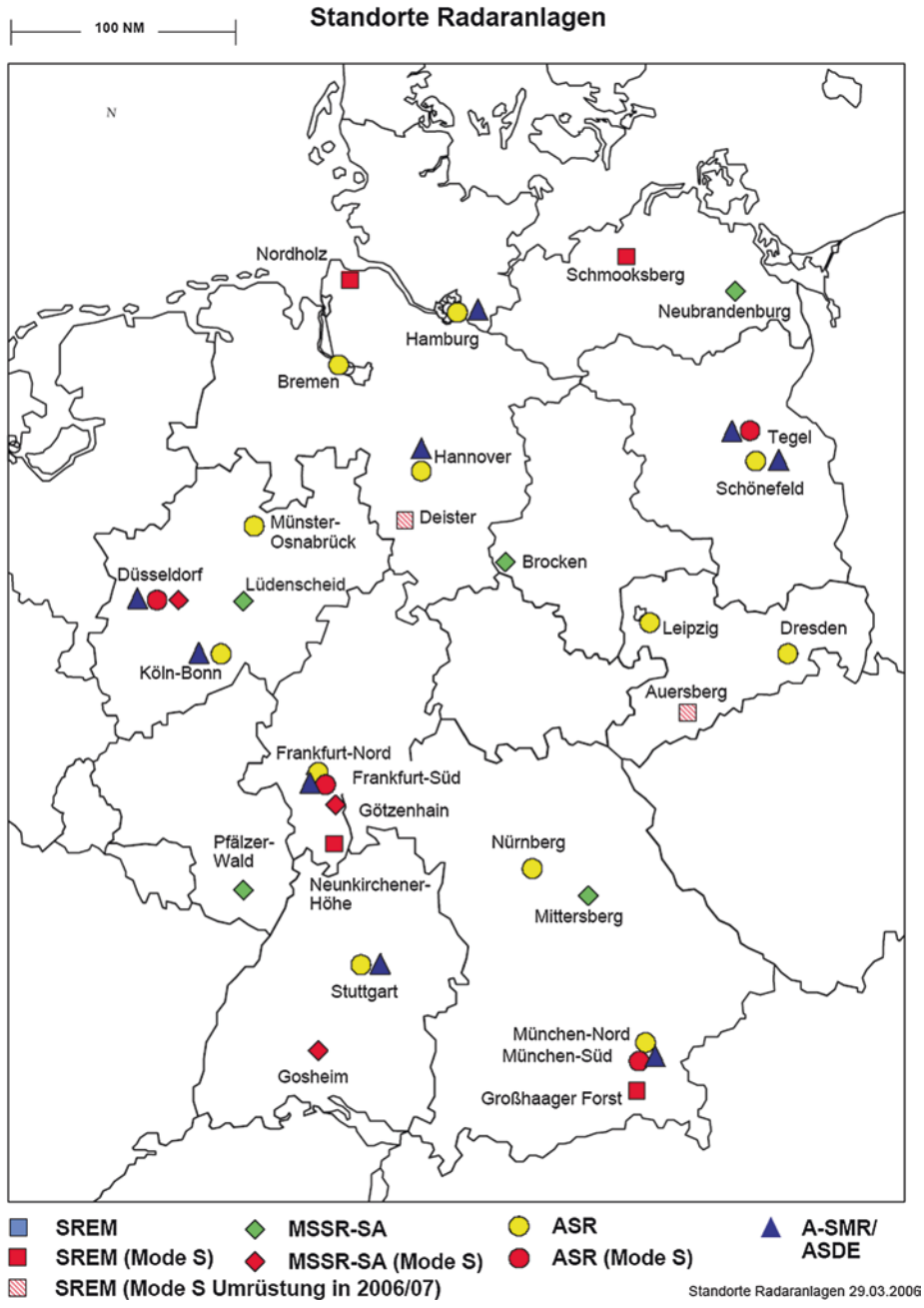


Abb. 26.18 Radarstandorte in der Bundesrepublik Deutschland [57]

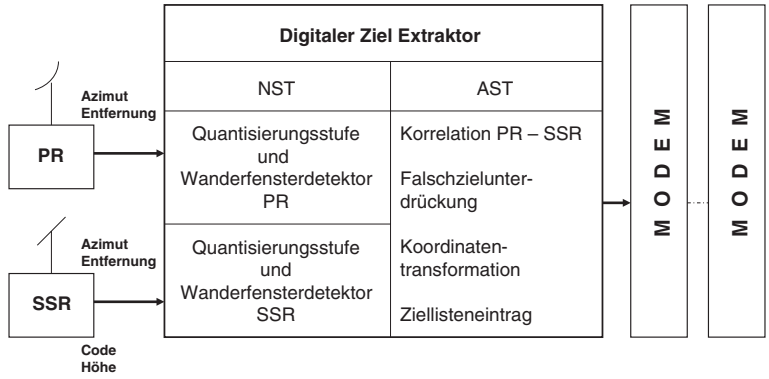


Abb. 26.19 Systemaufbau Digitaler Ziel-Extraktor (DZE) [163]

Bei der Echoerkennung wird den Spannungen der Echoimpulse eine Schwellwert-Spannung zugeordnet. Echoimpulse, deren Spannung diesen Schwellwert überschreiten, erhalten in der anschließenden Quantisierungstufe den Wert „1“ zugeordnet, alle anderen Echoimpulse den Wert „0“, d. h. der Impuls wird unterdrückt. Obwohl die Höhe des Schwellwertes dem Rauschpegel angepasst ist, können u. U. auch vereinzelt Rauschsignale mit dem Wert „1“ quantisiert werden. Abbildung 26.20 zeigt das Prinzip der Echoerkennung des Digitalen Zielextraktors (DZE).

Die eigentliche Zielerkennung wird über eine Echointegration erreicht. Dieses Verfahren trägt dem Umstand Rechnung, dass ein Flugziel, im Hinblick auf die möglichen Störungen durch vereinzelt auftretende Rauschechos, mit mehreren Echoimpulsen belegt werden muss. Ein Ziel wird dann als solches erkannt, wenn eine korrelierte Impulsfolge mit gleichen Entfernungswerten und einer definierten Mindest-Impuls-Zahl vorliegt.

Die Zielerkennung über Integration der Echoimpulse wird über eine, der Quantisierungsstufe nachgeordneten, elektronischen Schaltung, als Wander-Fenster-Detektor

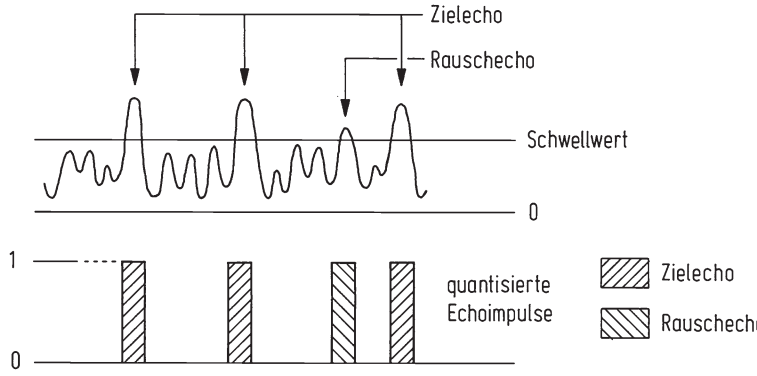


Abb. 26.20 Prinzip der Echoerkennung des Digitalen Zielextraktors (DZE) [163]

(Sliding Window Detector) bezeichnet, durchgeführt. Hierzu wird der Erfassungsbereich einer Radaranlage in einzelne Entfernungsringe unterteilt. Der Abstand dieser Ringe zueinander ist von der jeweiligen Impulsdauer (im µs-Bereich) abhängig. Entsprechend der Impulsdauer und der Reichweite der Anlage ergeben sich 500–1.000 Entfernungsringe, denen jeweils ein „Wanderfenster" zugeordnet wird.

Die azimutale Auflösung, d. h. die Anzahl der Radarimpulse pro Antennenumlauf, ist von der Drehgeschwindigkeit und Halbwertsbreite der Antenne sowie der Impulsfolgefrequenz abhängig.

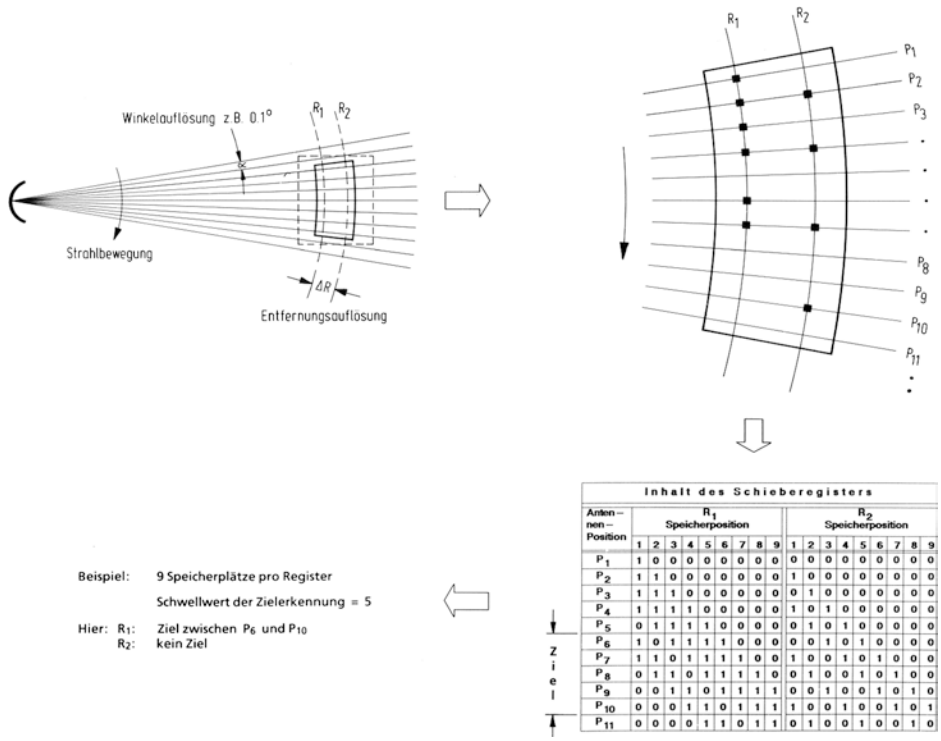
Ein Wanderfenster selbst umfasst eine definierte Anzahl von Speicherplätzen (z. B. 9), die in einem Schieberegister untergebracht sind.

Trifft nun z. B. für den Entfernungsring R_1 bei der Antennenposition P_1 ein Echoimpuls ein, so wird der erste Speicherplatz des Schieberegisters mit einer „1" belegt. Dreht die Antenne von P_1 auf P_2 (z. B. mit $P_2 = P_1 + 0{,}1°$), so wird der Speicherinhalt von Speicherposition 1 auf Speicherposition 2, von 2 auf 3, von 3 auf 4 usw. des Schieberegisters verschoben. Der Inhalt der Speicherposition 9 geht dabei verloren, während die Speicherposition 1 nun entsprechend der Größe des eingehenden Signals für P_2 mit einer „1" (Echoimpuls vorhanden) oder einer „0" (Echoimpuls fehlt) belegt wird. Erreicht die Antenne P_{10}, geht bei neun Speicherplätzen die in P_1 eingegangene Information (hier: „1"), dem Register verloren. Sobald die Summe der mit „1" belegten Speicherplätze eines Schieberegisters einen Schwellwert (z. B. 5) überschreitet, wird auf „Zielanfang" erkannt. Das „Zielende" wird entsprechend mit Unterschreiten des Schwellwertes erkannt. Die „Zielmitte" gibt die Richtung, der Entfernungsring die Entfernung zum Ziel an. Abbildung 26.21 zeigt das Prinzip des Wander-Fenster-Detektors (Schieberegister).

Im Asynchronteil werden die im nichtsättigbaren Teil aufbereiteten Radarinformationen vom Primär- und Sekundär-Kanal korreliert und mögliche Falschziele herausgefiltert.

Die in Polarkoordinaten vorliegende Position des Zieles wird zusätzlich in kartesische Koordinaten, mit dem Standort der Radaranlage als Bezugspunkt, umgerechnet. Anschließend wird die Zielmeldung, bestehend aus Steuerinformationen, Entfernung des Zieles in X-Richtung, Entfernung des Zieles in Y-Richtung, Transponder-Kode und der Flughöhe in eine Zielliste eingeschrieben. Diese, in Form eines Rechnertelegramms vorliegende Zielliste wird anschließend einem Wandler (MODEM, Modulator/De-modulator) zugeführt und als niederfrequente Signalfolge über Koaxialkabel den entsprechenden Flugsicherungsystemen zugeführt.

Die Radardatenaufbereitung mittels DZE stellt die DV-mäßige Kopplung zwischen der Radarsignalerfassung (Primär- und Sekundärradar-Daten) einerseits und der flugsicherungsmäßigen Verarbeitung der Radardaten andererseits her. Durch die DZE-seitig durchgeführte Datenkorrelation, -filterung und -speicherung werden die Zentralrechner der Flugsicherungssysteme entlastet. Das Einschreiben in die Zielliste mit der damit verbundenen Datenspeicherung hat zudem den Vorteil, dass eine permanente Zielechodarstellung auf den Bildschirmen der Flugverkehrslotsen während eines Antennenumlaufs erfolgt.



Inhalt des Schieberegisters

Antennen-Position	R_1 Speicherposition									R_2 Speicherposition								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P_2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
P_3	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
P_4	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
P_5	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
P_6	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
P_7	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
P_8	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
P_9	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
P_{10}	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1
P_{11}	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0

Abb. 26.21 Prinzip des Wander-Fenster-Detektors (Schieberegister) [163]

26.3.6 Anwendungsformen des Radars

Die Deutsche Flugsicherung betreibt Mittelbereichs-Radaranlagen mit der Bezeichnung SREM (Surveilance Radar Equipment Medium-Range) und Flughafenrundsicht-Radaranlagen mit der Bezeichnung ASR (Airport Surveillance Radar). SREM Anlagen haben eine Reichweite von rund 270 km und drehen sich in der Regel sechsmal pro Minute. Bei den ASR Anlagen zur Erfassung der an- und abfliegenden Luftfahrzeuge dreht sich die Antenne 12,5 mal pro Minute. Die Reichweite der Primärkomponente liegt bei 110 km, die der Sekundärradarkomponente bei etwa 185 km.

Der Aufbau der beiden Anlagetypen ist im wesentlichen identisch. Sie bestehen jeweils aus einem Primärradar, einem Monopuls-Sekundärradar, einem Sensordatenprozessor sowie einer Systemsteuerung und -überwachung. Der Datenaustausch zwischen den einzelnen Subsystemen erfolgt über ein lokales Netzwerk. Dieses und die Subsysteme sind aus Sicherheitsgründen doppelt ausgelegt.

Da die Anforderungen an die Primärradarüberdeckung in den letzten Jahren gesunken sind, gibt es erstmalig in Deutschland auch reine Sekundärradaranlagen zur Strecken-

überwachung. Sie sind praktisch aufgebaut wie die SREM Anlagen, nur ohne Primärradarkomponente.

26.3.6.1 Mittelbereichs-Rundsicht-Radar

Mit Hilfe der Mittelbereichs-Rundsicht-Radaranlagen (Surveillance-Radar-Equipment, SRE) wird die Überwachung des Streckenflugverkehrs im unteren und oberen Luftraum ermöglicht.

Da diese Anlagen für große Entfernungen ausgelegt sind, ist zwangsläufig die Antennendrehzahl und Entfernungsauflösung gering. Flugziele mit einer reflektierenden Fläche von 1 m^2 werden bis zu einer Entfernung von 280 km erfasst. Bei einem Rückstrahlquerschnitt von 8 m^2 beträgt die Reichweite sogar 460 km. Die Höhe, bis zu der ein Luftfahrzeug geortet werden kann, beträgt etwa 20 km, wobei ebenso Flugziele in geringen Höhen erfaßt werden. Die Anlagen arbeiten im Frequenzbereich von 1,25–1,35 GHz, d. h. auf dem L- Band. Die Impulsleistung der Sender liegt bei 2,5–5 MW. Die Antennendrehzahl kann grundsätzlich zwischen 2 U/min und 7,5 U/min stufenlos variiert werden. Für die bundesdeutschen Anlagen ist eine Drehzahl von 5 U/min einheitlich vorgegeben. Um trotz dieser niedrigen Drehzahl und unter Berücksichtigung der hohen Fluggeschwindigkeiten moderner Verkehrsflugzeuge die Radardatenerneuerungsrate zu erhöhen, werden teilweise pro Station jeweils zwei Reflektoren von ca. 9 m Höhe und ca. 14,5 m Breite gegeneinander angeordnet (JANUS-Anordnung). Abbildung 26.22 zeigt eine Radaranlage mit JANUS-Anordnung der Reflektoren.

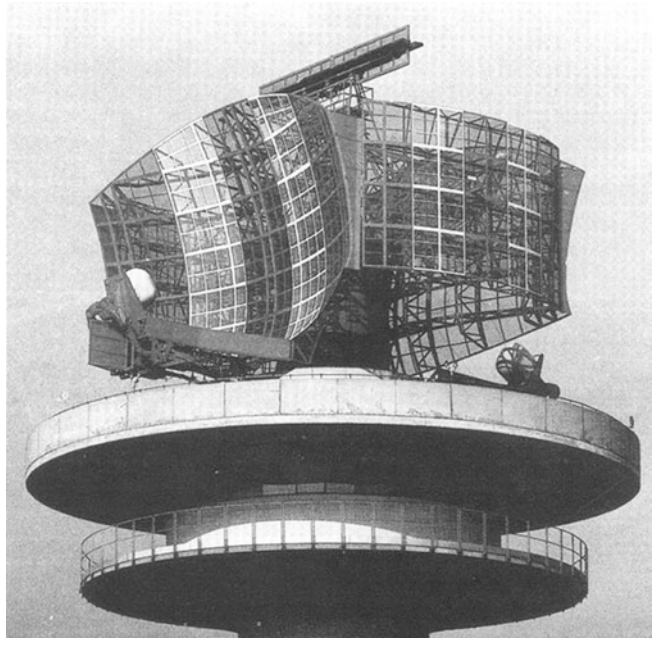


Abb. 26.22 Radaranlage mit JANUS-Anordnung der Reflektoren [163]

26.3.6.2 Flughafen-Rundsicht-Radar

Die Überwachung der an- und abfliegenden Luftfahrzeuge im Nahbereich eines Verkehrsflughafens (TMA) geschieht mittels Flughafen-Rundsicht-Radaranlagen (Airport Surveillance Radar (ASR)). Die Reichweite dieser Anlagen liegt zwischen 100 km und 120 km, es können Luftfahrzeuge bis in einer Höhe von 11 km erfasst werden.

Die Wellenlänge beträgt 10 cm, und der Frequenzbereich liegt zwischen 2,7 und 2,9 GHz, also im S-Band. Die Sendeleistung ist geringer als bei den SRE-Anlagen. Sie liegt bei ca. 1,4 MW.

Bei diesen Anlagen muss, u. a. wegen der besonders hohen Verkehrsdichte im Bereich des Flughafens, ein Kompromiss zwischen Reichweite, Auflösung und Antennendrehzahl erfolgen. So darf beispielsweise die Reichweite nicht zu groß angesetzt werden, da mit der Ausstrahlung des nächsten Signals so lange gewartet werden muss, bis ein mögliches Echo von dort wieder eintrifft. Dadurch wird zwangsläufig die Antennendrehzahl und damit die Bilderneuerungsrate (Informationsfolge) herabgesetzt. Bei den in der Bundesrepublik Deutschland eingesetzten ASR-8 Anlagen liegt die Antennendrehzahl bei 12,5 U/min.

26.3.6.3 Rollfeld-Überwachungs-Radar

Die Überwachung des Rollverkehrs auf den Flugbetriebsflächen eines Verkehrsflughafens erfordert Radaranlagen mit einer extrem guten Auflösung und einer Reichweite von nur wenigen Kilometern. Diese Aufgabe übernehmen die Rollfeld-Überwachungs-Radaranlagen (Airport Surface Detection Equipment (ASDE)).

Um die hohe Winkel- und Entfernungsauflösung zu erhalten, arbeiten diese Anlagen mit Wellenlängen von ca. 1 cm in einem Frequenzbereich von 23,8–24,27 GHz, dem „Ku-Band“. Die hohe Auflösung sowie die relativ hohen Geschwindigkeiten bei Start oder Landung von Luftfahrzeugen erfordern eine hohe Antennendrehzahl.

Die in der Bundesrepublik Deutschland betriebenen Anlagen drehen mit ca. 60 U/min, es sind auch höhere Antennendrehzahlen möglich. Die Reichweite und Sendeleistung ist mit weniger als 10 km bzw. 30–50 kW eher gering, für den Zweck jedoch vollkommen ausreichend. Abbildung 26.23 zeigt eine digitale ASDE basierte Radarbilddarstellung (Verkehrsflughafen Frankfurt/Main) zum Zwecke der Rollführung.

26.3.6.4 Präzisions-Anflug-Radar

Zusammen mit dem Flughafen-Rundsicht-Radar bildet das Präzisions-Anflug-Radar (Precision Approach Radar (PAR)) die Grundlage für einen vom Boden aus kontrollierten Präzisionsanflug (Ground Controlled Approach (GCA)). Während das ASR der Anflugkontrolle der Luftfahrzeuge zum Zielort dient, werden mit Hilfe des PAR die eigentlichen Landeanflüge überwacht. Zur dreidimensionalen Erfassung des Flugweges wird eine vertikal und eine horizontal abtastende Radarantenne benötigt (Abb. 26.24). Der Azimutsektor umfasst ca. 20°, die Elevation ca. 7°. PAR-Anlagen arbeiten im allgemeinen mit 3-cm-Wellen auf dem X-Band (ca. 10 GHz) mit einer Sendeleistung von ca. 150 kW. Der Abtastzyklus der zeitgestaffelten Azimuth- und Elevationsabtastung liegt bei ca. 1–2 Hz.

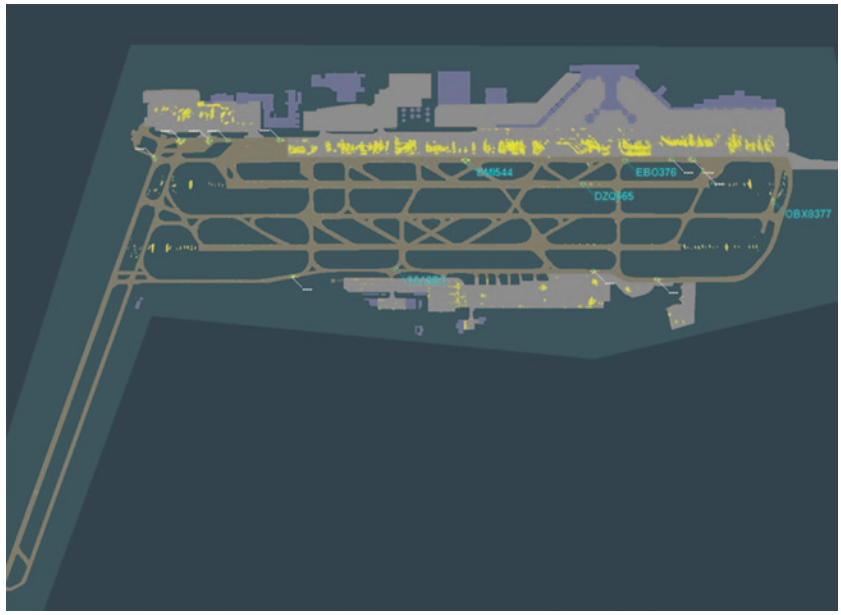


Abb. 26.23 ASDE basierte Radarbilddarstellung (Verkehrsflughafen Frankfurt/Main) [57]

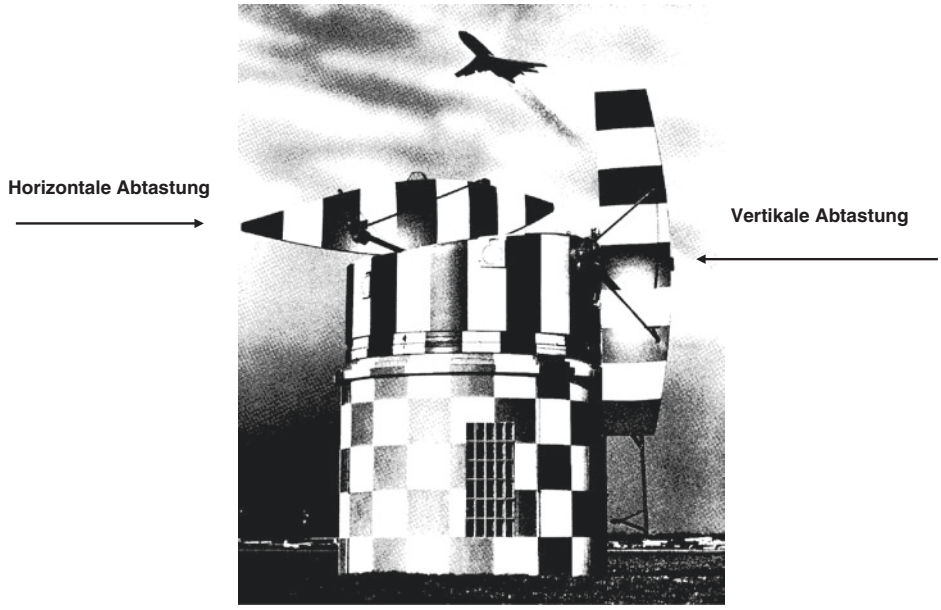


Abb. 26.24 Vertikal und horizontal abtastende Radarantennen

26.4 Peiler

Peiler sind Funkanlagen, die der Bestimmung eines Relativwinkels dienen. Unter Peilung versteht man u. a. die Bestimmung eines Azimutwinkels von einer Bodenstation aus zu einem Flugziel. Ausgehend von zwei Bodenstationen, deren Positionen bekannt sind, lässt sich durch Kreuzpeilung eine Positionsbestimmung (Ortung) durchführen.

Nach wie vor bieten Peilanlagen auch bei der Kontrolle der Instrumentenflüge wertvolle Informationen, beispielsweise wenn im SSR-System ein Defekt auftritt oder ein Trans-ponder nicht sendet. Für den Such- und Rettungsdienst werden Peilnetze verwendet, um die Position eines Luftfahrzeuges in einer Notlage verlässlich zu ermitteln.

Seine primäre Anwendung findet der Peiler heute allerdings in der Allgemeinen Luftfahrt. Wenn ein Luftfahrzeugführer Orientierungsprobleme hat, kann ihm der Flugsicherungslotse über Funk als Ergebnis der Peilung den Kurs zum Flugplatz mitteilen.

26.4.1 Funktionsprinzip

Der Peilvorgang folgt dem Richtempfangsverfahren, indem mit Hilfe der Richtcharakteristik der Empfangsantenne die Richtung zum Sender bestimmt wird. Als Sender dienen im Fall der Flugverkehrskontrolle die an Bord der Luftfahrzeuge befindlichen Kurzwellen- (3–30 MHz) und Ultrakurzwellen- (116–140 MHz) Sender, die für den Sprechfunkverkehr bestimmt sind. Zum Einsatz kommen Minimum-, sowie Dopplerpeiler.

26.4.2 Anlagentechnik

Die Grundstruktur der Peilersysteme ist unabhängig von der Art der Peiler. Hauptelement ist das Antennensystem mit Richtcharakteristik. Entsprechend der verschiedenen Auswerteverfahren verwendet man Rahmenantennen mit gekoppelter Stabantenne, ähnlich dem ADF, gekreuzte Rahmenantennen, gekreuzte H-Dipole sowie elektronisch rotierende Dipole wie z. B. bei einer Großbasis-Peilanlage. Die empfangenen Signale werden in eine Empfangs- und Auswerteeinheit eingespeist und die Peilergebnisse in einer anschließenden Anzeigeeinheit zur Ausgabe gebracht.

26.4.3 Informationserzeugung

Als Information erhält man bei Peilanlagen die Richtung eines Senders relativ zur Position des Peilgerätes. Die Bezugsrichtung ist meist recht- oder mißweisend Nord.

Beim Minimumpeiler erfolgt die Richtungsbestimmung analog zum Prinzip des ADF. Die durch die empfangenen elektromagnetischen Wellen induzierte Antennenspannung der Rahmenantenne (Doppelkreisdiagramm) wird mit der induzierten Antennenspannung

einer Stabantenne (Kreisdiagramm) überlagert. Als Resultierende erhält man ein Kardioid, das durch ein ausgeprägtes Minimum gekennzeichnet ist. Die Lage dieses Minimums gibt die Richtung zum Sender an. Die Antennendrehung zur Erfassung dieses Minimums erfolgt weitgehend manuell.

Durch Verwendung eines Goniometers kann die Minimumpeilung über gekreuzte Rahmenantennen durchgeführt werden. Mit dieser Antennenanordnung wird das Feld der vom Sender ausgestrahlten elektromagnetischen Wellen erfaßt und mit zwei orthogonalen Komponenten den Feldspulen des Goniometers zugeführt. Die hier enthaltene Suchspule wird manuell so gedreht, dass die induzierte Spulenspannung minimal wird. Die Stellung der Suchspule gibt die Peilrichtung an.

Bei der Anwendung des Dopplerpeilers wird der Dopplereffekt genutzt. Bewegt sich eine Empfängerantenne in Ausbreitungsrichtung elektromagnetischer Wellen, entsteht eine Phasenänderung beim Empfangssignal. Liegt eine ständige Bewegung vor, tritt eine fortlaufende Phasenänderung und damit eine Frequenzänderung ein.

Bewegt sich nun die Antenne mit konstanter Winkelgeschwindigkeit auf einer Kreisbahn, entsteht eine Frequenzmodulation im Rhythmus der Drehgeschwindigkeit. Der Phasenwinkel dieser Modulation, bezogen auf den Phasenwinkel einer von der Antennenrotation abgeleiteten Bezugsspannung, ist eine Funktion des Winkels, unter dem die Welle eintrifft. Durch Vergleich dieser beiden Phasenwinkel läßt sich der Azimut direkt ermitteln.

Da die Umdrehung der Empfängerantenne bei 170 Hz liegt, wird diese auf elektronischem Wege durchgeführt. Hierzu werden 32 kreisförmig angeordnete Dipole über einen Abtaster nacheinander mit dem Empfänger gekoppelt. Der Durchmesser eines solchen Peilers beträgt 5,8 m bei VHF und 2,4 m bei UHF (Großbasis-Peiler).

In unmittelbarer Nähe der Antenne steht die Peilerhauptanlage, in der die Peilinformation erzeugt wird. Vor der Verteilung auf die Lotsenarbeitsplätze laufen die Peilinformationen in einer so genannten Peilertochteranlage auf. Sie ist mit Trennfeldern, Anzeige- und Prüfgeräten zur Überwachung der Peilanlagen und der Übertragungsstrecke ausgerüstet. Die Kontrolle der Azimutanzeige des Peilers geschieht wiederum über einen mit eigenen Antennen ausgestatteten Peilprüfsender.

26.4.4 Anwendungen von Peilern

Im Rahmen der Flugverkehrskontrolle finden heute überwiegend Dopplerpeiler Anwendung. Sie liefern während des Sprechfunkverkehrs, falls erwünscht, ein Peilergebnis. Durch die Einblendung des Peilergebnisses auf dem Bildschirm ist für den Flugsicherungslotsen eine Identifizierung des angesprochenen Luftfahrzeuges möglich. Insbesondere bei Luftfahrzeugen, die nicht mit einem Transponder ausgerüstet sind, stellt dieses System eine Möglichkeit der schnellen Identifizierung dar. Auch können so Standortinformationen an die Luftfahrzeugführer übermittelt werden.

An den von der Deutschen Flugsicherung kontrollierten Flugplätzen sind (Stand 2001) 18 VHF- und 10 UHF- Peiler in Betrieb. Hinzu kommen 2 VHF- und 1 UHF- Peiler an

abgesetzten Standorten. Die überwiegende Anzahl der Radararbeitsplätze verfügt über eine Peileinblendung, an den Arbeitsplätzen ohne Radarsichtgerät werden die Peilwerte digital angezeigt. In den Kontrollzentralen Bremen und Langen besteht an einigen Arbeitsplätzen die Möglichkeit der Kreuzpeilung.

Die Umgebung eines Peilers kann nicht gänzlich von Hindernissen freigehalten werden. Ein Peiler muss deshalb so aufgebaut sein, dass Reflexionen der einfallenden Wellen und Einzüge des Antennendiagramms möglichst vermieden werden.

Weltweit hat sich deshalb das Dopplerverfahren durchgesetzt, das es erlaubt, im VHF- wie auch im UHF-Bereich Großbasisantennen einzusetzen, die auch bei ungünstigen Standortbedingungen sehr gute Peilresultate liefern. Auch die Höhe der Antenne spielt eine Rolle. Je näher sie ihrer Reflektionsfläche, dem Erdboden ist, desto weniger Nullstellen treten im Antennendiagramm auf. Andererseits vermindert der Einfluss des Bodens die Empfindlichkeit, die Abschattungen sind umso größer, je niedriger die Antenne angebracht ist. Die optimale Höhe einer VHF Antenne wurde aus Erfahrungswerten mit 9 Metern, oder in Waldgebieten in Höhe der Baumwipfel ermittelt. Abbildung 26.25 zeigt einen Peiler.

Abb. 26.25 Peiler [102]

26.5 Automatic Dependance Surveillance

Neue präzise Navigationsverfahren, basierend auf der satellitengestützten Eigenortung der Luftfahrzeuge, und die Entwicklung von Komponenten zur Übertragung der an Bord ermittelten Positionsdaten zum Boden, bilden die Grundlage für ein innovatives Ortungs- und Überwachungskonzept.

Bei der Automatic Dependent Surveillance (ADS) ist die Ortung abhängig (dependent) von der Information des zu Ortenden. Die Position (Koordinaten) wird an Bord satellitengestützt (GPS) ermittelt und anderen Luftfahrzeugen oder Bodenstationen der Flugsicherung per Datenfunk übermittelt.

ADS sieht vor, die an Bord ermittelten, und per Datenfunk an eine Bodenstation übermittelten Positionsdaten für eine Luftlagedarstellung, vergleichbar mit dem heutigen Radarbild, zu nutzen.

Grundlegende Parameter, die die Inhalte der ADS Meldungen betreffen, wie Übertragungszeitpunkte und -intervalle, werden in individuellen Vereinbarungen festgelegt, die noch während des Kontrollvorgangs den aktuellen Anforderungen angepasst werden können. Dieses ADS-Verfahren wird als ADS-C (C = contract) bezeichnet.

Werden Meldungen von Luftfahrzeugen oder Bodenstellen ungerichtet abgestrahlt, so dass jeder Partner im Überdeckungsbereich des Senders (am Boden oder in der Luft) die abgestrahlte Meldung empfangen kann, so spricht man von ADS-B (B = broadcast).

Ergänzt man diese Datenkommunikationsfähigkeit durch ein optisches Darstellungsmedium im Cockpit der Luftfahrzeuge, so wird es künftig möglich sein, den Luftfahrzeugführern ein Bild (Traffic Display) der sie umgebenden Verkehrslage zu vermitteln. Damit eröffnet ADS-B die Möglichkeit, auch Stafflungsverantwortung vom Flugverkehrskontrolldienst an die Luftfahrzeugführer zu delegieren.

Die ADS-Bodenkomponente könnte langfristig das Sekundärradar ablösen.

Zu den Daten, die ein Luftfahrzeug für die ADS-B und ADS-C Anwendungen abstrahlen soll, gehören zunächst die an Bord ermittelte eindeutige Position mit Höhe und Zeitbezug (4D) sowie Luftfahrzeugmuster und Identifikation.

Dazu können weitere Informationen wie Geschwindigkeit, Turn-Rate zur Erkennung und Bewertung des Flugmanövers oder die Angabe des weiteren Flugverlaufs generiert werden.

Technisch realisiert wird die Abstrahlung von Positionsmeldungen zur Zeit über einen VHF-Datenfunk, verbunden mit dem Kanalzugriffsverfahren „Self Organising Time Division Multiple Access (STDMA)“. Bei diesem Verfahren wird eine Funkfrequenz von mehreren Anwendern gleichzeitig genutzt, indem sie in kleine Zeitschlitze aufgeteilt wird. Es wird ein Kanalabstand von 25 KHz benötigt. Das Verfahren ist allerdings bis dato nicht von der ICAO standardisiert. Abbildung 26.26 zeigt das Prinzip ADS-B mit VHF Datenfunk Mode 4 (VDL Mode 4).

Eine Alternative zu dem beschriebenen „VDL Mode 4 mit STDMA“ ist der „Mode-S Extended Squitter“. Während der Begriff Squitter generell für Daten steht, die automatisch versandt werden, ist der Extended Squitter eine bereits standardisierte Erweiterung von Mode-S.

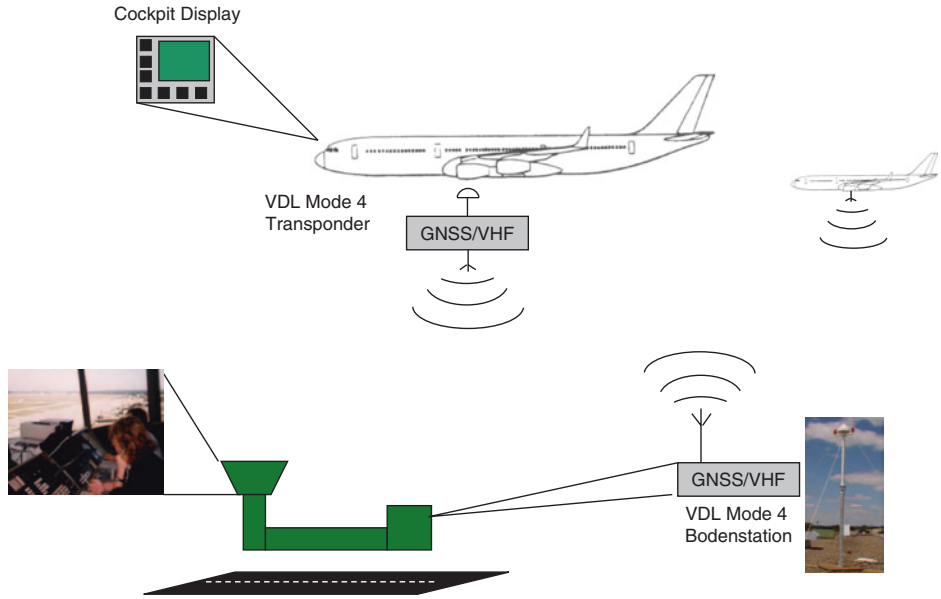


Abb. 26.26 Prinzip ADS-B mit VHF Datenfunk Mode 4 (VDL Mode 4)

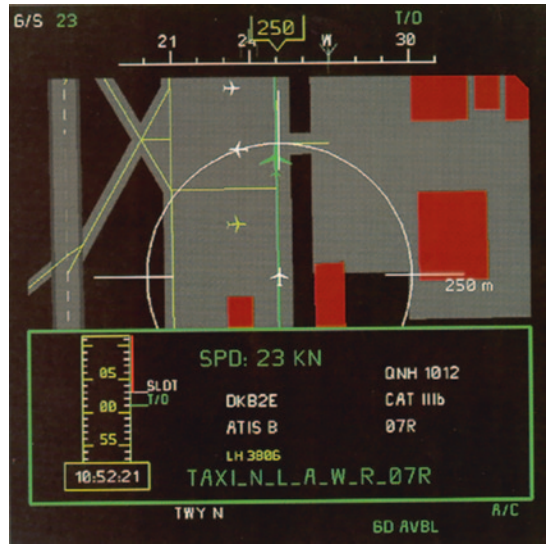


Abb. 26.27 ADS basiertes Rollführungsdisplay, Cockpitanzeige der Zukunft [102]

Dabei wird in die „Short Squitter Meldungen“, die die Luftfahrzeuge für das bordgestützte Kollisionswarnsystem (TCAS = Traffic Alert and Collision Avoidance System) aussenden, ein weiterer Datenblock integriert.

Ein Mechanismus zur Erzeugung der Daten in den Transponderregistern sorgt dafür, dass keine veralterten Daten abgestrahlt werden können.

Die ADS-Daten können in der Luftfahrt sowohl zur Flugführung als auch zur Rollführung verwendet werden. Beide Applikationen werden bereits im Testbetrieb erprobt. Abbildung 26.27 zeigt ein ADS basiertes Rollführungsdisplay (Cockpitanzeige der Zukunft).

26.6 Multilaterationsverfahren

Beim Multilaterationsverfahren wird die Position des Luftfahrzeuges anhand der Laufzeiten von ihm abgestrahlten elektromagnetischer Signale zu mehreren Empfangsstationen ermittelt. Ähnlich wie bei der Satellitennavigation kann man mit Hilfe der Differenzen zwischen drei Laufzeiten und den bekannten Koordinaten der Empfangsstationen die Position des Luftfahrzeuges berechnen.

Als auszuwertende Signale kommen vor allem die Sekundärradarantworten der Luftfahrzeuge in Betracht, oder regelmäßig abgestrahlte Meldungen (Squitter) wie beim ADS-B. Auch die Multilaterationsverfahren werden derzeit in Feldversuchen erprobt.

Abbildung 26.28 zeigt die Anwendung des Multilaterationsprinzips in der Flugführung. Abbildung 26.29 zeigt die Anwendung des Multilaterationsprinzips in der Rollführung.

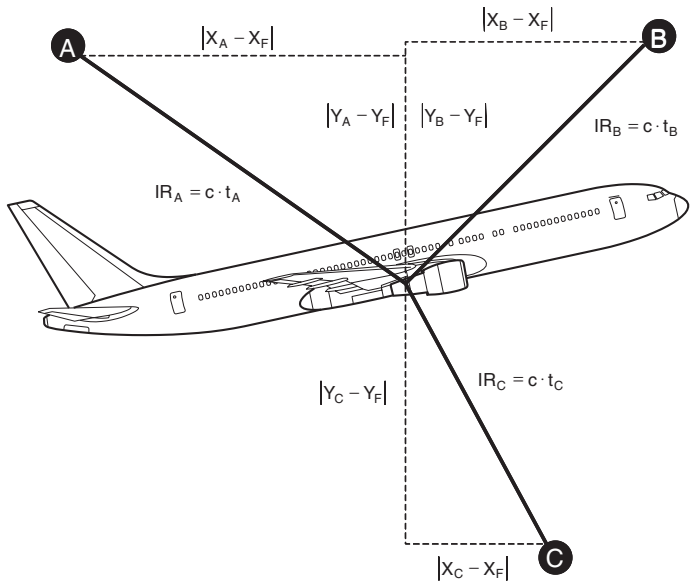


Abb. 26.28 Anwendung des Multilaterationsprinzips in der Flugführung

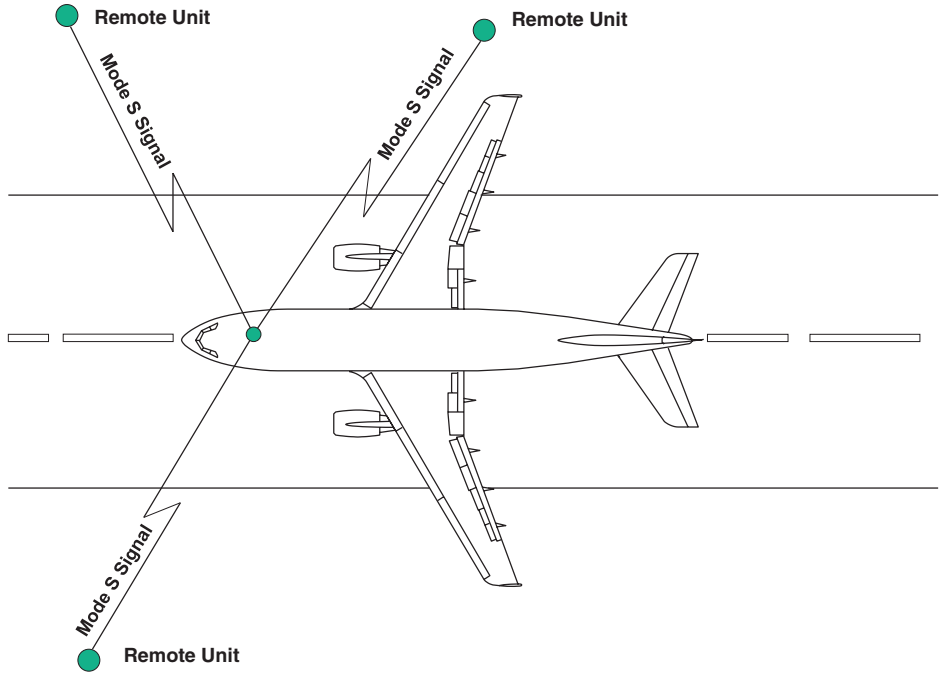


Abb. 26.29 Anwendung des Multilaterationsprinzips in der Rollführung

Durch Messung ermittelt, mit:

$$\begin{aligned} t_A - t_B &= T_1 \\ t_A - t_C &= T_2 \\ t_B - t_C &= T_3 \end{aligned} \qquad R_i^2 - (X_i - X_F)^2 + (Y_i - Y_F)^2 = (c \times t_i)^2 \tag{26.3}$$

26.7 E-scan Antennen

Bei dieser Technologie dreht sich der Radarstrahl nicht länger mechanisch, der Radarstrahl wird rein elektronisch bewegt. Die aufwendige und wertungsintensive Mechanik zur Antennenrotation entfällt.

Die kontinuierliche Veränderung des Antennendiagramms wird ermöglicht durch die geschickte Ansteuerung der vielen einzelnen Elemente, aus denen die Antenne zusammengesetzt ist. Dieses Prinzip wird im kleinen bereits bei heutigen Monopulsanlagen zur vertikalen Ausformung des Antennendiagramms genutzt.

Ein weiterer Vorteil der E-scan Antennen ist die Anpassung an die Verkehrslage. Während sich konventionelle Antennen mit konstanter Geschwindigkeit drehen, unabhängig davon, wie viele Luftfahrzeuge (Ziele) sich in einem Sektor befinden, kann die Erneuerungsrate der E-scan Antennen elektronisch an den Bedarf anpasst werden.

26.8 Kollisionswarnsysteme

Kollisionswarnsysteme dienen in der Luftfahrt dazu, Kollisionen zwischen Luftfahrzeugen einerseits, und Luftfahrzeugen mit dem Boden andererseits zu verhindern. Der ungewollten Bodenberührung dient die Bodenannährungs-Warnanlage (GPWS), für die Verhinderung von Kollisionen zwischen Luftfahrzeugen das Kollisionswarnsystem TCAS.

26.8.1 Bodenannäherungs-Warnanlage

Die Bodenannäherungs-Warnanlage (Ground Proximity Warning System (GPWS)) informiert die Flugzeugführer durch optische und akustische Warnungen im Falle eines Flugmanövers, das zu unbeabsichtigtem Bodenkontakt führt, falls der Flugweg unverändert fortgesetzt wird. Das GPWS verarbeitet die Größen/Systeminformationen Radiohöhe, Barometrische Sinkrate, Gleitpfadabweichung, Landeklappenposition und Fahrwerkposition. Das System arbeitet im Funktionsbereich des Radiohöhenmessers zwischen 2.450 ft und 50 ft über Grund. Unterhalb von 50 ft ist das System nicht aktiv, um Fehlwarnungen aufgrund von Bodeneffekten bei Landung und Start zu vermeiden. Tritt im Verlauf eines Fluges ein potentiell unsicherer Flugweg auf, so warnt das System. Man kann beispielsweise gerätespezifisch verschiedene Betriebsarten (Modes) unterscheiden:

Mode 1: Übermäßige barometrische Sinkrate, abhängig von der Radiohöhe,
Mode 2: Übermäßige Annäherungsrate an ansteigendes Gelände,
Mode 3: Barometrischer Höhenverlust nach dem Start, bevor 700 ft Radiohöhe erreicht sind,
Mode 4: Unterschreiten einer geschwindigkeitsabhängigen Radiohöhe ohne Landekonfiguration,
Mode 5: Unterfliegen des ILS-Gleitpfades um mehr als 1,3 Punkte (dots), unterhalb 1.000 ft Radiohöhe,
Mode 6: Unterschreiten der Entscheidungshöhe unterhalb 1.000 ft Radiohöhe.

Werden die genannten Ansprechschwellen überschritten, so erfolgt sowohl eine optische (rotes bzw. „amber“ Warnlicht) als auch eine synthetische Sprachwarnung (WHOOP WHOOP PULL UP). Die Sprachwarnung ist im GPWS in einem Festspeicher digital gespeichert und wird bei Aktivierung der Warnung synthetisiert und abgestrahlt.

Das **Enhanced Ground Proximity Warning System** (EGPWS) stellt eine Weiterentwicklung des Ground Proximity Warning Systems dar. Die Terrain Awareness and Display Function (TAD) ermöglicht die Erkennung potentieller Konflikte mit in der Flugbahn liegenden Erhebungen und deren Anzeige auf einem Display. Die Anzeige erfolgt bei mit EFIS ausgestatteten Flugzeugen normalerweise auf dem Navigationsdisplay. Die Terrain Clearance Floor (TCF) Funktion alarmiert die Flugzeugführer bei gefährlicher Annährung an das Terrain während des Landeanfluges. Die Funktion ergänzt den

bestehenden GPWS-Modus 4. EGPWS nutzt die Flugzeugposition, die entweder das GPS oder das Inertial Reference System liefert. Die erforderlichen Terraindaten sind in einer Datenbank gespeichert, wobei die Genauigkeit der Daten im Nahbereich von Flugplätzen am höchsten ist, da hier hauptsächlich die Gefahr eines „Controlled Flight Into Terrain" (CFIT) besteht. EGPWS ermittelt aus den Daten die Abstände zum Terrain in vier Richtungen, d. h. nach vorne, nach unten, und zu beiden Seiten. Die Referenzhöhe beim Sinkvorgang über 1.000 ft pro Minute, die Höhe über Grund, die bei gleich bleibender Sinkrate in 30 s erreicht wird, in anderen Flugphasen die Flughöhe. Die Flughöhe und die Höhe des Terrain (Geländes) basieren auf der gleichen Bezugsebene. Diese ist nicht zwangsläufig die Meereshöhe (MSL). Im GPWS-Modus 4 kann das auch die Höhe des Aufsetzpunktes sein. Der Bereich von ±2.000 ft über der Referenzhöhe ist in Intervalle eingeteilt. Jedes Intervall stellt einen potentiellen Gefahrenbereich dar.

26.8.2 Luftgestützte Kollisionswarnsysteme

Während das GPWS die Flugzeugführer vor Kollisionen mit bodenbasierten Hindernissen warnt, dienen Airborne Collision Avoidance Systems (ACAS) der Warnung bzw. der Verhinderung von Kollisionen zwischen Flugzeugen, die sich auf Kollisionskurs befinden. Das heutige, in allen modernen Verkehrsflugzeugen vorhandene System wird als „Traffic Alert and Collision Avoidance System" (TCAS) bezeichnet.

Das TCAS-System bildet zunächst einen virtuellen „Schutzraum" um das betroffene Flugzeug. Der Transponder des Flugzeuges strahlt sekündlich eine Abfrage ab, auf die je nach Ausrüstung entweder der Mode-A/C oder der Mode-S Transponder antworten. Ausgewertet werden die Entfernung und Richtung zum „Closest Point of Approach" (CPA), bezogen auf einen Intruder (Eindringling), der in den Schutzraum eindringt. Der CPA ist der berechnete, potentielle Kollisionspunkt, wenn die beiden konfliktgefährdeten Flugzeuge ihre Flugbahn beibehalten. Der Intruder ist jeweils das die Flugbahn des anderen Flugzeuges kreuzende Flugzeug.

Um zu verhindern, dass sich die Antworten der einzelnen Flugzeuge in der nahen Umgebung überlagern, wird die Abfrage bis zu 24 mal mit jeweils erhöhter Leistung gesendet. Damit wird die Umgebung quasi in Form von virtuellen Kugelschalen abgetastet, da die Transponder der jeweiligen anderen Flugzeuge nur auf die erste Abfrage, die sie fehlerfrei empfangen konnten, antworten. Die Gerätegeneration TCAS l bietet dem Anwender aufgrund der eingeschränkten Funktionalität nur Traffic Advisory's (TA's), Verkehrshinweise, keine Handlungsvorschläge. Bekommt der Flugzeugführer eine solche TA, obliegt es ihm, die potentielle Gefahr visuell zu erkennen und entsprechend zu handeln. Handelt es sich um einen Instrumentenflug (IFR-Flug), so ist der Flugzeugführer gehalten, die Flugsicherung über seine TA zu informieren.

Die Gerätegeneration TCAS II bietet eine erweiterte Funktionalität. Diese TCAS-Version ist für Verkehrsflugzeuge vorgeschrieben. Der Flugzeugführer erhält zusätzlich

so genannte Resolution Advisory's (RA's), d. h. eine Ausweichempfehlungen. Das System erkennt, ob das potentiell konfligierende Flugzeug sinkt, steigt oder den Konfliktkurs beibehält und kann so dem Flugzeugführer eine Handlungsanweisung in Form eines akustischen „CLIMB" oder „DESCENT" geben. Sind beide betroffenen Flugzeuge mit Mode-S Transpondern ausgerüstet, so kommunizieren die Systeme in der Weise miteinander, dass sie den jeweiligen Flugzeugführern koordinierte, konfliktfreie Lösungsvorschläge (Ausweichempfehlungen) unterbreiten.

Die TCAS III Gerätegeneration ist noch in der Entwicklung, wird aber in die vorhandenen Systeme integrierbar sein. TCAS III soll zusätzlich zu den Funktionen des TCAS II auch laterale RA's anbieten. Dies ist heute noch nicht möglich, da die Bestimmung des lateralen Kurses der anderen Flugzeuge noch zu ungenau ist. Die prinzipielle, luftraumbezogene Logik des Kollisionswarnsystems TCAS II zeigt Abb. 26.30.

Ein TCAS II System besteht aus folgenden Komponenten:

- Einem Rechner (CPU) für die Luftraumüberwachung, Kursverfolgung der anderen Flugzeuge, die Erkennung von Konfliktsituationen und die Ermittlung von möglichen Ausweichmanövern;
- Ein TCAS Control Panel, das in das Panel des Transponders integriert ist;

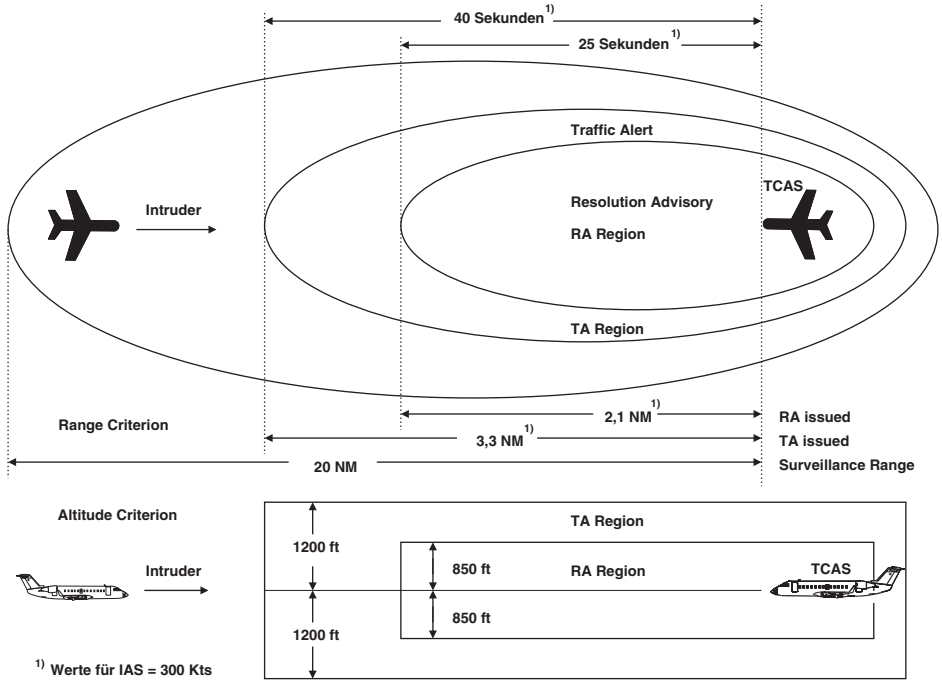


Abb. 26.30 Generelle Logik des Kollisionswarnsystems [49]

- Zwei Antennen, wobei eine Antenne auf der Oberseite des Rumpfes, die andere Antenne auf der Unterseite des Rumpfes angebracht ist. Die Daten werden mit einer Frequenz von 1030 MHz gesendet und mit 1090 MHz empfangen;
- Einer Verbindung zum Mode-S Transponder, zur Kommunikation mit anderen Flugzeugen (wenn diese auch mit Mode-S ausgerüstet sind);
- Einer Verbindung zum Höhenmesser, es wird die barometrische Höhe (optional auch mit dem Air Data Computer) ermittelt;
- Einer Verbindung mit dem Radarhöhenmesser. Einerseits verhindert die Radarhöhenmessung RA's, wenn das Flugzeug knapp über Grund ist, zu anderen kann so ermittelt werden, ob das TCAS möglicherweise ein sich am Boden befindliches Flugzeug aufgeschaltet hat;
- Lautsprechern (für die akustischen Hinweise);
- Bildschirmen (um die relevanten Daten/Informationen darzustellen, z. B. EFIS).

Zusätzlich bedient sich das TCAS noch weiterer Daten über den Flugzustand, wie z. B. den Status des Fahrwerks oder der Flaps. TCAS ist nicht an den Autopiloten oder das FMS gekoppelt und bleibt so, auch bei deren Ausfall oder Störung, in Funktion. Abbildung 26.31 zeigt ein in das Panel des Transponders integrieres TCAS Control Panel.

TCAS II selbst liefert folgende Informationen:

1. Verkehrsinformationen für das betroffene Flugzeug im umgebenden Luftraum „Traffic Alerts",
2. Ausweichempfehlungen, „Resolution Advisory's".

TCAS II erfüllt neben der Funktion als Kollisionswarngerät zusätzlich die Funktion der Luftraumüberwachung und der Anzeige des umgebenden Verkehrs. Die Surveillance (Überwachungs-) Funktion des TCAS dient dazu, das der TCAS Transponder mit anderen Transpondern (Mode-A/C oder Mode-S) interagieren kann. Der TCAS Transponder empfängt die Daten der anderen Flugzeuge, um daraus die relativen Position die anderen

Abb. 26.31 TCAS Control Panel (in das Panel des Transponders integriert) [49]

Flugzeuge anzuzeigen. Dabei ist TCAS in der Lage, bis zu 30 Flugzeugpositionen gleichzeitig darzustellen. Die Reichweite beträgt für Ziele mit Mode-A/C Transpondern ca. 14 NM, für Mode-S ausgerüstete Flugzeuge ca. 30 NM. Wenn die technisch bedingte Kapazität des Systems erreicht ist, wird nur noch der unmittelbare Verkehr angezeigt. Das "Traffic Information Display (TID)" zeigt die relative horizontale und vertikale Entfernung der anderen Flugzeuge an, die sich aus den Transponder-Antworten ergeben.

Ist ein Flugzeug mit Mode-S ausgestattet, so empfängt der TCAS Transponder die Signale, die von einem anderen Mode-S Transponder einmal pro Sekunde ausgestrahlt werden. In den Informationen ist auch die individuelle Adresse des Senders enthalten. An diese Adresse sendet TCAS dann ein Antwortsignal. Der Mode-S Transponder und TCAS Trans-ponder kommunizieren sekündlich, aus der Laufzeit der Signale wird auf die Entfernung und den Kurs des ggf. konfligierenden Flugzeuges geschlossen. Die Höhenangaben sind direkt in den Sendeinformationen enthalten. TCAS erkennt die Veränderungen in der Entfernung, des Kurses und in der Höhe und verarbeitet diese im „Collision Avoidance Model" weiter. Flugzeuge, die einen Mode-A/C Transponder besitzen, werden mit einem speziellen Abfrageverfahren, dem „Mode-C only all-call" abgefragt. Auch hier werden die Daten über Entfernung, Kurs und Höhe an die „Collision Avoidance Logic" weitergegeben.

Beim Abfragen der Mode-C Daten kann es zu Problemen kommen, für die verschiedene Lösungen entwickelt wurden. Das so genannte „synchronous garble" entsteht, wenn sich Antwortsignale von verschiedenen Mode-A/C Transpondern überlagern. Sendet TCAS ein Mode-C „only all call" aus, antworten alle Mode-A/C Transponder in der zu empfangenden Reichweite. Fliegen mehrere antwortende Flugzeuge in ähnlicher Entfernung zum betroffenen Flugzeug, so kann es zu Überlagerungen kommen. Lösungen zu diesem Problem bieten verschiedene Algorithmen, welche bis zu 3 überlagerte Antworten unterscheiden können. Eine weitere Möglichkeit, die „synchronous garble" zu umgehen, bietet der so genannte „whisper-shout". Hierbei macht man sich die Eigenschaft zunutze, das die verschiedenen Receiver der Transponder eine differente Empfindlichkeit haben. Einige antworten schon auf schwache Signale, andere benötigen stärkere Signale um eine Antwort auszulösen. TCAS sendet also in zeitlichen Abständen verschieden starke Mode-C „only all-call" Signale aus. Transponder antworten aber nur auf das jeweils erste empfangene Signal. Somit wird im Bereich der schwachen Signale die Anzahl der zu empfangenden Antworten geringer. Ein weiteres Problem entsteht bei Mode-A/C Transpondern durch die so genanntes „non-synchronous garble". Hier werden die Störungen dadurch hervorgerufen, dass Signale von anderen Transpondern empfangen werden, die von anderen Anlagen, z. B. einem anderen TCAS, ausgelöst wurden. Auch dieses Problem konnte man durch den Einsatz verschiedener Algorithmen lösen. Der „Multipath-effect" entsteht dadurch, das Antwortsignale vom Boden reflektiert werden. Somit empfängt TCAS mehrere Antworten von einem Flugzeug. Die reflektierten Signale sind jedoch schwächer als die direkt empfangenen, somit können sie gefiltert werden. Um Interferenzen im 1030/1090 MHz-Bereich und die Möglichkeit

einer Überlastung des Transponders möglichst gering zu halten, kann TCAS seine Sendeleistung und die Sendezeitanstände limitieren. TCAS zählt dazu ständig die Anzahl der sich in Reichweite befindlichen TCAS-Systeme und schränkt mit zunehmender Zahl die Sendeleistung ein. Zusätzlich wird unterhalb der Flugfläche 180 (FL 180), in der meist ein hohes Verkehrsaufkommen zu erwarten ist, die Abfragerate von 1 Sekunde auf 5 s hochgesetzt. Dies gilt jedoch lediglich für jene Flugzeuge, welche als nicht sicherheitskritisch gelten, d. h. die sich in mindestens 3 NM Entfernung befinden und in den nächsten 60 s vermutlich keine „Advisory" auslösen werden. Dieser Vorgang wird als „reduzierte Überwachung" bezeichnet. Diese Limitierungen können jedoch dazu führen, dass in Gebieten mit hoher Verkehrsdichte die Reichweite des TCAS auf 5 NM reduziert werden muss.

Algorithmisch basiert das TCAS System auf einem „Collision Avoidance Model". Das Modell unterscheidet zwei wesentliche Funktionsebenen, den „Sensitivity Level" und der „Warning time" Ebene. Bei älteren TCAS Systemen bestand das Problem, dass oftmals, abhängig vom aktuellen Flugprofil, unnötige Warnungen ausgegeben wurden. Um dies zu verhindern, nutzt man den Sensitivity Level (SL). Der SL steuert die Größe des virtuellen Schutzbereiches um das betroffene Flugzeug. So ist es beispielsweise nicht ungewöhnlich, das sich während eines Landeanfluges auf einen Flugplatz mit einem abhängigen Parallelbahnsystem (z. B. Frankfurt/M) Flugzeuge in einer so geringen Entfernung zueinander fliegen, dass die TCAS Systeme ununterbrochen TA's bzw. RA's generieren. Auch am Boden stehende oder rollende Flugzeuge würden hierbei die Advisory's auslösen. Deshalb reguliert der SL den Schutzbereich um das Flugzeug in Abhängigkeit von der Flughöhe. Es existieren die Sensitivity Level 1–7. Je größer der SL, desto größer der Schutzbereich.

Für den Betrieb von TCAS existieren 3 verschiedene Modi. Das „Collision Avoidance Model" überträgt die am Bediengerät getroffene Einstellung in Sensitivity Level, d. h. ist „STAND BY" gewählt, so sendet und empfängt das System keine Informationen (SL 1). Diese Einstellung wird meist dann verwendet, wenn sich das Flugzeug am Boden befindet. Hat der Flugzeugführer beispielsweise „TA-ONLY" ausgewählt, wird dies als SL 2 interpretiert. Das System überwacht den Luftraum, berechnet aber lediglich TA's. In den anderen Modi wählt TCAS automatisch in Abhängigkeit von der Flughöhe des Flugzeuges den entsprechenden SL aus. Bewegt sich das Flugzeug beispielsweise zwischen 0 ft und 100 ft über Grund, so ist der SL 2 aktiv, jedoch mit Unterstützung von RA's. Dies setzt sich fort bis SL 7, d. h. in einer Höhe von > Flugfläche 200 (FL 200). Dabei wird bis zu einer Höhe von 2.600 ft der Funkhöhenmesser verwendet, in größeren Höhen liefert der barometrische Höhenmesser die Informationen.

Während der Entwicklung von TCAS Systemen gab es verschiedene Konzepte zur Entwicklung eines logischen Modells. Zu unterscheiden sind hier die „time-to-go", sowie die „distance-to-go" Konzepte. Beide Konzepte beziehen sich auf den Punkt einer potentiellen Kollision, dem Closest Point of Approach (CPA). Anwendung findet derzeit das „time-to-go" Konzept. Eine Vorraussetzung, um dieses Konzept anzuwenden, ist die Verwendung des Wertes „tau". Dieser Wert ergibt sich aus der Division der

Entfernung zweier Flugzeuge durch die Annäherungsgeschwindigkeit dieser Flugzeuge. TCAS verwendet den „tau“-Wert, auch als „Warning Time“ bekannt, für die meisten Warnfunktionen. Die „tau“-Werte sind Parameter der Sensitivity Level. Um zu verhindern, das sich zwei Flugzeuge mit niedriger Annäherungsgeschwindigkeit sicherheitskritisch nähren, ohne eine TA oder RA auszulösen, wird ein weiterer Parameter für den Sensitivity Level berücksichtigt. Dies ist die so genannte „Distance Modification“ (DMOD).

Die geräteinternen TCAS-Prozesse, die eine Traffic Advisory oder einer Resolution Advisory generieren, sind in der Abb. 26.32 im Ablauf dargestellt. Das Schema wird im Normalbetrieb kontinuierlich einmal pro Sekunde durchlaufen.

Die Funktion des Tracking dient dazu, die empfangenen Transponderdaten aus der Luftraumüberwachung weiterzuverarbeiten, um potentielle Gefährdungssituationen vorauszusagen. Aus den Informationen über die Entfernung, die Annäherungsgeschwindigkeit und der Höhe eines ggf. konfligierenden Flugzeuges berechnet TCAS die „time-to-go“, bis sich die Trajektorien der beiden betrachteten Flugzeuge kreuzen. Weiterhin wird der wahrscheinliche horizontale Abstand der Flugzeuge an diesem Punkt bestimmt. Dazu ermittelt das System die nötigen Daten des potentiell konfligierenden Flugzeuges, nämlich die Höhe am „Closest Point of Approach“ (CPA) und die Vertikalgeschwindigkeit des Zieles. Die Vertikalgeschwindigkeit ergibt sich aus der Veränderung der gesendeten Höhendaten pro Zeiteinheit. Für das betroffene Flugzeug

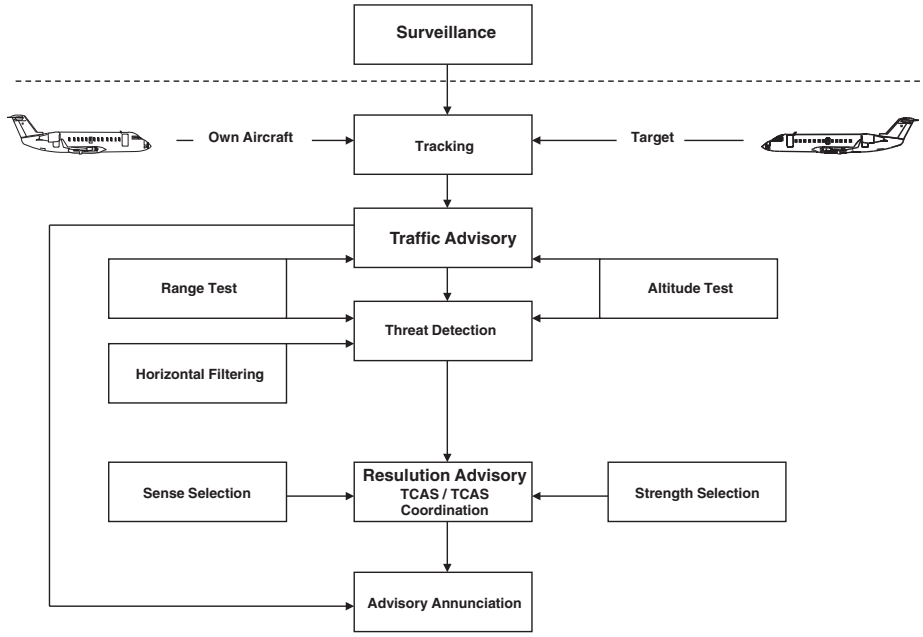


Abb. 26.32 Geräteinterner TCAS – Prozessablauf [49]

entnimmt das System diese Informationen direkt dem Höhenmesser oder dem Air Data Computer. Diese kontinuierlich berechneten Daten werden dann an die Funktionen „Traffic Advisory“ und „Threat Detection“ weitergegeben. Befindet sich das betroffene Flugzeug unterhalb von 1.700 ft, berechnet das System die Höhe eines Ziels über dem Grund. Dies geschieht durch den Vergleich der empfangenen Höhendaten mit den eigenen Daten des Funkhöhenmessers. Ergibt sich daraus eine Höhe des Ziels von unter 380 ft über Grund, so generiert das System keine TA oder RA, da davon ausgegangen wird, dass sich das andere Flugzeug am Boden befindet (Abb. 26.33).

Die Traffic Advisory folgt einem einfachen Modell. Befindet sich ein anderes Flugzeug in einem Radius von 6 NM und einer Höhendifferenz von ±850 ft (1.200 ft über FL 420) zum betroffenen Flugzeug, wird eine TA generiert. Bei jedem Durchlauf des Systems, wird die Entfernung und die Höhe des Ziels geprüft. Liegen die abgefragten Werte im Schutzbereich des betroffenen Flugzeuges, so wird dem Ziel der Status einer potentiellen Gefährdung zugewiesen. Um unnötige RA’s zu vermeiden, wird jedoch zunächst berechnet, ob der Abstand der beiden betroffenen Flugzeuge zum CPA nicht in einer Größenordnung liegt, die eine Kollisionsgefahr ausschließt (Threat Detection).

Wird einem Ziel der Status einer Gefahr zugewiesen, so wird eine Resolution Advisory (RA) generiert. Die Generierung einer RA läuft in zwei Schritten ab. Im ersten Schritt entscheidet der Computer über die vertikale Richtung des Ausweichmanövers. Dazu werden die beiden Optionen wie „Ausweichen durch Steigen“ oder „Ausweichen

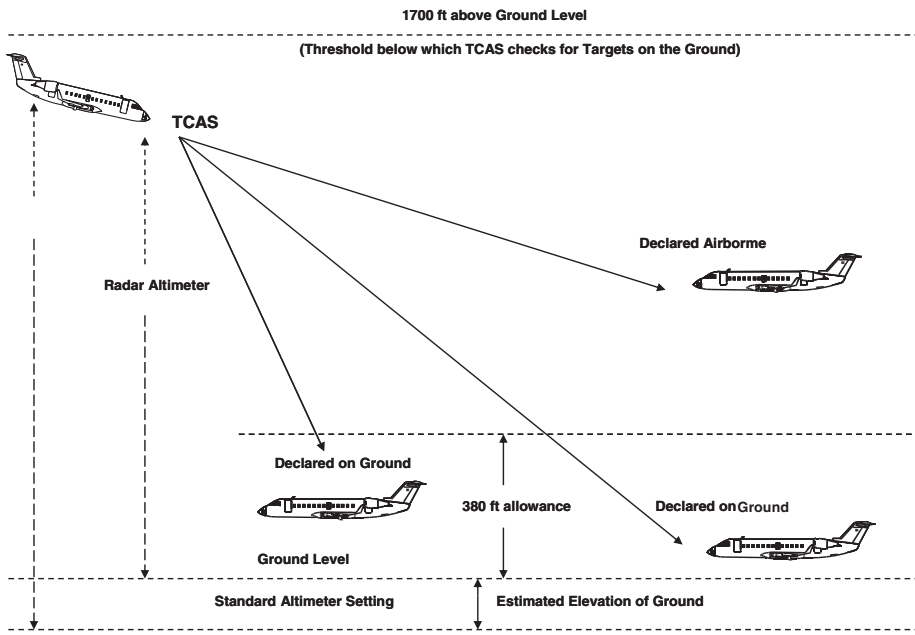


Abb. 26.33 TCAS Selektion von Bodenzielen [49]

durch Sinken“ verglichen. Es wird diejenige Option ausgewählt, aus der sich der größere Abstand zum CPA ergibt. In der Betrachtung wird eine Reaktionszeit der Flugzeugführer von 0.5 s, sowie eine Vertikalbeschleunigung von 0.25 G berücksichtigt (Abb. 26.34).

Ergibt sich durch die Berechnung, dass sich die Trajektorien der beiden betroffenen Flugzeuge noch vor dem CPA kreuzen, wählt der Gerätecomputer die Option aus, welche ein Kreuzen der Trajektorien verhindert, jedoch nur, wenn am CPA ein ausreichender Sicherheitsabstand gewährleistet ist. Ansonsten wird eine „Crossing Advisory“ generiert. Im zweiten Schritt wird die benötigte Steig- bzw. Sinkrate des erforderlichen Manövers berechnet. Das System wählt dazu jeweils die geringste „Rate“, welche noch einen sicheren Abstand zum CPA gewährleistet. Das System berücksichtigt dabei auch mögliche Beeinträchtigungen des Steigvermögens in hohen Flughöhen, oder bei entsprechenden Flugwerkkonfigurationen. Änderungen der Trajektorie des anderen Flugzeuges werden kontinuierlich in die Berechnung einbezogen, so dass sich die RA auch ändern kann bzw. sich an die jeweils aktuelle Situation anpasst. Sind beide Flugzeuge mit Mode-S Transpondern ausgerüstet, kommunizieren die TCAS Systeme über Datenfunk, um die koordinierten Ausweichvorschläge zu übermitteln. Die errechneten und übermittelten TA’s und RA’s werden je nach Ausrüstung auf entsprechenden Displays dargestellt und akustisch angesagt. Treten andere akustische Warnungen gleichzeitig auf, z. B. Strömungsabriss oder eine Ground Proximity Warning, so haben diese Vorrang.

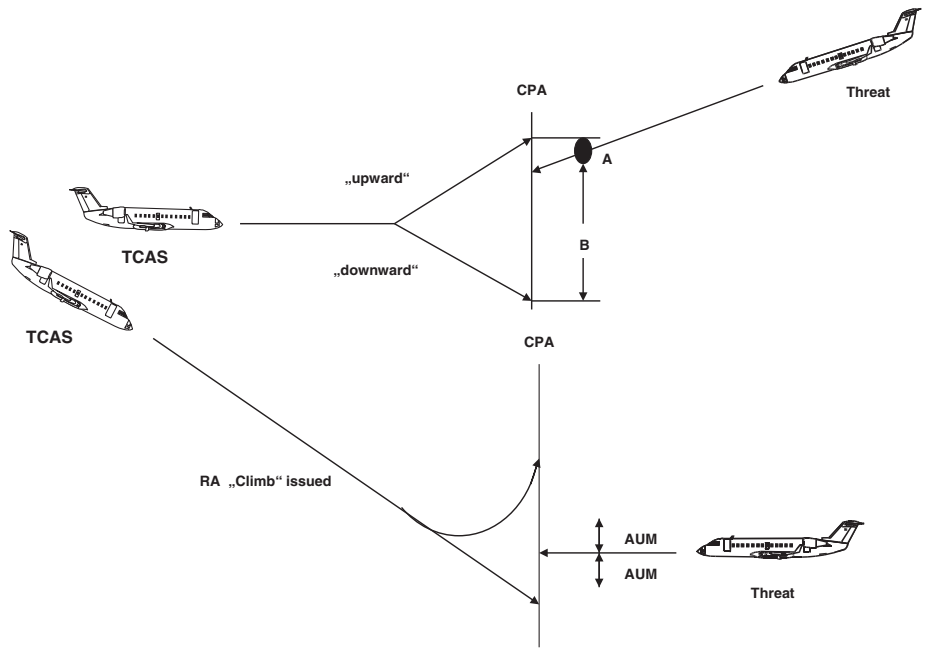


Abb. 26.34 Entscheidungsalgorithmus für die Ausweichmanöver der RA [49]

Das eigene betroffene Flugzeug wird in der TCAS Symbolik als blaues oder weißes Flugzeugsymbol dargestellt. Überwachte (andere) Flugzeuge werden als verschiedene Symbole auf dem TID angezeigt, welche abhängig vom jeweiligen Status des „Ziels“ sind. Diese Symbole sind Abb. 26.35 zu entnehmen. Es bedeuten:

- Eine weiße oder blaue, nicht ausgefüllte Raute:
  Verkehr, welcher keine unmittelbare Gefahr darstellt;
- Ein bernsteinfarbener, ausgefüllter Kreis:
  Ziele die in den Gefahrenbereich kommen, für den zunächst eine Traffic Advisory ausgegeben wird;
- Ein rotes, ausgefülltes Quadrat:
  Ziele die in den Bereich kommen, für den eine Resolution Advisory ausgegeben wird.

Flugzeuge, die das System als nicht sicherheitskritisch erkennt, die jedoch in einer Entfernung von höchstens 6 NM und einer vertikalen Entfernung von höchstens 1.200 ft vom betroffenen eigenen Flugzeug entfernt sind, werden als „proximate traffic“ (naher Verkehr) bezeichnet. Diese Flugzeuge werden als weiß oder blau ausgefüllte Raute dargestellt. Diese Symbolik hilft dem Flugzeugführer im Falle einer „TA“ oder „RA“ zu erkennen, welches Ziel den Hinweis auslöst. Es muss nicht immer das Flugzeug sein, das sich in der aktuellen Situation in nächster Nähe befindet. So kann z. B. ein Flugzeug, dass noch in größerer Entfernung ist, aufgrund seines Steig- oder Sinkflugprofils, eine größere Gefahr darstellen als ein Flugzeug, das sich nur 1.000 ft unterhalb des betroffenen Flugzeuges befindet, aber den gleichen Steig- oder Sinkgradienten wie das betroffene eigene Flugzeug besitzt.

Die Symbole werden hierbei nur als relative Position zum betroffenen eigenen Flugzeug dargestellt. Die Genauigkeit hängt vom vorgewählten Überwachungsradius ab. Je kleiner dieser ist, desto genauer sind die Angaben des TCAS. Bei einem Überwachungsradius von 10 nautischen Meilen beträgt die Genauigkeit etwa ±1 nautische Meile in der Entfernung, und etwa ±10 Grad bezogen auf den Kurs. Sendet der

Abb. 26.35 TCAS – Symbolik (Beispiel: Boeing 747-400) [49]

Transponder der überwachten Flugzeuge die Höhenangaben mit, so wird neben jedem Symbol auch die vertikale Entfernung 100 ft Schritten angezeigt. Ein „ + 18“ bedeutet beispielsweise, dass sich das entsprechende Flugzeug 1.800 ft über dem eigenen Flugzeug befindet. Bei einigen Systemen kann sich der Nutzer auch statt dieser Angabe die Flugfläche des anderen Flugzeugs anzeigen lassen. Steigt oder sinkt ein Flugzeug (Ziel) mit einer Vertikalgeschwindigkeit von mehr als 600 ft/min, wird zusätzlich ein Pfeil neben dem Symbol generiert, der die vertikale Bewegung des Flugzeuges anzeigt.

Es existieren je nach Ausrüstung (Flugzeuggeneration, Instrumentierung) verschiedene Möglichkeiten, die TCAS-Informationen im Cockpit (Flight Deck) darzustellen. Es ist die klassische Anzeige (bei älteren Flugzeugmustern), aber auch eine Darstellung im Electronic Flight Information System (EFIS) möglich. Bei der klassischen Anzeige werden die Verkehrsinformationen, die TA's und RA's auf einem separaten LCD-Display dargestellt. Dieses zeigt einen kreisförmigen „Vertikal Speed Indikator“, und etwas unterhalb der Mitte ein Symbol, welches das eigene, betroffene Flugzeug darstellt. Um das Flugzeugsymbol ist ein Kreis aus mehreren Punkten angeordnet. Dieser kennzeichnet einen Radius von 2 NM um das Flugzeug. Der Radius des zu überwachenden Bereiches kann in verschiedenen Stufen gerastert werden. Es stehen in der Regel Radien zwischen 4 und 30 NM zur Verfügung. In dem „Vertikal Speed Indicator“ werden dem Flugzeugführer die Resolution Advisory's (RA's) angezeigt. Dazu wird der Wertebereich der Vertikalgeschwindigkeit, welcher vermieden werden soll, rot unterlegt. Der Flugzeugführer muss seine Vertikalgeschwindigkeit so anpassen, das sie in dem grün unterlegten Bereich liegt (Abb. 26.36 und 26.37).

Werden die TCAS-Informationen im Electronic Flight Instrument System (EFIS) angezeigt, so bildet das Navigation Display das Traffic Information Display ab (Abb. 26.38 und 26.39). Die Resolution Advisory's werden im Primary Flight Display (PFD) angezeigt. Für die Darstellung auf dem PFD existieren zwei verschiedene Philosophien, eine Möglichkeit der Darstellung ist die Nutzung des künstlichen Horizonts, eine weitere Möglichkeit ist die Darstellung auf dem VSI (Abb. 26.40).

Wird die RA auf dem Künstlichen Horizont dargestellt, so ist während der RA ein rotes Trapez zu erkennen, welches dem Flugzeugführer den zu meidenden Bereich anzeigt. Diese Variante ist also direkt vom Nickwinkel des Flugzeuges abhängig. Die Darstellung auf dem Vertikal Speed Indikator lehnt sich stark an die klassische Darstellungsweise an. Der zu „erfliegende“ vertikale Bereich wird durch rote und grüne Marker angezeigt.

Die visuellen Anzeigen werden durch akustische Hinweise ergänzt. Die Tab. 26.2 zeigt die verschiedenen akustischen Anweisungen:

Die offizielle Definition von TCAS ist dem ICAO Annex 2 (Rules of the Air) zu entnehmen.

Ein Kollisionswarnsystem ist demnach:

“An Aircraft System based on Secondary Surveillance Radar Transponder Signals which operates independently of Ground based Equipment to provide Advice to the pilot on potential Conflicting Aircraft that are equipped with SSR transponders”

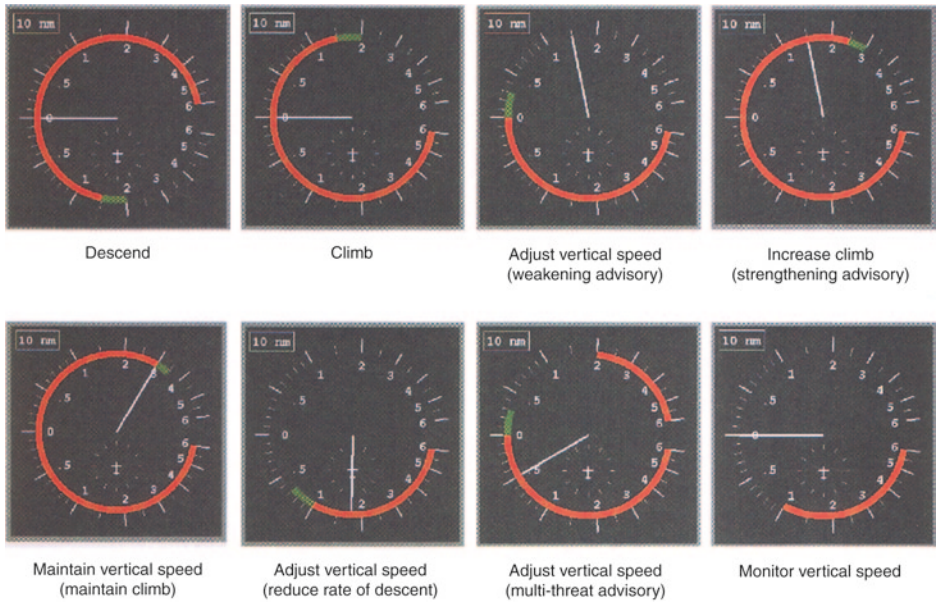


Abb. 26.36 TCAS Anzeigebeispiele auf dem Vertical Speed Indicator [49]

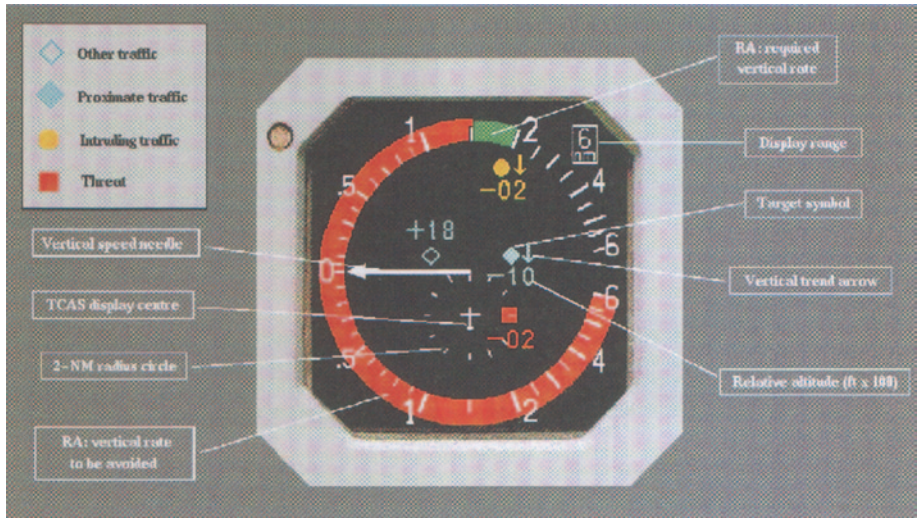


Abb. 26.37 Resolution Advisory auf einem klassischen TCAS Display [49]

Wichtig ist der Sachverhalt, inwiefern die von TCAS generierten Ausweichempfehlungen das konventionelle ATC-System beeinflussen, d. h. wie sich Flugzeugführer und Flugverkehrslotse bei unterschiedlicher Beurteilung einer sicherheitskritischen

Abb. 26.38 EFIS Navigation Display im „ROSE"-Mode mit Verkehrsanzeige [49]

Abb. 26.39 EFIS Navigation Display im „ARC"-Mode mit Verkehrsanzeige [76]

Situation zu verhalten haben. Die Verantwortlichkeiten für Flugverkehrslotsen, die Flugsicherungsdienste für ACAS/TCAS-ausgerüstete Flugzeuge anbieten, sind im ICAO PANS-OPS (Procedures for Air Navigation Services – Rules of the Air and Air Traffic Services), Dokument 4444 festgelegt. Es heisst:

„The Provision of Air Traffic Services (i.e. establishing and maintaining Separations and preventing Collisions) shall be identical whether the Aircraft is ACAS-equipped or not. This means that the Controller remains responsible for establishing and maintaining the relevant ATC Separation as long as no RA is being followed by the Aircrew"

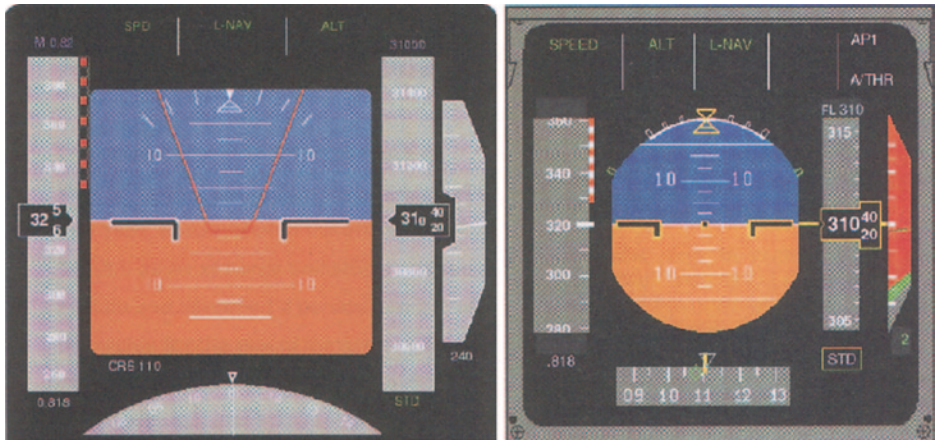


Abb. 26.40 TCAS Darstellungsmöglichkeiten auf dem künstlichen Horizont [76] (*links*: Resolution Advisory, *rechts*: Darstellung auf dem VSI)

Tab. 26.2 „TCAS Aural Annunciations“ [76]

Advisory Type	Downward Sense	Upward Sense
TA	“Traffic, traffic”	
Initial preventive RA	“Monitor vertical speed”	
Corrective RA	“Descend, descend”	“Climb, climb”
Strengthening RA	“Increase descend, increase descend”	“Increase climb, Increase climb”
Weakening RA	„Adjust vertical speed“	
Reversing sense RA	“Descend, descend NOW”	“Climb, climb NOW”
RA with altitude crossing	„Descend, crossing descend, descent, crossing descend“	“Climb, crossing climb, climb, crossing climb”
RA to maintain vertical speed	“Maintain vertical speed, maintain”	
RA to maintain vertical speed with altitude crossing	“Maintain vertical speed, crossing maintain”	
RA to reduce vertical speed	“Adjust vertical speed, adjust”	
RA termination message	“Clear of conflict”	

Im ICAO PANS-OPS (Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations), ICAO Document 8168 heißt es:

„The Pilot stays in Control of the Aircraft Operation: nothing […] shall prevent Pilots in Command from exercising their best Judgement and full Authority in the Choice of the Best Course of Action to resolve a Conflict:“ und:

„The Pilot shall use ACAS Information in accordance with the following safety considerations:

- The pilot shall not manoeuvre on the sole Basis of a Traffic Advisory;
- During an RA, the Pilot shall visually monitor the Airspace where the Intruder is indicated;
- The Deviation from the ATC-clearing shall be the Minimum required, and the Pilot shall, after being advised „clear of conflict“ promptly return to the current Clearance;
- The Pilot shall inform the Controller about the RA as soon as possible,“

Reagiert der Flugzeugführer auf eine TCAS Anweisung, so ist auch die Phraseologie für den Funkverkehr zwischen Flugverkehrslotse und Flugzeugführer festgelegt:

- “TCAS-climb/descend”
- “TCAS-climb/descend, returning to assigned Clearance”
- “TCAS-climb/descend completed, assigned Clearance resumed unable to comply,” “TCAS resolution advisory”

Der operationelle Nutzen von TCAS lässt sich mit Zahlen belegen. Nach der vorgeschriebenen Einführung von TCAS reduzierten sich beispielsweise im US-Luftraum die Beinahunfälle („near misses“) um mehr als 60 %. Heutzutage zählt TCAS zur vorgeschriebenen Standardausrüstung moderner Flugzeuge und ist integraler Bestandteil des bordseitigen Flugführungsprozesses. Trotzdem ist TCAS immer nur eine allerletzte Möglichkeit, ein Kollision zu verhindern, wenn alle vorgeschalteten „Safety Nets“ der Flugsicherung versagt haben.

Verkehrskoordinations- und Verkehrssteuerungssysteme auf Flugplätzen

27

Neben der natürlich begrenzten Kapazität des Luftraums erweisen sich auch stark frequentierte Verkehrsflughäfen als kapazitive Engpässe „bottelnecks“ im System Luftverkehr.

Die Verkehrsprozesse, die den Flugplatz unmittelbar betreffen, bedürfen schon im Anflugbereich der Planung und Koordination, wenn die auf dem Flugplatz zur Verfügung stehenden begrenzten Kapazitäten effektiv und wirtschaftlich genutzt werden sollen, um den maximalen Durchsatz von Luftfahrzeugen durch das „System Flugplatz“ unter variablen, teilweise nicht beeinflussbaren Rahmenbedingungen (wie Wetter, Sichtverhältnisse, Luftfahrzeugmix etc.), zu gewährleisten. Erschwerend kommt hinzu, dass die Prozesse, die das Luftfahrzeug vom Anflug über die Landung, dem Rollen zur Parkposition und der Bodenabfertigung bis hin zum erneuten Start betreffen, durch mindestens vier verschiedene Zuständigkeiten (Organisationen, Unternehmen) wahrgenommen werden, die für unterschiedliche Bereiche und Aufgabenerfüllungsprozesse verantwortlich sind. Gleichermaßen benötigen aber alle Prozessbeteiligten teilweise dieselben Daten und Informationen über den jeweiligen Status des Luftfahrzeuges im „System Flugplatz“, um die kontinuierliche Abfolge der Prozesse, die sich teilweise auch überlappen, sicherzustellen. Abbildung 27.1 zeigt prinzipiell und global die Bereiche (Phasen), die das Luftfahrzeug im „System Flugplatz“ prozessorientiert passiert.

Die Prozessbeteiligten sind:

1) das Flugsicherungsunternehmen, mit den Betriebszuständigkeiten Anflug/Abflug, Start-/Landebahnsystem und den Rollbahnen;
2) die Flugplatzbetriebsgesellschaft mit der Betriebszuständigkeit für das Vorfeld;
3) die Luftverkehrsgesellschaft, die das Flugzeug (Luftfahrzeug) betreibt;
4) die Bodenabfertigungsdienste/Bodenverkehrsdienste der Flugplatzbetriebsgesellschaft und ggf. weitere diverse unabhängige Dienstleister.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_27,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

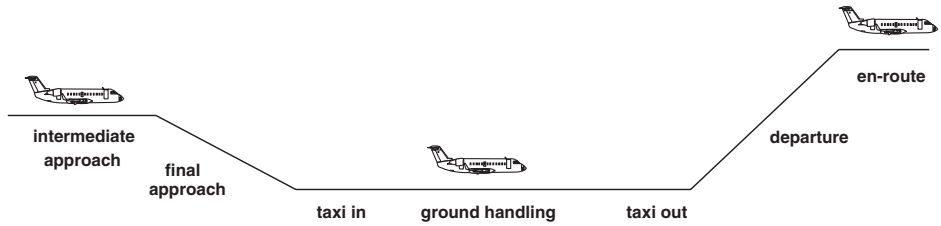


Abb. 27.1 Prozessorientierter Durchlauf eines Luftfahrzeuges durch das „System Flugplatz“ [163]

Die Aufgabenerfüllungsprozesse umfassen die flugsicherungsmäßige Verkehrskoordination und Kontrolle im An-/Abflugbereich des Flugplatzes sowie die Kontrolle der Luftfahrzeuge auf den Rollwegen. Die Kontrolle der Rollbewegungen auf dem Vorfeld wird auf großen Verkehrsflughäfen durch die Vorfeldkontrollen (Ramp Control) der Flugplatzbetriebsgesellschaften vorgenommen. Für die Bodenabfertigung stehen diverse Abfertigungsdienstleister zur Verfügung. Der Prozess des Deboarding und Boarding der Passagiere obliegt in den meisten Fällen der Luftverkehrsgesellschaft, die das Luftfahrzeug (Flugzeug) betreibt, oder wird von der Flugplatzbetriebsgesellschaft durchgeführt.

Die Auswertungen des Central Office for Delay Analysis (CODA), einer Abteilung der europäischen Flugsicherungsbehörde EUROCONTROL, zeigt die Verspätungssituation auf europäischen Verkehrsflughäfen. Europaweit ist jede zweite Verspätung auf die Luftverkehrsgesellschaften zurückzuführen. Für 18 % der Verspätungen sind die Flughäfen verantwortlich, für 14 % die Flugsicherungen, 11 % sind auf schlechtes Wetter zurückzuführen. Der hohe Anteil der Luftverkehrsgesellschaften erklärt sich dadurch, dass ein großer Teil der Verspätungen aus bereits entstandenen Verspätungen resultiert, die sich in dem eng verzahnten System fortsetzen und aufaddieren. Die Daten basieren auf Erhebungen von rund 70 IATA-Luftverkehrsgesellschaften, deren Flugzeugführer die eingetretenen Verspätungen melden und einer Ursache zuordnen (IATA Delay Code). Die so ermittelten Daten beziehen sich immer auf den gesamten Flug und lassen sich daher nicht auf einzelne Länder aufschlüsseln. Die zum Beispiel für internationale Abflüge in Deutschland dargestellten Verspätungen müssen also nicht in Deutschland entstanden sein. Gleiches gilt für die Auswertung der Verspätungsgründe an einzelnen Flugplätzen. Abbildung 27.2 zeigt die Anteile der Abflugverspätungen nach Verursachern in Europa [95], Abb. 27.3 zeigt die Anteile der Abflugverspätungen nach Verursachern in Deutschland. [95]. Abbildung 27.4 zeigt der Abflugverspätungen nach Verursachern für die Verkehrsflughäfen Frankfurt und München (2010) [95].

Es ist anzumerken, das in der Literatur bezüglich der Verursacher von Verspätungen im Luftverkehr unterschiedliche Statistiken veröffentlicht werden. Dies ist auf die unterschiedlichen, der Zuweisung von Verspätungen auf die Verursacher zugrunde gelegten Parameter zurückzuführen, was bei komplexen, sich überlappenden Prozessen verständlich ist, da für die Ursache an den Verspätungen teilweise auch mehrere Prozessbeteiligte verantwortlich sein

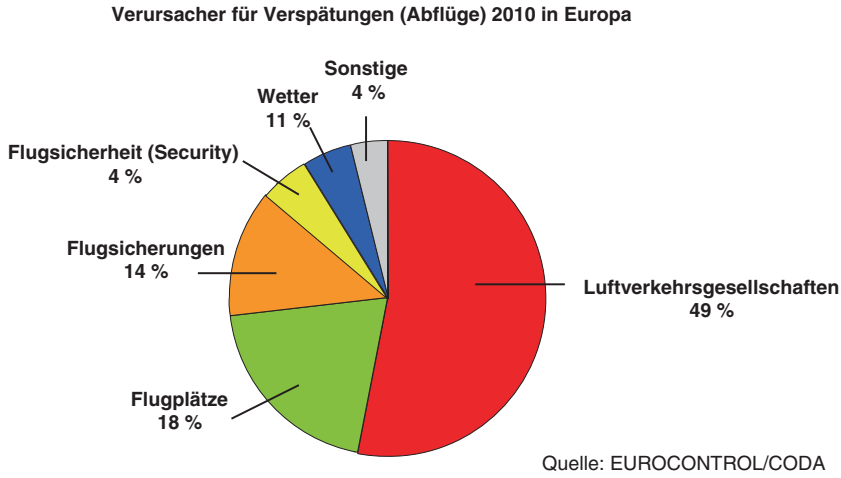


Abb. 27.2 Anteile der Abflugverspätungen nach Verursachern in Europa (2010) [95]

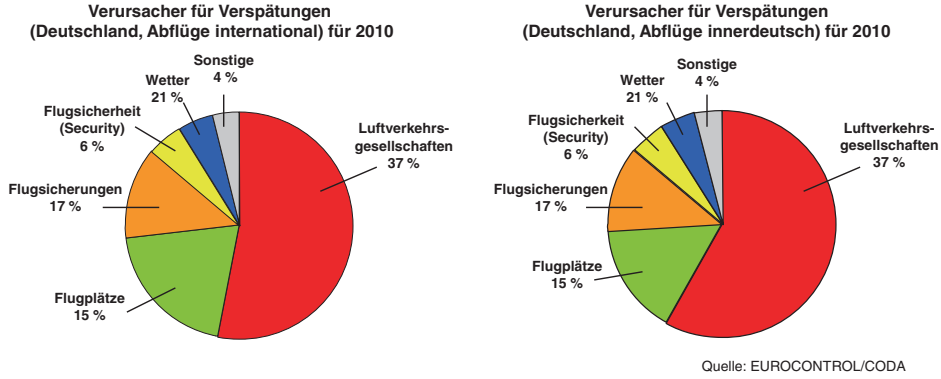


Abb. 27.3 Aneile der Abflugverspätungen nach Verursachern in Deutschland (2010) [95]

können. Wichtig ist allerdings der globale Trend, der aus allen Statistiken erkennbar ist. Die Hauptanteile der Verspätungen liegen generell bei den Luftverkehrsgesellschaften (Transport), den Flugplätzen (Abfertigung) und den Flugsicherungsunternehmen (Wegsicherung).

Die komplexen, flughafeninterinen Prozesse selbst sind nur mit Hilfe umfangreicher DV-Systeme zu planen, zu koordinieren und zu steuern. Der Verkehrsflughafen Frankfurt/M verfügt über umfangreiche DV-Werkzeuge zur Planung, Koordination und Steuerung der Verkehrsprozesse, von der Anflugkoordination auf den Flughafen über die Gatezuweisung und Rollführung, bis hin zur Abflugkoordination.

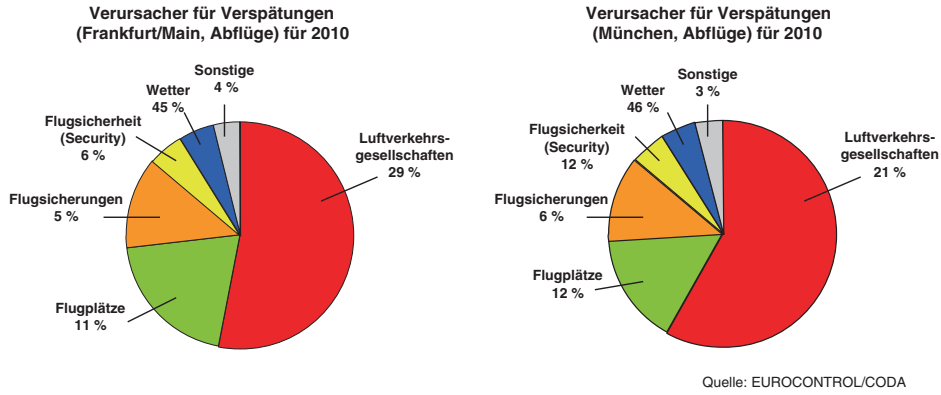


Abb. 27.4 Aneile der Abflugverspätungen nach Verursachern in Frankfurt und München (2010) [95]

27.1 Verkehrskoordinations- und -steuerungssysteme in Anflugbereich

Die Verkehrskoordination und -steuerung beginnt bereits im Anflugsektor wenn es gilt, unter Berücksichtigung einer bestimmten Verkehrslage, der Wirbelschleppenkategorien der Luftfahrzeugmuster, der angewandten Flugsicherungsverfahren, der Stafflungskriterien, der Sichtverhältnisse und der Landebahnbelegungszeiten durch die unterschiedlichen Luftfahrzeugmuster die maximal mögliche Anflugkapazität an Luftfahrzeugen zu erreichen. Diese Aufgabe liegt in der Zuständigkeit des Flugsicherungsunternehmens, das für die Anflugkontrolle und die Rollführung der Luftfahrzeuge bis zum Vorfeld zuständig ist. Für diese komplexe Aufgabe wurden DV-Tools (so genannte Arrival-Manager) entwickelt, die dem zuständigen Anflug-Lotsen des Flugverkehrskontrolldienstes (Approach Control) unter Berücksichtigung der Ausprägungen der jeweils relevanten Parameter eine optimierte Anflugreihenfolge für die sich im Anflug befindlichen Luftfahrzeuge vorschlagen und anzeigen. Der Lotse kann dem Vorschlag folgen oder in eigenem Ermessen handeln. Abbildung 27.5 zeigt beispielhaft die Anzeige am Arbeitsplatz der Anflugkontrolle (Frankfurt Approach) für den Verkehrsflughafen Frankfurt/M.

Operativ basiert der Arrival Manager (AMAN) auf den Algorithmen des 4D-Planers. Unter Nutzung aller relevanten zu Verfügung stehenden Daten generiert das System eine Gesamtanflugplanung, indem jeweils die dreidimensionale Position der Luftfahrzeuge mit Zeitbezug (4D) erfasst bzw. ermittelt werden. AMAN vergleicht diese Planung kontinuierlich mit der realen Verkehrslage. Diese automatische, adaptive Anflugplanung garantiert, dass die geplante Anflugsequenz jederzeit die aktuelle Verkehrslage reflektiert, ohne das manuelle Modifikationen erforderlich sind. Dies führt zu einer optimierten Nutzung der verfügbaren Anflugkapazität aufgrund einer zeitpräzisen Anflugstafflung

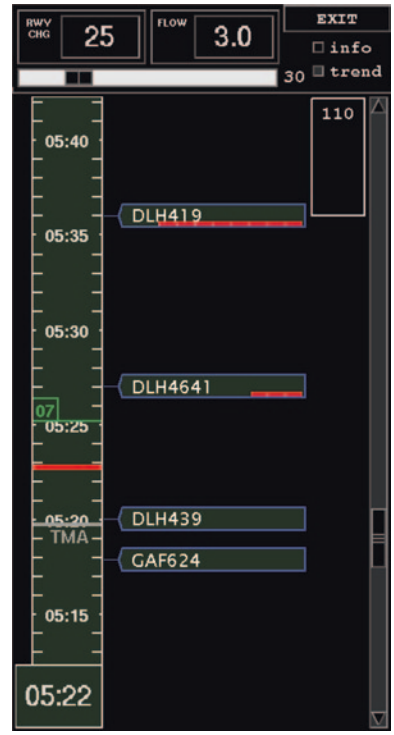


Abb. 27.5 Anzeige „Arrival Manager" am Arbeitsplatz der Anflugkontrolle Frankfurt/M [41]

der unterschiedlichen Luftfahrzeugmuster und ermöglicht somit unter gegebenen Bedingungen eine maximal mögliche Anflugfolge.

27.2 Positions- und Gate-Management im Vorfeldbereich

Hat das Luftfahrzeug die Landebahn verlassen, so rollt es, möglichst auf dem kürzesten Rollweg, auf seine vorbestimmte Halte- bzw. Abstellposition. Auch dieser Schritt bedarf einer differenzierten Vorplanung, da verschiedene Parameter zu berücksichtigen sind. Es sind beispielsweise Fragen zu klären wie: erhält das Luftfahrzeug eine Vorfeld- oder Terminal(Gate)position, oder ggf. aus Sicherheitserwägungen, eine Sonderposition; ist die Position frei oder noch belegt; ist die vorgesehene Position für das Luftfahrzeug abfertigungsmäßig geeignet etc. Der Umfang dieser Planung bedeutet für den Verkehrsflughafen Frankfurt/M an einem Spitzentag mit über 16 Stunden Betriebszeit 1.500 Starts und Landungen (Spitzentag), wobei für die Abfertigung der Luftfahrzeuge bei größtmöglicher Nutzung 199 Abstellpositionen zur Verfügung stehen.

Ein in diesem Bereich eingesetztes Planungswerkzeug ist beispielsweise das DV-Tool „sally" [103], das für die Vorfeldplanung des Verkehrsflughafens Frankfurt/M entwickelt wurde. Unter Berücksichtigung der Regelwerke, die standplatzspezifisch

die jeweilige Nutzung beschreiben, ordnet der Planungsalgorithmus die nach dem Flugplan eines Tages zu erwartenden Luftfahrzeuge den verfügbaren Standplätzen in optimierter Weise zu. Dabei können die Regelwerke („harte“ und „weiche“ Regeln) im Rahmen verschiedener „Modes“ durch das Planungspersonal verändert bzw. modifiziert werden. Als Faktoren, die in den Regelwerken berücksichtigt werden, sind beispielsweise zu nennen: physikalische Einschränkungen von Standplätzen, unterschiedliche Limitierungen an Gates, ggf. Push back Konflikte, luftverkehrsgesellschaftseigene Standplätze, exklusiv genutzte Standplätze mit Datum der Belegung, etc. Die Anzahl der Regeln ist nicht begrenzt. Auch eine Woche oder ein Monat sind vorab planbar. Kommt es zu einem Regelkonflikt, so wird automatisch eine Warnung bzw. Information angezeigt. Im taktischen Bereich des Tools werden alle Flugplanänderungen, die manuell oder über korrespondierende Systeme dem Tool zugeführt werden, gegenüber dem Planungsstand geprüft. Die komplette Planung kann jederzeit neu durchgeführt werden, um Konflikte aufzuzeigen, bzw. zu vermeiden. „Sally“ nutzt automatisch alle Daten aus dem Flugplansystem, falls Zugriff darauf besteht. Ist dies der Fall, so werden alle Änderungen betreffend die „Estimated Time of Arrival“ (ETA), die „Actual Time of Arrival“ (ATA), die „Estimated Time of Departure“ (ETD), die „Actual Time of Departure“ (ATD), die „Estimated and Actual

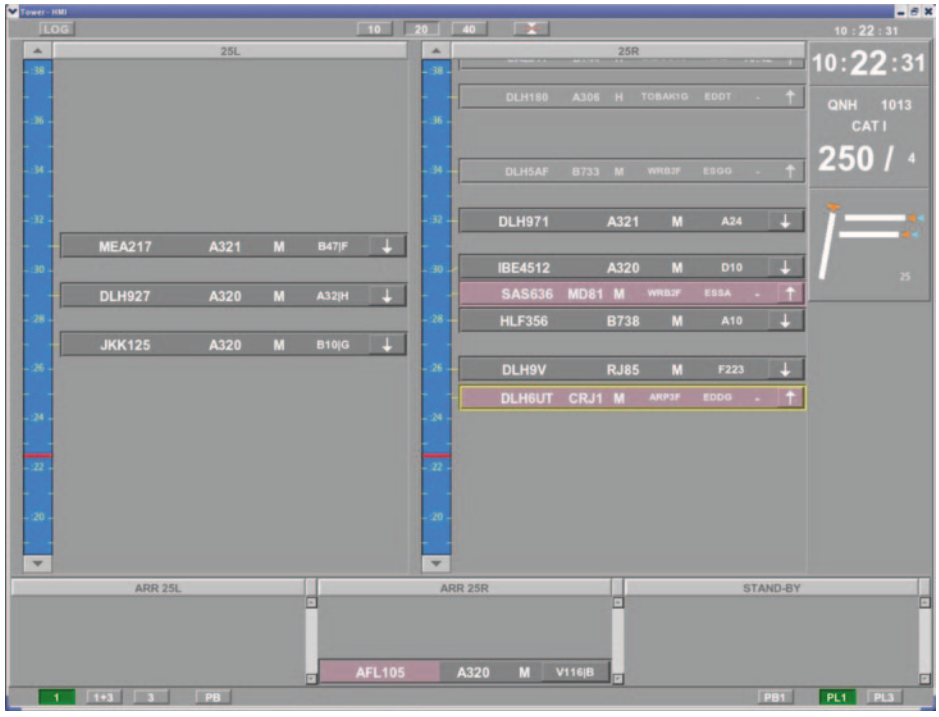


Abb. 27.6 „sally“ Beispielhafte Anzeige für die Vorfeldkontrolle [102]

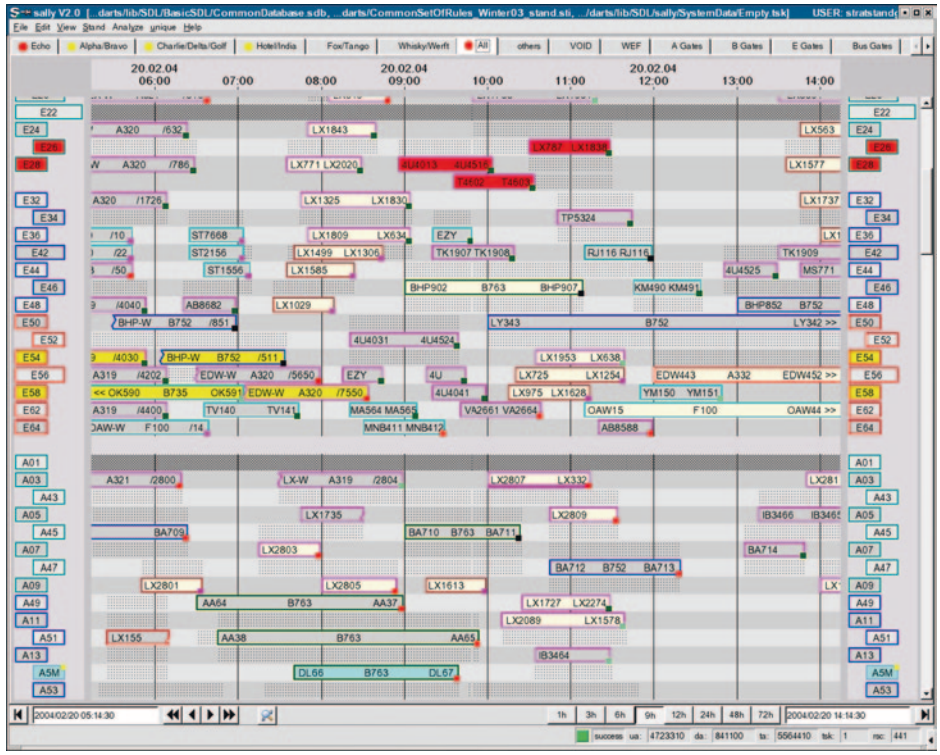


Abb. 27.7 „sally“ Nutzerschnittstelle Ressourcenzuteilung [102]

Take-off Time“ sowie die „End of Towing Time“ automatisch berücksichtigt. Manuelle Änderungen sind ebenfalls möglich [103].

Abbildung 27.6 zeigt beispielhaft eine Anzeige für die Vorfeldkontrolle. Abbildung 27.7 zeigt beispielhaft die graphische Nutzerschnittstelle, die auch manuelle Änderungen zulässt.

27.3 Verkehrskoordinations- und -steuerungssysteme in Abflugbereich

Nach Abschluss der Abfertigung verlassen die meisten Luftfahrzeuge den Flugplatz, um eine weitere Mission auszuführen. Hier zeigt sich, dass Starts und Landungen nicht unabhängig voneinander durchgeführt werden können, da die Landebahn für die Anflüge ggf. auch als Startbahn für Abflüge zur Verfügung stehen muss. Im Sinne einer Gesamtoptimierung muss also ein dem Verkehrsaufkommen angemessenes Verhältnis von Anflügen zu Abflügen gefunden, und betrieblich realisiert werden. Auch hierzu wurden DV-Tools entwickelt, die eine optimierte Vorplanung durchführen.

Ziel eines Departure Management Systems ist es, die unter den jeweiligen Bedingungen die ideale Abflugreihenfolge auf dem vorhandenen Startbahnsystem zu ermitteln. Das DV-mäßig realisierte Planungstool berücksichtigt dabei Parameter wie Wirbelschleppenkategorien, Geschwindigkeitsprofile, Abflugstreckenführungen (SID's), Restriktionen auf den Abflugstreckenführungen, Korrelationen zwischen stattfindenden Abflügen, Abhängigkeiten im Luftraum zu Flugplätzen im Nahbereich sowie temporäre Kapazitätslimits der Startbahn und des betroffenen, abflugrelevanten Luftraumes, Betriebsrichtung der Startbahn, ggf. Deicing-Prozeduren, den Abfertigungsstatus, den Abflugslot, die Flugzeugposition und die Roll(Taxi)zeiten.

Durch eine frühzeitige und vorausschauende Planung von optimalen Off-block- und Abflugsequenzen sowie durch gleiche Informationen über Zielzeiten und Sequenzen an alle Prozessbeteiligten wird der Verkehrsfluss im Abflugbereich entzerrt und die Planbarkeit für die Bodenabfertigung (Ground Handling) damit effizienter gestaltet. So wird die reibungslose Abwicklung sämtlicher Abflugprozesse unterstützt.

Das Kernelement und wichtigstes Ergebnis des „Departure Managers" (DMAN) ist die Berechnung einer optimalen Abflugsequenz mit den daraus resultierenden Startzeiten den „Target Take-off Time's" (TTOT). Aus den ermittelten Startzeiten werden die optimalen Zielzeiten für Start-up, die „Target Start-up Approval Time" (TSAT) bzw. die Off-block Time, die „Target Off-block Approval Time" (TOAT) abgeleitet und über die Flughafen-Informationssysteme wie im Beispiel des Verkehrsflughafens Frankfurt/M über das Frankfurt Airport Display System (FADS), das „Off-block Calculation and Coordination System" (OBCCOS) und das Flughafeninformationssystem (INFOplus) bekannt gegeben.

Eine wesentliche Eingangsgröße ist das von der Luftverkehrsgesellschaft gelieferte Datum der „Confirmed Off-block-Time" (COB). COB ist der durch die Luftverkehrsgesellschaft bestätigte Zeitpunkt, zu dem alle Abfertigungsaktivitäten abgeschlossen sind, und das Flugzeug frühestens „Off-block" gehen kann. Die COB und ihre Updates dienen als wesentliche Basis zur Ermittlung der „Target Off-block Approval Time" (TOAT).

Die Qualität des DMAN-FRA [103] (Verkehrsflughafen Frankfurt/M) wird entscheidend von der Qualität der COB beeinflusst. Der Prozess bleibt dynamisch und kann auf Veränderungen in der COB-Zeit flexibel angepasst werden. Die Prozessbeteiligten im Gesamtprozess der Outbound-Verkehre werden über die jeweiligen Zielzeiten informiert und agieren gemäß ihrer Teilaufgaben im Abfertigungsprozess unter Berücksichtigung dieser Zielzeiten.

An den Prozessen sind beteiligt: die Vorfeldlotsen der Vorfeldkontrolle, die Towerlotsen des Flugsicherungsunternehmens, die betroffenen Luftfahrzeugführer, die Bodenabfertigungsdienste und Handling Agents, die Stationsleitungen der Luftverkehrsgesellschaften, die Schleppereinsatzleitungen sowie die Disponenten der Verkehrszentralen und die Disponenten der Verkehrsdatenzentralen. Tabelle 27.1 zeigt die den Prozessbeteiligten zugeordnete Aktionen nach Abschluss der Bodenabfertigung.

Tab. 27.1 Prozessbeteiligte und Aktionen nach Abschluss der Bodenabfertigung [103]

Prozessbeteiligte	Aktion	Anmerkung
Luftverkehrsgesellschaft (Station, Rampe)	Meldung des voraussichtlichen Endes der Abfertigung	Die COB Meldung ist ein zentraler Qualitätsfaktor, der durch die Luftverkehrsgesellschaft oder den beauftragten Handling Agent geliefert wird.
Luftverkehrsgesellschaft (Luftfahrzeugführer)	Rückmeldung zur Zielzeit TSAT bzw. TOAT	Durch die Abkehr vom „First Come – First Served" – Prinzip soll sich der Luftfahrzeugführer zur geplanten Zielzeit TSAT bzw. TOAT melden.
Schleppereinsatzsteuerung (Bodenverkehrsdienste)	Schlepper-Bereitstellung	Die Bereitstellung des Schleppers ist zu der mit der Luftverkehrsgesellschaft vereinbarten Zielzeit sicher zu stellen, jedoch spätestens bis zur TOAT.
Flugsicherungsunternehmen (Flugverkehrskontrolle)	Start-up Sequenz Take-Off Sequenz	Einhaltung der ermittelten Zielsequenz Start-up / Take-off
Vorfeldkontrolle (Apron Controller)	Push-Back Sequenz Rollführung	Einhaltung der ermittelten Zielsequenz Push-Back / Rollführung

mit:
COB = Confirmed Off-Block
TSAT = Target Start-Up Approval Time
TOAT = Target Off-Block Approval Time
TTOT = Target Take-Off Time

Durch den Einsatz von DMAN-FRA ergeben sich am Verkehrsflughafen Frankfurt/M folgende Vorteile :

- Intelligente Nutzung der luftseitigen Ressourcen (Runway 18, Schleppereinsatzgerät, Enteisungsgerät, Personal) und damit eine erhöhte Kapazitätsausnutzung;
- Steigerung der Planungsverlässlichkeit und Verbindlichkeit in der Prozesseinhaltung durch Verbesserung der COB-Genauigkeit;
- Verbesserung der Abflugpünktlichkeit und eine Verbesserung der Nutzung der zugewiesenen Slots;
- Reduzierung der durchschnittlichen Rollzeiten für abfliegende Luftfahrzeuge;

- Positive Auswirkungen auf die Umweltbilanz aufgrund geringerer Schadstoffemissionen durch Optimierung der Anlasssequenz und Verminderung von Wartezeiten mit laufenden Triebwerken;
- Das Serviceprinzip „First Come – First Served“ wird zu einem „On Time Service“. Ziel ist es, durch die frühzeitige Planung eine ideale Startreihenfolge auf dem vorhandenen Start-/Landebahnsystem zu erreichen. Die gesteigerte Verbindlichkeit des Gesamtprozesses wirkt sich positiv auf die vielen Teilprozesse der Beteiligten und deren Planung aus [103].

Verkehrsleittechnik auf Flugplätzen 28

28.1 Optische Verkehrsleittechnik

28.1.1 Anzeige- und Signalgeräte

28.1.1.1 Windrichtungsanzeiger

Ein Windrichtungsanzeiger dient der Anzeige der Richtung des Bodenwindes. An einem Flugplatz ist mindestens ein Windrichtungsanzeiger vorzusehen. Der Windrichtungsanzeiger ist so aufzustellen, dass er von einem im Fluge oder sich auf der Bewegungsfläche befindlichen Luftfahrzeug aus sichtbar ist und von den Auswirkungen von Luftströmungen, die durch benachbarte Objekte hervorgerufen werden können, nicht beeinflusst wird.

Der Windrichtungsanzeiger sollte die Form eines Kegelstumpfes haben und aus Gewebe gefertigt sein. Seine Länge sollte mindestens 3,6 m betragen und an seinem dickeren Ende einen Durchmesser von mindestens 0,9 m aufweisen. Er sollte so beschaffen sein, dass er eine eindeutige Anzeige der Richtung des Bodenwindes und eine große Anzeige der Windgeschwindigkeit gibt. Die Farbe oder Farben sollten unter Berücksichtigung des Hintergrundes so gewählt werden, dass der Windrichtungsanzeiger mindestens aus einer Höhe von 300 m deutlich sichtbar und verständlich ist. Wo möglich, sollte eine Einzelfarbe, vorzugsweise Weiß oder Orange, verwendet werden. Wenn bei wechselndem Hintergrund zur Erzielung einer ausreichenden Auffälligkeit eine Kombination zweier Farben notwendig ist, sollten vorzugsweise Orange und Weiß, Rot und Weiß oder Schwarz und Weiß in fünf abwechselnden Streifen verwendet werden. Dabei sollten der erste und der letzte Streifen von der dunkleren Farbe sein.

Der Aufstellungsort wenigstens eines Windrichtungsanzeigers sollte durch einen kreisförmigen Streifen von 15 m Durchmesser und 1,2 m Breite gekennzeichnet werden. Der Streifen sollte den Sockel des Windrichtungsanzeigers zum Mittelpunkt haben, und seine Farbe, vorzugsweise weiß, sollte so gewählt werden, dass er ausreichend auffällig ist. Es sollten Vorkehrungen für die Beleuchtung mindestens eines Windrichtungsanzeigers auf einem Flugplatz getroffen werden, der für die Nutzung bei Nacht bestimmt ist. Abbildung 28.1 zeigt einen Windrichtungsanzeiger für Tag- und Nachtbetrieb.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_28,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Abb. 28.1 Windrichtungsanzeiger (Tag- und Nachtbetrieb) [111]

28.1.1.2 Landerichtungsanzeiger

Der Landerichtungsanzeiger ist an einer auffälligen Stelle auf dem Flugplatz aufzustellen. Das Zeichen sollte die Form eines „T" haben. Form und Mindestmaße eines Lande-T müssen der Darstellung in Abb. 28.2 entsprechen. Die Farbe des Lande-T ist entweder Weiß oder Orange. Die Wahl der Farbe ist abhängig davon, welche Farbe sich am besten vom Hintergrund abhebt, gegen den der Landerichtungsanzeiger gesehen werden wird. Wo für die Nutzung bei Nacht erforderlich, ist das Lande-T entweder zu beleuchten oder durch weiße Feuer zu begrenzen.

28.1.1.3 Signalscheinwerfer

Auf einem Flugplatz mit Flugverkehrskontrolle muss ein Signalscheinwerfer im Kontrollturm des Flugplatzes vorhanden sein. Ein Signalscheinwerfer (Abb. 28.3) sollte das Geben von roten, grünen und weißen Signalen ermöglichen, und:

a) bei Bedarf von Hand auf jedes Ziel gerichtet werden können;
b) ein Signal in einer dieser Farben abgeben können, dem ein Signal in einer der beiden anderen Farben folgt; und
c) eine Nachricht in einer der drei Farben durch das Morse-Alphabet mit einer Geschwindigkeit von mindestens vier Worten je Minute übermitteln können.

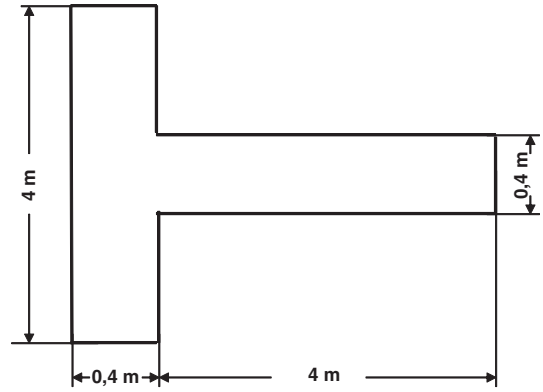


Abb. 28.2 Landerichtungsanzeiger [146]

Abb. 28.3 Signalscheinwerfer (im Tower des Verkehrslandeplatzes Frankfurt-Egelsbach) [180]

Die Lichtbündelung sollte nicht geringer als 1 Grad und nicht größer als 3 Grad sein, wobei das Licht außerhalb 3 Grad vernachlässigbar ist. Wenn der Signalscheinwerfer bei Tage benutzt werden soll, sollte die Lichtstärke des farbigen Lichts nicht geringer als 6.000 cd sein.

28.1.1.4 Signalfeld und ausgelegte Signale

Das Signalfeld erlaubt es, anfliegenden Luftfahrzeugführern wichtige Informationen über die Nutzung des Flugplatzes durch ausgelegte Signale zu geben. Das Signalfeld sollte so gelegen sein, dass es oberhalb eines Winkels von 10 Grad über der Horizontalen aus allen Richtungen sichtbar ist, wenn es aus einer Höhe von 300 m betrachtet wird. Es handelt sich um eine ebene, horizontale Fläche von mindestens 9 m^2. Die Farbe des Signalfeldes sollte so gewählt werden, dass sie sich von den Farben der ausgelegten Signale abhebt, und sollte von einem mindestens 0,3 m breiten

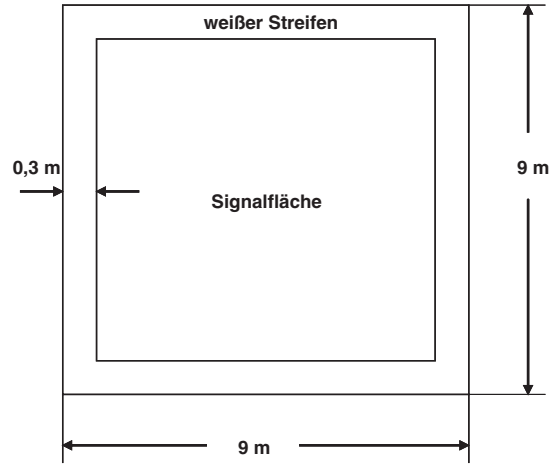


Abb. 28.4 Signalfeld [146]

weißen Streifen umgeben sein. Verfügt der Flugplatz über eine Kontrollzone, so ist kein Signalfeld erforderlich (Abb. 28.4).

28.1.2 Markierungen von Flugbetriebsflächen

Die Weitergabe von bestimmten Informationen durch Markierungen auf den Flugbetriebsflächen beruht, analog zur Befeuerung von Flugbetriebsflächen, auf der Farb- und Formcodierung. Eine Ausnahme bildet hier die Start- und Landebahnbezeichnungsmarke, die aus alphanumerischen Zeichen besteht. Die im einzelnen nachfolgend beschriebenen Markierungen der Flugbetriebsflächen basieren vollständig auf den Richtlinien und Empfehlungen des Annex 14, Band I, der ICAO [146].

Grundsätzlich werden durch Farbmarkierungen die seitlichen Begrenzungen, Mittellinienführungen sowie besondere Positionen auf den Flugbetriebsflächen markiert. Zusätzlich werden besondere Bereiche durch Farbmarkierungen hervorgehoben sowie die Start- und Landebahnbezeichnung aufgebracht.

Zur Anwendung kommen in erster Linie weiße bzw. gelbe Farbmarkierungen, die sich auf dunklem Hintergrund gut abzeichnen. Bei hellem Hintergrund kann durch eine schwarze Umrahmung die Auffälligkeit der Markierungen verbessert werden. Die Farbsubstanz sollte so gewählt werden, dass ungleiche Bremswirkungen auf den Flugsbetriebsflächen vermieden werden.

28.1.2.1 Unterbrechung der Start- und Landebahnmarkierungen

An der Kreuzung von zwei (oder mehreren) Start-/Landebahnen ist die Markierung der wichtigeren Start-/Landebahn mit Ausnahme der Seitenlinienmarkierung fortzuführen und die Markierung der anderen Start-/Landebahn zu unterbrechen. Die Seitenlinienmarkierung der wichtigeren Start-/Landebahn kann entweder über die Kreuzung hinweg fortgeführt

oder unterbrochen werden. Die Rangfolge von Start-/Landebahnen bei der Fortführung der Start- und Landebahnmarkierung sollte wie folgt ausgeführt sein:

1. Präzisionsanflug-Landebahn,
2. Nichtpräzisionsanflug-Landebahn, und
3. Sichtanflug-Landebahn.

An der Kreuzung einer Start-/Landebahn und einer Rollbahn sind die Markierungen der Start-/Landebahn fortzuführen und die der Rollbahn zu unterbrechen. Die Seitenlinienmarkierungen der Start-/Landebahn können jedoch ebenfalls unterbrochen werden. Start- und Landebahnmarkierungen sind in der Farbe weiß zu halten. Auf hellfarbigen Start- und Landebahnoberflächen kann die Auffälligkeit von weißen Markierungen durch schwarze Umrahmungen verbessert werden kann. Es empfiehlt sich, die Gefahr einer ungleichen Bremswirkung auf Markierungen durch die Verwendung einer geeigneten Farbensorte soweit wie möglich zu reduzieren. Markierungen können aus durchgehenden Flächen oder einer Reihe von Längsstreifen bestehen, die dieselbe Bedeutung wie die durchgehenden Flächen haben.

Rollbahnmarkierungen, Start-/Landebahn-Wendeflächenmarkierungen und Luftfahrzeug-Standplatzmarkierungen sind in gelb zu halten. Vorfeldsicherheitslinien müssen von auffälliger Farbe sein, die sich von der für Luftfahrzeug-Standplatzmarkierungen verwendeten Farbe abhebt. An Flugplätzen mit Nachtflugbetrieb sollten die Bodenmarkierungen unter Verwendung von reflektierendem Material ausgeführt werden, um die Sichtbarkeit der Markierungen zu erhöhen. Eine unbefestigte Rollbahn sollte möglichst mit den für befestigte Rollbahnen vorgeschriebenen Markierungen versehen werden.

28.1.2.2 Start-/Landebahn-Bezeichnungsmarkierung

An den Schwellen einer befestigten Start-/Landebahn ist eine Start-/Landebahn-Bezeichnungsmarkierung anzubringen. Eine Start-/Landebahn-Bezeichnungsmarkierung sollte möglichst auch an den Schwellen einer unbefestigten Start-/Landebahn angebracht werden.

Eine Start-/Landebahn-Bezeichnungsmarkierung ist an einer Schwelle entsprechend der Abb. 28.5 anzubringen. Ist die Schwelle vom äußersten Ende der Start-/Landebahn versetzt, kann ein Zeichen mit der Start- und Landebahnbezeichnung für startende Luftfahrzeuge vorgesehen werden. Eine Start-/Landebahn-Bezeichnungsmarkierung besteht aus einer zweistelligen Zahl, die auf parallelen Start-/Landebahnen durch einen Buchstaben ergänzt wird. Auf einer einzelnen Start-/Landebahn, zwei parallelen oder drei parallelen Start-/Landebahnen (Frankfurt/M) ist die zweistelligen Zahl die ganze Zahl, die dem Zehntel der missweisenden Richtung der Mittellinie der Start-/Landebahn am nächsten liegt. Diese Richtung wird in der Anflugrichtung von missweisend Nord aus im Uhrzeigersinn gemessen. Auf vier oder mehr parallelen Start-/Landebahnen ist eine Gruppe nebeneinander liegender Start-/Landebahnen mit der Zahl des nächsten Zehntels der missweisenden Richtung, und die andere Gruppe mit der Zahl des danach

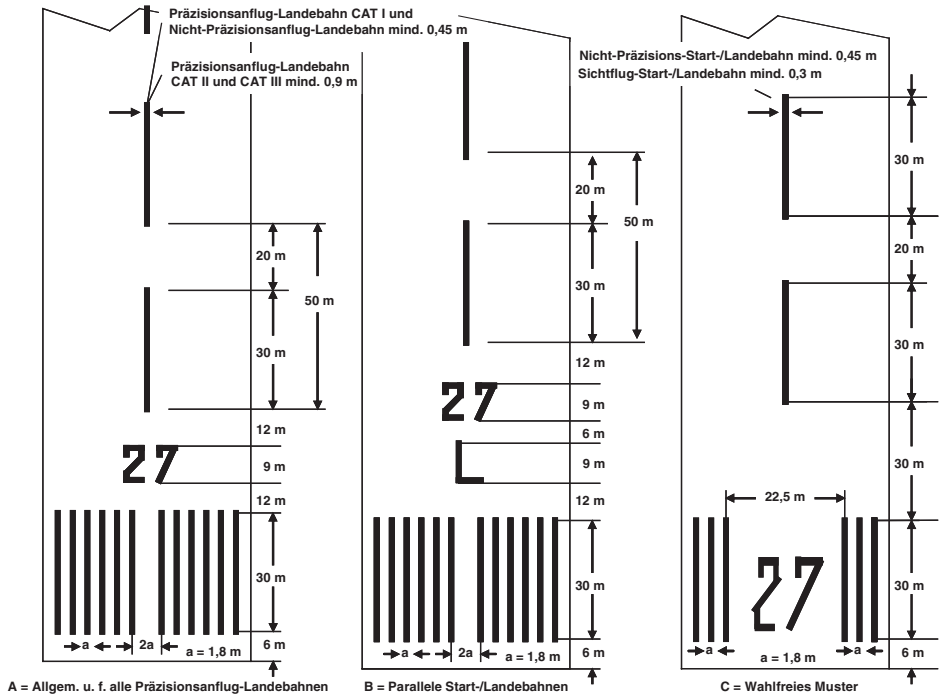


Abb. 28.5 Start-/Landebahn-Bezeichnungen, Mittellinien-/Schwellenmarkierungen [146]

nächsten Zehntels der missweisenden Richtung zu bezeichnen. Ergibt die genannte Regel eine einstellige Zahl, so ist eine Null voranzusetzen. Abbildung 28.5 zeigt die Start-/Landebahn-Bezeichnungen, Mittellinien- und Schwellenmarkierungen.

Im Falle paralleler Start-/Landebahnen ist jede Start-/Landebahn-Bezeichnungszahl wie folgt durch einen Buchstaben in der Reihenfolge von links nach rechts, aus der Anflugrichtung gesehen, zu ergänzen:

- Für zwei parallele Start-/Landebahnen: „L“ „R“;
- Für drei parallele Start-/Landebahnen: „L“ „C“ „R“;
- Für vier parallele Start-/Landebahnen: „L“ „R“ „L“ „R“;
- Für fünf parallele Start-/Landebahnen: „L“ „C“ „R“ „L“ „R“ oder „L“ „R“ „L“ „C“ „R“;
- Für sechs parallele Start-/Landebahnen: „L“ „C“ „R“ „L“ „C“ „R“.

Die Zahlen und Buchstaben müssen in Form und Größe Abb. 28.6 entsprechen. Die Abmessungen dürfen nicht geringer als die in Abb. 28.6 angegebenen Werte sein, jedoch sind dort, wo sich die Zahlen innerhalb der Schwellenmarkierung befinden, größere Abmessungen anzuwenden, um den Zwischenraum zwischen den Streifen der Schwellenmarkierung entsprechend auszufüllen.

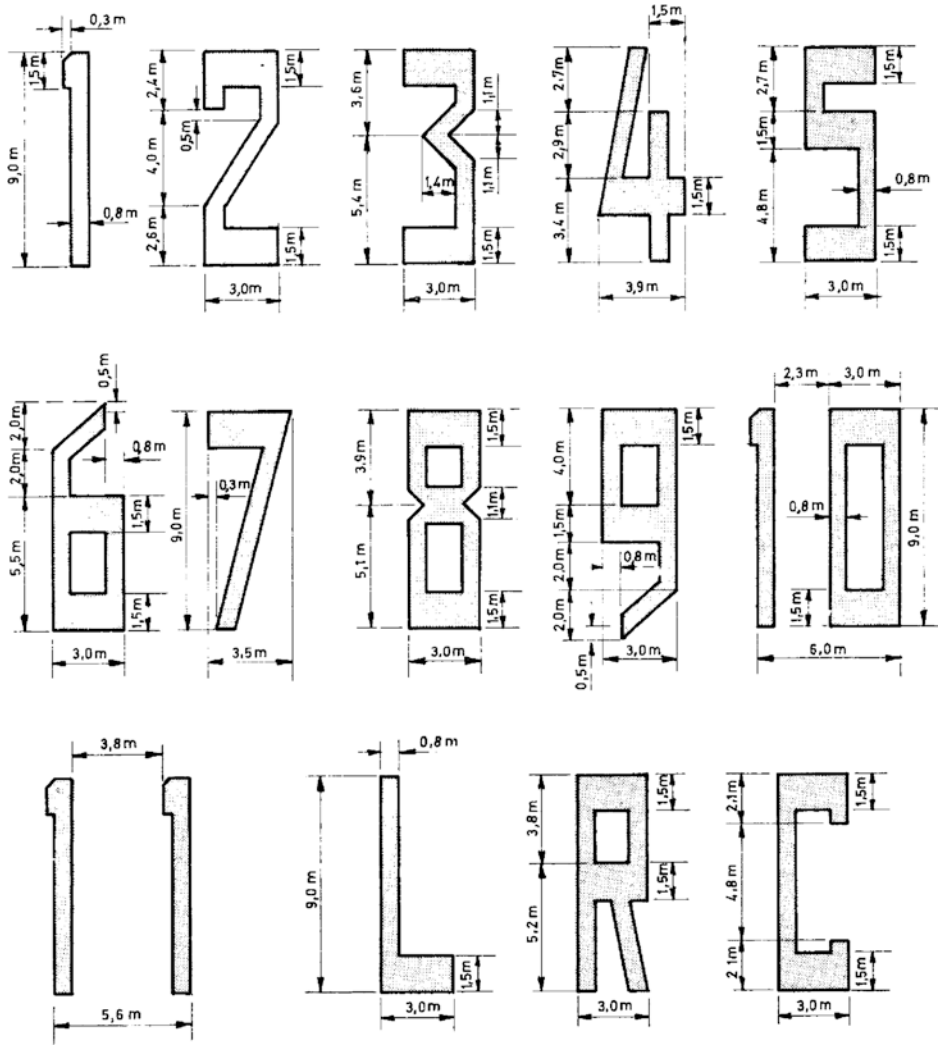


Abb. 28.6 Form und Größenverhältnisse von Zahlen und Buchstaben für Start- und Landebahnbezeichnungsmarkierungen [146]

28.1.2.3 Start-/Landebahn-Mittellinienmarkierung

Auf einer befestigten Start-/Landebahn ist eine Start-/Landebahn-Mittellinienmarkierung anzubringen. Eine Start-/Landebahn-Mittellinienmarkierung ist entlang der Mittellinie der Start-/Landebahn zwischen den Start-/Landebahn-Bezeichnungsmarkierungen, wie in Abb. 28.5 dargestellt, anzubringen, falls sie nicht, aus bereits dargestellten Gründen, unterbrochen ist. Eine Start-/Landebahn-Mittellinienmarkierung besteht aus einer Linie gleichmäßig verteilter Streifen und Zwischenräumen. Die Länge eines Streifens darf zusammen

mit einem Zwischenraum nicht weniger als 50 m oder nicht mehr als 75 m betragen. Die Länge eines jeden Streifens muss mindestens gleich der Länge des Zwischenraums sein oder 30 m betragen, je nachdem, welcher Wert der größere ist.

Die Breite der Streifen darf nicht geringer sein als:

- 0,90 m auf Präzisionsanflug-Landebahnen für Betriebsstufe II und III,
- 0,45 m auf Nichtpräzisionsanflug-Landebahnen mit der Code-Zahl 3 oder 4 und auf Präzisionsanflug-Landebahnen für Betriebsstufe I,
- 0,30 m auf Nichtpräzisionsanflug-Landebahnen mit der Code-Zahl 1 oder 2 und auf Sichtanlug-Landebahnen.

28.1.2.4 Schwellenmarkierung

Eine Schwellenmarkierung ist an der Schwelle einer befestigten Instrumenten-Landebahn und einer befestigten Sichtanflug-Landebahn anzubringen, wenn die Code-Zahl 3 oder 4 ist und die Landebahn für den internationalen gewerblichen Luftverkehr bestimmt ist. Eine Schwellenmarkierung sollte an der Schwelle einer befestigten Sichtanflug-Landebahn angebracht werden, wenn die Code-Zahl 3 oder 4 ist und die Landebahn für anderen Verkehr als den des internationalen gewerblichen Luftverkehrs bestimmt ist. Eine Schwellenmarkierung sollte möglichst auch an den Schwellen einer unbefestigten Landebahn angebracht werden. Die Streifen der Schwellenmarkierung beginnen 6 m hinter der Schwelle. Eine Schwellenmarkierung besteht aus einem Muster von symmetrisch zur Mittellinie einer Start-/Landebahn angeordneten Längsstreifen gleicher Abmessungen, wie in Abb. 28.5 (A) und (B) für eine Start- und Landebahnbreite von 45 m dargestellt. Die Anzahl der Streifen hat der Start- und Landebahnbreite wie folgt zu entsprechen (Tab. 28.1):

Ausgenommen sind Nichtpräzisionsanflug-Landebahnen und Sichtanflug-Landebahnen mit einer Breite von 45 m oder mehr, auf denen sie wie in Abb. 28.5 (C) dargestellt angeordnet sein können.

Die Streifen erstrecken sich seitlich bis zu 3 m vom Rand einer Start-/Landebahn oder bis zu einer Entfernung von 27 m zu beiden Seiten einer Start- und Landebahnmittellinie, je nachdem, welche Anordnung den geringeren seitlichen

Tab. 28.1 Anzahl der Streifen entsprechend der Start-/Landebahnbreite

Breite der Start-/Landebahn (m)	Anzahl der Streifen
18	4
23	6
30	8
45	12
60	16

Abstand ergibt. Wo sich eine Start-/Landebahn-Bezeichnungsmarkierung innerhalb einer Schwellenmarkierung befindet, sind mindestens drei Streifen auf jeder Seite der Mittellinie der Start- und Landebahn anzubringen. Wo sich eine Start-/Landebahn-Bezeichnungsmarkierung oberhalb einer Schwellenmarkierung befindet, sind die Streifen quer über die Start-/Landebahn anzuordnen. Die Streifen müssen mindestens 30 m lang und etwa 1,80 m breit sein und über Zwischenräume von etwa 1,80 m verfügen. Falls sich die Streifen über die gesamte Breite einer Start-/Landebahn erstrecken, ist zur Trennung der beiden unmittelbar neben der Mittellinie der Start-/Landeahn liegenden Streifen ein doppelter Zwischenraum zu belassen. Falls sich die Bezeichnungsmarkierung innerhalb der Schwellenmarkierung befindet, muss dieser Zwischenraum 22,5 m betragen.

Wo eine Schwelle vom äußersten Ende einer Start-/Landebahn versetzt ist oder wo das äußerste Ende einer Start-/Landebahn nicht rechtwinklig zur Start- und Landebahnmittellinie verläuft, sollte der Schwellenmarkierung ein Querstreifen, wie in Abb. 28.7 (B) dargestellt, hinzugefügt werden. Ein Querstreifen muss mindestens 1,80 m breit sein.

Ist eine Start- und Landebahnschwelle ständig versetzt, sind Pfeile entsprechend Abb. 28.7 (B) auf dem Teil der Start-/Landebahn vor der versetzten Schwelle anzubringen.

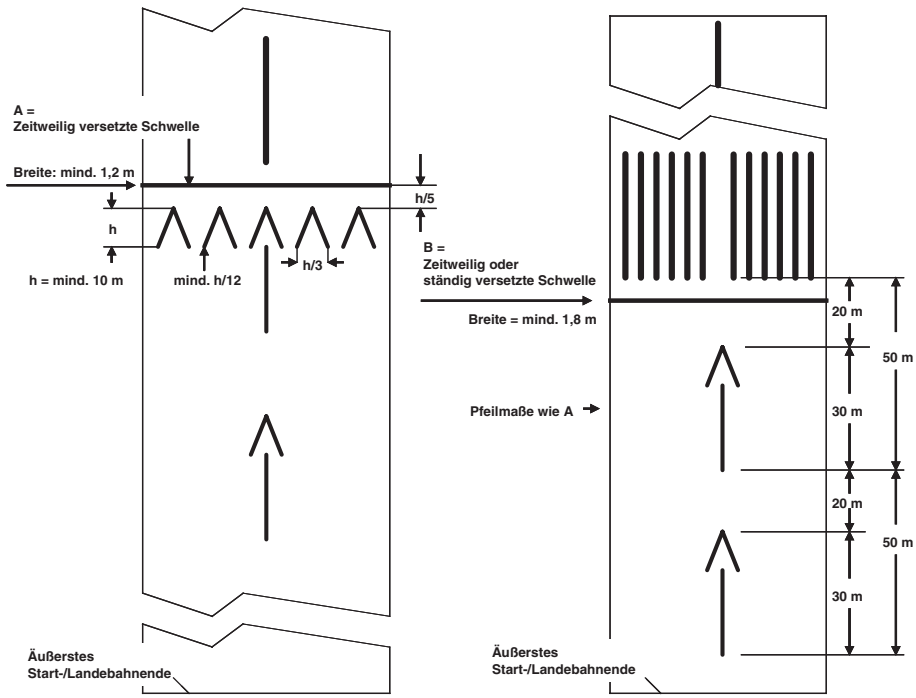


Abb. 28.7 Markierung einer versetzten Schwelle [146]

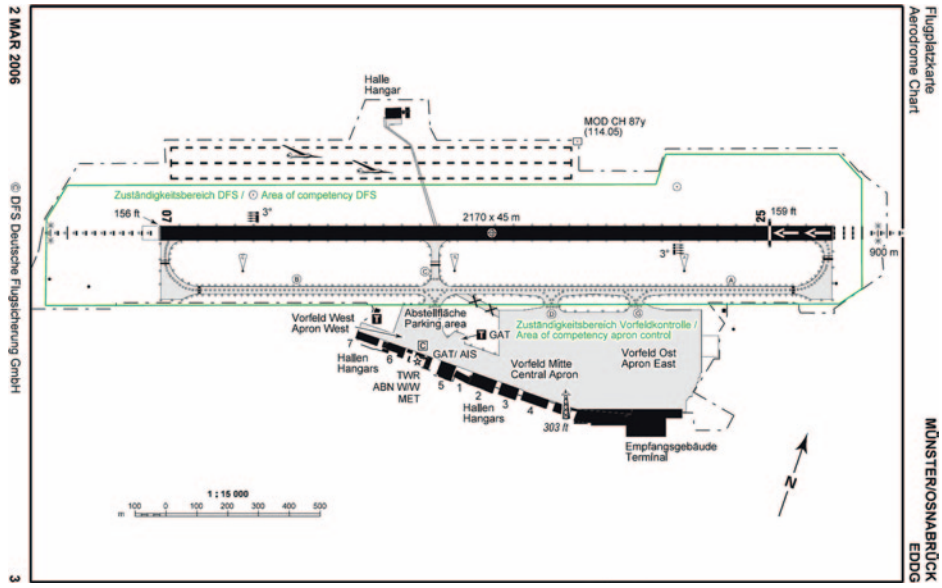


Abb. 28.8 Beispiel einer versetzten Schwelle am Verkehrsflughafen Münster/Osnabrück, Landebahn 25 [58]

Ist eine Start- und Landebahnschwelle zeitweilig aus ihrer normalen Lage versetzt, ist sie, wie in Abb. 28.7 (A) oder 28.7 (B) dargestellt, zu kennzeichnen. Alle Markierungen vor der versetzten Schwelle müssen verdeckt werden, mit der Ausnahme der Start-/Landebahn-Mittellinienmarkierung, die in Pfeile abzuändern ist. Ein Beispiel für die versetzte Schwelle der Landebahn 25 des Verkehrsflughafens Münster/Osnabrück zeigt Abb. 28.8.

In dem Falle, dass eine Schwelle nur für einen kurzen Zeitraum versetzt ist, hat sich die Verwendung von Markern, die mit der Markierung der versetzten Schwelle form- und farbgleich sind, besser bewährt als der Versuch, diese Markierung auf die Start- und Landebahn aufzumalen. Ist die Start-/Landebahn vor der versetzten Schwelle für Bewegungen von Luftfahrzeugen am Boden nicht geeignet, ist es erforderlich, Sperrungsmarkierungen, anzubringen.

28.1.2.5 Zielhaltepunktmarkierung

Eine Zielhaltepunktmarkierung muss an jedem Ende einer befestigten Instrumenten-Landebahn mit der Code-Zahl 2, 3 oder 4 eingerichtet werden. Eine Zielhaltepunktmarkierung sollte an jedem Ende:

a) einer befestigten Sichtanflug-Landebahn mit der Code-Zahl 3 oder 4,
b) einer befestigten Instrumenten-Landebahn mit der Code-Zahl 1.

Tab. 28.2 Lage und Maße der Zielhaltepunktmarkierung [146]

Verfügbare Landestrecke				
Lage und Abmessungen [a]	<800 m	800 < 1.200 m	1.200 < 2.400 m	≥2.400 m
Abstand von der Schwelle bis zum Beginn der Markierung	150 m	250 m	300 m	400 m
Länge des Streifens	30 –45 m	30 –45 m	45 –60 m	45 –60 m
Breite des Streifens	4 m	6 m	6 –10 m [b]	6–10 m [b]
Längsabstand zwischen den Innenseiten der Streifen	6 m [c]	9 m [c]	18 –22,5 m	18 –22,5 m

[a] Die größten Abmessungen der Auswahlbereiche sollten dort Anwendung finden, wo eine erhöhte Sichtbarkeit erforderlich ist

[b] Die Längsabstände dürfen innerhalb der Grenzen variiert werden, um Verunreinigungen durch Gummiabrieb zu begrenzen

[c] Die Zahlenwerte werden in Bezug auf den Abstand der äußeren Räder des Hauptfahrwerks, welcher Code-Element 2 des Flugplatzbezugscodes repräsentiert, abgeleitet

eingerichtet werden, wenn eine zusätzliche Auffälligkeit der Zielhaltepunktmarkierung wünschenswert ist. Die Zielhaltepunktmarkierung darf nicht eher in Bezug auf die Schwelle beginnen, als der Abstand, der in der zugehörigen Spalte der Tab. 28.2 angegeben ist, außer, wenn die Start-/Landebahn mit einem Gleitwinkelbefeuerungssystem (VASIS) ausgestattet ist. In diesem Fall muss die Markierung mit der des Gleitwinkelbefeuerungssystems übereinstimmen.

Eine Zielhaltepunktmarkierung besteht aus zwei deutlich sichtbaren Streifen. Die Ausmaße der Streifen und ihre Längsabstände der Innenseiten zueinander müssen mit den Bestimmungen der zugehörigen Spalte der Tab. 28.2 übereinstimmen. Wo eine Aufsetzzonenmarkierung eingerichtet ist, müssen die Längsabstände der Zielhaltepunktmarkierung dieselben sein wie die der Aufsetzzonenmarkierung.

28.1.2.6 Aufsetzzonenmarkierung

Eine Aufsetzzonenmarkierung ist in der Aufsetzzone einer befestigten Präzisionsanflug-Landebahn mit der Code-Zahl 2, 3 oder 4 einzurichten. Eine Aufsetzzonenmarkierung sollte in der Aufsetzzone einer befestigten Nicht-Präzisionsanflug- oder Sichtanflug-Landebahn mit der Code-Zahl 3 oder 4 vorgesehen werden. Dabei ist eine zusätzliche Auffälligkeit der Aufsetzzone wünschenswert.

Eine Aufsetzzonenmarkierung besteht aus Paaren rechteckiger Markierungen, die symmetrisch zur Start- und Landebahnmittellinie liegen, wobei die Anzahl der Paare in einem festgelegten Verhältnis zur Start- und Landebahnlänge (Tab. 28.3) steht.

Tab. 28.3 Markierungspaare im Verhältnis zur Start- und Landebahnlänge [146]

Verfügbare Landestrecke oder die Entfernung zwischen den Schwellen	Paare
<900 m	1
900 < 1.200 m	2
1.200 < 1.500 m	3
1.500 < 2.400 m	4
≥2.400 m	5

Eine Aufsetzzonenmarkierung muss einem der in Abb. 28.9 dargestellten Mustern entsprechen. Bei dem in Abb. 28.9 (A) dargestellten Muster müssen die Markierungen mindestens 22,5 m lang und 3 m breit sein. Bei dem in Abb. 28.9 (B) dargestellten Muster muss jeder Streifen einer jeden Markierung mindestens 22,5 m lang und 1,8 m breit sein mit einem Abstand von 1,5 m zwischen nebeneinander liegenden Streifen.

Der Längsabstand zwischen der Innenseiten der Rechtecke muss dem der Zielhaltepunktmarkierung, wo eingerichtet, entsprechen. Wo keine Zielhaltepunktmarkierung vorgesehen ist, muss der Längsabstand zwischen den Innenseiten der Rechtecke mit den in Tab. 28.2 für die Zielhaltepunktmarkierung genannten Werten übereinstimmen.

Die Markierungspaare müssen im Längsabstand von 150 m ab der Schwelle beginnend aufgetragen werden, außer den Aufsetzzonenmarkierungen, die mit der Zielhaltepunktmarkierung übereinstimmen oder sich innerhalb von 50 m von der Zielhaltepunktmarkierung entfernt befinden. Diese müssen von der Anlage entfernt werden.

Auf einer Nicht-Präzisionsanflug-Landebahn mit der Code-Zahl 2 sollte ein zusätzliches Paar an Aufsetzzonenmarkierungsstreifen 150 m jenseits des Beginns der Zielhaltepunktmarkierung angebracht werden.

28.1.2.7 Start-/Landebahn-Seitenlinienmarkierung

Eine Start-/Landebahn-Seitenlinienmarkierung ist zwischen den Schwellen einer befestigten Start-/Landebahn anzubringen, bei der ein Mangel an Kontrast zwischen den Start- und Landebahnrändern und den Schultern oder dem umgebenden Gelände besteht. Eine Start-/Landebahn-Seitenlinienmarkierung sollte auf einer Präzisionsanflug-Landebahn ohne Rücksicht auf den Kontrast zwischen den Start- und Landebahnrändern und den Schultern oder dem umgebenden Gelände angebracht werden. Eine Start-/Landebahn-Seitenlinienmarkierung sollte aus zwei Streifen bestehen, von denen jeweils einer entlang dem Rand der Start-/Landebahn angebracht ist, wobei der Außenrand jedes Streifens etwa mit dem Rand der Start-/Landebahn zusammenfällt. Ist die Start-/Landebahn jedoch breiter als 60 m, sollten die Streifen 30 m von der Start- und Landebahnmittellinie entfernt sein. Wo eine Start- und Landebahnwendefläche vorgehalten wird, sollte die Start-/Landebahn-Seitenlinienmarkierung zwischen der Start-/Landebahn und der Start- und Landebahnwendefläche fortgesetzt werden. Eine Start-/

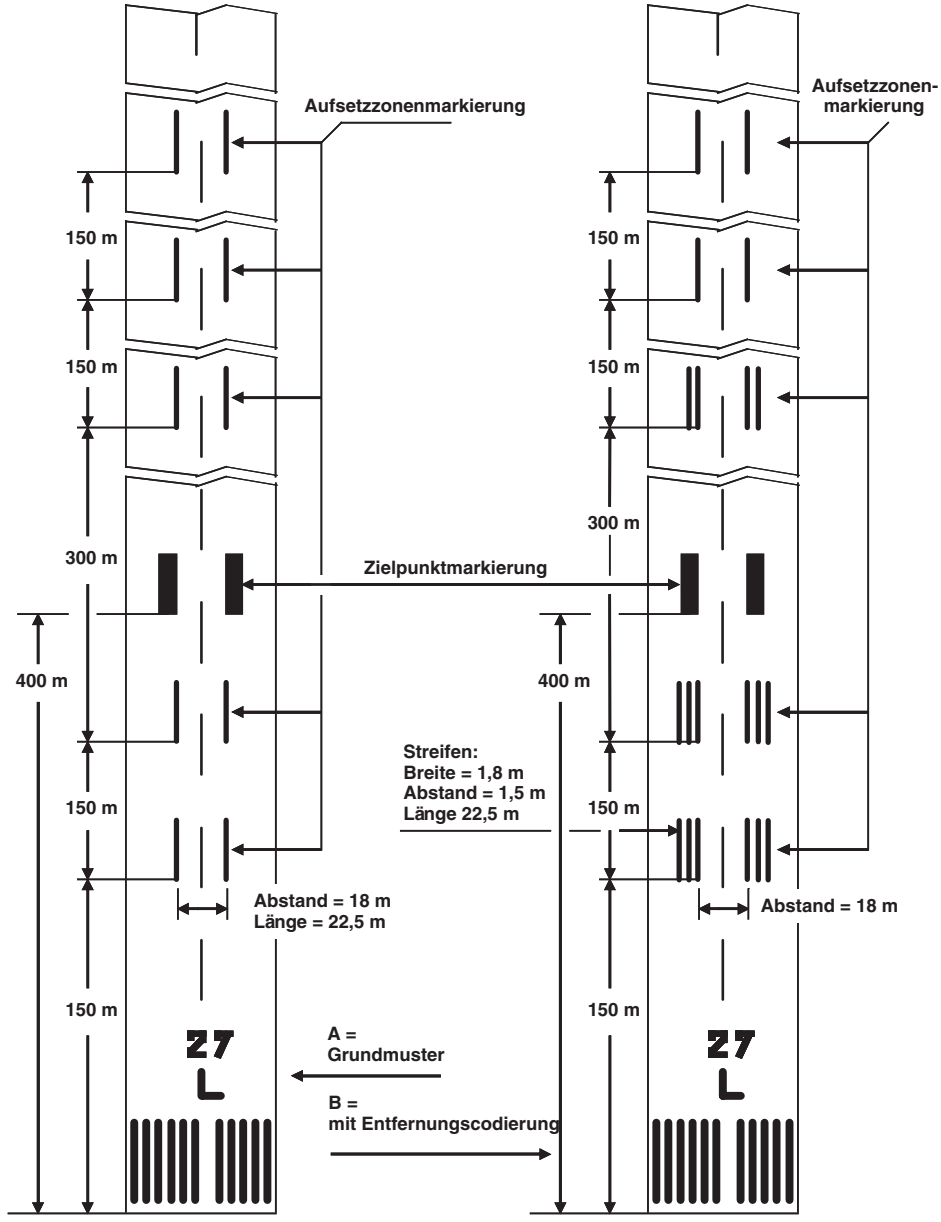


Abb. 28.9 Zielpunkt- und Aufsetzzonenmarkierungen [146] (Dargestellt für eine Start-/Landebahn mit einer Länge ≥2.400 m)

Landebahn-Seitenlinienmarkierung sollte eine Gesamtbreite von mindestens 0,9 m auf Start-/Landebahnen mit einer Breite von 30 m oder mehr und von mindestens 0,45 m auf schmaleren Start-/Landebahnen haben.

28.1.2.8 Rollbahn-Mittellinienmarkierung

Eine Rollbahn-Mittellinienmarkierung (Abb. 28.10) ist auf einer befestigten Rollbahn, Enteisungseinrichtungen und auf dem Vorfeld anzubringen, wenn die Code-Zahl 3 oder 4 ist, und muss so beschaffen sein, dass sie die Führung des Luftfahrzeuges von der Start- und Landebahnmittellinie bis zu den Luftfahrzeug-Standplätzen ermöglicht. Eine Rollbahn-Mittellinienmarkierung sollte auf einer befestigten Rollbahn, Enteisungseinrichtung und auf dem Vorfeld angebracht werden, wenn die Code-Zahl 1 oder 2 ist, und so beschaffen sein, dass sie die Führung des Luftfahrzeuges von der Start- und Landebahnmittellinie bis zu den Luftfahrzeug-Standplätzen ermöglicht. Eine Rollbahn-Mittellinienmarkierung muss auf einer befestigten Start-/Landebahn angebracht werden, soweit die Start-/Landebahn zum Standardrollweg gezählt wird und:

a) keine Start-/Landebahn-Seitenlinienmarkierung vorliegt, oder
b) die Rollbahnmittellinienmarkierung nicht mit der Start-/Landebahn-Seitenlinienmarkierung übereinstimmt.

Auf einem geraden Abschnitt einer Rollbahn sollte die Rollbahnmittellinienmarkierung entlang der Rollbahnmittellinie verlaufen.

Abb. 28.10 Rollbahnmittellinie mit Rollbahnhalt(eort)markierung [111]

In einer Rollbahnkurve sollte die Rollbahn-Mittellinienmarkierung vom geraden Teil der Rollbahn aus in einer gleichmäßigen Entfernung vom Außenrand der Kurve weitergeführt werden. Dient bei einer Kreuzung einer Rollbahn mit einer Start-/Landebahn die Rollbahn als Abrollbahn von der Start-/Landebahn, so sollte die Rollbahn-Mittellinienmarkierung, wie in Abb. 28.10 dargestellt, in gekrümmter Linie auf die Start-/Landebahn-Mittellinienmarkierung zulaufen. Die Rollbahn-Mittellinienmarkierung sollte parallel zur Start-/Landebahn-Mittellinienmarkierung über eine Entfernung von nicht weniger als 60 m über den Tangentialpunkt hinaus verlängert werden, wenn die Code-Zahl 3 oder 4 ist, und von nicht weniger als 30 m, wenn die Code-Zahl 1 oder 2 ist. Eine Rollbahn-Mittellinienmarkierung muss mindestens 0,15 m breit sein und in der Länge ununterbrochen weitergeführt werden, ausgenommen dort, wo sie eine Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)markierung oder eine Rollhalt(eort)markierung schneidet, wie in Abb. 28.11 und 28.12 dargestellt.

28.1.2.9 Start-/Landebahn-Wendeflächenmarkierung

Wo eine Start-/Landebahn-Wendefläche vorgehalten wird, ist eine Start-/Landebahn-Wendeflächenmarkierung für eine kontinuierliche Führung einzurichten, um dem Luftfahrzeug die Vervollständigung einer 180 Grad Drehung und die Ausrichtung auf der Start-/Landebahn-Mittellinie zu ermöglichen. Die Start-/Landebahn-Wendeflächen-markierung sollte gekrümmt von der Start-/Landebahn-Mittellinie auf die Start-/Landebahn-Wendefläche verlaufen. Der Kurvenradius sollte dabei mit der Manövrierfähigkeit und der üblichen Rollgeschwindigkeit des Luftfahrzeuges, für welches die Start-/Landebahn-Wendefläche ausgelegt wurde, vereinbar sein. Der Kreuzungswinkel zwischen der Start-/Landebahn-Wendeflächenmarkierung und der Start- und Landebahnmittellinie sollte dabei nicht mehr als 30 Grad betragen. Die Start-/Landebahn-Wendenflächenmarkierung sollte parallel zur Start-/Landebahn-Mittellinie bis auf eine Entfernung von 60 m jenseits des Berührungspunktes verlängert werden, wenn die Code-Zahl 3 oder 4 beträgt, bzw. mindestens bis auf eine Entfernung von 30 m, wenn die Code-Zahl 1 oder 2 beträgt. Eine Start-/Landebahn-Wendeflächenmarkierung sollte das Luftfahrzeug so führen, dass ein kurzes Geradeaus-Rollen vor dem Eindrehpunkt für die 180 Grad Drehung gewährleistet ist. Der gerade Anteil der Start-/Landebahn-Wendeflächenmarkierung sollte dabei parallel zum äußeren Rand der Start-/Landebahn-Wendefläche liegen. Die Auslegung der Kurve, die es dem Luftfahrzeug ermöglicht, eine 180 Grad Wende zu vollführen, sollte auf einem Bug-Rad-Steuerungswinkel von nicht mehr als 45 Grad beruhen. Eine Wendefläche sollte so ausgelegt sein, dass, wenn der Führerraum (Cockpit) des Luftfahrzeuges, für das Wendefläche bestimmt ist, sich über der Start-/Landebahn-Wendeflächenmarkierung befindet, der hindernisfreie Abstand zwischen dem äußeren Fahrwerksrad des Luftfahrzeuges und dem Rand der Start-/Landebahn-Wendefläche gemäß den Vorschriften gewährleistet ist. Um das Manövrieren zu erleichtern sind für Code E und F Luftfahrzeuge Überlegungen dahingehend anzustellen, die Rad-zu-Rand Abstände zu

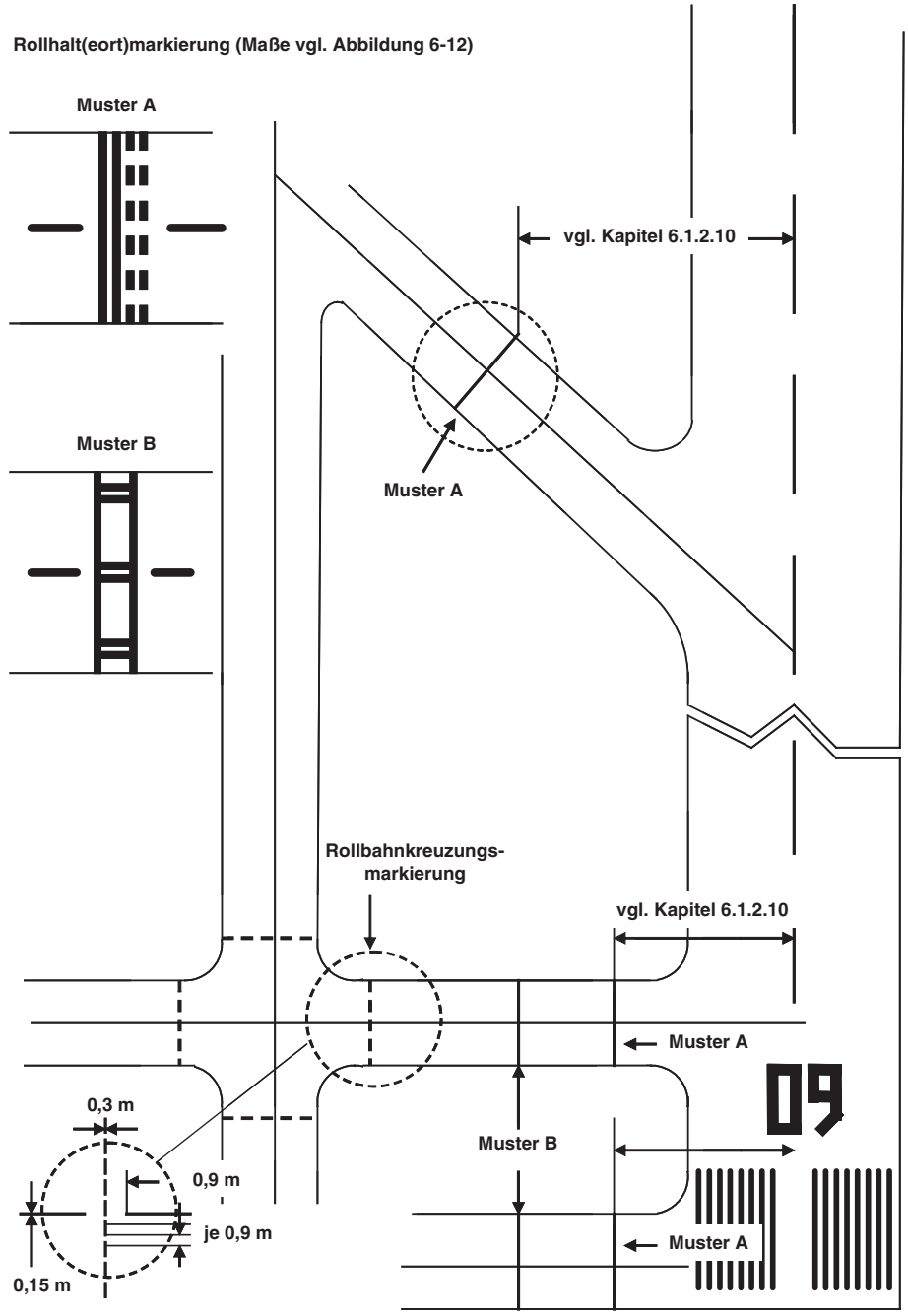


Abb. 28.11 Rollbahnmarkierungen [146] (mit Grundmuster der Start-/Landebahnmarkierungen)

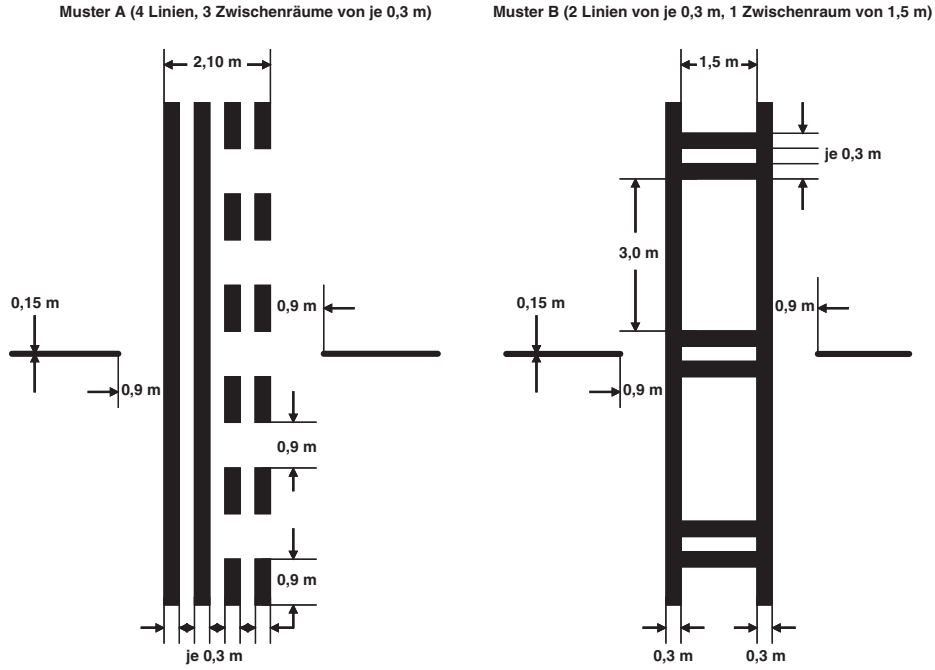


Abb. 28.12 Start- und Landebahn-Rollhalt(eort)markierung [146]

erhöhen. Eine Start-/Landebahn-Wendeflächenmarkierung muss mindestens 0,15 m breit sein und in der Länge ununterbrochen weitergeführt werden.

28.1.2.10 Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)markierung

Eine Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)markierung ist entlang eines Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)es anzubringen. An der Kreuzung einer Rollbahn mit einer Sichtanflug-Landebahn, einer Nichtpräzisionsanflug-Landebahn oder einer Startbahn ist die Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)markierung entsprechend Abb. 28.11, Muster A, auszuführen.

Ist an der Kreuzung eine Rollbahn mit einer Präzisionsanflug-Landebahn für Betriebsstufe I, II oder III ein einziger Start-/Landebahn-Rollhalt(eort) vorhanden, ist die Start- und Landebahn-Rollhalt(eort)markierung entsprechend Abb. 28.11, Muster A, auszuführen. Sind an einer solchen Kreuzung zwei oder drei Start-/Landebahn-Rollhalte(orte) vorhanden, ist die der Landebahn am nächsten gelegene Start-/Landebahn-Rollhalt(eort) markierung entsprechend Abb. 28.11, Muster A, auszuführen, die weiter von der Landebahn entfernten Markierungen entsprechend Abb. 28.11, Muster B.

Die Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)markierung, die an einem Start-/Landebahn-Rollhalt(eort) aufgebracht wird, ist wie Abb. 28.11, Muster A, auszuführen.

Wo eine verbesserte Auffälligkeit des Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)s benötigt wird, sollte die Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)markierung entsprechend Abb. 28.12, Muster

A oder B, ausgeführt werden. Ist die Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)markierung, Muster B, auf einer Fläche angebracht, wo sie eine Länge von 60 m überschreiten würde, sollte die Bezeichnung „CAT II“ bzw. „CAT III“ auf der Oberfläche an den Enden der Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)markierung und in gleichen Abständen von höchstens 45 m zwischen aufeinander folgenden Markierungen angebracht werden. Die Buchstaben sollten mindestens 1,80 m hoch und nicht mehr als 0,9 m außerhalb der Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)markierung angebracht sein. Die Start-/Landebahn-Rollhalte(ort)markierung, die an einer Start-/Landebahn oder einer Start-/Landebahn-Kreuzung angebracht wird, muss senkrecht zur Start- und Landebahnmittellinie der Start-/Landebahn, die Teil des Standardrollweges ist, aufgetragen werden. Das Muster der Markierung sollte dabei Abb. 28.12, Muster A, entsprechen.

28.1.2.11 Rollhalt(eort)-Markierung

Eine Rollhalt(eort)-Markierung sollte entlang eines Rollhalt(eort)es angebracht werden. Eine Rollhalt(eort)-Markierung sollte am Austrittsrand einer abgelegenen Enteisungseinrichtung zur sich anschließenden Rollbahn angebracht werden. Wo eine Rollhalt(eort)markierung an einer Kreuzung zweier befestigter Rollbahnen angebracht ist, muss die Markierung der Rollbahn jenseits der kreuzenden Rollbahn und in ausreichendem Abstand zum nahen Rand dieser kreuzenden Rollbahn angebracht sein, um eine hindernisfreies Rollen der Luftfahrzeuge sicherzustellen. Dabei muss die Markierung sich mit einem Haltebalken oder den Rollhalt(eort)-Feuern, wo vorhanden, decken. Der Abstand zwischen einer Rollhalt(eort)-Markierung an einem Austrittsrand einer entlegenen Enteisungseinrichtung und der Mittellinie einer zugehöriger Rollbahn darf nicht kleiner sein als den Vorschriften entsprechend. Rollhalt(eort)markierungen sind in den Abb. 28.10, 28.11, 28.12 und 28.13 dargestellt.

28.1.2.12 VOR-Kontrollpunktmarkierung

Wenn ein VOR-Kontrollpunkt auf dem Flugplatz vorhanden ist, ist er durch eine VOR-Kontrollpunktmarkierung und ein VOR-Kontrollpunktzeichen zu kennzeichnen. Eine VOR-Kontrollpunktmarkierung ist um den Mittelpunkt der Stelle anzubringen, auf der ein Luftfahrzeug aufgestellt werden muss, um das korrekte VOR-Signal zu empfangen. Eine VOR-Kontrollpunktmarkierung besteht aus einem Kreis von 6 m Durchmesser mit einer Linienbreite von 15 cm (Abb. 28.14 (A)).

Wenn die Ausrichtung eines Luftfahrzeuges auf eine bestimmte Richtung vorzuziehen ist, sollte eine durch den Kreismittelpunkt gehende Linie des gewünschten Azimut gezogen werden. Die Linie sollte sich 6 m über den Kreis hinaus in der gewünschten Richtung erstrecken und in einer Pfeilspitze enden. Die Breite der Linie sollte 0,15 m betragen (Abb. 28.14 (B)). Eine VOR-Kontrollpunktmarkierung sollte vorzugsweise weiß sein, sich jedoch von der für die Rollbahnmarkierung verwendeten Farbe unterscheiden. Um einen Kontrast zu schaffen, können die Markierungen schwarz umrandet werden.

Abb. 28.13 Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)markierung [111]

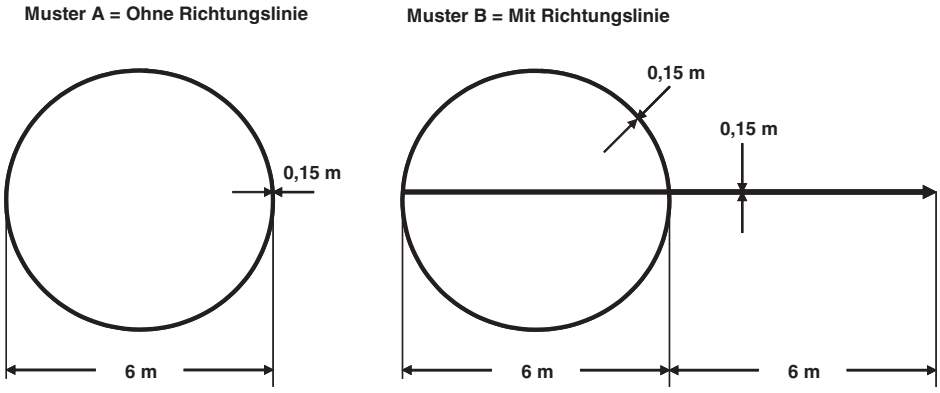


Abb. 28.14 VOR-Kontrollpunktmarkierung auf einem Flugplatz [146], *Anmerkung* Eine Richtungslinie ist nur dann vorzusehen, wenn ein Luftfahrzeug auf eine bestimmte Richtung ausgerichtet sein muss

28.1.2.13 Luftfahrzeug-Standplatzmarkierungen

Luftfahrzeug-Standplatzmarkierungen sollten für festgelegte Abstellplätze auf einem befestigten Vorfeld und auf Enteisungseinrichtungen angebracht werden. Luftfahrzeug-Standplatzmarkierungen sind auf einem befestigten Vorfeld und auf Enteisungseinrichtungen so anzuordnen, dass sie den entsprechenden Hindernisfreiheiten genügen, wenn das Bugrad des Luftfahrzeuges den Standplatzmarkierungen folgt. Luftfahrzeug-Standplatzmarkierungen sollten Elemente wie Standplatzkennung, Einrolllinie, Drehbalken, Drehlinie, Ausrichtungsbalken, Haltelinie und Ausrolllinie umfassen, die aufgrund der Anordnung der Abstellplätze und zur Ergänzung anderer Parkhilfen erforderlich sind. Eine Luftfahrzeug-Standplatzkennung (Buchstabe u./o. Nummer) sollte kurz nach dem Beginn der Einrolllinie in die Einrolllinie aufgenommen werden. Die Höhe der Kennung sollte so bemessen sein, dass sie aus dem Führerraum von Luftfahrzeugen, die den Standplatz benutzen, abgelesen werden kann.

Wo zwei Luftfahrzeug-Standplatzmarkierungen zur flexibleren Nutzung des Vorfeldes einander überlagert sind, und es schwierig ist, zu unterscheiden, welcher Standplatzmarkierung gefolgt werden sollte, oder die Sicherheit beeinträchtigt wäre, wenn der falschen Markierung gefolgt würde, sollte der Standplatzkennung die Bezeichnung der Luftfahrzeuge hinzugefügt werden, für die die jeweilige Markierung vorgesehen ist. Einroll-, Dreh- und Ausrolllinien sollten normalerweise der Länge nach durchgehend sein und eine Breite von nicht weniger als 0,15 m haben. Wo einer Standplatzmarkierung eine oder mehrere Standplatzmarkierungen überlagert sind, sollten die Linien für das Luftfahrzeug mit den höchsten Anforderungen durchgehend, für andere Luftfahrzeuge unterbrochen sein. Die Kurventeile von Einroll-, Dreh- und Ausrolllinien sollten Radien aufweisen, die dem Luftfahrzeugmuster mit den höchsten Anforderungen entsprechen, für das die Markierungen vorgesehen sind.

Wo es beabsichtigt ist, dass ein Luftfahrzeug sich nur in einer Richtung bewegt, sollten Pfeile, die in die einzuhaltende Richtung zeigen, als Teil der Einroll- und Ausrolllinien hinzugefügt werden. Ein Drehbalken sollte rechtwinklig zur Einrolllinie querab vom linken Luftfahrzeugführerplatz an dem Punkt angebracht werden, an dem eine Drehung eingeleitet werden soll. Er sollte eine Länge und Breite von nicht weniger als 6 m und 0,15 m haben und eine Pfeilspitze zur Bezeichnung der Drehrichtung enthalten. Die zwischen dem Drehbalken und der Einrolllinie einzuhaltenden Abstände können je nach den verschiedenen Luftfahrzeugmustern unter Berücksichtigung des Sehfeldes des Luftfahrzeugführers variieren. Falls mehr als ein Drehbalken u./o. eine Haltelinie erforderlich sind, sollten diese codiert werden. Ein Ausrichtungsbalken sollte so angebracht werden, dass er mit der verlängerten Mittellinie des Luftfahrzeuges auf dem festgelegten Abstellplatz zusammenfällt und für den Luftfahrzeugführer während des letzten Teils des Abstellmanövers sichtbar ist. Er sollte eine Breite von nicht weniger als 0,15 m haben.

28.1.2.14 Vorfeldsicherheitslinien

Vorfeldsicherheitslinien sollten auf einem befestigten Vorfeld in dem aufgrund der Anordnung der Abstellplätze und der Bodenentrichtungen erforderlichen Umfang

vorhanden sein. Vorfeldsicherheitslinien sind so anzubringen, dass sie die Bereiche, die für die Benutzung durch Bodenfahrzeuge und andere Luftfahrzeugwartungsgeräte usw. vorgesehen sind, abgrenzen, um sichere Abstände von Luftfahrzeugen herzustellen. Vorfeldsicherheitslinien sollten Elemente wie Tragflächenabstandslinien und Betriebsstraßenbegrenzungslinien umfassen, die aufgrund der Anordnung der Abstellplätze und der Bodeneinrichtungen erforderlich sind. Eine Vorfeldsicherheitslinie sollte der Länge nach durchgehend und mindestens 0,10 m breit sein.

28.1.2.15 Fahrstraßen-Halt(eort)markierung

Eine Fahrstraßen-Halt(eort)markierung ist an allen Fahrstraßenauffahrten zu einer Start-/Landebahn anzubringen. Die Fahrstraßen-Halt(eort)markierung ist jenseits der Straße an der Halteposition anzubringen oder auf dem Oberflächenbelag aufzubringen (Abb. 28.15). Eine Fahrstraßen-Halt(eort)markierung darf nicht von der örtlichen Straßenverkehrsordnung abweichen.

28.1.2.16 Gebotszeichenmarkierung

Wo die Installation von Gebotszeichen nicht möglich ist, ist eine Gebotszeichenmarkierung auf dem Oberflächenbelag anzubringen. Wo betrieblich erforderlich, wie auf Rollbahnen mit

Abb. 28.15 Fahrstraßen-Halt(eort)markierung [102]

einer Breite von mehr als 60 m, sollte ein Gebotszeichen durch eine Gebotszeichenmarkierung ergänzt werden. Eine Gebotszeichenmarkierung ist links der Rollbahnmittellinienmarkierung und auf der Halteseite der Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)markierung, wie in Abb. 28.16 dargestellt, anzubringen. Der Abstand zwischen dem nächsten Rand der Markierung und der Start-/Landebahn-Rollhalt-(eort)markierung oder der Rollbahn-Mittellinienmarkierung darf nicht weniger als 1,0 m betragen. Mit Ausnahme einer betrieblichen Erfordernis, sollte eine Gebotszeichenmarkierung nicht auf einer Start-/Landebahn angebracht werden. Eine Gebotszeichenmarkierung besteht aus einer weißen Aufschrift auf rotem Grund, außer bei eine „No Entry"-Markierung, bei der die Aufschrift die identische Informationen wie die des zugehörigen Gebotszeichens enthält. Eine "No Entry"-Markierung besteht aus einer weißen Aufschrift gelesen „NO ENTRY" auf rotem Grund (Abb. 28.13). Bei nicht ausreichendem Kontrast zwischen der Markierung und der Belagsoberfläche ist die Gebotszeichenmarkierung mit einer weißen oder schwarzen Umrandung zu versehen. Die Schriftgröße sollte 4,0 m betragen. Der Hintergrund der Aufschrift sollte rechteckig und 0,5 m längs und vertikal der Aufschrift sein.

28.1.2.17 Informationsmarkierung

Ist die normale Aufstellung eines Hinweiszeichens nicht möglich, so ist eine Informationsmarkierung auf dem Oberflächenbelag aufzubringen. Wo aus betrieblichen Gründen erforderlich, sollte ein Hinweiszeichen durch eine Informationsmarkierung ersetzt werden. Eine Informations(lage-/richtungs-)markierung sollte vor und nach komplizierten

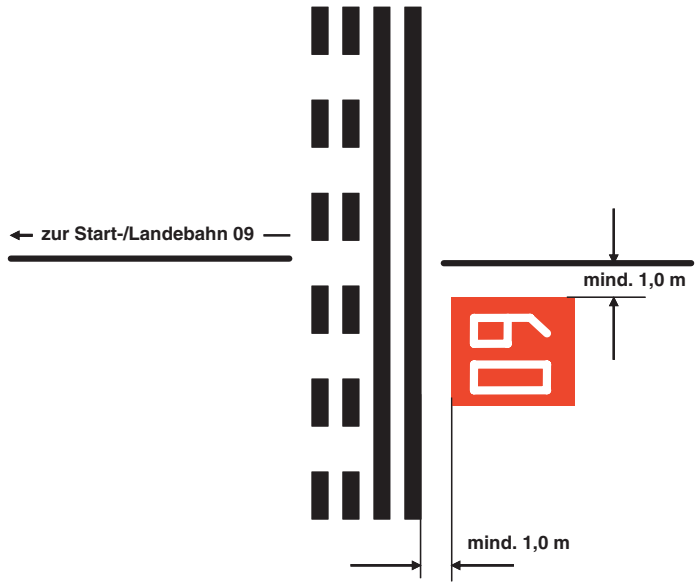


Abb. 28.16 Gebotszeichenmarkierung [146]

Rollbahnkreuzungen und dort, wo betriebliche Erfahrung gezeigt hat, dass ein Hinzufügen einer Rollbahn-Lagemarkierung die Luftfahrzeugführer bei der Bodennavigation unterstützt, aufgebracht werden. Eine Informations(lage)markierung sollte auf Rollbahnen großer Länge in regelmäßigen Abständen auf dem Oberflächenbelag aufgebracht werden. Die Informationsmarkierung sollte sich dann mitten über die Oberfläche der Rollbahn oder des Vorfeldes erstrecken und so positioniert sein, dass sie aus dem Cockpit eines Luftfahrzeuges gut erkennbar und leserlich ist. Eine Informations(lage)markierung besteht aus:

a) einer Aufschrift in Gelb auf schwarzem Grund, wenn es ein Lagezeichen ersetzt oder ergänzt, und
b) einer Aufschrift in Schwarz auf gelbem Grund, wenn es ein Richtungs- und Zielzeichen ersetzt oder ergänzt.

Bei nicht ausreichendem Kontrast zwischen dem Markierungshintergrund und der Belagsoberfläche ist die Markierung mit:

a) einer schwarzen Umrandung, wobei die Aufschrift in der Farbe Schwarz ausgeführt ist, und
b) einer gelben Umrandung, wo die Aufschrift in der Farbe Gelb ausgeführt ist, zu versehen.

Die Schriftgröße sollte 4,0 m betragen.

28.2 Befeuerung und Befeuerungssysteme

Der Anwendung der Befeuerung und Befeuerungssysteme zur Lenkung und Leitung der Luftfahrzeuge und basiert auf der Tatsache, dass neben akustischen Signalen die optischen Signale die wichtigste und prägnanteste Möglichkeit der Informationsweitergabe und -verarbeitung im Kommunikationssystem Mensch–Maschine darstellt. Durch simple und einprägsame Farbcodierung von Lampen und Gruppierungen von Lampen (Lampen werden in der Luftfahrt historisch bedingt als Feuer bezeichnet) lassen sich schnell, sicher und effizient wichtige Informationen weitergeben und verarbeiten.

Hauptelemente der optischen Anlagentechnik sind Farbmarkierungen, wie in Abschn. 6.1 erläutert. Hauptelemente der Befeuerung und Befeuerungssysteme sind farbige Feuer oder Ketten von Feuern. Der Vorteil der Feuer gegenüber den einfachen Farbmarkierungen ist darin begründet, dass der Luftfahrzeugführer sie auch bei Nacht und schlechten Wetterbedingungen wahrnehmen kann. Die Befeuerungssysteme können im allgemeinen zentral gesteuert bzw. ein-/ausgeschaltet werden. Ihre Lichtintensität

kann reguliert, und den herrschenden Sichtbedingungen angepasst werden. So werden Blendwirkungen, betreffend die Luftfahrzeugführer, vermieden. Um eine Orientierung bei Nacht und schlechter Sicht zu ermöglichen, werden insbesondere Mittellinien, seitliche Begrenzungen und besondere Punkte wie z. B. Kreuzungen und Einmündungen durch farbige Feuer markiert. Die Farbcodierung kann leicht verändert, und geometrische Grundformen können einfach konfiguriert werden. International sind die Kodierungen im ICAO-Annex 14, Band I und Band II, national in der LuftVO [70] verbindlich festgeschrieben.

28.2.1 Lichter, die die Sicherheit von Luftfahrzeugen gefährden können

Ein nicht für die Luftfahrt bestimmtes Licht am Boden in der Nähe eines Flugplatzes, das die Sicherheit von Luftfahrzeugen gefährden könnte, ist zu löschen, abzuschirmen oder dahingehend zu ändern, dass die Gefahrenquelle beseitigt wird. Um Luftfahrzeuge gegenüber gefährlichen Effekten von Laser-Ausstrahlungen zu schützen, sollten die folgenden Schutzzonen um einen Flugplatz herum eingerichtet werden:

- eine Laserstrahlfreie Flugzone (LFFZ),
- eine Laserstrahlkritische Flugzone (LCFZ),
- eine Laserstrahlsensitive Flugzone (LSFZ).

Die Abb. 28.17, 28.18 und 28.19 können für die Bestimmung der Belichtungsstufen und Abstände, die den Flugbetrieb entsprechend schützen, herangezogen werden.

Einschränkungen für den Gebrauch von Laserstrahlen innerhalb der drei geschützten Flugzonen LFFZ, LCFZ und LSFZ, beziehen sich ausschließlich auf sichtbare Laserstrahlen. Laserstrahler, die von den Behörden unter Wahrung der Flugsicherheit betrieben werden, sind davon ausgenommen. Im gesamten navigierbaren Luftraum wird angenommen, dass der Strahlungsgrad jedes Laserstrahls, sichtbar oder nicht sichtbar, kleiner oder gleich der maximal zulässigen Belichtung (Maxium Permissible Exposure (MPE)) ist, wenn nichts anderes den zuständigen Behörden mitgeteilt und von diesen genehmigt wurde. Die geschützten Flugzonen sind einzurichten, um das Risiko von Laserstrahlern, die in unmittelbarer Umgebung des Flugplatzes in Betrieb sind, zu verringern.

- *Lichter, die irreführend sein können*

Ein nicht für die Luftfahrt bestimmtes Licht am Boden, das infolge seiner Lichtstärke, Anordnung oder Farbe die eindeutige Interpretation von Luftfahrtbodenfeuern verhindern oder eine Irreführung verursachen könnte, sollte gelöscht, abgeschirmt oder dahingehend geändert werden, dass eine derartige Möglichkeit ausgeschlossen wird.

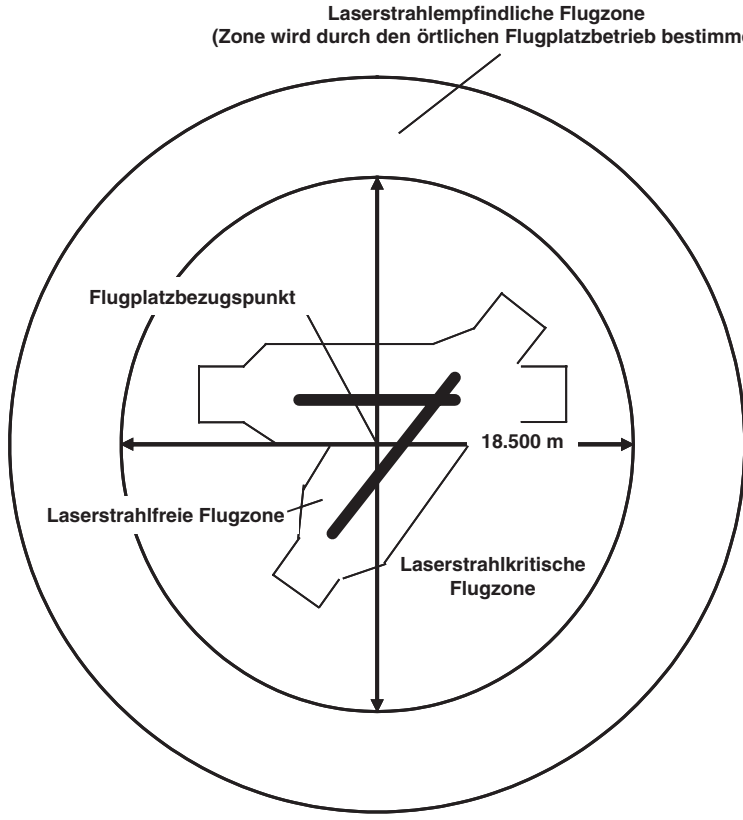


Abb. 28.17 Geschützte Flugzonen [146]

Insbesondere sollte auf nicht für die Luftfahrt bestimmte Lichter am Boden geachtet werden, die aus der Luft sichtbar sind und sich innerhalb der nachstehend beschriebenen Bereiche befinden:

a) Instrumenten-Landebahn (Code-Zahl 4):
   Innerhalb der Bereiche vor der Schwelle und hinter dem Ende der Start-/Landebahn, die sich mindestens 4.500 m in der Länge von der Schwelle und dem Start- und Landebahnende sowie 750 m zu beiden Seiten der verlängerten Start-/Landebahn-Mittellinie in der Breite erstrecken.
b) Instrumenten-Landebahn (Code-Zahl 2 oder 3):
   Wie in a), mit der Ausnahme, dass die Länge mindestens 3.000 m betragen sollte.
c) Instrumenten-Landebahn (Code-Zahl 1), und Sichtanflug-Landebahn:

Innerhalb des Anflugsektors.

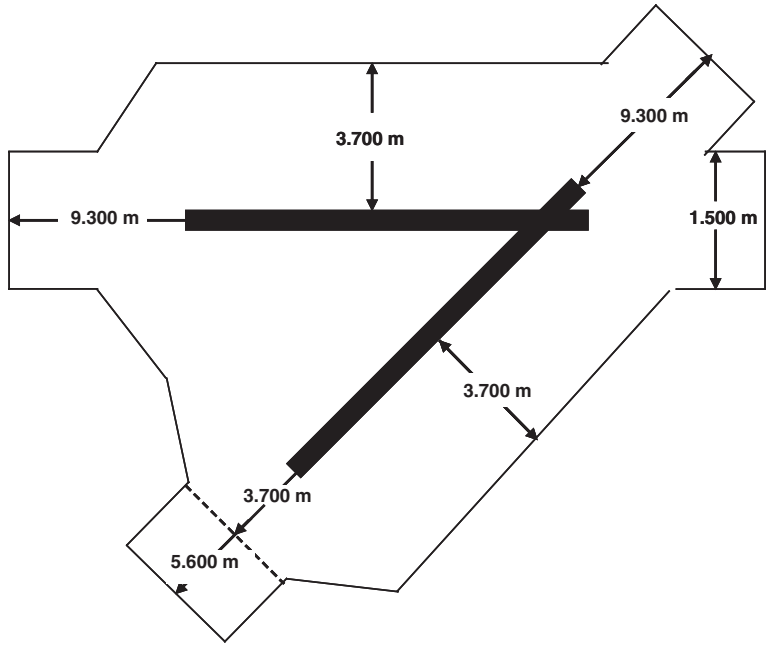


Abb. 28.18 Beispiel für ein Start-/Landebahnsystem mit „Laserstrahlfreien Flugzonen" [146]

- *Luftfahrtbodenfeuer, die für die Schifffahrt irreführend sein können*

  Bei Luftfahrtbodenfeuern in der Nähe schiffbarer Gewässer ist darauf zu achten, dass die Feuer sich nicht irreführend auf die Schifffahrt auswirken.

- *Leuchten und Unterbauten*

a) Überflur-Anflugfeuer
Überflur-Anflugfeuer und ihre Unterbauten müssen brechbar sein, außer in dem Abschnitt des Anflugbefeuerungssystems 300 m ab der Schwelle:
   – Wo die Höhe der Unterbauten 12 m überschreitet, gilt die Brechbarkeitsanforderung ausschließlich für die oberen 12 m, und
   – Wo der Unterbau von nicht brechbaren Objekten umgeben ist, hat nur der Teil, der über die umgebenden Objekte hinausragt, brechbar zu sein.

   Leuchten oder Unterbauten von Anflugfeuern, die von sich aus nicht hinreichend auffällig sind, müssen auf geeignete Weise gekennzeichnet werden.

b) Überflurfeuer
Bei Überflurfeuern handelt es sich im allgemeinen um Feuer, die nach dem Rundstrahlprinzip, seltener als Richtstrahler, arbeiten, und an den Rändern der Flugbetriebsflächen angebracht sind. Überflurfeuer auf der Start-/Landebahn, Stoppbahn

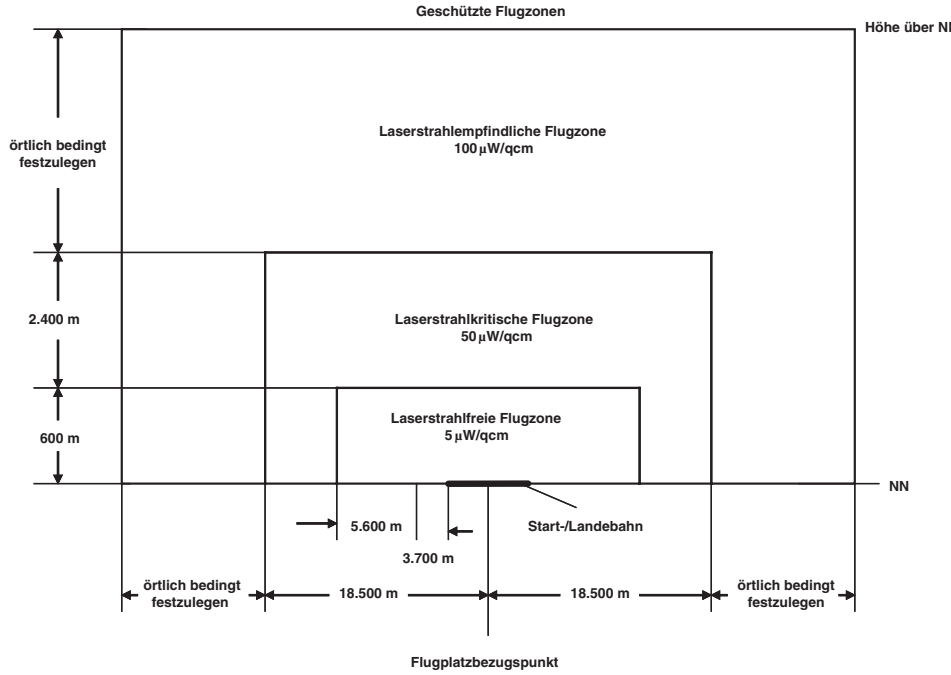


Abb. 28.19 Geschützte Flugzonen mit Angabe von maximalen Strahlungsintensitätsgraden für sichtbare Laserstrahlen [146]

und den Rollbahnen müssen brechbar sein. Ihre Höhe ist möglichst niedrig zu halten, um Bodenfreiheit für Propellerblattspitzen und Triebwerksgondeln von Strahlverkehrsflugzeugen zu gewährleisten. Abbildung 28.20 zeigt ein Überflurfeuer.

Abb. 28.20 Überflurfeuer [111]

Abb. 28.21 Mittellinien-Unterflurfeuer [102]

c) Unterflurfeuer
Feuer, die in die Oberfläche von Start-/Landebahnen, Stoppbahnen, Rollbahnen und Vorfeldern eingelassen sind, sind so auszulegen und anzubringen, dass sie von den Rädern eines Luftfahrzeuges überrollt werden können, ohne dass das Luftfahrzeug oder das Feuer selbst beschädigt werden. Meist handelt es sich um gerichtete Feuer. Die durch Leitfähigkeit oder Strahlung erzeugte Temperatur an der Berührungsfläche eines eingebauten Unterflurfeuers und eines Luftfahrzeugrades sollte während einer 10-minütigen Einwirkung 160 Grad C nicht überschreiten. Abbildung 28.21 zeigt ein Mittellinien-Unterflurfeuer.

- *Lichtstärke und Lichtstärkeregelung*

Bei Dämmerung oder schlechten Sichtverhältnissen am Tage kann eine Befeuerung wirksamer sein als eine Markierung. Damit die Feuer unter derartigen Verhältnissen oder nachts bei schlechter Sicht wirksam sind, müssen sie über eine angemessene Lichtstärke verfügen. Zur Erzielung der erforderlichen Lichtstärke ist es gewöhnlich notwendig, das Feuer auszurichten. In diesem Fall muss der Winkel, über den das Feuer abstrahlt, ausreichend und so ausgerichtet sein, dass es den betrieblichen Erfordernissen genügt.

Die Lichtstärke der Start- und Landebahnbefeuerung ist für die Mindestbedingungen der Sicht- und der Lichtverhältnisse der Umgebung, unter denen die Benutzung der Start-/Landebahn vorgesehen ist anzupassen, und muss mit dem nächstliegenden Teil einer vorhandenen Anflugbefeuerung kompatibel sein. Obgleich die Feuer einer Anflugbefeuerung eine größere Lichtstärke als die der Start- und Landebahnbefeuerung haben können, ist es ratsam, abrupte Lichtstärkenunterschiede zu vermeiden, da dies einem Luftfahrzeugführer den falschen Eindruck geben könnte, die Sicht ändere sich während seines Anfluges. Wenn ein Hochleistungsbefeuerungssystem vorhanden ist, ist es mit einer geeigneten Lichtstärkeregelung zu versehen, um eine Anpassung der Lichtstärke an die herrschenden Bedingungen zu ermöglichen. Es sind getrennte Lichtstärkeregelungen oder andere geeignete Methoden vorzusehen, um sicherzustellen,

dass die folgenden Systeme, falls vorhanden, bei kompatiblen Lichtstärken betrieben werden können:

- Anflugbefeuerungssystem,
- Start- und Landebahnrandfeuer,
- Schwellenfeuer,
- Start- und Landebahnendfeuer,
- Start- und Landebahn-Mittellinienfeuer,
- Aufsetzzonenfeuer, und
- Rollbahnmittellinienfeuer.

28.2.2 Notbefeuerung

Auf einem Flugplatz mit Start- und Landebahnbefeuerung, aber ohne Netzersatzstromversorgung, sollten bei Ausfall des normalen Befeuerungssystems genügend Notfeuer zur Aufstellung zumindest auf der Hauptstart-/Landebahn zur Verfügung stehen. Die Notbefeuerung kann auch zum Kennzeichnen von Hindernissen oder Abgrenzen von Rollbahnen und Vorfeldbereichen genutzt werden. Wenn Notfeuer auf einer Start-/Landebahn aufgestellt werden, sollten die Notfeuer mindestens der für eine Sichtanflug-Landebahn geforderten Anordnung entsprechen. Die Farbe der Notfeuer sollte den Farbvorschriften für Start- und Landebahnbefeuerungen entsprechen. Wenn jedoch die Verwendung von farbigen Feuern an der Schwelle und dem Start- und Landebahnende nicht möglich ist, können alle Feuer veränderlich-weiß sein oder der Farbe Veränderlich-weiß möglichst nahe kommen.

28.2.3 Luftfahrtleuchtfeuer

Wo betrieblich notwendig ist ein Flugplatzleuchtfeuer oder ein Kennfeuer auf einem Flugplatz, der für den Nachtflugbetrieb vorgesehen ist, einzurichten. Die betrieblichen Anforderungen müssen in Bezug auf die Erfordernisse des Flugbetriebs, der am Flugplatz stattfindet, die Auffälligkeit der Flugplatzmerkmale in Bezug auf die Umgebung und die Einrichtung von anderen optischen und nicht-optischen Hilfen, die hilfreich zur Ortung der Lage des Flugplatzes sind, festgelegt werden.

- *Flugplatzleuchtfeuer*

Ein Flugplatzleuchtfeuer ist auf einem Flugplatz, der für den Nachtflugbetrieb vorgesehen ist einzurichten, wenn ein oder mehrere der folgenden Gegebenheiten zutreffen:

a) Luftfahrzeuge navigieren überwiegend nach visuellen Merkmalen/Landmarken,
b) es herrschen häufig eingeschränkte Sichtverhältnisse, oder
c) der Flugplatz ist im Anflug, aufgrund des ihn umgebenden Lichtes oder der Geländebeschaffenheit, schwer zu orten.

Das Flugplatzleuchtfeuer ist auf oder angrenzend zum Flugplatz aufzustellen, und zwar auf einer Fläche, die eine niedrige Hintergrundbeleuchtung aufweist. Die Lage des Leuchtfeuers sollte so gewählt werden, dass das Leuchtfeuer in den wesentlichen Richtungen nicht durch Objekte verdeckt wird, und einen zur Landung anfliegenden Luftfahrzeugführer nicht blendet.

Das Flugplatzleuchtfeuer strahlt entweder farbige Blitze, die mit weißen Blitzen abwechseln, oder nur weiße Blitze ab. Die Anzahl aller Blitze liegt zwischen 20–30 je Minute. An Landflugplätzen abgestrahlte farbige Blitze sind grün, an Wasserflugplätzen abgestrahlte farbige Blitze sind gelb (Abb. 28.22). Im Falle eines kombinierten Wasser- und Landflugplatzes weisen farbige Blitze, soweit angewandt, die Farbeigenschaften des Flugplatzteiles auf, der zur Hauptanlage erklärt worden ist.

Das Licht des Leuchtfeuers strahlt in alle Richtungen ab. Die vertikale Lichtverteilung erstreckt sich von einer Erhebung von nicht mehr als 1 Grad nach oben bis zu einer als ausreichend festgesetzten Erhebung, um die Führung bei der maximalen Erhebung

Abb. 28.22 Flugplatzleuchtfeuer [111]

sicher zu stellen, in der das Leuchtfeuer genutzt werden soll, und die tatsächliche Lichtstärke der Blitze nicht geringer als 2.000 cd ist. An Standorten, wo ein hoher Hintergrundbeleuchtungsgrad nicht vermeidbar ist, kann es erforderlich sein, dass die effektive Blitzintensität um einen Faktor bis zu einem Wert von 10 angehoben werden muss.

- *Kennfeuer*

Ein Kennfeuer ist an einem Flugplatz vorzusehen, der nachts genutzt werden soll und der beim Anflug schwer durch andere optische Mittel geortet werden kann.

Das Kennfeuer ist auf dem Flugplatz aufzustellen, und zwar auf einer Fläche, die eine niedrige Hintergrundbeleuchtung aufweist. Die Lage des Kennfeuers sollte so gewählt werden, dass das Kennfeuer in den wesentlichen Richtungen nicht durch Objekte verdeckt wird und einen zur Landung anfliegenden Luftfahrzeugführer nicht blendet. Das Kennfeuer an einem Landflugplatz strahlt in alle Richtungen ab. Die vertikale Lichtverteilung erstreckt sich von einer Erhebung von nicht mehr als 1 Grad nach oben bis zu einer als ausreichend festgesetzten Erhebung, um die Führung bei der maximalen Erhebung sicherzustellen, in der das Kennfeuer benutzt werden soll und die tatsächliche Lichtstärke der Blitze nicht geringer als 2.000 cd ist. An Standorten, wo ein hoher Hintergrundbeleuchtungsgrad nicht vermeidbar ist, kann es erforderlich sein, dass die effektive Blitzintensität um einen Faktor bis zu einem Wert von 10 angehoben werden muss. An Landflugplätzen abgestrahlte farbige Blitze eines Kennfeuers sind grün, an Wasserflugplätzen abgestrahlte farbige Blitze sind gelb. Die Kennbuchstaben werden nach dem internationalen Morse-Alphabet abgestrahlt. Die Aussendungsgeschwindigkeit sollte sechs bis acht Worte je Minute betragen, was einer Dauer der Morsepunkte von 0,15–0,2 Sekunden je Punkt entspricht.

28.2.4 Anflugbefeuerungssysteme

Wo praktisch durchführbar, sollte eine einfache Anflugbefeuerung für eine für die Nutzung bei Nacht bestimmte Sichtanflug-Landebahn mit der Code-Zahl 3 oder 4 oder auch für Nichtpräzisionsabflug-Landebahnen vorgesehen werden, wenn die Landebahn nicht nur bei guten Sichtbedingungen benutzt und ausreichende Führung durch andere optische Hilfen gegeben wird. Eine einfache Anflugbefeuerung kann auch optische Führung bei Tage geben.

- *Einfache Anflugbefeuerung*

Eine einfache Anflugbefeuerung besteht aus einer Feuerreihe auf der verlängerten Start-/Landebahn-Mittellinie, die sich vor der Schwelle möglichst über mindestens 420 m erstreckt und 300 m vor der Schwelle eine Feuerreihe enthält, die einen 18 m oder 30 m langen Querbalken bildet.

Die den Querbalken bildenden Feuer sind in einer möglichst horizontalen geraden Linie aufzustellen, die rechtwinklig zur Linie der Mittellinienfeuer liegt und durch diese in zwei gleiche Teile geteilt wird. Die Feuer des Querbalkens sind in Abständen

so aufzustellen, dass sie die Wirkung einer Linie haben. Ausgenommen davon sind Querbalken von 30 m, bei denen Lücken auf beiden Seiten der Mittellinie gelassen werden können. Diese Lücken sind in Übereinstimmung mit den örtlichen Verhältnissen so klein wie möglich zu halten, wobei keine Lücke 6 m überschreiten darf.

Bei den Querbalkenfeuern sind Abstände von 1–4 m üblich. Lücken auf beiden Seiten der Mittellinie können die Richtungsführung verbessern, wenn versetzte Anflüge durchgeführt werden. Sie können auch die Bewegung von Rettungs- und Feuerlöschfahrzeugen erleichtern.

Die die Mittellinie bildenden Feuer sind in Längsabständen von 60 m aufzustellen. Wird jedoch gewünscht, die Anflugführung zu verbessern, kann ein Abstand von 30 m angewendet werden. Das innerste Feuer muss, je nach dem gewählten Längsabstand für die Mittellinienfeuer, entweder 60 m oder 30 m vor der Schwelle liegen.

Wenn es praktisch nicht möglich ist, dass sich die Mittellinie über eine Entfernung von 420 m vor der Schwelle erstreckt, sollte sie auf 300 m verlängert werden, so dass sie den Querbalken mit einschließt. Sollte dies nicht möglich sein, so sollten sich die Mittellinienfeuer über die größtmögliche Entfernung erstrecken. In diesem Falle sollte jedes Mittellinienfeuer aus einem Kurzbalken von mindestens 3 m Länge bestellen. Sofern das Anflugsystem einen Querbalken 300 m vor der Schwelle aufweist, kann ein zusätzlicher Querbalken 150 m vor der Schwelle aufgestellt werden.

Das System muss möglichst in der durch die Schwelle gehenden Horizontalebene liegen, vorausgesetzt, dass:

a) kein Objekt, mit Ausnahme von ILS- oder MLS-Kursantennen, durch die Ebene der Anflugfeuer innerhalb einer Entfernung von 60 m von der Mittellinie des Systems hinausragt, und
b) kein Feuer mit Ausnahme von einem Feuer, welches sich im zentralen Teil des Querbalkens oder des Mittellinien-Kurzbalkens befindet, durch ein anfliegendes Luftfahrzeug abgeschirmt wird.

Jede ILS- oder MLS-Kursantenne, die durch die Ebene der Anflugfeuer hinausragt, ist als Hindernis zu markieren und entsprechend zu befeuern.

Die Feuer einer einfachen Anflugbefeuerung sind fest installiert Feuer. Die Farbe der Feuer muss sicherstellen, dass das System leicht von anderen vorhandenen Luftfahrtbodenfeuern und Fremdlichtern unterschieden werden kann. Jedes Mittellinienfeuer besteht entweder aus:

a) einer Einzel-Lichtquelle, oder
b) einem Kurzbalken von mindestens 3 m Länge.

Wenn der in b) genannte Kurzbalken aus annähernd punktartigen Lichtquellen besteht, hat sich ein Abstand von 1,5 m zwischen nebeneinander liegenden Feuern des Kurzbalkens bewährt. Es kann ratsam sein, Kurzbalken von 4 m Länge zu verwenden, wenn die

Absicht besteht, die einfache Anflugbefeuerung zu einer Präzisionsanflugbefeuerung weiterzuentwickeln.

An Aufstellungsorten, an denen die Identifizierung der einfachen Anflugbefeuerung bei Nacht wegen der umgebenden Lichtquellen schwierig ist, können Blitzfolgefeuer im äußeren Teil des Systems hilfreich sein.

Wo für eine Sichtanflug-Landebahn vorhanden, sollten die Feuer in alle für einen Luftfahrzeugführer auf dem Basisteil und im Endanflug benötigten Richtungen abstrahlen. Die Lichtstärke der Feuer sollte für alle Sichtbedingungen und Lichtverhältnisse der Umgebung ausreichend sein, für die das System ausgelegt und bestimmt ist.

Wo für eine Nichtpräzisionsanflug-Landebahn vorhanden, sollten die Feuer in alle Richtungen abstrahlen, die für den Führer eines Luftfahrzeuges notwendig sind, das im Endanflug nicht wesentlich von dem durch die nichtoptische Hilfe bestimmten Flugweg abweicht. Die Feuer sollten so konstruiert sein, dass sie sowohl bei Tage als auch bei Nacht unter den ungünstigsten Sichtbedingungen und Lichtverhältnissen der Umgehung, in denen das System benutzbar bleiben soll, Führung geben.

- *Präzisionsanflugbefeuerung für Betriebsstufe I*

Eine Präzisionsanflugbefeuerung für die Allwetter-Betriebsstufe I besteht aus einer Feuerreihe auf der verlängerten Start-/Landebahn-Mittellinie, die sich vor der Schwelle möglichst über 900 m erstreckt und 300 m vor der Schwelle eine Feuerreihe enthält, die einen 30 m langen Querbalken bildet. Die Aufstellung eines Anflugbefeuerungssystems von weniger als 900 m Länge kann zu betrieblichen Einschränkungen in der Nutzung der Landebahn führen.

Die den Querbalken bildenden Feuer sind in einer möglichst horizontalen geraden Linie aufzustellen, die rechtwinklig zur Linie der Mittellinienfeuer liegt und durch diese in zwei gleiche Teile geteilt wird. Die Feuer des Querbalkens sind in Abständen so aufzustellen, dass sie die Wirkung einer Linie haben, mit der Ausnahme, dass Lücken auf beiden Seiten der Mittellinie gelassen werden können. Diese Lücken sind in Übereinstimmung mit den örtlichen Verhältnissen so klein wie möglich zu halten. Keine Lücke darf 6 m überschreiten.

Bei den Querbalkenfeuern sind Abstände von 1–4 m üblich. Lücken auf beiden Seiten der Mittellinie können die Richtungsführung verbessern, wenn versetzte Anflüge durchgeführt werden. Sie können auch die Bewegung von Rettungs- und Feuerlöschfahrzeugen erleichtern. Die die Mittellinie bildenden Feuer sind in Längsabständen von 30 m aufzustellen, wobei das am weitesten innen liegende Feuer 30 m vor der Schwelle liegt. Das System muss möglichst in der durch die Schwelle gehenden Horizontalebene liegen, vorausgesetzt dass:

a) kein Objekt, mit Ausnahme von ILS- oder MLS-Kursantennen, durch die Ebene der Anflugfeuer innerhalb einer Entfernung von 60 m von der Mittellinie des Systems hinausragt, und
b) kein Feuer mit Ausnahme von einem Feuer, welches sich im zentralen Teil des Querbalkens oder des Mittellinien-Kurzbalkens befindet, durch ein anfliegendes Luftfahrzeug abgeschirmt wird.

Jede ILS- oder MLS-Kursantenne, die durch die Ebene der Anflugfeuer hinausragt, ist als Hindernis zu markieren und entsprechend zu befeuern.

Die Mittellinien- und Querbalkenfeuer einer Präzisionsanflugbefeuerung für die ICAO Allwetter-Betriebsstufe I sind fest installiert Feuer, die veränderlich-weiß abstrahlen. Jedes Mittellinienfeuer besteht entweder aus:

a) einer Einzel-Lichtquelle innerhalb der inneren 300 m der Mittellinie, zwei Lichtquellen innerhalb der mittleren 300 m der Mittellinie und drei Lichtquellen innerhalb der äußeren 300 m der Mittellinie, um eine Entfernungsanzeige zu geben, oder aus
b) einem Kurzbalken.

Wo die Wartbarkeitsstufe der Anflugfeuer, spezifiziert als ein Wartungsziel, nachgewiesen werden kann, hat jede Mittellinienfeuerposition zu bestehen aus, entweder:

a) einer Einzel-Lichtquelle, oder
b) einem Kurzbalken.

Die Kurzbalken sind von mindestens 4 m Länge. Wenn sie aus annähernd punktartigen Lichtquellen bestehen, sind die nebeneinander liegenden Feuer des Kurzbalkens im einheitlichen Abstand von nicht mehr als 1,5 m aufzustellen.

Besteht die Mittellinie aus Kurzbalken, sollte jeder Kurzbalken durch ein Kondensatorentladungsfeuer ergänzt werden, falls eine solche Befeuerung unter Berücksichtigung der Eigenschaften des Systems und der Wetterbedingungen als nötig angesehen wird.

Kondensatorentladungsfeuer müssen zweimal in der Sekunde der Reihe nach aufleuchten, beginnend mit dem äußersten Feuer und in Richtung Schwelle fortlaufend zum innersten Feuer des Systems. Die elektrische Schaltung ist so auszulegen, dass diese Feuer unabhängig von den anderen Feuern der Anflugbefeuerung betrieben werden können.

Wenn die Mittellinie aus den genannten Feuern besteht, sind zusätzlich zu dem 300 m vor der Schwelle liegenden Querbalken weitere Querbalken von Feuern, d. h. 150 m, 450 m, 600 m und 750 m vor der Schwelle aufzustellen. Die einen Querbalken bildenden Feuer sind in einer möglichst horizontalen geraden Linie aufzustellen, die rechtwinklig zur Linie der Mittellinienfeuer liegt, und durch diese in zwei gleiche Teile geteilt wird. Die Feuer sind in Abständen so aufzustellen, dass sie die Wirkung einer Linie haben, mit der Ausnahme, dass Lücken auf beiden Seiten der Mittellinie gelassen werden können. Diese Lücken sind in Übereinstimmung mit den örtlichen Verhältnissen so klein wie möglich zu halten. Keine Lücke darf 6 m überschreiten.

Wenn zusätzliche Querbalken in das System einbezogen sind, müssen die äußeren Enden der Querbalken in zwei geraden Linien liegen, die entweder parallel zur Linie der Mittellinienfeuer liegen oder zusammenlaufen, und 300 m vor der Schwelle auf die Start- und Landebahnmittellinie treffen.

- *Präzisionsanflugbefeuerung für Betriebsstufe II und III*

Das Anflugbefeuerungssystem besteht aus einer Feuerreihe auf der verlängerten Start-/Landebahn-Mittellinie, die sich vor der Schwelle möglichst über 900 m erstreckt. Zusätzlich enthält das System zwei Seitenreihen von Feuern, die sich vor der Schwelle über 270 m erstrecken, sowie zwei Querbalken, in 150 m und in 300 m vor der Schwelle, wie in Abb. 28.23 dargestellt. Wo die Wartbarkeitsstufe der Anflugfeuer, spezifiziert als ein Wartungsziel, nachgewiesen werden kann, darf das System über zwei Seitenreihen von Feuern, die sich vor der Schwelle über 240 m erstrecken, sowie zwei Querbalken, die in 150 m und in 300 m vor der Schwelle liegen, wie in Abb. 28.24 dargestellt, verfügen.

Die Länge von 900 m gründet sich in der Gewährleistung der Führung unter den Bedingungen der ICAO Allwetter-Betriebsstufen I, II und III. Verkürzte Längen können dem Betrieb nach den ICAO Allwetter-Betriebsstufen II und III dienen, aber Einschränkungen für die ICAO Allwetter-Betriebsstufe I notwendig machen. Die die Mittellinie bildenden Feuer sind in Längsabständen von 30 m aufzustellen. Die innersten Feuer müssen 30 m vor der Schwelle liegen.

Die die Seitenreihe bildenden Feuer sind zu beiden Seiten der Mittellinie aufzustellen. Ihr Längsabstand muss gleich dem der Mittellinienfeuer sein, das erste Feuer muss 30 m vor der Schwelle liegen. Wo die Wartbarkeitsstufe der Anflugfeuer, spezifiziert als ein Wartungsziel, nachgewiesen werden kann, sind die Feuer, die die Seitenreihen bilden, auf beiden Seiten längs laufend der Mittellinie im Abstand von 60 m aufzustellen, wobei sich das erste Feuer in einem Abstand von 60 m vor der Schwelle befinden muss. Der seitliche Abstand (oder die Spur) zwischen den innersten Feuern der Seitenreihe beträgt mindestens 18 m, nicht mehr als 22,5 m, vorzugsweise 18 m, muss aber in jedem Fall gleich dem der Aufsetzzonenfeuer sein.

Der 150 m vor der Schwelle liegende Querbalken füllt die zwischen den Mittellinien- und Seitenreihenfeuern liegenden Lücken. Der 300 m vor der Schwelle liegende Querbalken erstreckt sich zu beiden Seiten der Mittellinienfeuer bis zu einer Entfernung von 15 m von der Mittellinie. Besteht die Mittellinie jenseits der 300 m vor der Schwelle aus den beschriebenen Feuern, sind zusätzliche Querbalken von Feuern 450 m, 600 m und 750 m vor der Schwelle aufzustellen.

Wenn die zusätzlichen Querbalken in das System einbezogen sind, liegen die äußeren Enden dieser Querbalken in zwei geraden Linien, die entweder parallel zur Mittellinie verlaufen oder zusammenlaufen und 300 m vor der Schwelle auf die Start- und Landebahnmittellinie treffen. Das System muss möglichst in der durch die Schwelle gehenden Horizontalebene liegen, vorausgesetzt dass:

a) kein Objekt, mit Ausnahme von ILS- oder MLS-Kursantennen, durch die Ebene der Anflugfeuer innerhalb einer Entfernung von 60 m von der Mittellinie des Systems hinausragt, und
b) kein Feuer mit Ausnahme von einem Feuer, welches sich im zentralen Teil des Querbalkens oder des Mittellinien-Kurzbalkens befindet, durch ein anfliegendes Luftfahrzeug abgeschirmt wird.

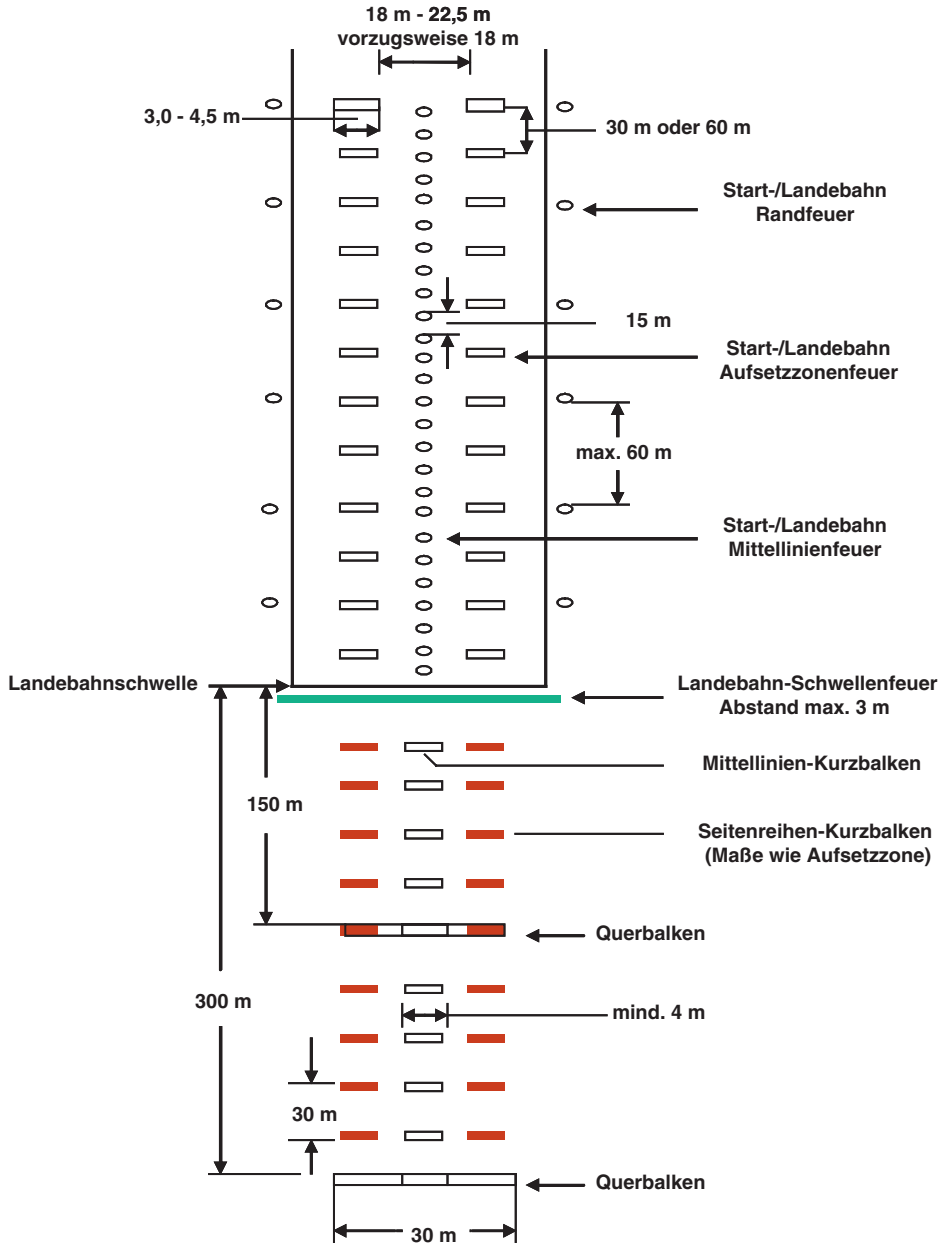


Abb. 28.23 Innere 300 m Anflug- und Start-/Landebahnbefeuerung für Präzisionsanflug-Landebahnen der ICAO Allwetter-Betriebsstufe II und III [146]

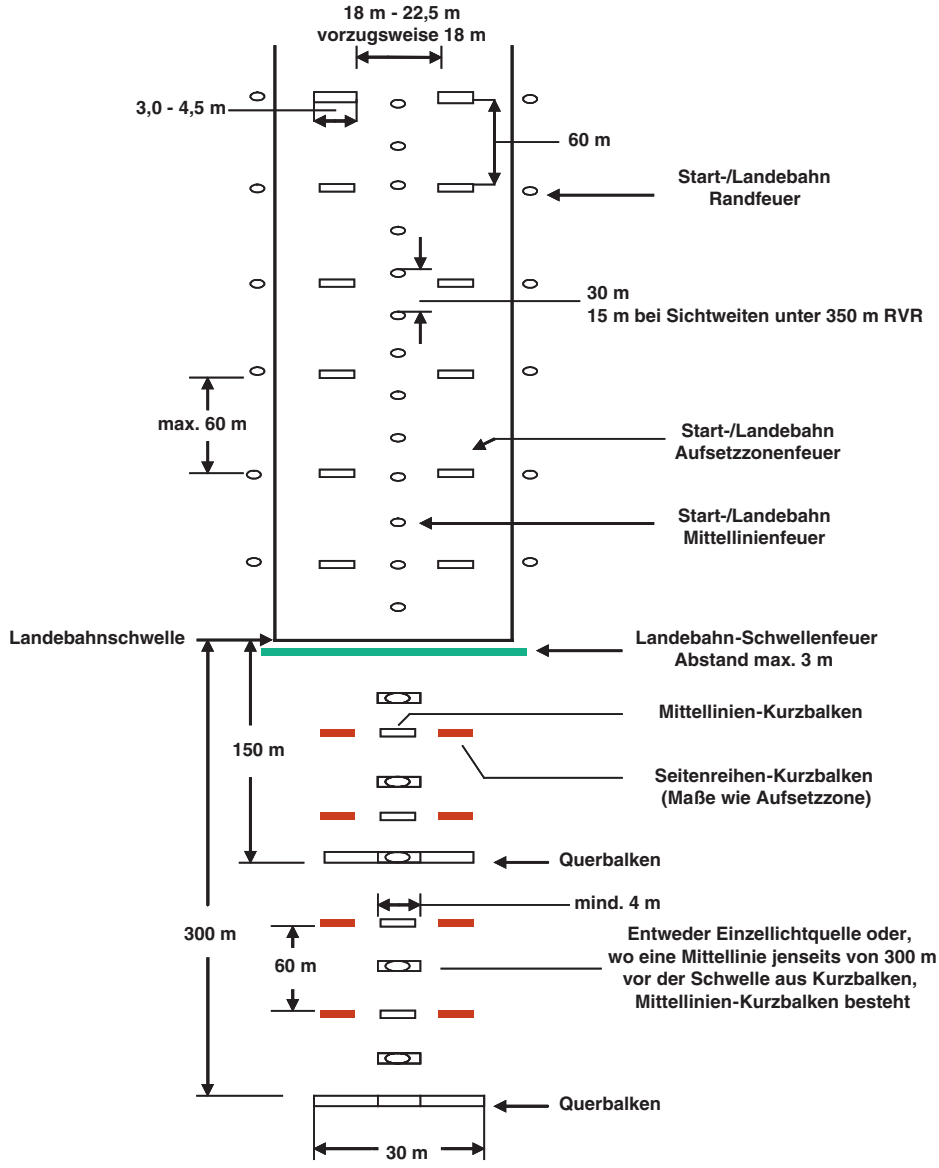


Abb. 28.24 Innere 300 m Anflug- und Start-/Landebahnbefeuerung für Präzisionsnflug-Landebahnen für die ICAO Betriebsstufe II und III, wo die Wartbarkeitsstufen von Höhen, die Gegenstand von spezifizierten Wartungszielen sind, nachgewiesen werden können [146]

Jede ILS- oder MLS-Kursantenne, die durch die Ebene der Anflugfeuer hinausragt, ist als Hindernis zu markieren und entsprechend zu befeuern.

Die Mittellinie einer Präzisionsanflug-Landebahn für die ICAO Allwetter-Betriebsstufe II und III besteht in den ersten 300 m vor der Schwelle aus Kurzbalken, die veränderlich-weiß

abstrahlen. Ist jedoch die Schwelle um 300 m oder mehr versetzt, kann die Mittellinie aus Einzel-Lichtquellen bestehen, die veränderlich-weiß abstrahlen. Wo die Wartbarkeitsstufe der Anflugfeuer, spezifiziert als ein Wartungsziel, nachgewiesen werden kann, besteht die Mittellinie eines Präzisionsanflug-Landebahn-Befeuerungssystems der ICAO Allwetter-Betriebsstufe II und III auf den ersten 300 m vor der Schwelle aus:

a) Kurzbalken, wobei sich die Mittellinie 300 m vor der Schwelle aus Kurzbalken zusammen setzt, und
b) wechselseitig Einzellichtquellen und Kurzbalken, wobei die Mittellinie 300 m vor der Schwelle aus Einzellichtquellen besteht, und die am weitesten innen liegende Einzellichtquelle 30 m, der am weitesten innen liegende Kurzbalken 60 m vor der Schwelle liegt, oder
c) Einzellichtquellen, wobei die Schwelle um 300 m oder mehr versetzt ist.

Alle Feuer strahlen veränderlich-weiß ab. Jenseits der 300 m vor der Schwelle besteht jedes Mittellinienfeuer entweder aus:

a) einem Kurzbalken, wie er für die inneren 300 m verwendet wird, oder
b) zwei Lichtquellen in den mittleren 300 m der Mittellinie, und drei Lichtquellen in den äußeren 300 m der Mittellinie.

Alle Feuer strahlen veränderlich-weiß ab.

Wo die Wartbarkeitsstufe der Anflugfeuer, spezifiziert als ein Wartungsziel, nachgewiesen werden kann, besteht jede Mittellinienfeuerposition 300 m jenseits der Schwelle entweder aus:

a) einem Kurzbalken, oder
b) einer Einzel-Lichtquelle.

Alle Feuer strahlen veränderlich-weiß ab.

Die Kurzbalken sind von mindestens 4 m Länge. Wenn sie aus annähernd punktartigen Lichtquellen bestehen, sind die nebeneinander liegenden Feuer des Kurzbalkens im einheitlichen Abstand von nicht mehr als 1,5 m aufzustellen.

Besteht die Mittellinie jenseits der 300 m vor der Schwelle aus den beschriebenen Kurzbalken, sollte jeder Kurzbalken jenseits der 300 m durch ein Kondensatorentladungsfeuer ergänzt werden, falls eine solche Befeuerung unter Berücksichtigung der Eigenschaften des Systems und der Wetterbedingungen als nötig angesehen wird.

Jedes Kondensatorentladungsfeuer muss zweimal in der Sekunde aufleuchten, beginnend mit dem äußersten Feuer und zur Schwelle der Reihe nach weiterlaufend zum innersten Feuer des Systems. Die elektrische Schaltung ist so auszulegen, dass diese Feuer unabhängig von den anderen Feuern der Anflugbefeuerung betrieben werden können.

Die Seitenreihe besteht aus Kurzbalken, die rot abstrahlen. Die Länge eines Kurzbalkens der Seitenreihe und die Abstände seiner Feuer müssen der der Kurzbalken der Aufsetzzonenfeuer entsprechen. Die Feuer der Querbalken sind veränderlich-weiß abstrahlende fest installiert Feuer. Die Feuer sind in einheitlichen Abständen von nicht mehr als 2,7 m aufzustellen. Die Lichtstärke der roten Feuer muss mit der Lichtstärke der weißen Feuer kompatibel sein (Abb. 28.23 und 28.24). Abbildung 28.25a und b zeigen eine Anflugbefeuerung mit integriertem Blitzfeuer.

28.2.5 Gleitwinkelbefeuerungssysteme

Unter Gleitwinkelbefeuerungssystemen (Visual Approach Slope Indicator System, VASIS) sind optische Landehilfen zu verstehen, die die vertikale Flugwegführung bis hin zum Aufsetzpunkt auf der Landebahn unterstützen. Das Prinzip beruht auf der Weitergabe von farb- und formkodierten Informationen, die über Permanentfeuer abgestrahlt werden.

Der Luftfahrzeugführer erhält eine Information über die Position seines Luftfahrzeuges in Bezug auf den Gleitweg. Befindet er sich nicht auf dem Gleitweg, so erhält er eine optische Information über die Richtung der vertikalen Ablage („zu hoch“ oder „zu tief“), sowie bei einigen Anlagen eine zusätzliche Information über die Größenordnung der Ablage. Die Informationserzeugung basiert auf einer Farbcodierung mit roten und weißen Feuern sowie ggf. zusätzlich auf einer Formcodierung.

Die Gleitwinkelbefeuerungssysteme bestehen meist aus mehreren Zeilen von Feuern. Eine definierte Konfiguration von roten und weißen Feuern gibt dem Luftfahrzeugführer an, ob er sich auf dem Gleitweg befindet. Treten Abweichungen in der Vertikalen auf, so wechseln je nach Richtung der Abweichung und des verwendeten Systems vormals rote Feuer auf weiß und umgekehrt. Maßgeblich für den Wechsel der Farbe sind der Rotfilter und die Sichtlinie des Betrachters d. h. des Luftfahrzeugführers im Anflug.

Durch das Linsen-Reflektorsystem ergibt sich im Zusammenhang mit dem Rotfilter für den Betrachter ein roter und ein weißer Bereich. Die Längsachse des Linsen-Reflektor-Systems ist die Trennlinie zwischen diesen beiden Bereichen. Befindet sich der Betrachter unterhalb dieser Linie, sieht er rotes, oberhalb der Längsachse weißes Licht. Durch die Neigung dieser Achse wird der jeweilige Sichtbereich definiert. Die Zusammenstellung und Kombination der einzelnen Feuer legt den Gleitweg für den Luftfahrzeugführer fest.

Bei der Anwendung von Gleitwinkelbefeuerungssystemen ist darauf zu achten dass, bedingt durch die unterschiedliche Größe (Höhe des Cockpits) der Luftfahrzeuge, die Codierung, welche die Einhaltung des korrekten Gleitweges markiert, verschieden sein kann.

Neben der notwendigen Energieversorgung, einer Vorrichtung zur Steuerung der Lichtintensität der Feuer und einer Systemüberwachung, die an einer zentralen Stelle, meist im Tower, untergebracht ist und über den Ausfall einzelner Feuer informiert, besteht das eigentliche Feuer aus einem Gehäuse mit Haube (1), einer Optik,

Abb. 28.25 **a** Anflugbefeuerung auf einem Mast mit integriertem Blitzfeuer [111], **b** Anflugbefeuerung auf Masten mit integriertem Blitzfeuer [102]

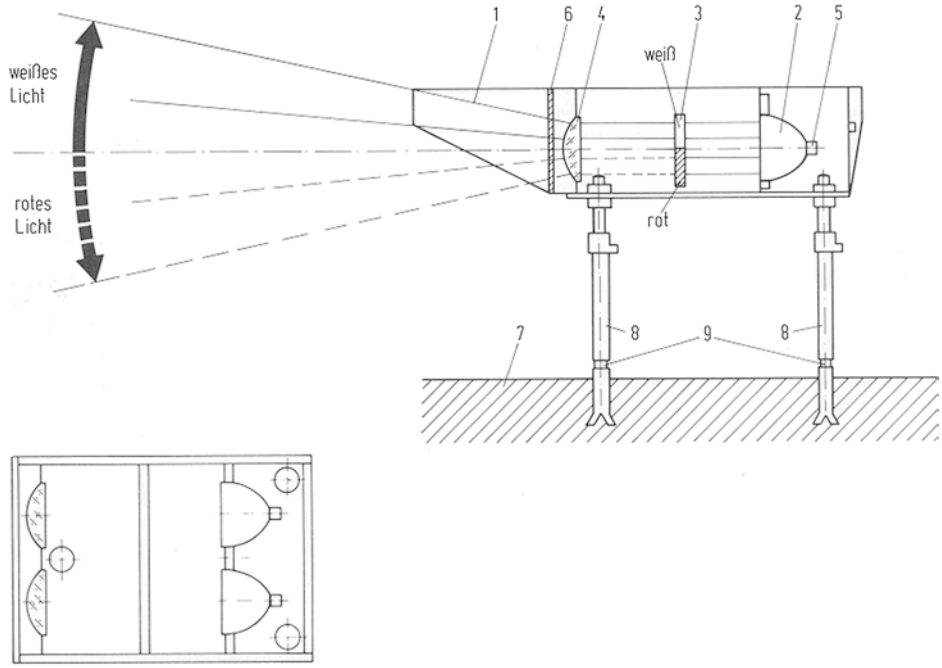


Abb. 28.26 Aufbau eines Visual Approach Slope Indicator System (VASIS) [163]

bestehend aus eloxiertem Reflektor (2), Rotfilter (3), Linse (4), Halogen-Glühlampe (5), Streuscheibe (6) und einem Betonsockel (7), auf dem das Feuer über ein Rohrgestänge (8) mit Bruchkupplung (9) montiert ist. Das Optiksystem ist redundant ausgelegt (Abb. 28.26, 28.27 und 28.28).

Für den Anflug auf eine Landebahn ist, unabhängig davon, ob für die Landebahn andere Sichtanflughilfen oder nichtoptische Hilfen vorhanden sind eine Gleitwinkelbefeuerung vorzusehen, wenn eine oder mehrere der folgenden Bedingungen zu erfüllen sind:

a) Die Landebahn wird von Flugzeugen mit Strahlturbinenantrieb oder von Luftfahrzeugen mit ähnlichen Anforderungen an die Anflugführung benutzt;
b) Der Führer eines Luftfahrzeuges beliebiger Bauart kann Schwierigkeiten beim Abschätzen des Anflugweges haben wegen:
   1) unzureichender optischer Führung, wie sie während eines Anfluges über Wasser der bei fehlenden Geländemarken am Tage oder bei Nichtvorhandensein ausreichender Fremdlichtquellen im Anflugsektor bei Nacht auftritt, oder
   2) irreführender Anzeige, wie sie durch täuschendes umgebendes Gelände oder der Landebahnneigungen entsteht;
c) Das Vorhandensein von Objekten im Anflugsektor kann eine Gefahr darstellen, wenn ein Luftfahrzeug unter den korrekten Anflugweg sinkt, besonders wenn keine nichtoptischen oder anderen optischen Hilfen vorhanden sind, um vor solchen Objekten zu warnen;

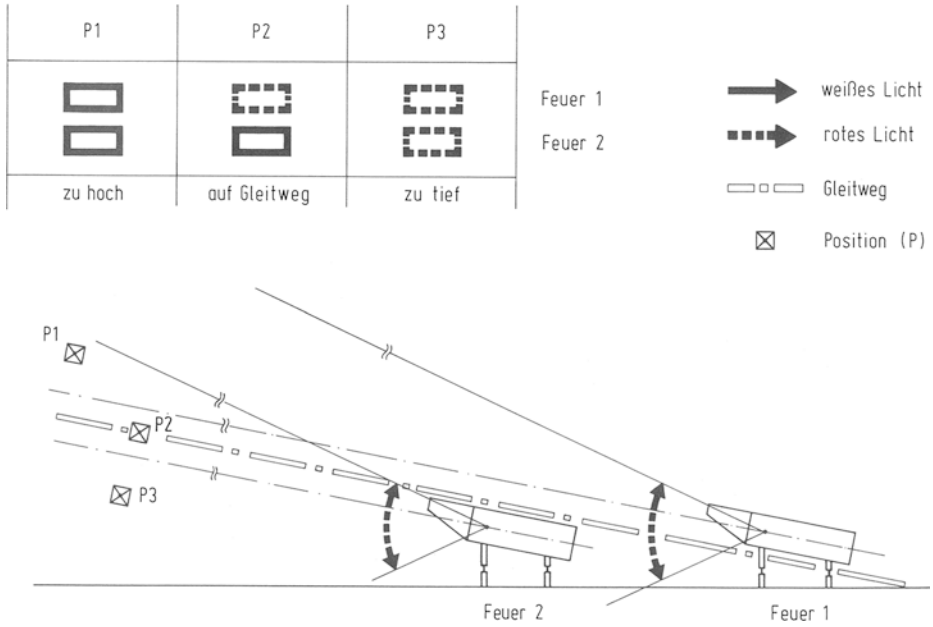


Abb. 28.27 Erzeugung der optischen Gleitweginformation (z. B. 2-Bar VASIS) [163]

Abb. 28.28 Precision Approach Path Indicator (PAPI) [111]

d) die äußeren Bedingungen am Ende der Landebahn stellen eine Gefahr da, wenn ein Luftfahrzeug auf der Landebahn nicht entsprechend aufsetzt, und
e) Gelände oder vorherrschende Wetterverhältnisse lassen erwarten, dass das Luftfahrzeug ggf. während des Anfluges ungewöhnlichen Turbulenzen ausgesetzt ist.

Standard-Gleitwinkelbefeuerungssysteme bestehen aus:

a) T-VASIS und AT-VASIS, oder
b) PAPI- und APAPI-Systemen, (Abb. 28.29).

PAPI, T-VASIS oder AT-VASIS sind bei der Code-Zahl 3 oder 4 einzurichten. PAPI oder APAPI sind bei der Code-Zahl 1 oder 2 einzurichten, wenn eine oder mehrere der vorab genannten Bedingungen zutrifft, oder eine Schwelle versetzt ist.

- *T-VASIS und AT-VASIS*

Das T-VASIS besteht, wie in Abb. 28.29 dargestellt, aus zwanzig Feuereinheiten, die symmetrisch zur Start-/Landebahn-Mittellinie liegen und in Form von zwei Außenketten aus je vier Feuereinheiten angeordnet sind, die in ihrer Mitte durch Längsreihen von sechs Feuern in zwei Teile geteilt werden.

Das AT-VASIS besteht aus zehn Feuereinheiten, die auf einer Seite der Start-/Landebahn in Form einer einzelnen Außenkette aus vier Feuereinheiten angeordnet sind, die in ihrer Mitte durch eine Längsreihe von sechs Feuern in zwei Teile

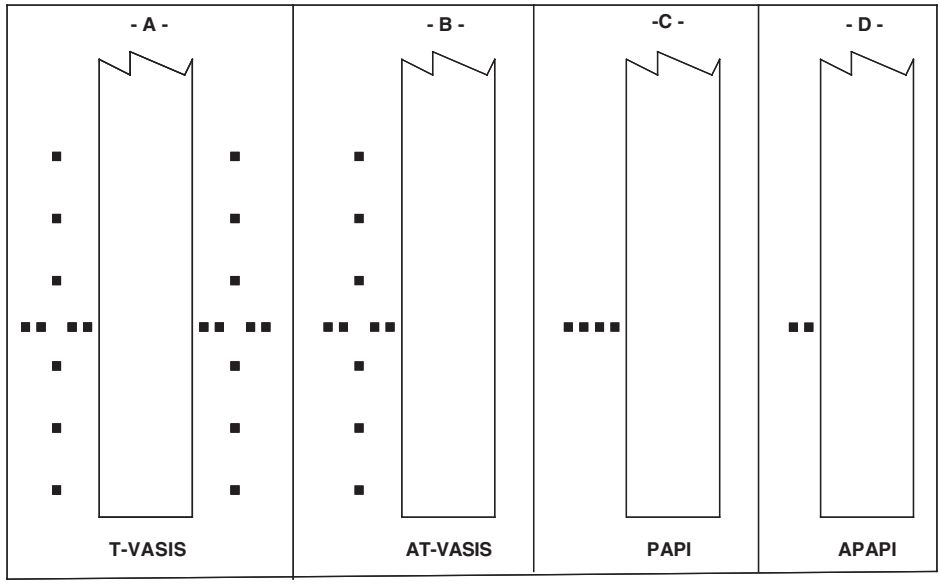


Abb. 28.29 Gleitwinkelbefeuerungssysteme [146]

geteilt wird. Die Feuereinheiten müssen so ausgelegt und angeordnet sein, dass der Luftfahrzeugführer während eines Anfluges:

a) wenn er sich oberhalb des Gleitweges befindet, die Außenkette(n) (weiß) und ein, zwei oder drei „fliege-niedriger"-Feuer (weiß) sieht. Je mehr „fliege-niedriger"-Feuer sichtbar sind, um so höher befindet sich der Luftfahrzeugführer (das Luftfahrzeug) oberhalb des Gleitweges (des Gleitwinkels);
b) wenn er sich auf dem korrekten Gleitweg befindet, die Außenkette(n) (weiß) sieht, und
c) wenn er sich unterhalb des Gleitweges befindet, die Außenkette(n) (rot) und ein, zwei oder drei „fliege-höher"-Feuer (rot) sieht. Je mehr „fliege-höher"-Feuer sichtbar sind, um so weiter befindet sich das Luftfahrzeug unterhalb des Gleitweges, und wenn das Luftfahrzeug noch weiter unterhalb des Gleitwinkels ist, sieht der Luftfahrzeugführer die Außenkette(n) (rot) und die drei „Fliege-höher"-Feuer (rot).

Wenn sich das Luftfahrzeug auf oder oberhalb des Gleitweges befindet, darf kein Feuer der „fliege-höher"-Feuereinheiten sichtbar sein. Wenn sich das Luftfahrzeug auf oder unterhalb des Gleitweges befindet, darf kein Feuer der „Fliege-niedriger"-Feuereinheiten sichtbar sein.

Die Lage des T-VASIS ergibt einen Gleitwinkel von 3 Grad und eine Soll-Augenhöhe über der Schwelle von 15 m, d. h. eine Augenhöhe des Luftfahrzeugführers über der Schwelle von 13–17 m, wenn nur die Außenkettenfeuer sichtbar ist. Ist eine höhere Augenhöhe über der Schwelle erforderlich (um ausreichenden Radabstand zur Landebahn sicherzustellen), dann können Anflüge nach Sicht auf ein oder mehrere „fliege-niedriger"-Feuer durchgeführt werden. Die Augenhöhe des Luftfahrzeugführers über der Schwelle liegt dann in den folgenden Größenordnungen (Tab. 28.4):

- *Eigenschaften der Feuereinheiten*

Die Systeme müssen sowohl für Tag- als auch Nachtflugbetrieb geeignet sein. Die Lichtverteilung des Lichtbündels einer jeden Feuereinheit muss fächerförmig sein und über einen weiten Azimutbogen in die Anflugrichtung abstrahlen. Die Feuereinheiten der Außenketten müssen ein Lichtbündel von weißem Licht von einem Vertikalwinkel von 1 Grad 54′ bis zu einem Vertikalwinkel von 6 Grad und ein Lichtbündel von rotem Licht von 0 Grad bis zu einem Vertikalwinkel von 1 Grad 54′ erzeugen. Die „fliege-niedriger"-Feuer müssen ein weißes Lichtbündel von einer Erhebung von 6 Grad bis zum Gleitweg herunter erzeugen, wo das Lichtbündel scharf abgeschnitten sein muss. Die

Tab. 28.4 Größenordnung der Augenhöhe des Flugzeugführers beim T-VASIS [146]

Außenkettenfeuer und ein „fliege niedriger" Feuer sichtbar	17–22 m
Außenkettenfeuer und zwei „fliege niedriger" Feuer sichtbar	22–28 m
Außenkettenfeuer und drei „fliege niedriger" Feuer sichtbar	28–54 m

„fliege-höher"-Feuereinheiten müssen ein weißes Lichtbündel vom Gleitweg bis hinunter zu einem Vertikalwinkel von 1 Grad 54′, und ein rotes Lichtbündel unterhalb des Vertikalwinkels von 1 Grad 54′ erzeugen. Der Winkel der oberen Begrenzung des roten Lichtbündels in den Außenkettenfeuereinheiten und den „fliege-höher"-Feuereinheiten kann vergrößert werden. Der Farbübergang von rot zu weiß in der Vertikalebene muss für einen Beobachter in einer Entfernung von mindestens 300 m über einen Vertikalwinkel von nicht mehr als 15′ erkennbar sein. Abbildung 28.30 zeigt die Lage der Feuereinheiten für ein T-VASIS.

Folgende Festlegung ist möglich:

a) die für die Gleitwinkelanzeige festgelegte Soll-Augeshöhe über der Schwelle kann im Grenzbereich zwischen 12 m und 16 m verändert werden, ausgenommen in Fällen, in denen ein Standard-ILS-Gleitweg u./o. MLS-Mindestgleitweg vorhanden ist. In diesen Fällen sollte die Höhe über der Schwelle so angepasst werden, dass keine Widersprüche zwischen der optischen Gleitwinkelanzeige und dem nutzbaren Teil der ILS-Gleitweganzeige u./o. der MLS-Mindestgleitweganzeige zu verzeichnen sind;
b) der Längsabstand zwischen den einzelnen Feuereinheiten der Gesamtlänge des Systems darf um nicht mehr als 10 % verändert werden;
c) der seitlichen Abstand des Systems vom Start- und Landebahnrand darf um nicht mehr als ±3 m verändert werden.
Das System muss symmetrisch zur Start- und Landebahnmittellinie angeordnet werden.
d) bei Vorhandensein einer Längsneigung des Bodens ist der Längsabstand einer Feuereinheit anpassen, um ihren Höhenunterschied zur Schwelle auszugleichen, und
e) bei Vorhandensein einer Querneigung des Bodens ist der Längsabstand von zwei Feuereinheiten oder zwei Außenketten anpassen, um den Höhenunterschied zwischen ihnen auszugleichen, soweit dies notwendig ist, um die Regularien zu erfüllen.

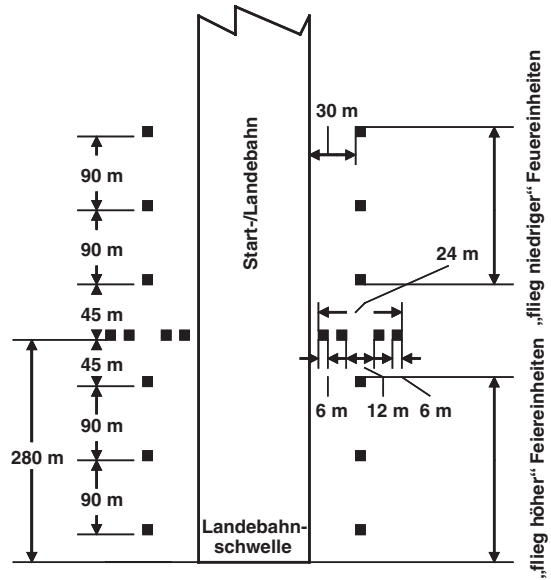


Abb. 28.30 Lage der Feuereinheiten für T-VASIS [146]

Der Abstand zwischen der Außenkette und der Schwelle basiert auf einem Gleitwinkel von 3 Grad bei einer horizontalen Start-/Landebahn mit einer Soll-Augenhöhe des Luftfahrzeugführers über der Schwelle von 15 m. In der Praxis wird der Abstand zwischen der Schwelle und der Außenkette bestimmt durch:

a) den gewählten Gleitwinkel,
b) die Längsneigung der Start-/Landebahn, und
c) die gewählte Soll-Augenhöhe des Luftfahrzeugführers über der Schwelle.

Bei voller Lichtstärke darf das rote Licht eine Y-Koordinate höchstens 0,320 cd betragen. Es ist eine geeignete Lichtstärkeregelung vorzusehen, um Anpassungen an die vorherrschenden Bedingungen zu ermöglichen und eine Blendung des Luftfahrzeugführers während Anflug und Landung zu vermeiden. Die Feuereinheiten, die die Außenketten oder ein Paar der „fliege-niedriger"-Feuer oder der „fliege-höher"-Feuer bilden, sind so aufzustellen, dass sie dem Luftfahrzeugführer eines anfliegenden Luftfahrzeuges im wesentlichen als in einer horizontalen Linie liegend erscheinen. Die Feuereinheiten sind so niedrig wie möglich aufzustellen und müssen ausreichend leicht und brechbar sein, so dass sie keine Gefahr für Luftfahrzeuge darstellen. Die Feuereinheiten müssen so gebaut sein, dass Ablagerungen wie Kondensation, Schmutz usw. auf optisch leitenden oder reflektierenden Oberflächen die Lichtsignale so wenig wie möglich beeinträchtigen und in keiner Weise die Erhebungswinkel der Lichtbündel oder den Kontrast zwischen den roten und weißen Lichtquellen beeinflussen. Die Feuereinheiten müssen so konstruiert sein, dass die Wahrscheinlichkeit einer vollständigen oder teilweisen Abdeckung der Lichtquellen durch Schnee oder Eis minimiert wird.

- *Gleitwinkel und Einstellung der Erhebungswinkel von Lichtbündeln*

Wenn die Start-/Landebahn, an der ein T-VASIS vorhanden ist, mit einem ILS u./o. MLS ausgerüstet ist, müssen Lage und Erhebungswinkel der Feuereinheiten gewährleisten, dass der optische Gleitwinkel mit dem elektronischen Gleitweg des ILS u./o. dem Mindestgleitwinkel des MLS übereinstimmt.

Die Erhebung der Lichtbündel der Feuereinheiten der Außenketten auf beiden Seiten der Start-/Landebahn muss der gleiche sein. Die Erhebung der oberen Begrenzung des Lichtbündels der „fliege-höher"-Feuereinheit, die der jeweiligen Außenkette am nächsten liegt, und die der unteren Begrenzung des Lichtbündels der „fliege-niedriger"-Feuereinheit, die der jeweiligen Außenkette am nächsten liegt, müssen gleich sein und dem Gleitwinkel entsprechen. Der Winkelwert der oberen Begrenzung der Lichtbündel aufeinander folgender „fliege-höher"-Feuereinheiten muss bei der aufeinander folgenden Einheit in Richtung von der Außenkette weg um 5 Bogenminuten im Erhebungswinkel abnehmen. Der Winkelwert der unteren Begrenzung der Lichtbündel der „fliegniedriger"-Feuereinheiten muss bei jeder aufeinander folgenden Einheit in Richtung von der Außenkette weg um 7 Bogenminuten zunehmen.

Die Einstellung der Erhebungswinkel der oberen Begrenzung der roten Lichtbündel der Außenkette und der „fliege-höher"-Feuereinheiten muss gewährleisten, dass der

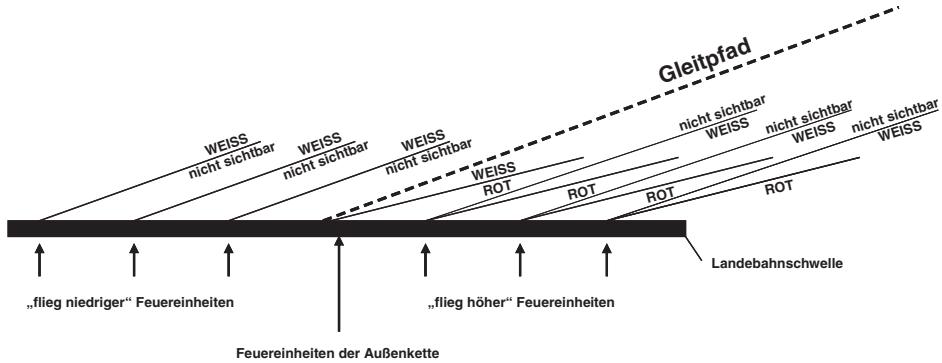


Abb. 28.31 Lichtbündel und Einstellung des Erhebungswinkels von T-VASIS und AT-VASIS [146]

Luftfahrzeugführer, für den während des Anfluges die Außenkette und drei „fliege-höher“-Feuereinheiten sichtbar sind, alle Hindernisse im Anflugsektor in einem sichern Abstand überfliegt, falls keines dieser Feuer rot erscheint (Abb. 28.31).

Die Azimutausbreitung des Lichtbündels ist entsprechend zu begrenzen, wenn sich herausstellt, dass ein außerhalb der Hindernisfreifläche des Systems, aber innerhalb der seitlichen Begrenzungen des Lichtbündels liegendes Objekt über die Ebene der Hindernisfreifläche hinausragt und eine luftfahrttechnische Untersuchung ergibt, dass das Objekt die Sicherheit des Flugbetriebs gefährden könnte. Die Begrenzung ist so zu bemessen, dass das Objekt außerhalb der Umgrenzung des Lichtbündels verbleibt.

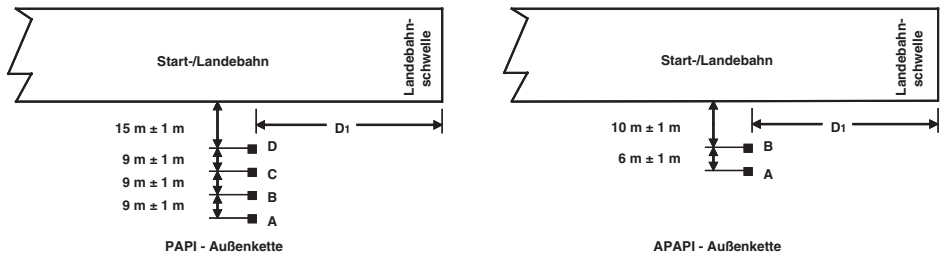


Abb. 28.32 Aufstellungstoleranzen T-VASIS und AT-VASIS [146]

Die Aufstellungstolleranzen für ein PAPI-/APAPI-System zeigt Abb. 28.32.

Anmerkungen zu den Aufstellungstolleranzen:

a) Wird ein PAPI oder APAPI an einer nicht mit einer mit ILS oder MLS ausgerüsteten Start-/Landebahn aufstellt, ist der Abstand D**1** so zu berechnen, dass die niedrigste Höhe, in der ein Luftfahrzeugführer eine korrekte Gleitwinkelanzeige erhält (Winkel B für PAPI und Winkel A für APAPI, vgl. Abb. 28.31), dem Luftfahrzeug mit den

Tab. 28.5 Radabstand von der Schwelle für PAPI und APAPI [146]

Auge-Rad-Abstand des Luftfahrzeugs in Anflugkonfiguration [a]	Erwünschter Radabstand (m) [b, c]	Mindest-Radabstand (m) [d]
<3 m	6	3 [e]
3 < 5 m	9	4
5 < 8 m	9	5
8 < 14 m	9	6

Anmerkungen

[a] Bei der Wahl der Auge-Rad-Abstandsgruppe sind nur Luftfahrzeugmuster zu berücksichtigen, die das System regelmäßig zu nutzen beabsichtigen. Unter diesen bestimmt das Luftfahrzeugmuster mit den höchsten Anforderungen die Auge-Rad-Abstandsgruppe

[b] Es sind möglichst die in Spalte (2) genannten erwünschten Radabstände zu gewähren

[c] Die Radabstände in Spalte (2) können höchstens auf die in Spalte (3) angegebenen Werte verringert werden, wenn eine luftfahrttechnische Untersuchung ergibt, dass die verringerten Radabstände nicht sicherheitsrelevant sind

[d] Wird an einer versetzten Schwelle ein verringerter Radabstand akzeptiert, so ist sicherzustellen, dass der in Spalte (2) festgelegte Radabstand gegeben ist, wenn ein von der oberen Grenze der entsprechenden Auge-Rad-Abstandsgruppe betroffenes Luftfahrzeugmuster das äußerste Ende der Landebahn überfliegt

[e] Dieser Radabstand kann auf Landebahnen, die hauptsächlich von nicht strahlgetriebenen Leichtflugzeugen benutzt werden, auf 1,5 m verringert werden

höchsten Anforderungen unter denen die Start-/Landebahn regelmäßig benutzenden Luftfahrzeugen, den in Tab. 28.5 festgelegten Radabstand von der Schwelle gewährt.

b) Wird ein PAPI oder APAPI an einer mit einem ILS u./o. MLS ausgerüsteten Start-/Landebahn installiert, so ist der Abstand D**1** so zu berechnen, dass hinsichtlich der Auge-Antennen-Abstände der die Start-/Landebahn regelmäßig benutzenden Luftfahrzeuge die größtmögliche Abstimmung zwischen den beiden Anflugsystemen erreicht wird. Der Abstand muss gleich dem zwischen der Schwelle und dem nutzbaren Beginn des ILS-Gleitweges oder des MLS-Mindestgleitweges sein, zuzüglich eines Korrekturfaktors für die Unterschiede der Auge-Antennen-Abstände der einzelnen Luftfahrzeuge. Der Korrekturfaktor ergibt sich aus der Multiplikation der durchschnittlichen Auge- Antennen-Höhen der Luftfahrzeuge mit dem Kotangens des Anflugwinkels. Der Abstand muss jedoch so groß sein, dass der Radabstand von der Schwelle in keinem Falle kleiner ist als der in Spalte (3) von Tab. 28.5 angegebene Wert.

c) Wenn für bestimmte Luftfahrzeuge ein größerer Radabstand erforderlich ist als in a) festgelegt, kann dies durch Vergrößerung des Maßes D**1** erreicht werden.

d) Der Abstand D**1** ist auch entsprechend anzupassen, um Höhenunterschiede zwischen den Linsenmittelpunkten der Feuereinheiten und der Schwelle auszugleichen.

e) Um sicherzustellen, dass die Einheiten so niedrig wie möglich aufgestellt werden, und zur Berücksichtigung von Querneigungen, sind kleine Höhenregulierungen von

bis zu 5 cm zwischen den Einheiten zulässig. Ein seitlicher Neigungsgradient von nicht mehr als 1,25 % ist zulässig, vorausgesetzt, er wird einheitlich auf alle Einheiten angewendet.

f) Bei der Code-Zahl 1 und 2 sollten Abstände von 6 m (±1 m) zwischen PAPI-Einheiten eingehalten werden. In diesem Falle ist die innere PAPI-Einheit nicht weniger als 10 m (±1 m) vom Start- und Landebahnrand entfernt aufzustellen. Kleinere Abstände zwischen den Feuereinheiten führen zu einer Verringerung der nutzbaren Reichweite des Anflugsystems.
g) Der seitliche Abstand zwischen den APAPI-Einheiten kann auf 9 m (±1 m) vergrößert werden, wenn eine größere Reichweite erforderlich, oder die spätere Umwandlung in ein vollständiges PAPI-System vorgesehen ist. Im letzteren Falle ist die innere APAPI-Einheit 15 m (±1 m) vom Start- und Landebahnrand entfernt aufzustellen.

- *PAPI und APAPI*

Das PAPI-System besteht aus einer Außenkette von 4 Feuereinheiten mit Mehrfachlampen (oder gepaarten Einzellampen) mit scharfem Farbübergang, die in gleichem Abstand voneinander angebracht sind. Das System befindet sich, außer wenn dies wegen der örtlichen Gegebenheiten nicht möglich ist, auf der linken Seite der Start-/Landebahn. Wenn eine Start-/Landebahn von Luftfahrzeugen benutzt wird, die eine optische Anflugführung benötigen, die durch andere äußere Hilfsmittel nicht gegeben ist, kann eine zweite Außenkette auf der gegenüberliegenden Seite der Start-/Landebahn installiert werden.

Das APAPI-System besteht aus einer Außenkette von 2 Feuereinheiten mit Mehrfachlampen (oder gepaarten Einzellampen) mit scharfem Farbübergang. Das System befindet sich, außer wenn dies wegen örtlichen Gegebenheiten nicht möglich ist, auf der linken Seite der Start-/Landebahn. Wenn eine Landebahn von Luftfahrzeugen benutzt wird, die eine optische Anflugführung benötigen, die durch andere äußere Hilfsmittel nicht gegeben ist, dann kann eine zweite Außenkette auf der gegenüberliegenden Seite der Landebahn installiert werden. Die Außenkette eines PAPI ist so auszulegen und anzuordnen, dass der Luftfahrzeugführer während seines Anfluges folgende Informationen bekommt:

a) befindet das Luftfahrzeug auf dem korrekten Gleitweg, ist die Information der beiden der Landebahn am nächsten gelegenen Feuereinheiten „rot“, die der beiden von der Landebahn entfernt gelegenen Feuereinheiten „weiß“;
b) befindet sich das Luftfahrzeug oberhalb des Gleitweges, zeigt die der Landebahn am nächsten gelegene Feuereinheit „rot“, die drei von der Landebahn entfernt gelegenen Feuereinheiten „weiß“. Wenn sich das Luftfahrzeug weit oberhalb des Gleitweges befindet, zeigen alle Feuereinheiten „weiß“;
c) befindet sich das Luftfahrzeug unterhalb des Gleitwegs, zeigen die drei der Landebahn am nächsten gelegenen Einheiten „rot“, die von der Landebahn entfernt gelegene

Einheit „weiß“. Befindet sich das Luftfahrzeug weit unterhalb des Gleitpfades, zeigen alle Feuereinheiten „rot“.

Die Außenkette eines APAPI ist so auszulegen und anzuordnen, dass der Luftfahrzeugführer während seines Anfluges folgende Informationen erhält:

a) wenn sich das Luftfahrzeug auf dem korrekten Gleitweg befindet, zeigt die der Landebahn nähere Feuereinheit „rot“, die von der Landebahn weiter entfernte Feuereinheit „weiß“;
b) wenn sich das Luftfahrzeug oberhalb des Gleitweges befindet, zeigen beide Feuereinheiten „weiß“;
c) wenn sich das Luftfahrzeug unterhalb des Gleitweges befindet, zeigen beide Feuereinheiten „rot“.

Die Lage der Feuereinheiten muss, unter Berücksichtigung der Aufstellungstoleranzen, der in Abb. 28.32 dargestellten Grundkonfiguration entsprechen. Die eine Außenkette bildenden Feuereinheiten sind so aufzustellen, dass sie dem Luftfahrzeugführer eines anfliegenden Luftfahrzeuges im wesentlichen als in einer horizontalen Linie liegend erscheinen. Die Feuereinheiten sind so niedrig wie möglich aufzustellen und müssen ausreichend leicht und brechbar sein, so dass sie keine Gefahr für Luftfahrzeuge darstellen.

- *Eigenschaften der Feuereinheiten*

Das System muss sowohl für Tag- als auch für Nachtbetrieb geeignet sein. Der Farbübergang in der Vertikalebene von „rot“ zu „weiß“ muss für einen Beobachter in einer Entfernung von mindestens 300 m innerhalb eines Vertikalwinkels von nicht mehr als 3′ erkennbar sein. Bei voller Lichtstärke darf das rote Licht eine Koordinate höchstens den Wert 0,320 erreichen. Eine geeignete Lichtstärkeregelung ist vorzusehen, um eine Anpassung an die vorherrschenden meteorologischen Bedingungen zu ermöglichen und eine Blendung des Luftfahrzeugführers während Anflug und Landung auszuschließen.

Jede Feuereinheit muss in der Erhebung einstellbar sein, so dass die untere Grenze des weißen Teils des Lichtbündels in jedem gewünschten Erhebungswinkel zwischen 1 Grad 30′ und mind. 4 Grad 30′ über der Horizontalen eingestellt werden kann. Die Feuereinheiten müssen so gebaut sein, dass Ablagerungen wie Kondensation, Schnee, Eis, Schmutz usw. auf die optisch leitenden oder reflektierenden Oberflächen der Lichtsignale möglichst nicht beeinträchtigend wirken und den Kontrast zwischen den roten und weißen Lichtsignalen sowie die Erhebung des Übergangsektors nicht beeinflussen.

- *Gleitwinkel und Einstellung der Erhebungswinkel von Feuereinheiten*

Der in Abb. 28.33 festgelegte Gleitwinkel ist den Luftfahrzeugmustern anzupassen, die das System als Anflughilfe nutzen. Wenn die Landebahn mit einem ILS u./o. MLS ausgerüstet ist, müssen Lage und Erhebungswinkel der Feuereinheiten gewährleisten, dass der Gleitwinkel mit dem Gleitweg des ILS u./o. dem Minimumgleitwinkel des MLS übereinstimmt. Die Einstellungen der Erhebungswinkel der Feuereinheiten einer PAPI-Außenkette müssen gewährleisten, dass der Luftfahrzeugführer, der während eines Anfluges ein Signal von einmal „weiß“ und dreimal „rot“ wahrnimmt, alle

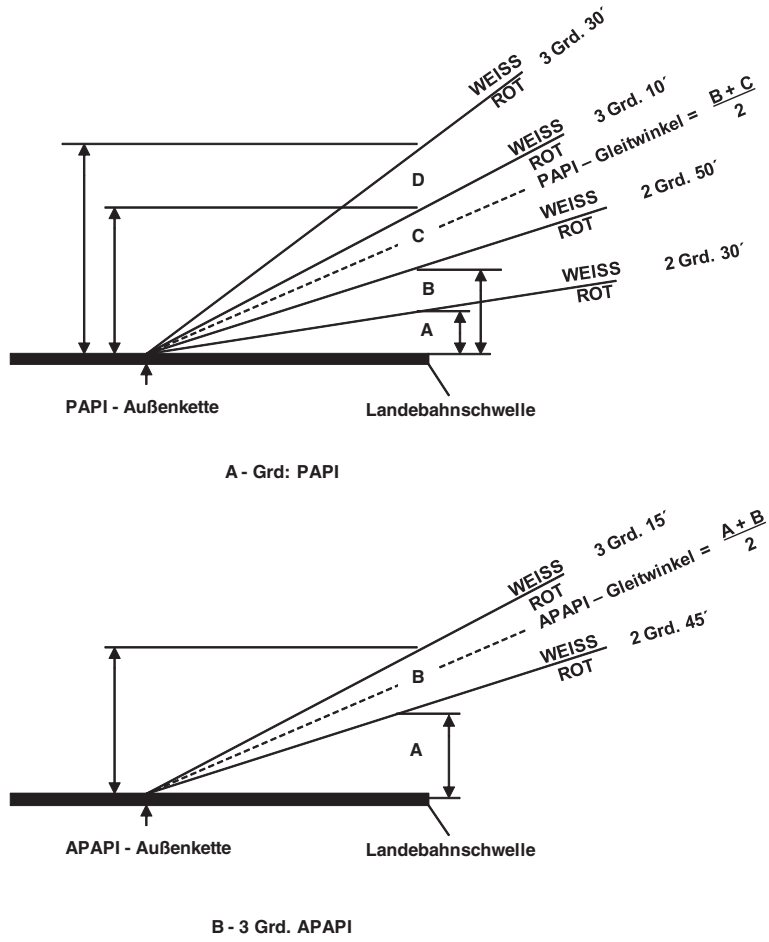


Abb. 28.33 Lichtbündel und Einstellung der Erhebungswinkel bei PAPI und APAPI [146]

Objekte im Anflugsektor in einem sicheren Abstand überfliegt (Hindernisfreiheit). Auch die Einstellungen der Erhebungswinkel der Feuereinheiten einer APAPI-Außenkette müssen gewährleisten, dass der Luftfahrzeugführer, der während seines Anfluges die unterste Gleitwinkelanzeige, d. h. eine weiße und eine rote Anzeige wahrnimmt, alle Objekte im Anflugsektor in einem sicheren Abstand überfliegt (Hindernisfreiheit). Die Azimutausbreitung des Lichtbündels ist entsprechend zu begrenzen. Bei Objekten, die außerhalb der Hindernisfreifläche des PAPI- oder APAPI-Systems, aber innerhalb der seitlichen Begrenzungen des Lichtbündels liegen und über die Ebene der Hindernisfreifläche hinausragen, ist eine luftfahrttechnische Untersuchung durchzuführen, die feststellt, ob das Objekt die Sicherheit des Flugbetriebs gefährden könnte.

Die Begrenzung ist normalerweise so zu bemessen, dass das Objekte außerhalb der Umgrenzung des Lichtbündels verbleiben.

Wo zur Rollführung auf beiden Seiten der Start-/Landebahn Außenketten installiert sind, sind die einander entsprechenden Einheiten im selben Winkel einzustellen, so dass die Signale beider Außenketten gleichzeitig und symmetrisch wechseln.

Hindernisfreiflächen sind einzurichten, wenn beabsichtigt ist, eine Gleitwinkelbefeuerung zu installieren. Die Eigenschaften von Hindernisfreiflächen, d. h. Beginn, Divergenz, Länge und Neigung, müssen den Daten der Tab. 28.6 und Abb. 28.34 entsprechen.

Neue Objekte oder Aufstockungen vorhandener Objekte dürfen oberhalb einer Hindernisfreifläche nur zugelassen werden, wenn nach Ansicht der zuständigen Behörde das neue Objekt oder die Aufstockung durch ein vorhandenes stationäres Objekt abgeschattet würde. Vorhandene Objekte oberhalb einer Hindernisfreifläche sind zu entfernen, es sei denn, dass nach Ansicht der zuständigen Behörde das Objekt durch ein vorhandenes stationäres Objekt abgeschattet würde oder nach luftfahrttechnischer Untersuchung feststeht, dass das Objekt die Sicherheit des Flugbetriebs nicht gefährden würde. Wenn eine luftfahrttechnische Untersuchung ergibt, dass ein vorhandenes, über

Tab. 28.6 Abmessungen und Neigungen der Hindernisfreifläche [146]

Landebahn								
	Sichtanflug				Instrumenten-Anflug			
Code-Zahl	1	2	3	4	1	2	3	4
Länge des Innenrandes	60 m	80 m	150 m	150 m	150 m	150 m	300 m	300 m
Abstand von der Schwelle	30 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m	60 m
Divergenz (jede Seite)	10 %	10 %	10 %	10 %	15 %	15 %	15 %	15 %
Gesamtlänge	7.500 m	7.500 m	15.000 m	15.000 m	7.500 m	7.500 m	15.000 m	15.000 m
Neigung:								
[a] T-VASIS u. ….AT-VASIS	– [c]	1,9°	1,9°	1,9°	–	1,9°	1,9°	1,9°
[b] PAPI (d)	–	A-0,57°	A-0,57°	A-0,57°	A-0,57°	A-0,57°	A-0,57°	A-0,57°
[c] APAPI (d)	A-0,9°	A-0,9°	–	–	A-0,9°	A-0,9°	–	–

Anmerkung

[a] Diese Länge ist für ein T-VASIS oder AT-VASIS auf 150 m zu erhöhen

[b] Diese Länge ist für ein T-VASIS oder AT-VASIS auf 15.000 m zu erhöhen

[c] Es wurde keine Neigung angegeben, da die Benutzung eines Systems auf/bei der angegebenen Landebahn/Code-Zahl unwahrscheinlich ist

[d] Erhebungswinkel (A, B, C, D) vgl. Abb. 28.33

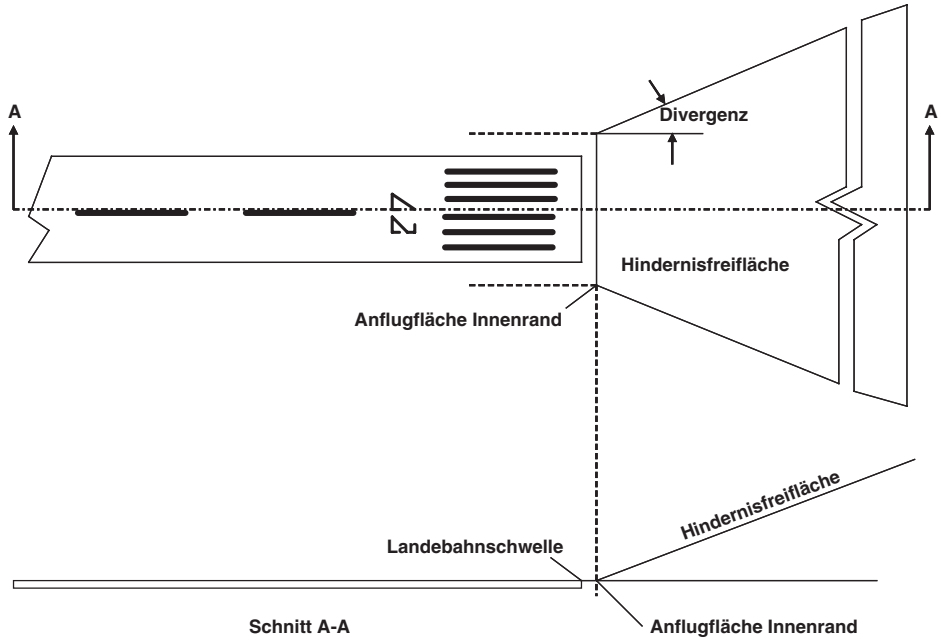


Abb. 28.34 Hindernisfreifläche für Gleitwinkelbefeuerungen [146]

die Hindernisschutzfläche hinausragendes Objekt den Flugbetrieb gefährden könnte, sind ggf. folgende Maßnahmen zu ergreifen:

a) entsprechende Anhebung des Gleitwinkels des Systems;
b) Verringerung der Azimutspreizung des Systems, so dass das Objekt außerhalb der Begrenzungen des Lichtbündels verbleibt;
c) Verlegung der Achse des Systems und der dazugehörigen Hindernisfreifläche um höchstens 5 Grad;
d) entsprechende Versetzung der Schwelle; und
e) Wenn d) nicht durchführbar ist, ist eine entsprechende Verlegung des Systems in Anflugrichtung zu prüfen, um die Schwellenüberflughöhe um den Betrag (m) anzuheben, um den das Objekt in die Hindernisfreifläche hineinragt.

28.2.6 Platzrundenführungsfeuer

Es sollten Platzrundenführungsfeuer vorhanden sein, wenn die vorhandenen Anflug- und Start-/Landebahn-Befeuerungssysteme einem in der Platzrunde fliegenden Luftfahrzeug unter den Bedingungen, unter denen die Start-/Landebahn für Platzrundenanflüge

genutzt werden soll, keine ausreichende Identifizierung der Start-/Landebahn u./o. des Anflugsektors bieten. Die Lage und Anzahl der Platzrundenführungsfeuer sollte so gewählt werden, dass ein Luftfahrzeugführer in der Lage ist, jeweils:

a) auf den Gegenanflugteil einzufliegen oder seinen Kurs über Grund im erforderlichen Abstand von der Start-/Landebahn nach dieser auszurichten und an sie anzugleichen und die Schwelle im Vorbeiflug zu erkennen, und
b) die Sicht auf die Schwelle u./o. andere Merkmale, die es ihm ermöglichen, unter Beachtung der durch andere optische Hilfen gegebenen Führung das Erfliegen des Queranflugteils und den Endanflug durchzuführen, zu beurteilen.

Platzrundenführungsfeuer sollten bestehen aus:

a) Feuern, die die verlängerte Mittellinie der Start-/Landebahn u./o. Teile des jeweiligen Anflugbefeuerungssystems anzeigen, oder
b) Feuern, die die Lage der Start- und Landebahnschwelle anzeigen, oder
c) Feuern, die die Richtung oder Lage der Start-/Landebahn anzeigen,

oder aus einer Kombination derartiger Feuer, die der betroffenen Start-/Landebahn entsprechen.

Platzrundenführungsfeuer sollten als Fest- oder Blitzfeuer über eine Lichtstärke und einem Streubereich verfügen, welche(r) für die Sichtbedingungen und Umgebungslichtverhältnisse, in denen Platzrundenanflüge durchgeführt werden sollen, hinreichend sind. Die Blitzfeuer als sollten weiße Feuer ausgelegt werden. Die Festfeuer sollten entweder als weiße Feuer oder als Gasentladungsfeuer ausgelegt werden. Es ist darauf zu achten, dass die Feuer einen zur Landung anfliegenden, startenden oder rollenden Luftfahrzeugführer nicht blenden oder bzgl. der Orientierung irritieren.

28.2.7 Befeuerungssystem für die Anflugführung zur Landebahn

Ein Befeuerungssystem für die Anflugführung zur Landebahn sollte vorgesehen werden, wenn es beispielsweise aufgrund des Terrains oder zur Einhaltung lärmoptimierter Flugwege erforderlich ist, eine optische Führung auf einem festgelegten Anflugweg zu geben. Ein Befeuerungssystem für die Anflugführung zur Start-/Landebahn sollte aus Gruppen von Feuern bestehen, die so installiert sind, dass sie den gewünschten Anflugweg kennzeichnen und jede Feuergruppe von der vorherigen Feuergruppe aus gesehen werden kann. Der Abstand zwischen benachbarten Feuergruppen sollte kleiner als 1.600 m sein.

Befeuerungssysteme für die Anflugführung zu einer Landebahn können gerade, gekrümmt, oder in Kombination der Varianten ausgeführt werden. Ein Befeuerungssystem für die Anflugführung zu einer Landebahn sollte sich von einem festzulegenden

bestimmten Ort bis zu einem Ort erstrecken, an dem die vorhandene Anflugbefeuerung oder die Landebahn oder die Landebahnbefeuerung in Sicht ist.

Jede Gruppe von Feuern eines Befeuerungssystems für die Anflugführung zur Landebahn sollte aus mindestens drei Blitzfeuern in linearer oder gebündelter Anordnung bestehen. Das Befeuerungssystem kann durch Festfeuer ergänzt werden, wenn solche Feuer zur Erkennung des Systems beitragen. Die Blitzfeuer sollten als weiße Feuer, die Festfeuer als Gasentladungsfeuer ausgeführt sein. Die Blitzfeuer sollten nacheinander in Richtung auf die Start-/Landebahn Lichtblitze abgeben.

28.2.8 Schwellenkennfeuer

Schwellenkennfeuer sollten:

a) an der Schwelle einer Nichtpräzisionsanflug-Landebahn vorgesehen werden, wenn eine zusätzliche Erkennbarkeit der Schwelle notwendig ist oder andere Anflugbefeuerungen nicht installiert werden können, und
b) dort, wo eine Landebahnschwelle vom äußersten Ende einer Landebahn dauerhaft oder zeitweilig versetzt wurde und somit eine zusätzliche Erkennbarkeit der Landebahnschwelle notwendig ist.

Schwellenkennfeuer müssen symmetrisch zur Start-/Landebahn-Mittellinie in einer Linie mit der Schwelle und etwa 10 m außerhalb jeder Reihe der Start- und Landebahnrandfeuer liegen. Schwellenkennfeuer sollten als weiße Blitzfeuer mit einer Häufigkeit von 60–120 Blitzen je Minute ausgeführt sein. Die Feuer dürfen nur in der Anflugrichtung zur Landebahn sichtbar sein.

Einstrahlig gerichtete Konfiguration dienen zur Markierung von Anflug, Anflugseitenreihe, Überrollfläche, Schwelle und Startbahnende (Abb. 28.35 und 28.36).

28.2.9 Start-/Landebahn-Randfeuer

Start-/Landebahn-Randfeuer müssen für den Nachtflugbetrieb auf einer Start-/Landebahn oder für eine für die Nutzung bei Tag oder Nacht bestimmte Präzisionsanflug-Landebahn vorhanden sein. Start-/Landebahn-Randfeuer sollten auf einer Startbahn vorgesehen werden, die für Starts bei einer Mindestsichtweite unterhalb einer RVR von 800 m bei Tage bestimmt ist. Start-/Landebahn-Randfeuer sind über die gesamte Länge der Start-/Landebahn anzuordnen, und zwar in zwei Reihen parallel zu und mit gleichem Abstand von der Mittellinie. Start-/Landebahn-Randfeuer sind entlang den Rändern des Bereichs, der für die Benutzung als Start- und Landebahn bestimmt ist, oder außerhalb der Ränder des Bereichs in einer Entfernung von nicht mehr als 3 m anzuordnen. Beträgt die Breite des Bereichs, der als Start-/Landebahn bestimmt werden

Abb. 28.35 Beispiel Schwellenkennfeuer (1) [111]

Abb. 28.36 Beispiel Schwellenkennfeuer (2) [111]

könnte, mehr als 60 m, so sollte der Abstand zwischen den Reihen der Feuer unter Berücksichtigung der Art des Flugbetriebs, der Merkmale der Lichtverteilung der Start- und Landebahnrandfeuer und anderer optischer Systeme, die der Erkennung der Start-/Landebahn dienen, festgelegt werden.

Die Feuer sind für eine Instrumenten-Landebahn in Reihen mit gleichmäßigen Abständen von nicht mehr als 60 m, und für eine Sichtanflug-Landebahn in Abständen von nicht mehr als 100 m anzuordnen. Gegenüberliegende Feuer müssen auf einer Linie liegen, die die Start- und Landebahnachse im rechten Winkel schneidet. An Kreuzungen von Start-/Landebahnen können Feuer optional in unregelmäßigen Abständen angeordnet werden, wenn sie zu einer angemessenen Rollführung (Orientierung) beitragen. Start- und Landebahnrandfeuer sind als veränderlich-weiße Festfeuer ausgelegt, ausgenommen dass:

a) im Falle einer versetzten Schwelle die Feuer, die zwischen dem Anfang der Start-/Landebahn und der versetzten Schwelle liegen, in die Anflugrichtung rot abstrahlen müssen, und
b) ein Feuerabschnitt von 600 m Länge oder einem Drittel der Start-/Landebahn, je nachdem, welcher der kleinere Wert ist, kann an dem Ende der Start-/Landebahn, gegenüberliegend dem Startlaufbeginn, in der Farbe Gelb abstrahlen.

Die Start-/Landebahn-Randfeuer strahlen in die Azimutwinkel ab, die erforderlich sind, um einem Luftfahrzeugführer, der in einer der beiden Richtungen landet oder startet, mit einer Führungsinformation zu unterstützen. Wenn die Start- und Landebahnrandfeuer die Platzrundenführung unterstützen sollen, müssen sie rundum abstrahlen.

Die Start-/Landebahn-Randfeuer strahlen azimutabhängig in alle Winkel bis 15 Grad oberhalb der Horizontalen ab. Ihre Lichtstärke muss entsprechend der Sicht- und Umgebungslichtverhältnisse hinreichend sein, in denen beabsichtigt ist, die Start-/Landebahn für Starts oder Landungen zu nutzen. In jedem Fall muss die Lichtstärke mindestens 50 cd betragen, ausgenommen auf einem Flugplatz ohne Fremdlichtquellen, wobei dann die Lichtstärke der Feuer auf bis zu 25 cd herabgesetzt werden kann, um eine Blendwirkung der Luftfahrzeugführer zu vermeiden.

28.2.10 Schwellen- und Außenkettenfeuer

Schwellenfeuer sind an einer mit Start-/Landebahn-Randfeuern ausgerüsteten Start-/Landebahn anzubringen. Ausgenommen sind Sichtanflug- oder Nichtpräzisionsanflug-Landebahnen mit versetzter Schwelle und Außenkettenfeuern (Abb. 28.37). Wenn eine Schwelle am äußersten Ende einer Start-/Landebahn liegt, müssen die Schwellenfeuer in einer Linie rechtwinklig zur Start- und Landebahnachse so nahe wie möglich am äußersten Start- und Landebahnende, und in jedem Falle nicht mehr als 3 m außerhalb des äußersten Endes liegen. Wenn eine Schwelle vom äußersten Ende einer Start-/

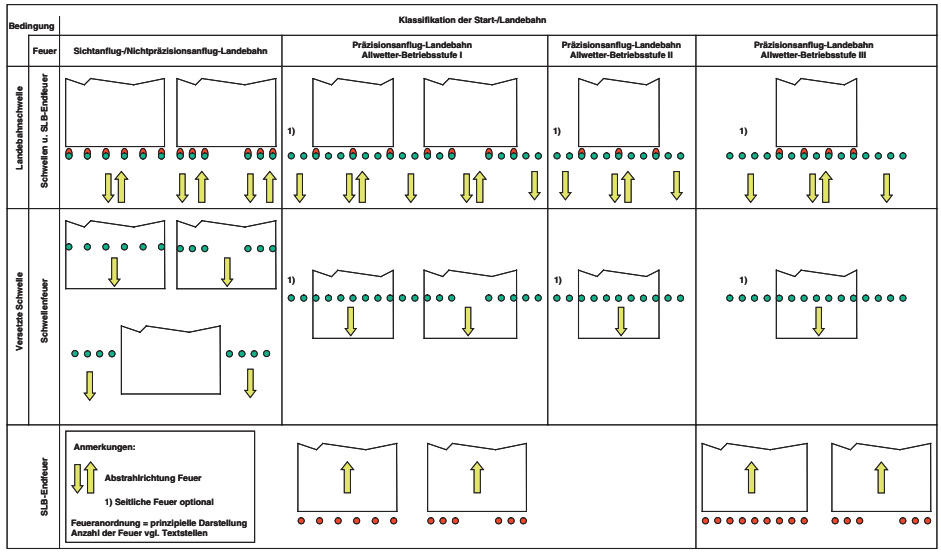


Abb. 28.37 Anordnung von Schwellen- und Start-/Landebahn-Endfeuern [146]

Landebahn versetzt ist, müssen die Schwellenfeuer in einer Linie rechtwinklig zur Start- und Landebahnachse an der versetzten Schwelle liegen.

Die Schwellenbefeuerung besteht:

a) bei einer Sichtanflug- oder Nichtpräzisionsanflug-Landebahn aus mindestens 6 Feuern;
b) bei einer Präzisionsanflug-Landebahn der ICAO Allwetter-Betriebsstufe I aus mindestens der Anzahl von Feuern, die erforderlich wäre, wenn die Feuer gleichmäßig in Abständen von 3 m zwischen den Reihen der Start- und Landebahnrandfeuer ange ordnet wären, und
c) bei einer Präzisionsanflug-Landebahn der ICAO Allwetter-Betriebsstufe II oder III aus gleichmäßig zwischen den Reihen der Start- und Landebahnrandfeuer in Abständen von nicht mehr als 3 m angeordneten Feuern.

Die Feuer sollten entweder:

a) in gleichmäßigen Abständen zwischen den Reihen der Start- und Landebahnrandfeuer angeordnet sein, oder
b) symmetrisch zur Start- und Landebahnmittellinie in zwei Gruppen angeordnet sein. Die Abstände in jeder Gruppe sollten gleich sein, mit einer Lücke zwischen den Gruppen, die gleich der Spur einer vorhandenen Aufsetzzonenmarkierung, oder andernfalls nicht größer als die Hälfte des Abstandes zwischen den Reihen der Start- und Landebahnrandfeuer ist.

Außenkettenfeuer sollten auf einer Präzisionsanflug-Landebahn angebracht werden, wenn eine zusätzliche Erkennbarkeit erforderlich ist. Außenkettenfeuer sind auf einer Sichtanflug- oder Nichtpräzisionsanflug-Landebahn anzubringen, wenn die Schwelle versetzt ist und Schwellenfeuer erforderlich, aber nicht vorhanden sind. Außenkettenfeuer sind symmetrisch zur Start-/Landebahn-Mittellinie in Höhe der Schwelle in zwei Gruppen, d. h. Außenketten, anzuordnen. Jede Außenkette wird aus mindestens fünf Feuern gebildet, die sich über mindestens 10 m von der Reihe der Start-/Landebahn-Randfeuer nach außen und im rechten Winkel dazu erstrecken, wobei das innerste Feuer einer jeden Außenkette in einer Linie mit den Start-/Landebahn-Randfeuern liegt.

Schwellen- und Außenkettenfeuer sind einseitig gerichtete Festfeuer, die in die Richtung des Anfluges auf die Landebahn Grün abstrahlen. Lichtstärke und Streubereich der Feuer müssen für die Sichtbedingungen und Umgebungslichtverhältnisse hinreichend sein, die den Nutzungsbedingungen der Start-/Landebahn zugrunde liegen.

28.2.11 Start-/Landebahn-Endfeuer

Start-/Landebahn-Endfeuer sind an einer mit Start-/Landebahn-Randfeuern ausgerüsteten Start-/Landebahn anzubringen (Abb. 28.38). Wenn sich die Schwelle am äußersten Ende der Start-/Landebahn befindet, können die als Schwellenfeuer dienenden Feuer als Start-/Landebahn-Endfeuer verwendet werden. Start-/Landebahn-Endfeuer müssen in einer Linie rechtwinklig zur Start- und Landebahnachse so nahe wie möglich am Ende der Start-/Landebahn und in keinem Falle mehr als 3 m jenseits des Endes liegen. Die Start-/Landebahn-Endbefeuerung sollte aus mindestens sechs Feuern bestehen. Die Feuer sollten entweder:

a) in gleichmäßigen Abständen zwischen den Reihen der Start-/Landebahn-Randfeuer angeordnet sein, oder
b) symmetrisch zur Start-/Landebahn-Mittellinie in zwei Gruppen angeordnet sein, mit gleichen Abständen in jeder Gruppe und mit einer Lücke zwischen den Gruppen, die nicht größer ist als die Hälfte des Abstandes zwischen den Reihen der Start-/Landebahn-Randfeuer.

Bei einer Präzisionsanflug-Landebahn für die ICAO Allwetter-Betriebsstufe III sollte der Abstand zwischen Start-/Landebahn-Endfeuern 6 m nicht überschreiten, ausgenommen zwischen den beiden innersten Feuern, wenn eine Lücke vorgesehen ist.

Start-/Landebahn-Endfeuer sind einseitig gerichtete Festfeuer, die in Richtung der Start-/Landebahn rot abstrahlen. Lichtstärke und Streubereich der Feuer müssen für die Sichtbedingungen und Umgebungslichtverhältnisse hinreichend sein, in denen die Nutzung der Start-/Landebahn beabsichtigt ist.

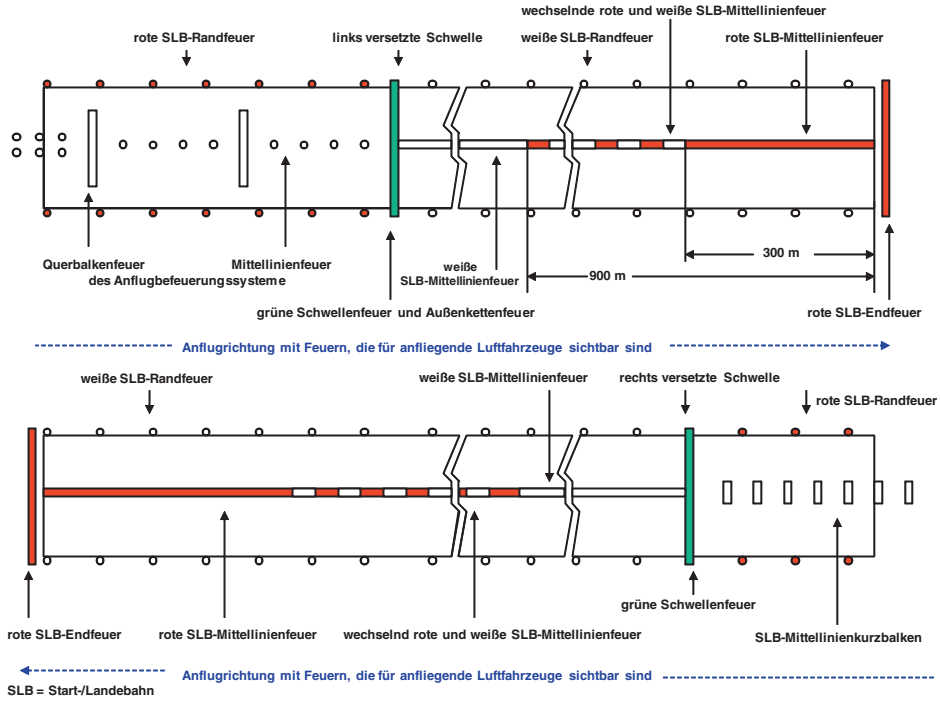


Abb. 28.38 Anflug- und Start-/Landebahnfeuer für Start-/Landebahnen mit versetzten Schwellen [146]

28.2.12 Start-/Landebahn-Mittellinienfeuer

Start-/Landebahn-Mittellinienfeuer sind auf einer Präzisionsanflug-Landebahn für die ICAO Allwetter-Betriebsstufen II oder III anzubringen. Start-/Landebahn-Mittellinienfeuer sollten auf einer Präzisionsanflug-Landebahn für die Allwetter-Betriebsstufe I insbesondere dann angebracht werden, wenn die Landebahn von Luftfahrzeugen mit hohen Landegeschwindigkeiten genutzt wird, oder wenn der Abstand zwischen den Start-/Landebahn-Randfeuern größer als 50 m ist. Start/Landebahn-Mittellinienfeuer sind auf einer Startbahn anzubringen, die für Starts bei einer Mindestsichtweite unterhalb einer Runway Visual Range (RVR) von 400 m bestimmt ist.

Start-/Landebahn-Mittellinienfeuer sollten auf einer Startbahn angebracht werden, die für Starts mit einer Mindestsichtweite von einer RVR gleich 400 m oder darüber bestimmt ist, wenn sie von Luftfahrzeugen mit einer sehr hohen Startgeschwindigkeit genutzt wird, besonders wenn der Abstand zwischen den Start-/Landebahn-Randfeuern größer als 50 m ist. Start-/Landebahn-Mittellinienfeuer sind entlang der Mittellinie der Start-/Landebahn zu installieren. Die Feuer können jedoch einheitlich zu einer Seite der Start-/Landebahn-Mittellinie um bis zu 60 cm versetzt werden, wenn es nicht möglich

ist, sie entlang der Mittellinie anzuordnen. Die Feuer sind von der Schwelle bis zum Ende der Start-/Landebahn in einheitlichen Abständen von ca. 15 m anzuordnen. Wo die Wartbarkeitsstufe der Anflugfeuer spezifiziert als ein Wartungsziel nachgewiesen werden kann, und die Start-/Landebahn für Sichtflugbedingungen von 350 m oder mehr vorgesehen ist, kann der längsseitige Abstand ca. 30 m betragen. Bestehende Start-/Landebahn-Mittellinienfeuer, die einen Abstand von 7,5 m aufweisen, müssen nicht ersetzt werden.

Die Mittellinienführung für Starts am Beginn einer Startbahn sollte, auch bei einer versetzten Schwelle, gegeben sein durch:

a) ein Anflugbefeuerungssystem, wenn seine Eigenschaften und Lichtstärkeeinstellungen die beim Start erforderliche Führung gewährleisten, und der Luftfahrzeugführer eines startenden Luftfahrzeuges nicht geblendet wird, oder
b) Start-/Landebahn-Mittellinienfeuer, oder
c) Kurzbalken von mindestens 3 m Länge, wie in Abb. 28.38 dargestellt, die in einheitlichen Längsabständen von 30 m angeordnet und so beschaffen sind, dass ihre photometrischen Eigenschaften und ihre Lichtstärkeeinstellungen die beim Start erforderliche Führung gewährleisten, ohne den Luftfahrzeugführer eines startenden Luftfahrzeuges zu blenden.

Falls notwendig, sollten Vorkehrungen getroffen werden, um die in b) genannten Mittellinienfeuer abzuschalten oder die Lichtstärke der Anflugbefeuerung abzumindern, wenn die Start-/Landebahn für Landungen benutzt wird. Auf keinen Fall sollten vom Beginn der Start-/Landebahn bis zu einer versetzten Schwelle nur die aus Einzel-Lichtquellen bestehenden Mittellinienfeuer abstrahlen, wenn die Start-/Landebahn für Landungen benutzt wird.

Start-/Landebahn-Mittellinienfeuer sind Festfeuer, die von der Schwelle bis zu einem Ort von 900 m vom Start- und Landebahnende veränderlich-weiß abstrahlen, abwechselnd rot und veränderlich-weiß von 900 m bis 300 vom Start- und Landebahnende und rot von 300 m bis zum Start- und Landebahnende. Ausgenommen hiervon sind Start-/Landebahnen von weniger als 1.800 m Länge, deren abwechselnd rote und veränderlich-weißen Feuer sich von der Mitte der für die Landung nutzbaren Landebahn bis zu 300 m vom Start- und Landebahnende erstrecken.

Bei der Planung des elektrischen Systems ist darauf zu achten, dass der Ausfall eines Teiles des elektrischen Systems zu keiner irreführenden Information in Bezug auf die verbleibende Start-/Landebahnlänge ergibt.

28.2.13 Aufsetzzonenfeuer

Aufsetzzonenfeuer sind in der Aufsetzzone einer Präzisionsanflug-Landebahn für die ICAO Betriebsstufe II oder III anzubringen. Aufsetzzonenfeuer müssen sich vor der

Schwelle über einen Längsabstand von 900 m erstrecken, mit Ausnahme von auf Start-/Landebahnen von weniger als 1.800 m Länge. Bei solchen Start-/Landebahnen ist das System zu verkürzen, so dass es nicht über die Mitte der Start-/Landebahn hinausgeht. Das Muster wird durch Paare von Kurzbalken gebildet, die symmetrisch zur Start- und Landebahnmittellinie angeordnet sind. Der seitliche Abstand zwischen den innersten Feuern eines Kurzbalkenpaares ist gleich dem für die Aufsetzzonenmarkierungen gewählten seitlichen Abstand. Der Längsabstand zwischen den Kurzbalkenpaaren muss 30 m oder 60 m betragen.

Um den Flugbetrieb bei geringen Sichtweiten zu ermöglichen, kann es erforderlich sein, einen Längsabstand von 30 m zwischen den Kurzbalken zu wählen. Ein Kurzbalken besteht aus mindestens drei Feuern im Abstand von nicht mehr als 1,5 m zwischen den Feuern. Ein Kurzbalken sollte zwischen 3 m und 4,5 m lang sein. Aufsetzzonenfeuer sind einseitig gerichtete Festfeuer, die veränderlich-weiß abstrahlen.

28.2.14 Schnellabrollweg-Hinweisfeuer

Die Einrichtung von Schnellabrollweg-Hinweisfeuern (RETILS) dient dem Zweck, die Luftfahrzeugführer mit einer Entfernungsinformation (Distance-to-go) zum nächsten Schnellabrollweg der Start-/Landebahn zu versorgen, situationsbezogenes Bewusstsein bei geringen Sichtweiten zu fördern und die Luftfahrzeugführer in die Lage zu versetzen, das Luftfahrzeug effizient zu abzubremsen und die geforderten Abrollgeschwindigkeiten zu erreichen. Dabei ist es bedeutsam, dass Luftfahrzeugführer, die an einem Flugplatz mit (einer) Start-/Landebahn(en), welche über Schnellabrollweg-Hinweisfeuer verfügt (verfügen), operieren, über den Zweck dieser Feuer informiert sind. Schnellabrollweg-Hinweisfeuer sollten auf Start-/Landebahnen, die für die Nutzung bei Sichtweiten von weniger als 350 m RVR u./o. hohen Verkehrsaufkommen eingerichtet sind, installiert werden. Schnellabrollweg-Hinweisfeuer dürfen im Falle einer Fehlfunktion eines Feuers oder einer Fehlfunktion des Systems, welche die vollständige Anzeige des Feuermusters, wie in Abb. 28.39 dargestellt, verhindert oder verfälscht, nicht mehr betrieben werden. Eine Reihe von Schnellabrollweg-Hinweisfeuern muss auf der Start-/Landebahn auf derselben Seite der Start-/Landebahn-Mittellinie wie der dazugehörige Schnellabrollweg, eingerichtet werden. In jeder Reihe sind die Feuer in einem Abstand von 2 m anzubringen und das Feuer, welches sich am nächsten zur Start-/Landebahn-Mittellinie befindet, muss 2 m von dieser versetzt installiert sein. Wo mehr als ein Schnellabrollweg auf einer Start-/Landebahn existiert, dürfen sich die Reihen der Schnellabrollweg-Hinweisfeuer je Abrollweg nicht überlappen. Schnellabrollweg-Hinweisfeuer bestehen aus einseitig gerichteten Festfeuern, die in die Richtung des Anfluges auf die Landebahn gelb abstrahlen.

Schnellabrollweg-Hinweisfeuer sollten über einen separaten Stromkreis verfügen, der nicht die übrigen Start-/Landebahn-Befeuerungssysteme versorgt, so dass diese Feuer betrieben werden können, wenn andere Feuer abgeschaltet sind.

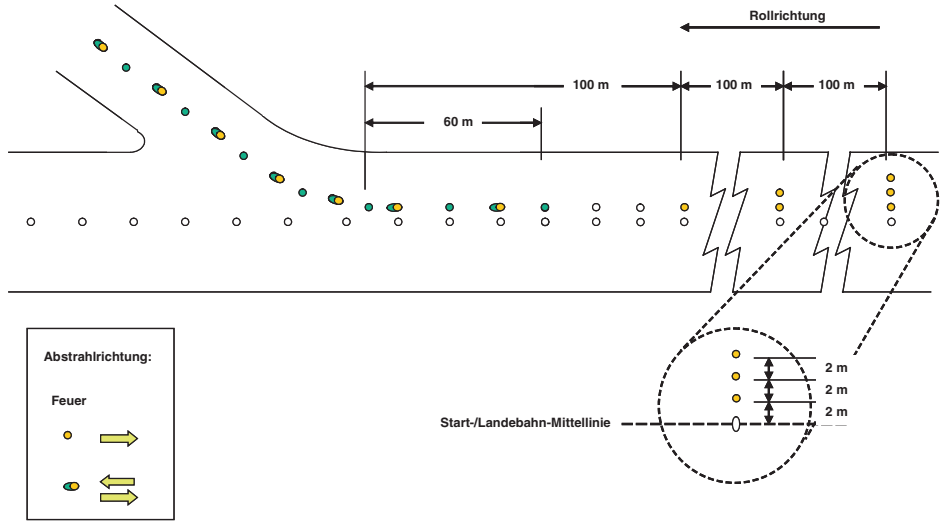


Abb. 28.39 Schnellabrollbahn-Hinweisfeuer [146]

28.2.15 Stoppbahnfeuer

Stoppbahnfeuer sind an einer Stoppbahn anzubringen, die für die Nutzung bei Nacht vorgesehen ist. Stoppbahnfeuer sind auf der gesamten Länge der Stoppbahn in zwei parallelen Reihen in gleichem Abstand von der Mittellinie und in Verlängerung der Start- und Landebahnrandfeuer anzuordnen. Stoppbahnfeuer sind ebenfalls quer am Ende einer Stoppbahn in einer Linie rechtwinklig zur Stoppbahnachse nahe dem Ende der Stoppbahn in ca. 3 m jenseits des Endes der Stoppbahn anzuordnen. Stoppbahnfeuer sind einseitig gerichtete Festfeuer, die in Start- und Landebahnrichtung rotes Licht abstrahlen.

28.2.16 Rollbahn-Mittellinienfeuer

Rollbahn-Mittellinienfeuer sind auf Abrollbahnen, Rollbahnen und Vorfeldern, die zur Nutzung bei Sichtweiten unter 350 m bestimmt sind, so anzubringen, dass sie die kontinuierliche Rollführung von der Start- und Landebahnmittellinie bis zu der Position auf dem Vorfeld gewährleisten, die dem Luftfahrzeug als Standplatz dient. Diese Feuer sind nicht erforderlich, wenn das Verkehrsaufkommen niedrig ist und Rollbahn-Randfeuer und Mittellinienmarkierungen eine ausreichende Rollführung bieten. Rollbahn-Mittellinienfeuer sollten auf einer Rollbahn, die für die Nutzung bei Nacht und bei Sichtweiten von 350 m oder darüber bestimmt ist, insbesondere an Rollbahnkreuzungen und an Abzweigungen vorhanden sein,

außer wenn das Verkehrsaufkommen niedrig ist und Rollbahn-Randfeuer und Mittellinienmarkierungen eine ausreichende Rollführung bieten. Wo notwendig, sind die Ränder einer Rollbahn, Schnellabrollbahn, oder auch einer schmalen Rollbahn bei Schneebelag zu kennzeichnen. Dies kann durch Rollbahn-Randfeuer oder Marker geschehen. Rollbahn-Mittellinienfeuer sollten auf einer Abrollbahn, einer Rollbahn, einer Enteisungseinrichtung und dem Vorfeld bei jeglichen Sichtverhältnissen, wenn sie als Teil eines Bodenrollführungssystems (Advanced Surface Movement Guidance and Control System (ASMGCS) spezifiziert wurden, vorhanden sein, so dass eine kontinuierliche Rollführung zwischen der Start-/Landebahn-Mittellinie und den Luftfahrzeugstandplätzen möglich ist. Rollbahn-Mittellinienfeuer sind auf einer Start-/Landebahn, die für die Benutzung bei Sichtverhältnissen von unter 350 m vorgesehen ist, einzurichten, es sei denn, das Verkehrsaufkommen ist gering und die Rollbahn-Randfeuer sowie die Mittellinienmarkierung sind für die Rollführung ausreichend.

Rollbahn-Mittellinienfeuer auf einer Rollbahn, die keine Abrollbahn und keine Start-/Landebahn ist, sind als grüne Festfeuer mit Streubereichen ausgelegt, die gewährleisten, dass die Feuer nur von Luftfahrzeugen aus sichtbar sind, die sich auf oder in der Nähe der Rollbahn befinden. Rollbahn-Mittellinienfeuer auf einer Abrollbahn sind ebenfalls Festfeuer. Diese Rollbahn-Mittellinienfeuer strahlen wechselnd grünes oder gelbes Licht von ihrem Beginn nahe der Start-/Landebahn-Mittellinie bis zur äußeren Begrenzung der allgemeinen/erweiterten ILS-/MLS-Schutzzone oder bis zum unteren Rand der inneren Übergangsfläche ab, je nachdem, welcher Punkt am weitesten von der Start-/Landebahn entfernt ist. Danach strahlen alle Feuer die Farbe Grün ab (Abb. 28.40). Das der äußeren Begrenzung am nächsten gelegene Feuer muss stets Gelb abstrahlen. Die Feuer müssen zweiseitig ausgerichtet sein, wenn die Rollbahn in beiden Richtungen durch Luftfahrzeuge genutzt wird. Alle Rollbahn-Mittellinienfeuer müssen für die sich der Start-/Landebahn nähernden Luftfahrzeuge stets Grün abstrahlen. Bei der Begrenzung der Lichtverteilung der grünen Feuer auf oder in der Nähe einer Start-/Landebahn ist darauf zu achten, dass eine Verwechslung mit Schwellenfeuern ausgeschlossen ist.

Die Größe der allgemeinen/erweiterten ILS-/MLS-Schutzzone hängt von den Eigenschaften des betreffenden ILS/MLS und den lokalen Gegebenheiten ab.

Rollbahn-Mittellinienfeuer sollten gewöhnlich auf der Rollbahn-Mittellinienmarkierung installiert werden. Sie können jedoch um bis zu 30 cm versetzt werden, wenn es nicht möglich ist, sie auf der Markierung anzuordnen.

Auf geraden Rollbahnabschnitten sollten die Längsabstände zwischen den Rollbahn-Mittellinienfeuern höchstens 30 m betragen, außer

a) wenn aufgrund der vorherrschenden Wetterverhältnisse auch durch größere Abstände von bis zu 60 m eine ausreichende Rollführung gegeben ist,
b) auf kurzen, geraden Abschnitten, wo die Abstände unter 30 m liegen, und
c) auf Rollbahnen, die bei Start- und Landebahnsichtweiten unter 350 m benutzt werden sollen, darf der Längsabstand nicht mehr als 15 m betragen.

Abb. 28.40 Rollbahnbefeuerung [146]

Rollbahn-Mittellinienfeuer in einer Rollbahnkurve sollten vom geraden Abschnitt der Rollbahn in gleich bleibender Entfernung vom äußeren Rand der Rollbahnkurve fortgeführt werden. Die Feuer sollten in Abständen angeordnet werden, die eine deutliche Anzeige der Kurve gewährleisten.

Auf einer Rollbahn, die bei Start- und Landebahnsichtweiten unter 350 m genutzt werden soll, sollte der Abstand zwischen den Feuern in einer Rollbahnkurve nicht mehr als 15 m betragen. In einer Kurve mit einem Radius von weniger als 400 m sollte der Abstand zwischen den Feuern nicht mehr als 7,5 m betragen. Dieser Abstand sollte über 60 m vor und hinter der Rollbahnkurve beibehalten werden. Für die Abstände in Rollbahnkurven, die als geeignet für eine Rollbahn angesehen werden, die bei Sichtweiten von 350 m und mehr genutzt werden soll, sind der Tab. 28.7 zu entnehmen.

Rollbahn-Mittellinienfeuer einer Schnellabrollbahn sollten an einem mindestens 60 m vor dem Anfang der Rollbahnmittellinienkurve liegenden Punkt beginnen und über das Kurvenende hinaus bis zu einem Punkt auf der Mittellinie der Rollbahn weitergeführt werden, an dem ein Luftfahrzeug üblicherweise die normale Rollgeschwindigkeit erreicht hat. Die Feuer auf diesem parallel zur Start- und Landebahnmittellinie verlaufen- den Abschnitt sollten, wie in den Abb. 28.40 und 28.41 dargestellt, stets mindestens 60 cm entfernt von jeder Reihe der Start-/Landebahn-Mittellinienfeuer liegen. Die Längsabstände zwischen Feuern sollten nicht mehr als 15 m betragen. Wenn keine Start-/Landebahn-Mittellinienfeuer vorhanden sind, kann ein geringerer Abstand als 30 m gewählt werden.

- *Rollbahn-Mittellinienfeuer auf anderen Abrollbahnen*

Rollbahn-Mittellinienfeuer auf Abrollbahnen, die keine Schnellabrollbahnen sind, sollten an dem Punkt beginnen, an dem die Rollbahn-Mittellinienmarkierung von der Start- und Landebahnmittellinie abzubiegen beginnt, und der gekurvten Rollbahnmittellinienmarkierung mindestens bis zu dem Punkt folgen, wo die Markierung die Start-/Landebahn verlässt. Das erste Feuer sollte mindestens 60 cm von jeder Reihe der Start-/Landebahn-Mittellinienfeuer entfernt liegen (Abb. 28.41). Die Feuer sollten in Längsabständen von nicht mehr als 7,5 m angeordnet sein (Abb. 28.40).

- *Rollbahn-Mittellinienfeuer auf Start-/Landebahnen*

Rollbahn-Mittellinienfeuer auf einer Start-/Landebahn, die Teil der Standard-Rollführung und für das Rollen bei Sichtweiten unter als 350 m vorgesehen sind, sollten in Längsabständen von nicht mehr als 15 m installiert werden.

Tab. 28.7 Abstand der Feuer in Bezug auf den Kurvenradius einer Rollbahn [146]

Kurvenradius	Abstand der Feuer
≥400 m	7,5 m
401 ≤ 899 m	15 m
≥900 m	30 m

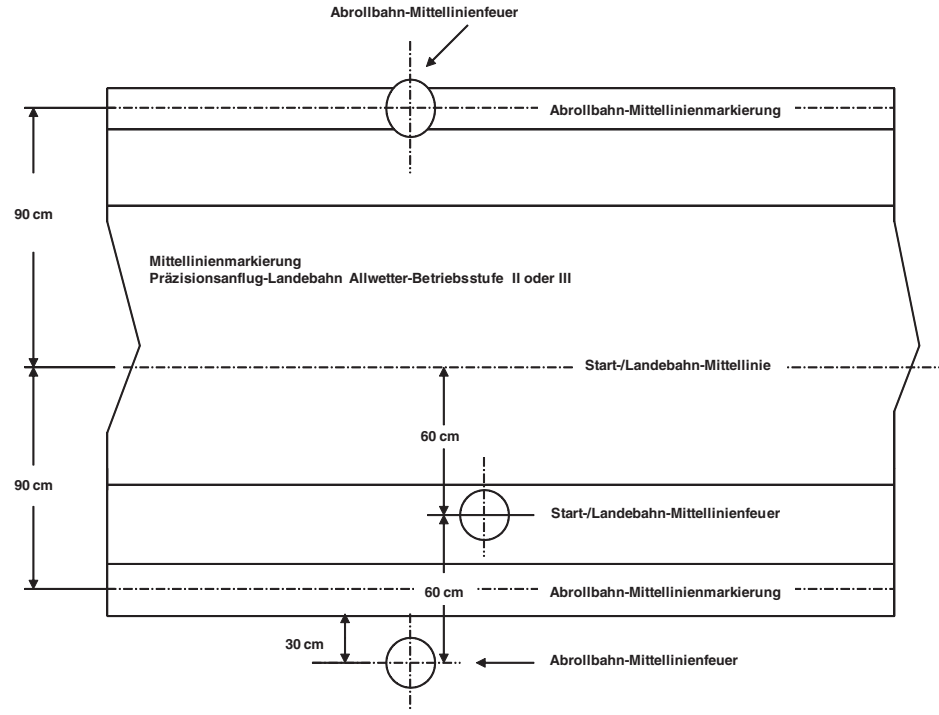


Abb. 28.41 Toleranzen für versetzte Mittellinienfeuer von Start-/Landebahnen und Abrollbahnen [146]

28.2.17 Rollbahn-Randfeuer

Rollbahn-Randfeuer müssen an den Rändern einer Start-/Landebahn-Wendefläche, einer Wartebucht, einer Enteisungseinrichtung, sowie einem Vorfeld, die für Nutzung bei Nacht bestimmt sind, und an einer Rollbahn, die nicht mit Rollbahn-Mittellinienfeuern versehen und die für Nutzung bei Nacht bestimmt ist, vorhanden sein. Rollbahn-Randfeuer sind entbehrlich, wenn nach Art des Betriebes eine ausreichende Rollführung gewährleistet ist.

Rollbahn-Randfeuer sind auf einer Start-/Landebahn, die Teil der Standard-Rollführung und für den Betrieb bei Nacht vorgesehen ist und über keine Rollbahn-Mittellinienfeuer verfügt, einzurichten. Auf geraden Rollbahnabschnitten sollten Rollbahn-Randfeuer in gleichmäßigen Längsabständen von höchstens 60 m angeordnet sein. In Kurven sollten die Abstände zwischen den Feuern weniger als 60 m betragen, damit eine deutliche Anzeige der Kurve gewährleistet ist.

Rollbahn-Randfeuer an Wartebuchten, Enteisungseinrichtungen, dem Vorfeld etc. sollten in einem einheitlichen Längsabstand von nicht mehr als 60 m installiert werden. Rollbahn-Randfeuer auf einer Start-/Landebahn-Wendefläche sollten in einem einheitlichen Längsabstand von nicht mehr als 30 m angebracht werden. Die Feuer sollten so

Abb. 28.42 Rollbahn-Randfeuer [111]

nahe wie möglich an den Rändern der Rollbahnen, der Start-/Landebahn-Wartebucht, der Wartebucht, der Enteisungseinrichtung und des Vorfeldes, oder außerhalb der Ränder, in einem Abstand von nicht mehr als 3 m angeordnet sein.

Rollbahn-Randfeuer sind blau abstrahlende Festfeuer. Die Feuer müssen bis mindestens 30 Grad oberhalb der Horizontalen und in alle Azimutwinkel abstrahlen, die erforderlich sind, um die Rollführung für einen in einer der beiden Richtungen rollenden Luftfahrzeugführer sicherzustellen. An einer Kreuzung, einem Ausgang oder in einer Kurve sind die Feuer möglichst abzuschirmen, so dass sie nicht in den Azimutwinkeln abstrahlen, in denen sie mit anderen Feuern verwechselt werden können.

Abbildung 28.42 zeigt ein Rollbahn-Randfeuer.

28.2.18 Start-/Landebahn-Wendeflächenfeuer

Start-/Landebahn-Wendeflächenfeuer sind für eine durchgehende Führung auf der Start-Landebahn-Wendefläche für das Rollen bei Sichtweiten unter 350 m einzurichten, um ein Luftfahrzeug zu befähigen, eine 180 Grad Drehung zu komplettieren und sich auf der Start-/Landebahn-Mittellinie auszurichten. Eine Start-/Landebahn-Wendefläche, die für den Betrieb bei Nacht ausgelegt ist, sollte mit Start-/Landebahn-Wendeflächenfeuern ausgestattet sein.

Start-/Landebahn-Wendeflächenfeuer sollten normalerweise auf der Start-/Landebahn-Wendeflächenmarkierung angebracht werden. Ist eine Anordnung auf der Markierung nicht möglich, so dürfen die Feuer um nicht mehr 30 cm versetzt sein. Start-/Landebahn-Wendeflächenfeuer auf dem geraden Teil der Start-/Landebahn-Wendeflächenmarkierung sollten in einem Längsabstand von nicht mehr als 15 m angeordnet werden. Start-/Landebahn-Wendeflächenfeuer im kurvigen Teil der Start-/Landebahn-Wendeflächenmarkierung sollten in einem Längsabstand von nicht mehr als 7,5 m angeordnet werden.

Start-/Landebahn-Wendeflächenfeuer sind einseitig gerichtete Festfeuer, die grünes Licht abstrahlen und nur von Luftfahrzeugen, die sich auf der Start-/Landebahn-Wendefläche befinden oder sich ihr nähern, sichtbar sind.

28.2.19 Haltebalken

Haltebalken (Stoppbar) sind zur Markierung der Rollhalteorte für die ICAO Allwetter-Betriebsstufe III vorgeschrieben, ansonsten empfohlen. Sie setzen sich aus roten, je nach Bedarf ein- oder zweiseitig ausgerichteten, Unterflurfeuern zusammen. Die Anordnung der Einzelfeuer erfolgt quer zur Rollbahn in Abständen von 3 m. Durch zusätzliche, seitlich der Rollbahn angebrachte, rote gerichtete Feuer, kann die Haltebalkenbefeuerung ergänzt werden. Durch das Ein- bzw. Ausschalten der Befeuerung wird dem Luftfahrzeugführer das Halte- bzw. Freigabesignal gegeben.

Das Vorhandensein von Haltebalken erfordert die manuelle oder automatische Steuerung durch den Flugverkehrskontrolldienst. Das Einrollen in eine aktive Start-/Landebahn (Runway Incursion) kann sich bei allen Sicht- und Wetterbedingungen ereignen. Die Einrichtung von Haltebalken an Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)en und die Nutzung bei Nacht und bei Sichtbedingungen von mehr als 550 m Start-/Landebahn-Sichtweite (RVR) könnten Teil der Maßnahmen sein, um das Einrollen in eine aktive Start-/Landebahn zu verhindern. Ein Haltebalken ist an jedem Rollhalt(eort) einer Start-/Landebahn anzubringen, die bei Start-/Landebahn-Sichtweiten unter 350 m genutzt werden soll, außer wenn:

a) entsprechende, unterstützende Hilfen und Verfahren zur Verhinderung des Einrollens von Luftfahrzeugen und Fahrzeugen in eine aktive Start-/Landebahn verfügbar sind, oder
b) betriebliche Verfahren existieren, die bei Sichtbedingungen von unter 550 m, die Zahl der:
   1) Luftfahrzeuge auf dem Rollfeld auf jeweils ein Luftfahrzeug zu begrenzen, und
   2) Fahrzeuge auf dem Rollfeld auf das unbedingt notwendige Minimum zu begrenzen.

Ein Haltebalken ist an jedem Start-/Landebahn-Rollhalt(eort) anzubringen, der bei Start-/Landebahn-Sichtweiten zwischen 350 m und 550 m genutzt werden soll, außer wenn:

a) entsprechende, unterstützende Hilfen und Verfahren zur Verhinderung des Einrollens von Luftfahrzeugen und Fahrzeugen in eine aktive Start-/Landebahn verfügbar sind, oder
b) betriebliche Verfahren existieren, die bei Sichtbedingungen von unter 550 m, die Zahl der:
   1) Luftfahrzeuge auf dem Rollfeld auf jeweils ein Luftfahrzeug zu begrenzen, und
   2) Fahrzeuge auf dem Rollfeld auf das unbedingt notwendige Minimum zu begrenzen.

Je nach den örtlichen Gegebenheiten sollte(n) ein oder mehrere Haltebalken an einem Rollhalt(eort) vorhanden sein, wenn es notwendig ist, die Markierung durch Feuer zu ergänzen. Wo die üblichen Haltebalkenfeuer (aus der Sicht des Luftfahrzeugführers) verdeckt sein können, z. B. durch Schnee, oder wo ein Luftfahrzeugführer sein Luftfahrzeug so dicht an den Feuern positionieren muss, dass sein Blick auf die Feuer durch die Bauart des Luftfahrzeuges versperrt ist, sollte an jedem Ende des Haltebalkens ein Paar Überflurfeuer hinzugefügt werden.

Haltebalken erstrecken sich an dem Ort, an dem die Luftfahrzeuge halten sollen, querab auf der Rollbahn. Wo zusätzliche Feuer vorhanden sind, sind diese Feuer mindestens 3 m vom Rollbahnrand entfernt installiert.

Haltebalken bestehen aus Feuern, die in Abständen von 3 m querab auf der Rollbahn angeordnet werden und in die gewünschte(n) Richtung(en) bei Annäherung der Luftfahrzeuge an die Rollbahnkreuzung oder den Start-/Landebahn-Rollhalt(eort) rotes Licht abstrahlen. An einem Start-/Landebahn-Rollhalt(eort) angebrachte Haltebalken sind einseitig ausgerichtet und strahlen in die Richtung der Annäherung der Luftfahrzeuge an die Start-/Landebahn rotes Licht ab.

Wo zusätzliche Feuer vorhanden sind, haben diese Feuer dieselben Eigenschaften wie die Feuer im Haltebalken. Die Feuer müssen jedoch für sich annähernde Luftfahrzeuge bis zur Position des Haltebalkens sichtbar sein. Wahlweise umschaltbare Haltebalken sind in Verbindung mit mindestens 3 Rollbahn-Mittellinienfeuern (sich erstrecken über eine Entfernung von 90 m ausgehend vom Haltebalken) in der Richtung, in der ein Weiterrollen des Luftfahrzeuges vom Haltebalken aus vorgesehen ist, anzuordnen. Wo Haltebalken als Teil der Rollführung definiert und aus betrieblicher Sicht höhere Helligkeiten erforderlich sind, um Rollbewegungen bei bestimmten Geschwindigkeiten unter geringen Sichtbedingungen durchführen zu können, sollten die Helligkeit/Stärke des roten Lichts und die Strahlenausbreitung (beam spread) der Haltebalkenfeuer den entsprechenden Bestimmungen entsprechen.

Der Schaltungsaufbau der Befeuerung ist so auszulegen, dass

a) Haltebalken querab zu Zurollbahnen wahlweise schaltbar sind;
b) Haltebalken querab zu Rollbahnen, die nur als Abrollbahnen zu nutzen sind, wahlweise oder in Gruppen schaltbar sind;

c) wenn eine Stoppbahn beleuchtet ist, jegliche Rollbahn-Mittellinienbefeuerung jenseits des Haltebalkens für eine Strecke von 90 m auszuschalten ist, und
d) Haltebalken mit Rollbahn-Mittellinienfeuern ineinander greifen, damit, wenn die Rollbahn-Mittellinienfeuer jenseits des Haltebalkens erleuchtet sind, die Haltebalken ausgeschaltet sind und umgekehrt.

Ein Haltebalken wird eingeschaltet, um dem Luftfahrzeugführer anzuzeigen, dass er zunächst halten muss. Der Haltebalken wird ausgeschaltet, um dem Luftfahrzeugführer anzuzeigen, dass er weiterrollen kann. Beim Entwurf des elektrischen Systems ist sicherzustellen, dass nicht alle Feuer eines Haltebalkens gleichzeitig ausfallen.

28.2.20 Rollhalt(eort)-Feuer

Außer dort, wo ein Haltebalken bereits angebracht ist, sind Rollhalt(eort)feuer an einem Rollhalt(eort), der für die Nutzung bei Sichtbedingungen unter 350 m vorgesehen ist, anzubringen. Rollthalt(eort)feuer (Abb. 28.43) sollten an einem Rollhalt(eort), der nicht über Stop-and-Go Signale verfügt, wie durch Haltebalken geboten, eingerichtet werden. Rollhalt(eort)feuer sind entlang der Rollhalt(eort)markierung im Abstand von 0,3 m vor der Markierung anzubringen.

Abb. 28.43 Rollhalt(eort)feuer [111]

Rollhalt(eort)feuer setzen sich aus drei einseitig gerichteten Festfeuern, die gelbes Licht mit einer Lichtverteilung ähnlich der Rollbahn-Mittellinienfeuer, in Richtung der Annäherung der Luftfahrzeuge auf den Rollhalt(eort) abstrahlen, zusammen. Die Feuer sind symmetrisch und im rechten Winkel zur Rollbahn-Mittellinie, im Einzelabstand von 1,5 m, anzuordnen.

28.2.21 Enteisungseinrichtungs-Ausgangsfeuer

Enteisungseinrichtungs-Ausgangsfeuer sollten am äußeren Rand einer entlegenen Enteisungseinrichtung entlang der Rollbahn angeordnet werden. Enteisungseinrichtungs-Ausgangsfeuer sind 0,3 m nach innen entfernt von der Rollhalt(eort)markierung am äußeren Rand der Enteisungseinrichtung anzubringen. Enteisungseinrichtungs-Ausgangsfeuer bestehen aus einseitig gerichteten Unterflur-Festfeuern, die im Abstand von 6 m angebracht werden, und gelbes Licht mit einer Lichtverteilung ähnlich der Rollbahn-Mittellinienfeuerabstrahlen, in Richtung der Annäherung der Luftfahrzeuge auf den äußeren Rand der Enteisungseinrichtung abstrahlen (Abb. 28.44).

28.2.22 Start-/Landebahn-Schutzfeuer

Start-/Landebahn-Schutzfeuer (Guard Lights) dienen dazu, Luftfahrzeugführer und Führer von Fahrzeugen der Bodenverkehrsdienste beim Befahren von Rollbahnen zu informieren, dass sie auf eine aktive Start-/Landebahn aufzurollen. Es sind zwei Standard-Konfigurationen von Start-/Landebahn-Schutzfeuern zu unterscheiden (Abb. 28.45). Start-/Landebahn-Schutzfeuer der Anordnung A sind an jeder Rollbahnkreuzung und

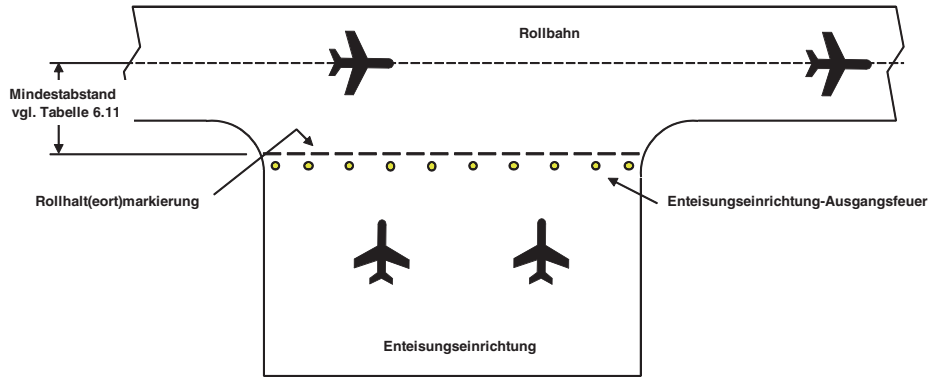


Abb. 28.44 Typische entlegene Enteisungseinrichtung [146]

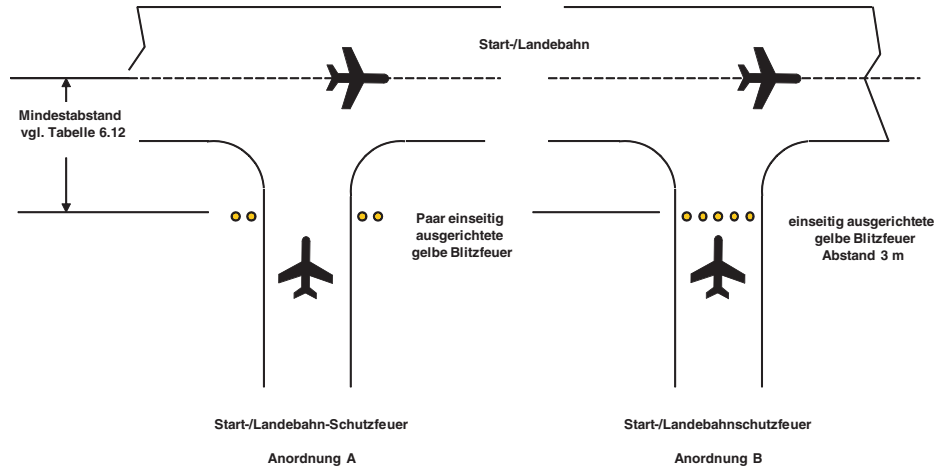


Abb. 28.45 Start-/Landebahn-Schutzfeuer [146]

Start-/Landebahnkreuzung angeordnet an einer Start-/Landebahn vorgesehen für die Nutzung bei:

a) Start-/Landebahn-Sichtweitenweiten unter 550 m, wenn keine Haltebalken vorhanden ist, und
b) Start-/Landebahn-Sichtweiten zwischen 550 und 1.200 m, wenn das Verkehrsaufkommen hoch ist.

Start-/Landebahn-Schutzfeuer der Anordnung A sollten an jeder Rollbahn- und Start-/Landebahnkreuzung angeordnet werden, wenn die Nutzung der Start-/Landebahn vorgesehen ist bei:

a) Start-/Landebahn-Sichtweiten unter 550 m, wenn ein Haltebalken vorhanden ist, und
b) Start-/Landebahn-Sichtweiten zwischen 550 und 1.200 m, wenn das Verkehrsaufkommen mittel bis gering ist.

Start-/Landebahn-Schutzfeuer der Anordnung A, B oder beider Anordnungen sollten an jeder Rollbahn-/Start-/Landebahnkreuzung, wo eine verbesserte Erkennbarkeit der Rollbahn-/Start-/Landebahnkreuzung nötig ist. Die Anordnung B darf nicht mit einem Haltebalken zusammen angeordnet werden.

Start-/Landebahn-Schutzfeuer der Anordnung A sind auf beiden Seiten der Rollbahn in einem Abstand, der nicht geringer sein darf als in Tab. 28.12, für eine Startbahn bestimmt, von der Start-/Landebahn-Mittellinie anzuordnen. Start-/Landebahn-Schutzfeuer der Anordnung B sind querab zur Rollbahn in einem Abstand, der nicht kleiner sein darf als die Regularien es erlauben, für eine Startbahn bestimmt, und von der

Start-/Landebahn-Mittellinie anzuordnen. Start-/Landebahn-Schutzfeuer der Anordnung A bestehen aus zwei Paaren gelb abstrahlender Feuer.

Wo die Notwendigkeit besteht, den Gegensatz zwischen dem Betriebszustand „Ein" und „Aus" der Start-/Landebahn-Schutzfeuer der Anordnung A, die für die Nutzung bei Tag vorgesehen sind, hervorzuheben, sollte eine Abschirmung ausreichender Größe, die das Eindringen von Sonnenlicht in die Linse des Feuers verhindert, vorgesehen werden. Die Funktion der Feuer darf jedoch dadurch nicht eingeschränkt werden.

Die Feuer jeder Einheit der Anordnung A sind wechselseitig zu betreiben. Bei der Anordnung B sind die nebeneinander liegenden Feuer wechselseitig und die Ersatzfeuer gemeinsam zu betreiben. Die Feuer sind periodisch wiederkehrend 30–60 mal pro Minute zu betreiben. Dabei müssen die Betriebszeiträume (ein/aus) gleichen Zeitintervallen entsprechen und in den jeweiligen Feuern gegenläufig sein. Die optimale Blitzrate hängt von der Zu- und Abnahmezeit verwendeten Feuer ab. Start-/Landebahn-Schutzfeuer der Anordnung A, installiert auf 6.6 Ampere Serienschaltkreisen, wirken am besten bei 45–50 Blitzen pro Minute pro Lampe. Start- und Landebahn-Schutzfeuer der Anordnung B, installiert auf 6.6 Ampere Serienschaltkreisen, wirken am besten bei 30–32 Blitzen pro Minute pro Lampe.

28.2.23 Vorfeld-Flutlichtbeleuchtung

Eine Vorfeld-Flutlichtbeleuchtung sollte auf einem Vorfeld, auf einer Enteisungseinrichtung und einem bezeichneten, gesondert liegenden Luftfahrzeug-Abstellplatz vorhanden sein, wenn diese Bereiche für die Nutzung bei Nacht bestimmt sind. Wo eine Enteisungseinrichtung in unmittelbarer Nähe zur Start-/Landebahn und eine permanente Flutlichtbeleuchtung auf Luftfahrzeugführer irreführend wirken könnte, ist die Anwendung anderer Beleuchtungstechniken erforderlich. Vorfeld-Flutlichtscheinwerfer sollten so angeordnet sein, dass sie alle Vorfeldabfertigungsbereiche ausreichend beleuchten und die Blendwirkung für Luftfahrzeugführer im Fluge und am Boden, für Vorfeldlotsen und Personal auf dem Vorfeld möglichst gering ist. Die Anordnung und Richtung von Flutlichtscheinwerfern sollte gewährleisten, dass ein Luftfahrzeug-Standplatz in allen Richtungen ausgeleuchtet ist, wobei auftretende Schatteneffekte so gering wie möglich sein sollten.

Die spektrale Verteilung von Vorfeld-Flutlichtscheinwerfern muss gewährleisten, dass die Farben, die für Markierungen zur Durchführung des Routine-Abfertigungsbetriebs, und für Oberflächen- und Hindernismarken verwendet werden, einwandfrei erkannt werden können. Die mittlere Beleuchtungsstärke sollte mindestens wie folgt ausgelegt sein für:

Luftfahrzeug-Standplatz:

- Horizontale Beleuchtung: 20 Lux mit einem Gleichmäßigkeitsgrad (mittlere zu niedrigster Beleuchtung) von nicht mehr als 4:1,
- Vertikale Beleuchtung: 20 Lux in einer Höhe von 2 m über dem Vorfeld in den entsprechenden Richtungen.

Andere Beleuchtungseinrichtungen für die Flächen auf dem Vorfeld:

- Horizontale Beleuchtung: 50 % der mittleren Beleuchtungsstärke an Luftfahrzeug-Standplätzen mit einem Gleichmäßigkeitsgrad (mittlere zu niedrigster Beleuchtung) von nicht mehr als 4:1.

28.2.24 Optische Rollführungs- und Andockführungssysteme

Ein optisches Andockführungssystem muss vorhanden sein, wenn es beabsichtigt ist, durch eine optische Hilfe die genaue Rollführung und Positionierung eines Luftfahrzeuges zu und an einem Luftfahrzeug-Standplatz anzuzeigen. Bei der Entscheidung, ob ein optisches Andocksystem erforderlich ist, sind Faktoren zu berücksichtigen, wie: die Anzahl und Muster der Luftfahrzeuge, die den Standplatz benutzen, Wetterverhältnisse, verfügbare Platzverhältnisse auf dem Vorfeld sowie die erforderliche Präzision der Positionierung der Luftfahrzeuge an der Abstellposition oder der Fluggastbrücke. Das System muss sowohl über eine Azimutführung als auch eine Halteanzeige verfügen. Die Azimutführungseinheit und der Haltepunktanzeiger müssen die Nutzung bei allen Wetter-, Sicht- und Belagsverhältnissen gewährleisten, für die das System im Tag-/Nachtbetrieb ausgelegt ist, wobei eine Blendwirkung für den Luftfahrzeugführer ausgeschlossen sein muss. Auch darf Fremdlicht, wie Sonnenlicht oder andere Lichtquellen, nicht die visuellen Hinweise, die das System liefert, verfälschen oder in der Intensität herabsetzen.

Die Azimutführungseinheit und der Haltepunktanzeiger müssen so ausgelegt sein, dass:

a) der Luftfahrzeugführer eine klare Ausfallanzeige erhält, wenn eine der beiden oder beide Einrichtungen die gewünschten Informationen nicht liefern, und
b) sie abgeschaltet werden können, wenn der Luftfahrzeug-Standplatz nicht genutzt werden soll.

Die Azimutführungseinheit und der Haltepunktanzeiger müssen so angeordnet sein, dass zwischen den Luftfahrzeug-Standplatzmarkierungen, den Rollführungsfeuern für Luftfahrzeugstandplätze, falls vorhanden, und dem optischen Andockführungssystem eine kontinuierliche Führung gegeben ist. Die Genauigkeit des Systems muss der Art der Abstellposition und den festen Luftfahrzeug-Abfertigungseinrichtungen genügen, die zusammen mit dem System genutzt werden. Das System sollte nach Möglichkeit ohne selektive Bedienung von allen Luftfahrzeugmustern genutzt werden können, für die der Luftfahrzeug-Standplatz ausgelegt ist. Falls eine selektive Bedienung erforderlich ist, um das System durch ein bestimmtes Luftfahrzeugmuster nutzen zu können, sollte das System sowohl dem Luftfahrzeugführer als auch dem Systembediener eine Kennzeichnung des gewählten Luftfahrzeugmusters liefern, um sicherzustellen, dass das System die richtigen, luftfahrzeugmusterbezogenen Informationen, liefert.

Die Azimutführungseinheit muss vor dem Luftfahrzeug auf oder in der Nähe der Verlängerung der Standplatzmittellinie installiert sein, so dass die Signale vom Führerraum eines Luftfahrzeuges (Cockpit) aus während des gesamten Andockmanövers sichtbar sind. Die Azimutführungseinheit muss so ausgerichtet sein, dass sie von dem Luftfahrzeugführer eines Luftfahrzeuges (Flugzeuges) auf dem linken Sitzposition im Cockpit genutzt werden kann. Die Azimutführungseinheit muss eine leicht verständliche Links-/Rechts-Rollführung ermöglichen, die gewährleistet, ohne Übersteuern auf die Rollleitlinie einzurollen und ihr zu folgen. Wenn die Azimutführung durch Farbwechsel angezeigt wird, muss die Farbe Grün zum Erkennen der Mittellinie und die Farbe Rot für Abweichungen von der Mittellinie verwendet werden.

Der Haltepunktanzeiger muss zusammen mit oder in ausreichender Nähe zu der Azimutführungseinheit angeordnet sein, so dass der Luftfahrzeugführer ohne Veränderung der Körperhaltung gleichzeitig die Azimut- und die Haltesignale beobachten kann. Der Haltepunktanzeiger muss mindestens vom Luftfahrzeugführer auf der linken Sitzposition genutzt werden können. Die Haltepunktinformation, die die Anzeige für ein bestimmtes Luftfahrzeugmuster liefert, darf durch mögliche Abweichungen der Augenhöhe u./o. des Blickwinkels des Luftfahrzeugführers nicht signifikant beeinflusst werden. Der Haltepunktanzeiger muss den Haltepunkt für das Luftfahrzeugmuster anzeigen, für das die Rollführung gegeben wird. Weiterhin sind Angaben über die Annäherungsgeschwindigkeit erforderlich, damit der Luftfahrzeugführer die Geschwindigkeit des Luftfahrzeuges bis zum völligen Stillstand am Haltepunkt anpassen kann. Der Haltepunktanzeiger sollte Angaben über die Annäherungsgeschwindigkeit über eine Distanz von mindestens 10 m liefern. Erfolgt die Halteanzeige durch Farbwechsel, muss die Garbe Grün verwendet werden, um anzuzeigen, dass das Luftfahrzeug weiterrollen kann, die Farbe Rot, um anzuzeigen, dass der Haltepunkt erreicht ist. Eine dritte Farbe kann verwendet werden, um für eine kurze Distanz vor dem Haltepunkt anzuzeigen, dass der Haltepunkt fast erreicht ist.

Die Informationserzeugung basiert in erster Linie auf der Farbcodierung bei Lampen, und auf der Angleichung einer Ist-Anzeige an eine Soll-Anzeige. Beispielhaft sind nachfolgend einige Systeme erläutert.

- *Azimuth Guidance for Nose-in Stands*

Das „Azimuth Guidance for Nose-in Stands“, das AGNIS-System, ist ausschließlich ein Rollführungssystem, d. h. es gibt nicht die Lage der Halteposition an.

Es besteht im Prinzip aus einem Paar Leuchtstoffröhren, denen, ähnlich wie bei verschiedenen Gleitwinkelbefeuerungssystemen, ein Rot-/Grün-Filter vorgeschaltet ist. Je nach Sichtlinie des Luftfahrzeugführers wirkt der rote bzw. grüne Teil des Filters. Sind beide Lampen grün zu sehen, befindet sich das Flugzeug auf dem korrekten Rollweg. Sobald eine der beiden Lampen rot zu sehen ist, muss die Rollrichtung zur Seite der grünen Lampe hin korrigiert werden.

Die Abb. 28.46, 28.47 und 28.48 zeigen Beispiele für Azimuth Guidance for Nose-in Stands Systeme (AGNIS-Systeme) und das Parallax Aircraft Parking Aid (PAPA-System).

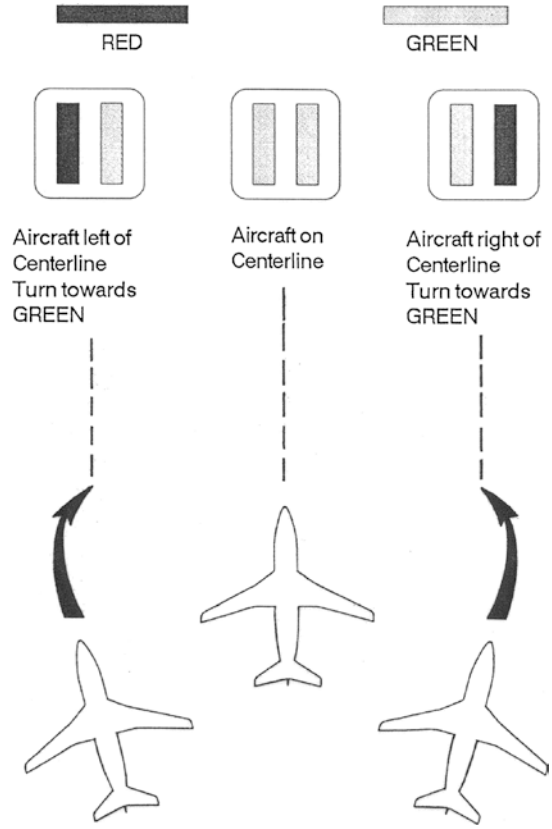


Abb. 28.46 Beispiel für das Prinzip des Azimuth Guidance for Nose-in Stands System (AGNIS-System) [163]

Das rechnergestützte Andocksystem VDGS der Firma Honeywell Airport Systems [111] liefert beispielsweise kontinuierlich präzise Informationen über die jeweilige Flugzeugposition. Diese Daten werden in exakte Führungsinformationen für die Luftfahrzeugführer umgewandelt, damit die zugewiesene Parkposition ohne Schwierigkeiten erreicht wird. Die ständige Beobachtung des Gatebereichs und eine hohe Effektivität verbessern die Sicherheit während des Andockvorgangs. Durch die Registrierung der Zeiten für „On block" und „Off block" werden Betriebsabläufe dokumentiert und transparenter gestaltet. Ein hochdynamischer Videosensor in Verbindung mit einer leistungsfähigen 3D-gestützten Bildverarbeitung ermöglicht die Konturerkennung eines sich nähernden Flugzeugs auf eine Entfernung von bis zu 100 Metern. Damit wird die Belastung des Luftfahrzeugführers auch während schwieriger Andockmanöver erheblich reduziert. Das sichere, präzise und zeitsparende Andocksystem lässt sich in das Informationssystem eines Flughafens integrieren.

Über einen Dockingcontroller sind Videosensoreinheit, Anzeige für den Luftfahrzeugführer und ein Handbediengerät miteinander verbunden. Die Systemstruktur erlaubt, neben der unabhängigen Bedienung über ein Handbediengerät, auch die vollautomatische Steuerung über einen Zentralrechner.

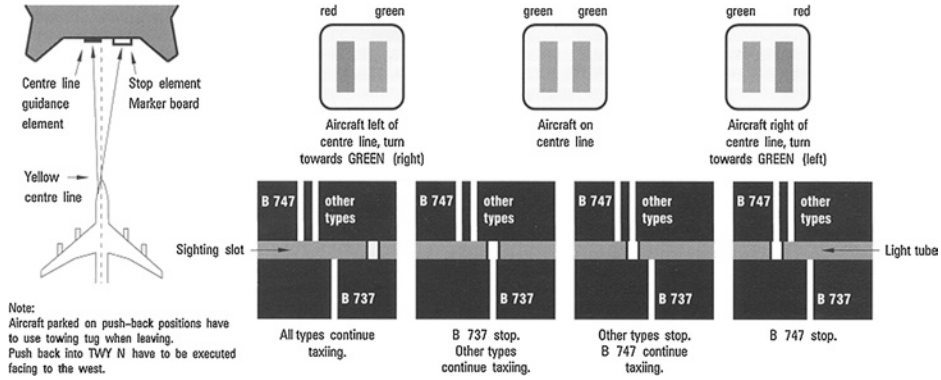


Abb. 28.47 Beispiel für das Prinzip des Azimuth Guidance for Nose-in Stands System (AGNIS-System) [163]

Abb. 28.48 AGNIS-System und PAPA-System auf dem Verkehrsflughafen Frankfurt/M [102]

Der auf einer hochdynamischen Videokamera basierende Sensor des Andocksystems wird durch Regen, Schnee, Nebel oder direkte Sonneneinstrahlung kaum beeinträchtigt. Die Installation des Systems kann unabhängig von der Einroll-Leitlinie erfolgen. Die Bildverarbeitungsrechner können an verschiedenen Stellen und zentral im Flughafen platziert werden. Eine leistungsfähige Software mit erprobter 3D-Technologie ermöglicht die Ermittlung der Flugzeugposition in allen Freiheitsgraden.

Das Display aus transflektiven LCD-Modulen ermöglicht die Darstellung von Buchstaben, Ziffern und Graphiksymbolen. Die hinterleuchtete Anzeigenfläche ist mit einer speziellen Folie beschichtet, die sowohl transmissive (durchlässige) als auch reflektive Eigenschaften hat. Durch die Verwendung dieser Folie ist eine optimale Sichtbarkeit auch bei Nacht oder mit direkter Sonneneinstrahlung gewährleistet. Die parallaxenfreie Sichtfläche kann von den Luftfahrzeugführern problemlos eingesehen werden. Ein eigenständiger Prozessor übernimmt die Ansteuerung der Anzeige. Die Anzeigenfläche liefert spezifische Anweisungen zum Andockvorgang vor, während und nach der Andockphase und kann zur Darstellung von Informationen an das Bodenpersonal eingesetzt werden. Die Anzeige für die Luftfahrzeugführer kann in die Terminalfassade integriert oder an einem frei stehenden Mast montiert werden (Abb. 28.49).

- *Parallax Aircraft Parking Aid*

Das „Parallax Aircraft Parking Aid“ (PAPA-System), dient ausschließlich der Markierung der Halteposition.

Eine Leuchtstoffröhre befindet sich seitlich versetzt hinter einer Sichtblende, die mit einem Schlitz versehen ist. Auf der Sichtblende befinden sich Markierungen, denen

Abb. 28.49 Andocksystem VDGS der Firma Honeywell Airport Systems (links) [111, 102]

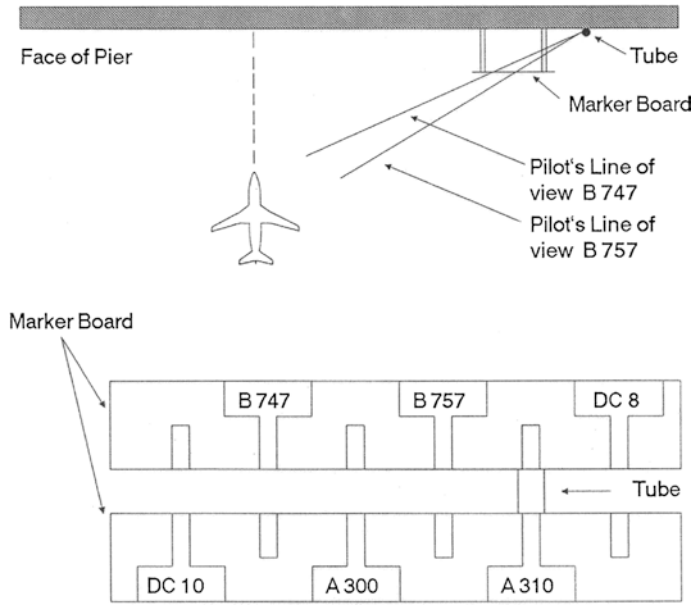


Abb. 28.50 Parallax Aircraft Parking Aid (PAPA-System) [163]

verschiedene Flugzeugmuster zuzuordnen sind. Sichtblende und Röhre befinden sich seitlich von der Sollposition, so dass der Flugzeugführer die Röhre hinter der Blende immer unter einem Winkel verschieden von 90 Grad betrachtet.

Nähert sich das Luftfahrzeug der Halteposition, ändert sich der Blickwinkel und die Leuchtmarkierung „wandert" scheinbar hinter der Blende. Sobald diese mit der für das betreffende Luftfahrzeug gültigen Markierung deckungsgleich ist, befindet es sich in der korrekten Parkposition. Dieses Verfahren setzt allerdings voraus, dass der Rollvorgang exakt durchgeführt wird. Daher werden AGNIS und PAPA meist in Kombination verwendet. Abbildung 28.50 zeigt ein Parallax Aircraft Parking Aid System (PAPA-System).

- *Burroughs Optical Lense Docking System*

Ein System, das die Rollführung und Andockpositionsmarkierung miteinander vereint, ist das „Burroughs Optical Lense Docking System" (BOLDS).

Ein vertikales Balkenpaar dient der Rollführung, ein horizontales der Markierung der Andockposition. Diese ist letztendlich dann erreicht, wenn die Balkenpaare deckungsgleich sind.

Auch hier beruht die Wirkung auf dem sich ändernden Blickwinkel des Luftfahrzeugführers, unter dem die räumlich versetzten Balken bei der Annäherung des Luftfahrzeuges betrachtet werden. Abbildung 28.51 zeigt das Prinzip eines „Burroughs Optical Lense Docking System".

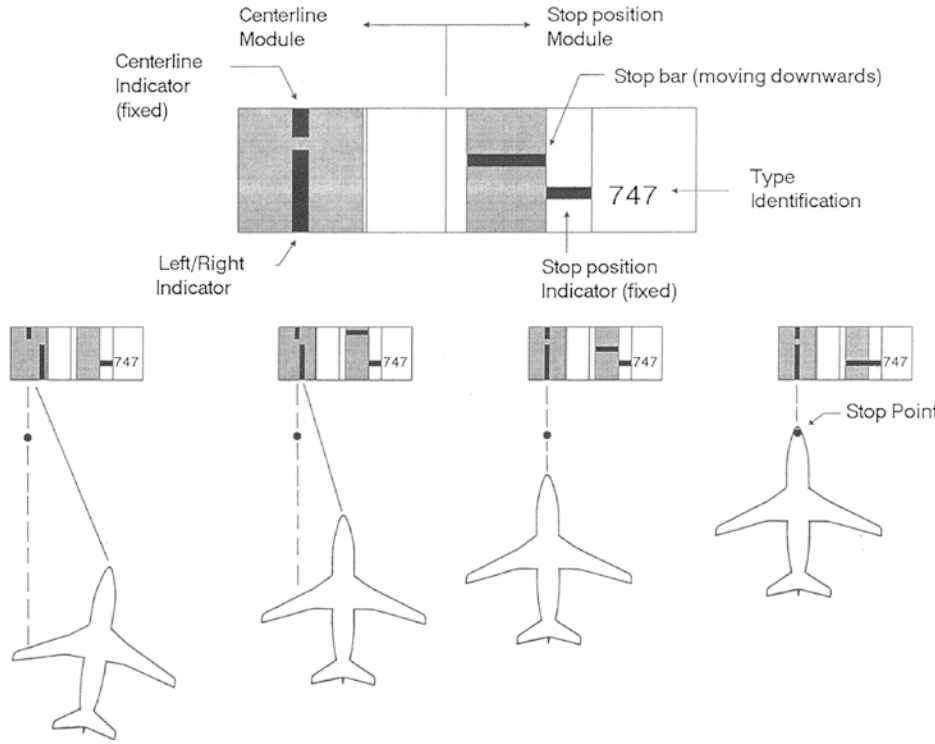


Abb. 28.51 Burroughs Optical Lense Docking System [163]

28.2.25 Rollführungsfeuer für Luftfahrzeug-Standplätze

Sofern keine ausreichende Rollführung zu Luftfahrzeug-Standplätzen vorhanden ist, sollten Rollführungsfeuer die für die Nutzung bei geringen Sichtweiten vorgesehen werden, um das korrekte Einrollen eines Luftfahrzeuges auf einen Luftfahrzeug-Standplatz auf dem Vorfeld oder auf eine Enteisungseinrichtung zu gewährleisten. Rollführungsfeuer für Luftfahrzeug-Standplätze sind zusammen mit den Luftfahrzeug-Standplatzmarkierungen anzubringen. Rollführungsfeuer für Luftfahrzeug-Standplätze sind, soweit sie keinen Haltepunkt anzeigen, gelb abstrahlende Festfeuer, die über die Segmente sichtbar sind, innerhalb derer die Rollführung gegeben ist. Die Feuer, die die Einroll-, Dreh- und Ausrolllinien bezeichnen, sollten in Abständen von nicht mehr als 7,5 m in Kurven, und 15 m auf geraden Rollabschnitten angebracht werden. Die Feuer, die einen Haltepunkt bezeichnen, sind einseitig gerichtete, rot abstrahlende Festfeuer. Die Lichtstärke der Feuer sollte den Sicht- und Umgebungslicht- Bedingungen entsprechen, unter denen die Nutzung des Luftfahrzeug-Standplatzes vorgesehen ist. Die Schaltung der Befeuerung sollte so beschaffen sein, dass die Feuer eingeschaltet bzw. abgeschaltet werden können, um über die mögliche Nutzung des Standplatzes zu informieren.

28.2.26 Fahrstraßen-Halt(eort)feuer

Ein Fahrstraßen-Halt(eort)feuer ist an jeder Fahrstraßen-Halteposition, die einer Start-/Landebahn dient anzubringen, wenn die Start-/Landebahn bei Start-/Landebahn-Sichtweiten von unter 350 m genutzt wird. Ein Fahrstraßen-Halt(eort)feuer sollte an jedem Fahrstraßen-Halteort, der einer Start-/Landebahn zugeordnet ist, angebracht werden, wenn die Start-/Landebahn bei Start-/Landebahn-Sichtweiten zwischen 350 m und 550 m genutzt wird. Ein Fahrstraßen-Halteortfeuer ist angrenzend an die Fahrstraßen-Halt(eort)markierung, im Abstand von 1,5 m (±0,5 m) von einem der Ränder der Fahrstraße entfernt, z. B. links oder rechts entsprechend der örtlichen Straßenverkehrsregeln, zu installieren. Das Fahrstraßen-Halt(eort)feuer besteht aus:

a) Einem kontrollierbaren Rot (STOP)/Grün (GO) Verkehrsfeuer, oder
b) einem roten Blitzfeuer.

Die unter a) genannten Feuer sollten durch den Flugverkehrsdienst gesteuert werden. Das Lichtsignal der Fahrstraßen-Halt(eort)feuer ist einseitig gerichtet und so auszurichten, dass es von einem Fahrer eines sich der Halteposition nähernden Fahrzeuges erkennbar ist. Die Lichtstärke des Lichtsignals sollte den Sicht- und Umgebungslichtverhältnissen entsprechen, unter denen die Nutzung der Halteposition beabsichtigt ist. Eine Blendwirkung ist zu vermeiden. Die Blitzfrequenz der roten Blitzfeuer liegt zwischen 30 und 60 Blitzen pro Minute.

28.3 Zeichen

28.3.1 Aufgaben und Anforderungen

Zeichen sind anzubringen, um über Gebote bzw. Verbote zu informieren, sowie Informationen über einen bestimmten Standort oder eine bestimmte Richtung auf den Flugbetriebsflächen und den sonstigen Bewegungsflächen darzustellen bzw. anzuzeigen. Ein variables Hinweiszeichen sollte dort angebracht werden, wo:

a) die Anweisung oder Information, die auf dem Zeichen dargestellt wird, nur für eine bestimmte Zeitdauer relevant ist, u./o.
b) die Notwendigkeit der Anzeige aus variablen, aber vorbestimmten Informationen besteht.

Zeichen müssen aus leichtem Material bestehen und brechbar installiert werden. Diejenigen Zeichen, die räumlich nahe an einer Start-/Landebahn oder einer Rollbahn installiert sind, müssen niedrig genug sein, um die Bodenfreiheit für Propeller und Triebwerksgondeln von strahlgetriebenen Flugzeugen zu gewährleisten. Die Höhe des installierten Zeichens darf die Abmessungen der entsprechenden Spalte in Tab. 28.8 nicht überschreiten. Zeichen müssen rechteckig sein, wie in Abb. 28.52 und 28.54

Tab. 28.8 Standortentfernungen für Rollbahnführungszeichen [146] (Start-/Landebahn-Abrollzeichen inbegriffen)

Code-Zahl	Beschriftung	Vorderseite	eingebaut (max.)	Lotrechter Abstand vom definierten Rollbahn-Belagsrand bis zur nächsten Seite des Zeichens	Lotrechter Abstand vom definierten SLB-Belagsrand bis zur nächsten Seite des Zeichens
1 oder 2	200	400	700	5–11 m	3–10 m
1 oder 2	300	600	900	5–11 m	3–10 m
3 oder 4	300	600	900	11–21 m	8–15 m
3 oder 4	400	800	1.100	11–21 m	8–15 m

ausgewiesen, wobei die längere Seite horizontal ausgeführt ist. Die einzigen Zeichen auf den Flugbetriebsflächen und Bewegungsflächen, bei denen die Farbe rot verwendet wird, sind Gebots- bzw. Verbotszeichen.

Anmerkung: Zeichenhöhe in mm

Zeichen sind zu erleuchten, wenn sie für folgende Nutzungen vorgesehen sind:

a) bei Start-/Landebahn-Sichtweiten unter 800 m, oder
b) bei Nacht im Zusammenhang mit einer Instrumentenlandebahn, oder
c) bei Nacht im Zusammenhang mit einer Sichtanflug-Landebahn der Code-Zahl 3 oder 4.

Zeichen müssen reflektierend u./o. beleuchtet sein, wenn sie für die Nutzung bei Nacht im Zusammenhang mit einer Sichtanflug-Landebahn der Code-Zahl 1 oder 2 vorgesehen sind. Ein variables Hinweiszeichen hat, wenn es nicht genutzt wird, eine leere, nicht ausgefüllte Fläche zu zeigen. Im Falle einer Störung darf ein variables Hinweiszeichen keine Information anzeigen, die zu einer unbeabsichtigten Handlung durch einen Luftfahrzeugführer oder den Fahrer eines Fahrzeuges führen könnte. Das Schalt-Zeitintervall, das benötigt wird, um die Information auf einem variablen Hinweiszeichen zu ändern, sollte 5 Sekunden nicht überschreiten.

28.3.2 Gebots- und Verbotszeichen

Ein Gebots- bzw. Verbotszeichen ist vorzusehen, wenn ein Ort gekennzeichnet werden soll, über den ein Luftfahrzeug oder anderes Fahrzeug ohne Erlaubnis der Flugverkehrskontrolle nicht hinausrollen darf. Zu den Gebots- und Verbotszeichen gehören die Zeichen zur Start- und Landebahnbezeichnung, Rollhalt(eort)zeichen für die ICAO Allwetter-Betriebsstufe I, II und III, die Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)zeichen, die Fahrstraßen-Rollhalt(eort)zeichen und die „NO ENTRY"-Zeichen.

Eine Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)markierung nach Muster A (Abb. 28.11 und 28.12) ist durch ein Rollbahn- bzw. Start-/Landebahn-Kreuzungszeichen oder ein

Start-/Landebahn bzw. Start-/Landebahn-Kreuzungszeichen mit einem Zeichen der Start-/Landebahn-Bezeichnung zu ergänzen. Eine Start-/Landebahn-Rollhalt(eort) markierung nach Muster B (Abb. 28.11 und 28.12) ist durch ein Rollhalt(eort)zeichen für die ICAO Allwetter-Betriebsstufe I, II oder III zu ergänzen. Eine Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)markierung, die nach Muster A an einem Start-/Landebahn-Rollhalt(eort) eingerichtet ist, ist durch ein Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)zeichen zu ergänzen. Ein Zeichen zur Start-/Landebahn-Bezeichnung an einer Rollbahn- bzw. Start-/Landebahnkreuzung sollte durch ein entsprechendes Standortzeichen, welches an der entferntesten Position, von der Rollbahn aus gesehen anzubringen wäre, ergänzt werden. Ist das Einrollen in einen Bereich untersagt, muss ein „NO ENTRY"-Zeichen vorhanden sein (Abb. 28.52).

Ein Zeichen zur Start-/Landebahn-Bezeichnung an einer Rollbahn- bzw. Start-/Landebahn-Kreuzung oder an einer Start-/Landebahn bzw. Start-/Landebahn-Kreuzung ist an jeder Seite des Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)s mit der Vorderseite in Richtung

Abb. 28.52 Verbots- und Gebotszeichen [146]

der Annäherung der Luftfahrzeuge an die Start-/Landebahn zeigend, anzubringen. Ein Rollhalt(eort)zeichen der ICAO Allwetter-Betriebsstufe I, II oder III ist an jeder Seite der Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)markierung mit der Vorderseite in Richtung der Annäherung der Luftfahrzeuge an die Schutzzone zeigend, aufzustellen. Ein „NO ENTRY"-Zeichen ist am Anfang eines Bereiches, in den das Einrollen verboten ist, auf jeder Seite der Rollbahn, vom Luftfahrzeugführer aus gesehen, anzubringen.

Ein Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)zeichen ist an jeder Seite der Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)markierung, mit der Vorderseite in Richtung der Annäherung der Luftfahrzeuge an die entsprechenden Hindernisbegrenzungsflächen und ILS/MLS-Schutzzonen zeigend, aufzustellen.

Ein Gebots- bzw. Verbotszeichen trägt eine weiße Aufschrift auf rotem Grund. Die Aufschrift eines Rollbahn- bzw. Start-/Landebahn-Kreuzungszeichens besteht aus den Start-/Landebahn-Bezeichnungen beider Köpfe der kreuzenden Start-/Landebahn und ist so anzuordnen, dass sie die Richtung zu beiden Bahnköpfen anzeigt. Ein in der Nähe eines Start- und Landebahnkopfes aufgestelltes Zeichen zeigt nur die Start- und Landebahnbezeichnung des betreffenden Bahnkopfes an. Die Aufschrift der ICAO Allwetter-Betriebsstufen I, II, III oder eines gemeinsamen Kategorie II/III (CAT II/III) Rollhalt(eort)zeichens besteht aus der Start- und Landebahnbezeichnung entsprechend gefolgt von CAT I, CAT II oder CAT II/III. Wo erforderlich, werden die Aufschriften/Symbole der Tab. 28.9 verwendet. Die Verbots- und Gebotszeichen zeigt Abb. 28.52 und 28.53 zeigt ein Beispiel für ein Gebotszeichen.

28.3.3 Hinweiszeichen

Ein Hinweiszeichen oder Informationszeichen (Abb. 28.54) ist anzubringen, wenn beabsichtigt ist, durch ein Zeichen einen bestimmten Ort oder ein bestimmtes Ziel auf einer Flugbetriebsfläche oder Bewegungsfläche anzuzeigen oder andere Hinweise zu geben. Hinweiszeichen (Informationszeichen) beinhalten:

Richtungs-, Standort-, Zielortzeichen, Start-/Landebahn-Abroll(weg/bahn)zeichen, „Frei von der Bahn"-Zeichen und „Kreuzende Abflüge"-Zeichen.

Ein Start-/Landebahn-Abroll(weg/bahn)zeichen ist dort anzubringen, wo es aus betrieblicher Sicht notwendig ist, die Start-/Landebahn-Abrollbahn zu identifizieren. Ein „Frei von der Bahn"-Zeichen ist dort anzubringen, wo der Abrollweg bzw. die Abrollbahn nicht mit Rollbahn-Mittellinienfeuern ausgestattet ist und der Bedarf besteht, einem Luftfahrzeugführer eines die Start-/Landebahn verlassenden Luftfahrzeuges die ILS/MLS-Schutzzonenränder und niedrigen Ränder der inneren Übergangsfläche, welche am weitesten von der Start-/Landebahn-Mittellinie entfernt ist, anzuzeigen.

Ein „Kreuzende Abflüge"-Zeichen sollte dort eingerichtet werden, wo eine betriebliche Notwendigkeit besteht, die verbleibende verfügbare Startlaufstrecke (TORA) für sich kreuzende Startläufe anzuzeigen. Wo nötig, sollte ein Zielortzeichen eingerichtet werden, um die Richtung zu einem bestimmten Ziel auf dem Flugplatz, wie das

Tab. 28.9 Aufschriften/Symbole [146]

Aufschrift/Symbol	Zweck/Information
Die Start- und Landebahnbezeichnung eines bestimmten Bahnkopfes	Anzeige eines Rollhalt(eorts) an einem Start- und Landebahnkopf
Die Start- und Landebahnbezeichnung beider Bahnköpfe	Anzeige eines Rollhalt(eorts) an anderen Rollbahn-/Start- und Landebahnkreuzungen oder Start-/Landebahnen/Start- und Landebahnkreuzungen
25 CAT I (Beispiel)	Um einem Rollhalt(eort) für die ICAO Allwetter-Betriebsstufe I an der Schwelle der Start-/Landebahn 25 anzuzeigen.
25 CAT II (Beispiel)	Um einen Rollhalt(eort) für die ICAO Allwetter-Betriebsstufe II an der Schwelle der Start-/Landebahn 25 anzuzeigen.
25 CAT III (Beispiel)	Um einen Rollhalt(eort) für die ICAO Allwetter-Betriebsstufe III an der Schwelle der Start-/Landebahn 25 anzuzeigen.
25 CAT II/III (Beispiel)	Um einen gemeinsamen Rollhalt(eort) für die ICAO Allwetter-Betriebsstufe II/III an der Schwelle der Start-/Landebahn 25 anzuzeigen.
NO ENTRY (Symbol)	Um anzuzeigen, dass das Einrollen in einen Bereich verboten ist.
B 2 (Beispiel)	Anzeige eines Rollhalt(eorts)

Abb. 28.53 Beispiel Gebotszeichen [111]

Frachtabfertigungsvorfeld oder das Vorfeld der Allgemeinen Luftfahrt, anzuzeigen. Ein kombiniertes Standort- und Richtungszeichen ist dort einzurichten, wo vor einer Rollbahnkreuzung entsprechende Informationen über Rollwege gegeben werden sollen.

Ein Richtungszeichen ist dort anzubringen, wo es aus betrieblicher Sicht notwendig erscheint, Bezeichnungen und Richtungen von Rollbahnen an einer Kreuzung zu identifizieren. Ein Standortzeichen sollte an einem Rollhalt(eort) angebracht sein.

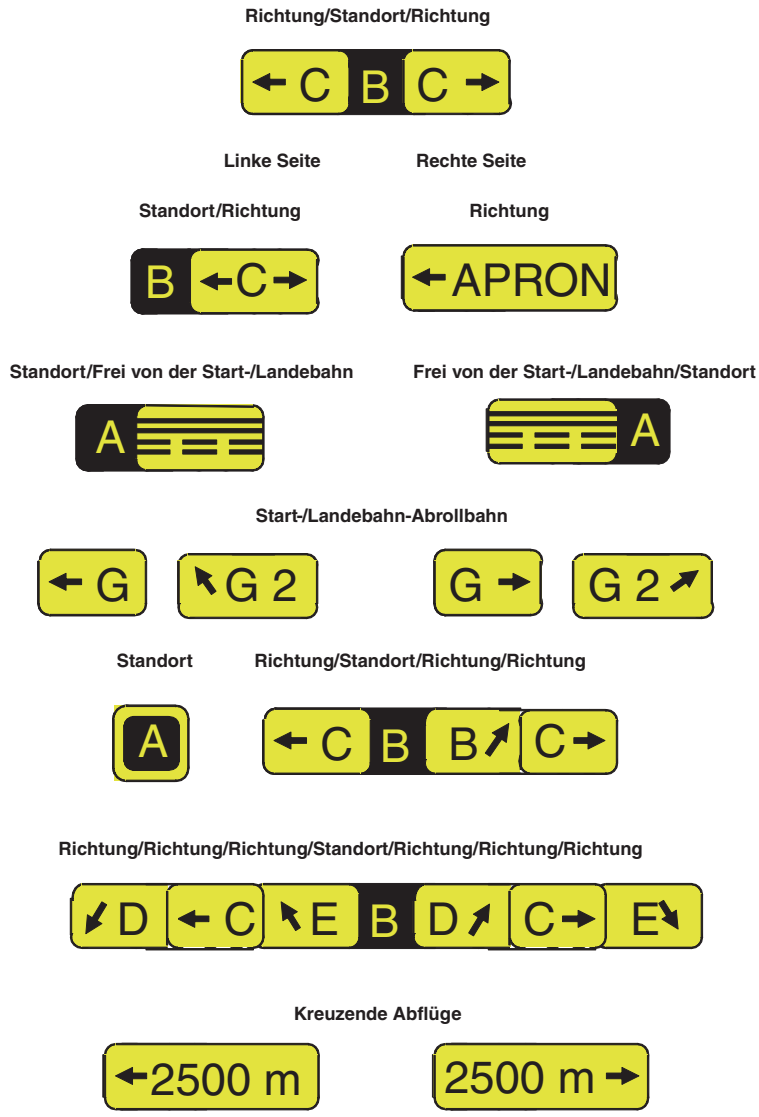


Abb. 28.54 Informationszeichen [146]

Ein Standortzeichen ist in Verbindung mit einem Start-/Landebahn-Bezeichnungszeichen, außer an Start-/Landebahn/Start-/Landebahn-Kreuzungen, einzurichten. Ein Standortzeichen ist im Zusammenhang mit einem Richtungszeichen einzurichten, mit der Ausnahme, wenn eine luftfahrttechnische Untersuchung gezeigt hat, dass dies nicht notwendig ist. Wo nötig, sollte ein Standortzeichen eingerichtet werden, um Rollbahnen, die das Vorfeld verlassen, oder Rollbahnen, die hinter einer Kreuzung angeordnet sind, zu identifizieren.

Hinweiszeichen sind auf der linken Seite der Rollbahn, in Übereinstimmung mit den Angaben in Tab. 28.8, anzubringen. An Rollbahnkreuzungen sind Hinweiszeichen vor der Kreuzung in einer Reihe mit der Rollbahnkreuzungsmarkierung anzubringen. Wo keine Rollbahnkreuzungsmarkierung vorliegt, sind die Zeichen mindestens 60 m bei der Code-Zahl 3 oder 4 bzw. mindestens 40 m bei der Code-Zahl 1 oder 2 von der Mittellinie der kreuzenden Rollbahnen entfernt, anzubringen. Für ein Standortzeichen, das jenseits der Rollbahnkreuzung installiert ist, kommen beide Seiten der Rollbahn in Betracht.

Ein Start-/Landebahn-Abrollbahnzeichen ist auf derselben Seite der Start-/Landebahn anzubringen, auf der die Abrollbahn liegt (links oder rechts). Die Bestimmungen aus Tab. 28.8 sind einzuhalten. Ein Start-/Landebahn-Abrollbahnzeichen ist vor dem Start-/Landbahn-Abrollpunkt in einer Reihe mit der Position, die mindestens 60 m bei der Code-Zahl 3 oder 4 bzw. 30 m bei der Code-Zahl 1 oder 2 vor dem Tangentenpunkt der Mittellinien liegt, anzubringen. Ein „Frei von der Bahn"-Zeichen ist auf mindestens einer Seite der Rollbahn anzubringen. Der Abstand zwischen dem Zeichen und der Start-/Landebahn-Mittellinie darf nicht kleiner sein als der größte Abstand der folgenden angegebenen Abstände:

a) dem Abstand zwischen der Start- und Landebahnmittellinie und den ILS/MLS-Schutzzonenrändern, oder
b) dem Abstand zwischen der Start- und Landebahnmittellinie und dem niedrigeren Rand der inneren Übergangsfläche.

Wo in Verbindung mit einem „Frei von der Bahn"-Zeichen ein Rollbahn-Standortzeichen angebracht ist, ist dieses seitlich des „Frei von der Bahn"-Zeichens anzubringen. Ein „Kreuzende Abflüge"-Zeichen ist auf der linken Seite der Rollbahn zu positionieren, der auf die Start-/Landebahn zuführt (Entry Taxiway). Der Abstand zwischen dem Zeichen und der Start-/Landebahn-Mittellinie darf nicht kleiner als 60 m bei Code-Zahl 3 oder 4 bzw. nicht kleiner als 45 m bei Code-Zahl 1 oder 2 sein. Ein Rollbahn-/Rollweg-Standortzeichen in Verbindung mit einer Start-/Landebahn-Bezeichnung ist seitlich der Start/Landebahn-Bezeichnung anzubringen.

Ein Zielortzeichen sollte normalerweise nicht in Verbindung mit einem Standort- oder Richtungszeichen installiert werden. Ein Hinweiszeichen darf nicht in Verbindung mit einem Gebots- bzw. Verbotszeichen aufgestellt werden.

Ein Richtungszeichen, eine Barrikade u./o. andere visuelle Hilfen, die benutzt werden, um ein Kreuzungs-„T" zu kennzeichnen, sollten auf der gegenüberliegenden Seite der Kreuzung in Richtung der Rollbahn angebracht werden.

Ein Hinweiszeichen trägt eine schwarze Aufschrift auf gelbem Grund. Ein Standortzeichen trägt eine gelbe Aufschrift auf schwarzem Grund und hat, soweit es allein installiert ist, einen gelben Rand. Die Aufschrift auf einem Start-/Landebahn-Abrollbahn-zeichen besteht aus einer Bezeichnung des Abrollweges/der Abrollbahn und einem Pfeil, der die zu befolgende Richtung angibt. Die Aufschrift auf einem „Frei

von der Bahn“-Zeichen hat das Muster A der Start-/Landebahn-Rollhalt(eort)markierung gemäß Abb. 28.54 darzustellen. Die Aufschrift auf einem „Kreuzende Abflüge“-Zeichen besteht aus einem numerischen Hinweis, der die verbleibende verfügbare Startlaufstrecke (TORA) in Metern ausdrückt, und einem entsprechend gerichteten Pfeil, der die Richtung des Starts (Abb. 28.54) ausweist.

Die Aufschrift auf einem Richtungszeichen besteht aus einem alphanumerischen und einem numerischen Hinweis, der die Richtung kennzeichnet, und aus einem Pfeil, der die zu befolgende Richtung angibt (Abb. 28.54). Die Aufschrift auf einem Richtungszeichen besteht aus einem alphanumerischen Hinweis, der die Rollbahn(en) kennzeichnet, und aus einem oder mehreren entsprechend angeordneten Pfeil(en) (Abb. 28.54) die die Richtungen angeben. Die Aufschrift auf einem Standortzeichen besteht aus einer Rollbahn- oder Start-/Landebahn-Bezeichnung oder einer anderen Bezeichnung der Flugbetriebsfläche, auf der sich das Luftfahrzeug gerade bewegt oder es dabei ist aufzurollen, und darf keine Pfeile enthalten. Wo nötig, ist jeder der auf derselben Rollbahn aneinander gereihten Rollhalt(eort)e zu identifizieren, sollte das Standortzeichen aus der Rollbahnbezeichnung und einer Zahl bestehen. Wo Standort- und Richtungszeichen zusammen verwendet werden, sind:

a) alle Richtungszeichen in Verbindung mit Linkskurven links des Standortzeichens und alle Richtungszeichen in Verbindung mit Rechtskurven rechts des Standortzeichens anzubringen, außer, wenn die Kreuzung aus einer sich kreuzenden Rollbahn besteht. In diesem Fall darf das Standortzeichen alternativ auf der linken Seite der Rollbahn angebracht werden;
b) die Richtungszeichen so anzufertigen, dass die ausgewiesene Richtung der Pfeile von der Vertikalen, mit zunehmender Abweichung von der zugehörigen Rollbahn, ausgeht;
c) die entsprechenden Richtungszeichen neben dem Standortzeichen anzubringen, wenn sich die Richtung der Standortrollbahn erheblich hinter der Kreuzung ändert; und
d) zugehörige Richtungszeichen durch eine vertikale schwarze Linie (Abb. 28.54) zu kennzeichnen.

Eine Rollbahn ist durch eine Bezeichnung, bestehend aus einem Buchstaben, aus Buchstaben oder einer Kombination von einem Buchstaben, und Buchstaben gefolgt von einer Zahl, zu kennzeichnen. Bei der Bezeichnung von Rollbahnen sollte auf die Buchstaben I, O oder X und die Wörter “innere” und “äußere” verzichtet werden, um Irritationen/Unklarheiten im Zusammenhang mit den Zahlen 1, 0 und dichten Beschriftungen zu vermeiden. Die Anwendung von Zahlen auf den Flugbetriebsflächen ist für Start-/Landebahn-Bezeichnungen reserviert.

Die Abb. 28.55 und 28.56 zeigen Beispiele für Informationszeichen. Die Abb. 28.57 zeigt Beispiele für die Lage von Informationszeichen an Rollbahn- und Start-/Landebahn-Kreuzungen.

Abb. 28.55 Beispiel Informationszeichen (1) [111]

Abb. 28.56 Beispiel Informationszeichen (2) [111]

28.3.4 VOR-Kontrollpunktzeichen

Wenn ein VOR-Kontrollpunkt auf einem Flugplatz eingerichtet ist, ist er durch eine VOR-Kontrollpunktmarkierung und ein VOR-Kontrollpunktzeichen anzuzeigen.

Die Aufschriften auf einem VOR-Kontrollpunktzeichen sollten einer der in Abb. 28.58 dargestellten Optionen (A–D) entsprechen, wobei:

VOR = Abkürzung, die anzeigt, dass es sich um einen VOR-Kontrollpunkt handelt,
116,3 = ein Beispiel für die Funkfrequenz der betreffenden VOR-Anlage ist,
147° = ein Beispiel für den auf das nächste Grad gerundeten VOR-Peilwert, der am VOR-Kontrollpunkt angezeigt werden sollte, und
4,3 NM = ein Beispiel für die in nautischen Meilen angegebene Entfernung von einem mit einer VOR-Anlage kombinierten Entfernungsmessgerät (DME) ist

Es ist zu beachten, dass ein Kontrollpunkt nur dann betrieblich genutzt werden kann, wenn regelmäßige Überprüfungen sicherstellen, dass er stets innerhalb ±2 Grad der angegebenen Peilung liegt.

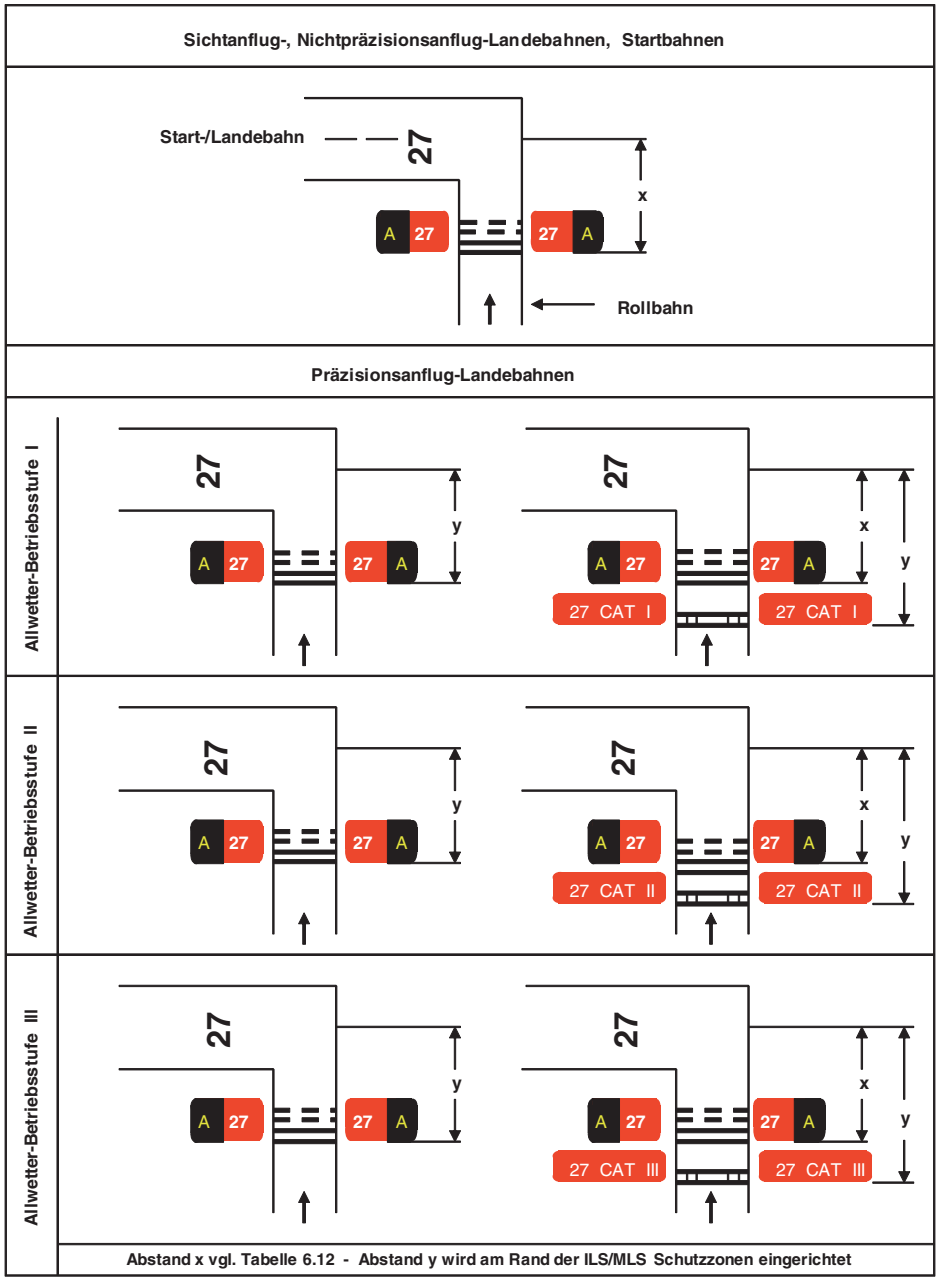


Abb. 28.57 Beispiele für die Lage von Zeichen an Rollbahn- und Start-/Landebahnkreuzungen [146]

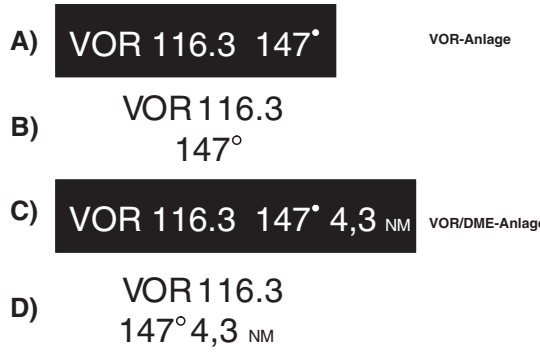


Abb. 28.58 VOR-Kontrollpunktzeichen [146]

28.3.5 Flugplatzerkennungszeichen

Ein Flugplatzerkennungszeichen sollte an einem Flugplatz vorhanden sein, an dem keine ausreichenden optischen Erkennungsmöglichkeiten gegeben sind. Das Flugplatzerkennungszeichen sollte auf dem Flugplatz so angebracht werden, dass es möglichst aus allen Winkeln oberhalb der Horizontalen lesbar ist. Ein Flugplatzerkennungszeichen besteht aus dem Namen des Flugplatzes. Die für das Zeichen gewählte Farbe sollte sich deutlich vom Hintergrund abheben. Die Buchstaben sollten mindestens 3 m bemessen.

28.3.6 Luftfahrzeug-Standplatzkennzeichen

Eine Luftfahrzeug-Standplatzkennmarkierung sollte möglichst durch ein Luftfahrzeug-Standplatzkennzeichen ergänzt werden. Ein Luftfahrzeug-Standplatzkennzeichen sollte so installiert werden, dass es aus dem Führerraum eines Luftfahrzeuges (Cockpit) vor dem Einrollen auf den Luftfahrzeug-Standplatz erkennbar ist. Ein Luftfahrzeug-Standplatzkennzeichen sollte aus schwarzer Beschriftung auf gelbem Grund bestehen.

28.3.7 Fahrstraßen-Halt(eorts)kennzeichen

Ein Fahrstraßen-Halt(eorts)kennzeichen ist an allen Fahrstraßen, die in eine Start-/Landebahn einmüden, einzurichten. Das Fahrstraßen-Halt(eorts)kennzeichen ist in einem Abstand von 1,5 m vom Fahrstraßenrand entfernt (links oder rechts, entsprechend den örtlichen Straßenverkehrsregeln) an der Halteposition anzubringen. Ein Fahrstraßen-Halt(eorts)kennzeichen trägt eine weiße Aufschrift auf rotem Grund. Die

Aufschrift ist in nationaler Sprache, in Übereinstimmung mit den geltenden örtlichen Straßenverkehrsregeln aufzubringen und beinhaltet folgendes:

a) eine Anforderung zu halten, und
b) wo zutreffend:
   1) eine Anforderung, eine ATC-Freigabe einzuholen, und
   2) eine Standortbezeichnung.

Ein Fahrstraßen-Halt(eorts)kennzeichen, dass für den Nachtbetrieb vorgesehen ist, muss reflektierend und erleuchtet sein.

28.4 Marker

28.4.1 Anforderungen an Marker

Marker müssen aus leichtem Material hergestellt und brechbar installiert werden. Diejenigen, die räumlich nahe an einer Start-/Landebahn oder Rollbahn angebracht sind, müssen niedrig genug sein, um die Bodenfreiheit für Propeller und Triebwerkgondeln von strahlgetriebenen Flugzeugen zu gewährleisten. Gelegentlich werden Anker oder Ketten verwendet, um zu verhindern, dass Marker, die aus ihrer Verankerung gerissen wurden, durch Windeinfluss vom Standort entfernt werden.

28.4.2 Randmarker auf unbefestigten Start-/Landebahnen

Es sollten Marker installiert werden, wenn die Ausdehnung einer unbefestigten Start-/Landebahn nicht deutlich zu erkennen ist, weil sich ihre Oberfläche nicht genügend von der umgebenden Oberfläche abhebt. Wenn Start- und Landebahnfeuer vorhanden sind, sollten die Marker in die Befeuerung einbezogen werden. Wenn keine Feuer vorhanden sind, sollten flache, rechteckige oder kegelförmige Marker so angeordnet werden, so dass die Start-/Landebahn eindeutig begrenzt ist. Die flachen rechteckigen Marker sollten eine Mindestgröße von 1 m $\times$ 3 m haben und mit ihrer Längsseite parallel zur Start- und Landebahnmittellinie aufgestellt werden. Die kegelförmigen Marker sollten nicht höher als 50 cm sein.

28.4.3 Stoppbahnrandmarker

Es sollten Stoppbahnrandmarker angebracht werden, wenn die Ausdehnung einer Stoppbahn nicht deutlich zu erkennen ist, weil sich ihre Oberfläche nicht genügend von

der umgebenden Oberfläche abhebt. Die Stoppbahnrandmarker müssen sich von allen verwendeten Start- und Landebahnrandmarkern hinreichend unterscheiden, um eine Verwechslung der verschiedenen Marker auszuschließen.

28.4.4 Randmarker für schneebedeckte Start- und Landebahnen

Randmarker für schneebedeckte Start-/Landebahnen sollten vorgesehen werden, um die nutzbaren Teile einer schneebedeckten Start-/Landebahn anzuzeigen, falls die nutzbaren Teile nicht anderweitig gekennzeichnet sind. Start- und Landebahnfeuer können verwendet werden, um die nutzbaren Teile anzuzeigen. Randmarker für schneebedeckte Start-/Landebahnen sollten zu beiden Seiten der Start-/Landebahn in Abständen von nicht mehr als 100 m symmetrisch zur Start- und Landebahnmittellinie so weit von der Mittellinie aufgestellt werden, dass genügend Bodenfreiheit für Tragflügelspitzen der Flugzeuge und der Triebwerke gegeben ist. Eine ausreichende Anzahl von Markern sollte entlang der Schwelle und dem Ende der Start-/Landebahn aufgestellt werden.

28.4.5 Rollbahn-Randmarker

Rollbahn-Randmarker sollten an einer Rollbahn angebracht werden, wenn die Code-Zahl 1 oder 2 ist und eine Rollbahn-Mittellinien- oder -randbefeuerung oder Rollbahn-Mittellinienmarker nicht vorhanden sind. Rollbahn-Randmarker sollten zumindest an den Stellen angebracht werden, an denen sich die Rollbahn-Randfeuer befinden würden, wenn sie installiert worden wären. Ein Rollbahn-Randmarker ist von reflektierender blauer Farbe. Die vom Luftfahrzeugführer aus zu sehende markierte Fläche sollte rechteckig sein und ein Sichtfeld von mindestens 150 cm^2 haben. Rollbahn-Randmarker müssen aus leichtem Material und brechbar sein. Sie müssen niedrig genug sein, um die Bodenfreiheit für Propeller und Triebwerkgondeln von strahlgetriebenen Flugzeugen zu gewährleisten.

28.4.6 Rollbahn-Mittellinienmarker

Rollbahn-Mittellinienmarker sollten auf einer Rollbahn angebracht werden, wenn die Code-Zahl 1 oder 2 ist und Rollbahn-Mittellinien- oder -randfeuer oder Rollbahn-Randmarker nicht vorhanden sind. Rollbahn-Mittellinienmarker sollten auf einer Rollbahn angebracht werden, wenn die Code-Zahl 3 oder 4 ist, Rollbahn-Mittellinienfeuer nicht vorhanden sind und wenn es erforderlich ist, die durch die Rollbahn-Mittellinienmarkierung gegebene Rollführung zu verbessern. Rollbahn-Mittellinienmarker sollten mindestens an denselben Stellen angebracht werden wie Rollbahn-Mittellinienfeuer, wenn diese installiert worden wären. Rollbahn-Mittellinienmarker sollten auf der Rollbahn-

Mittellinienmarkierung angebracht werden. Sie können jedoch bis zu 30 cm versetzt werden, wenn es nicht möglich ist, sie auf der Markierung anzubringen. Rollbahn-Mittellinienmarker sind in reflektierender grüner Farbe auszulegen. Die vom Luftfahrzeugführer aus zu sehende markierte Fläche sollte rechteckig sein, und ein Sichtfeld von mindestens 20 cm^2 haben. Rollbahn-Mittellinienmarker sind so auszulegen und anzubringen, dass sie von den Rädern eines Luftfahrzeuges überrollt werden können, ohne dass das Luftfahrzeug oder die Marker Schaden nehmen.

28.4.7 Randmarker auf unbefestigten Rollbahnen

Es sollten Marker installiert werden, wenn die Ausdehnung einer unbefestigten Rollbahn nicht deutlich zu erkennen ist, weil sie sich nicht genügend von der umgebenden Oberfläche abhebt. Wenn Rollbahnfeuer vorhanden sind, sollten die Marker in die Befeuerung einbezogen werden. Wenn keine Feuer vorhanden sind, sollten konische Marker so angeordnet werden, dass sie die Rollbahn eindeutig begrenzen.

28.4.8 Umgrenzungsmarker

Umgrenzungsmarker sind an einem Flugplatz anzubringen, dessen Landebereich keine ausgewiesene Start-/Landebahn hat. Umgrenzungsmarker sind entlang der Begrenzung des Landebereichs aufzustellen, und zwar in Abständen von nicht mehr als 200 m, wenn die in Abb. 28.59 dargestellte Art verwendet wird. Ein Abstand von ca. 90 m ist bei Verwendung von kegelförmige Markern einzuhalten, wobei hier an jeder Ecke des Landebereichs ein Marker stehen muss. Umgrenzungsmarker sollten etwa der in Abb. 28.60 dargestellten Form entsprechen oder die Form eines Kegels haben, der mindestens 50 cm hoch sein, und dessen Grundfläche einen Durchmesser von mindestens

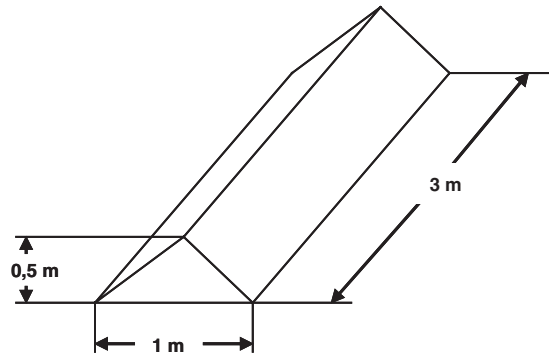


Abb. 28.59 Umgrenzungsmarker [146]

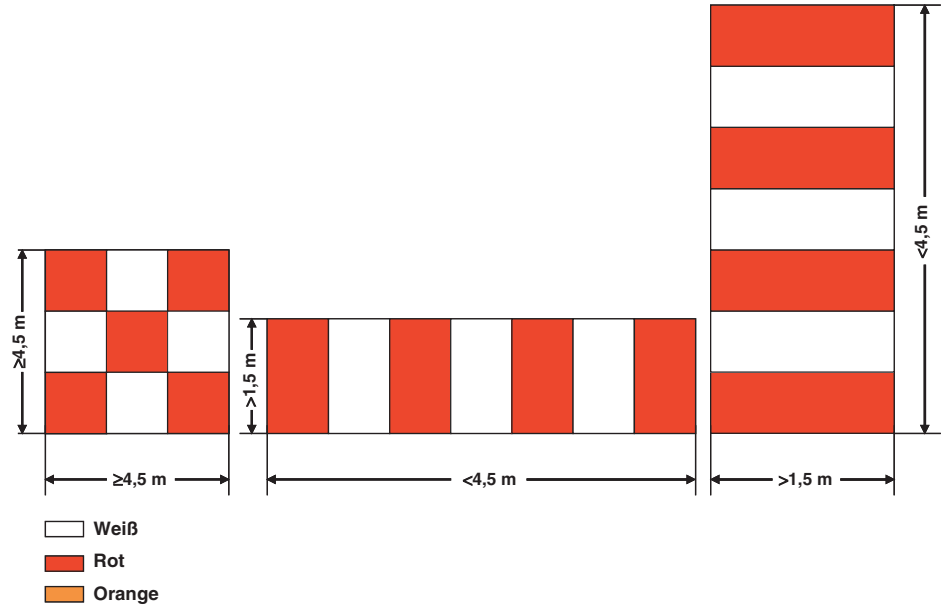


Abb. 28.60 Grundmuster für Markierungen [146]

75 cm haben muss. Die Marker sollten farbig sein, um sich vom Umgebungshintergrund abzuheben. Eine Einzelfarbe, Orange oder Rot, oder zwei zueinander in Kontrast stehende Farben, wie Orange und Weiß oder Rot und Weiß sollten verwendet werden, sofern sich diese Farben vom Umgebungshintergrund abheben.

28.5 Optische Hilfen zur Kennzeichnung von Hindernissen

28.5.1 Objekte, die zu markieren u./o. zu befeuern sind

Durch die Hindernismarkierung u./o. -befeuerung sollen Luftfahrzeugführer auf Hindernisse aufmerksam gemacht werden. Dadurch werden jedoch hindernisbedingte Betriebsbeschränkungen nicht zwangsläufig reduziert. Ein festes Hindernis, das über eine Abflugfläche innerhalb 3.000 m vom Innenrand der Abflugfläche hinausragt, sollte markiert und, wenn die Start-/Landebahn auch bei Nacht genutzt wird, befeuert werden, außer:

a) wenn das Hindernis durch ein anderes festes Hindernis verdeckt wird und somit auf eine Markierung und Befeuerung verzichtet werden kann;
b) wenn das Hindernis bei Tage durch Mittelhochleistungshindernisfeuer, Typ A (Tab. 28.12), befeuert wird, die Höhe (über Grund der Umgebung) 150 m nicht überschreitet, und somit auf die Markierung verzichtet werden kann;

c) wenn das Hindernis am Tage durch Hochleistungshindernisfeuer befeuert wird und somit auf die Markierung verzichtet werden kann, und
d) wenn das Hindernis ein Leuchtturm ist, und eine luftfahrttechnische Untersuchung ergibt, dass das Leuchtfeuer ausreicht, und somit auf die Befeuerung verzichtet werden kann.

Ein festes, kein Hindernis darstellendes Objekt neben der Abflugfläche sollte markiert und, wenn die Start-/Landebahn bei Nacht genutzt wird, auch befeuert werden. Auf die Markierung kann jedoch verzichtet werden, wenn:

a) das Objekt bei Tage durch Mittelhochleistungshindernisfeuer, Typ A (Tab. 28.12), befeuert wird und die Höhe (über Grund der Umgebung) 150 m nicht überschreitet, oder
b) das Objekt am Tage durch Hochleistungshindernisfeuer befeuert wird. Ein festes Hindernis, das über eine Anflug- oder Übergangsfläche innerhalb 3.000 m vom Innenrand der Anflugfläche hinausragt, ist zu markieren und, wenn die Start-/Landebahn bei Nacht benutzt wird, auch zu befeuern,

außer:

a) wenn das Hindernis durch ein anderes festes Hindernis verdeckt wird und somit auf eine Markierung und Befeuerung verzichtet werden kann;
b) wenn das Hindernis bei Tage durch Mittelhochleistungshindernisfeuer, Typ A
c) (Tabelle 28.12), befeuert wird und seine Höhe (über Grund der Umgebung) 150 m nicht überschreitet, und somit auf die Markierung verzichtet werden kann;
d) wenn das Hindernis am Tage durch Hochleistungshindernisfeuer befeuert wird und somit auf die Markierung verzichtet werden kann, und
e) wenn das Hindernis ein Leuchtturm ist und eine luftfahrttechnische Untersuchung ergibt, dass das Leuchtfeuer ausreicht, und somit auf die Befeuerung verzichtet werden kann.

Ein festes Hindernis oberhalb einer Horizontalfläche sollte markiert und, wenn der Flugplatz bei Nacht genutzt wird, befeuert werden, außer dass:

a) auf eine solche Markierung und Befeuerung verzichtet werden kann, wenn:
   1) das Hindernis durch ein anderes festes Hindernis abgedeckt ist, oder
   2) für eine durch unbewegliche Objekte oder das Gelände hindernisrelevante Platzrunde Verfahren festgelegt worden sind, um einen sicheren Höhenabstand unterhalb der vorgeschriebenen Flugwege sicherzustellen, oder
   3) eine luftfahrttechnische Untersuchung ergibt, dass das Hindernis nicht von betrieblicher Bedeutung ist:
b) auf eine solche Markierung kann verzichtet werden, wenn das Hindernis bei Tage durch Mittelhochleistungshindernisfeuer, Typ A (Tab. 28.12), befeuert wird und seine Höhe (über Grund der Umgebung) 150 m nicht überschreitet;

c) auf eine solche Markierung kann verzichtet werden, wenn das Hindernis am Tag durch Hochleistungshindernisfeuer befeuert wird, und
d) auf die Befeuerung kann verzichtet werden, wenn das Hindernis ein Leuchtturm ist und eine luftfahrttechnische Untersuchung ergibt, dass das Leuchtfeuer ausreicht.

Ein über eine Hindernisfreifläche hinausragendes festes Objekt ist zu markieren und, wenn die Start-/Landebahn bei Nacht genutzt wird, zu befeuern. Fahrzeuge und andere bewegliche Objekte auf den Flugbetriebsflächen und den Bewegungsflächen eines Flugplatzes, ausgenommen Luftfahrzeuge, stellen Hindernisse dar, die zu markieren und, wenn die Fahrzeuge und der Flugplatz bei Nacht oder geringen Sichtweiten betrieben wird, zu befeuern sind. Luftfahrzeugabfertigungsgerät und Fahrzeuge, die nur auf dem Vorfeld benutzt werden, können hiervon ausgenommen werden.

Überflurfeuer innerhalb der Flugbetriebsflächen und der Bewegungsflächen sind so zu markieren, dass sie bei Tage auffällig sind. Hindernisfeuer sind nicht als Überflurfeuern oder Zeichen auf Flugbetriebsflächen und Bewegungsflächen anzubringen.

Alle aufragenden Objekte innerhalb des festgelegten Abstandes von der Mittellinie einer Rollbahn, einer Vorfeld-Rollbahn oder einer Standplatzrollgasse sind zu markieren und, wenn die Rollbahn, die Vorfeldrollbahn oder die Standplatzrollgasse bei Nacht benutzt wird, auch zu befeuern. Hindernisse sollten markiert und, wenn der Flugplatz bei Nacht benutzt wird, befeuert werden. Auf die Markierung kann verzichtet werden, wenn das Hindernis am Tage durch ein Hochleistungshindernisfeuer befeuert wird.

Freileitungen über einen Fluss, ein Tal oder über eine Straße frei hängende Kabel etc. sollten markiert, ihre Tragmasten markiert und befeuert werden, wenn eine luftfahrttechnische Untersuchung ergibt, dass die Leitungen u./o. Kabel möglicherweise eine Gefahr für Luftfahrzeuge darstellen. Auf die Markierung der Tragmasten kann verzichtet werden, wenn sie bei Tage mit Hochleistungshindernisfeuern befeuert werden.

Wenn eine Freileitung oder ein frei hängendes Kabel etc. markiert werden muss, und das Anbringen von Markern an der Leitung oder dem Kabel etc. aber nicht möglich ist, sollten an den Tragmasten Hochleistungshindernisfeuer, Typ B (Tab. 28.12), installiert werden.

28.5.2 Markierung von Objekten

Alle zu markierenden festen Objekte sind nach Möglichkeit farbig zu kennzeichnen. Ist dies jedoch nicht möglich, sind Marker oder Flaggen über ihnen anzubringen, sofern die Objekte durch Form, Größe oder Farbe nicht schon auffällig genug sind und sich eine zusätzliche Markierung erübrigt. Alle zu markierenden beweglichen Objekte sind durch Farben oder Flaggen zu kennzeichnen.

Ein Objekt sollte farblich so gekennzeichnet werden, dass es ein schachbrettartiges Muster zeigt, wenn es im wesentlichen ununterbrochene Flächen aufweist und seine Projektion auf eine Vertikalebene in beiden Ausdehnungen gleich oder größer als 4,5 m

ist. Das Muster sollte aus Rechtecken mit einer Seitenlänge von mindestens 1,5 m und höchstens 3 m bestehen. Die Eckfelder sollten von der dunkleren Farbe sein. Die Farben des Musters sollten sich voneinander und von dem Hintergrund, gegen den sie gesehen werden sollen, abheben. Orange und Weiß oder Rot und Weiß sollten verwendet werden, sofern sich diese Farben vom jeweiligen Hintergrund abheben (Abb. 28.60).

Ein Objekt sollte farblich so gekennzeichnet werden, dass es abwechselnde, in ihrer Farbe kontrastierende Streifen zeigt, wenn es:

a) im wesentlichen ununterbrochene Flächen aufweist und eine horizontale oder vertikale Ausdehnung >1,5 m hat, die weitere horizontale oder vertikale Ausdehnung <4,5 m ist, oder
b) ein gerüstartiges Objekt, mit entweder einer vertikalen oder horizontalen Ausdehnung von >1,5 m ist.

Die Streifen sollten rechtwinklig zur längsten Ausdehnung verlaufen und eine Breite von etwa 1/7 der längsten Ausdehnung oder 30 m haben, je nach dem kleineren Wert. Die Farben der Streifen sollten sich vom Hintergrund, gegen den sie gesehen werden sollen, abheben. Es sollten die Farben Orange und Weiß verwendet werden, sofern sie die Bedingungen erfüllen. Die äußeren Streifen an dem Objekt sollten von der dunkleren Farbe sein (Abb. 28.60 und 28.61).

Tabelle 28.10 zeigt die Anleitung zur Auslegung der Streifenbreiten für die Erzielung einer ungeraden Streifenzahl, die es erlaubt, sowohl die untersten als die obersten Streifen in der dunkleren Farbe zu gestalten.

Ein Objekt sollte mit nur einer auffälligen Farbe gekennzeichnet werden, wenn seine Projektion auf eine Vertikalebene in beiden Ausdehnungen weniger als 1,5 m beträgt. Es sollten die Farben Orange oder Rot verwendet werden, sofern sich diese Farben vom relevanten Hintergrund abheben.

Spezielle Hintergründe können es erfordern, eine andere Farbe als Orange oder Rot zu verwenden, um einen ausreichenden Kontrast zu erzielen.

Wenn bewegliche Objekte farblich gekennzeichnet werden, sollte eine auffällige Farbe, vorzugsweise Rot oder Grün verwendet werden. Gelb sollte für Fahrzeuge der Bodenverkehrsdienste verwendet werden.

Windenergieanlagen können als Windenergieanlagen-Blöcke zusammengefasst werden (Windparks). Grundsätzlich müssen alle Windenergieanlagen des jeweiligen Blockes gekennzeichnet werden. In Einzelfall kann die zuständige Luftfahrtbehörde bestimmen, dass nur die Anlagen in der Peripherie des Blockes, nicht aber die innerhalb des Blockes befindlichen Anlagen einer Kennzeichnung bedürfen. Für die Tageskennzeichnung sind „verkehrsweiß“ (RAL9016) und „verkehrsorange“ (2009) vorgesehen. Alternativ ist die Farbe „verkehrsrot“ (RAL3020) in Verbindung mit „grauweiß“ (RAL 9002), „achatgrau“ (RAL 7038) oder „lichtgrau“ (RAL 7035) zulässig. Auch die Verwendung entsprechender Tagesleuchtfarben ist zulässig [146]. In der Regel sind die Rotorblätter weiß bzw. grau und im äußeren Bereich durch drei Farbstreifen von je 6 m Länge (außen

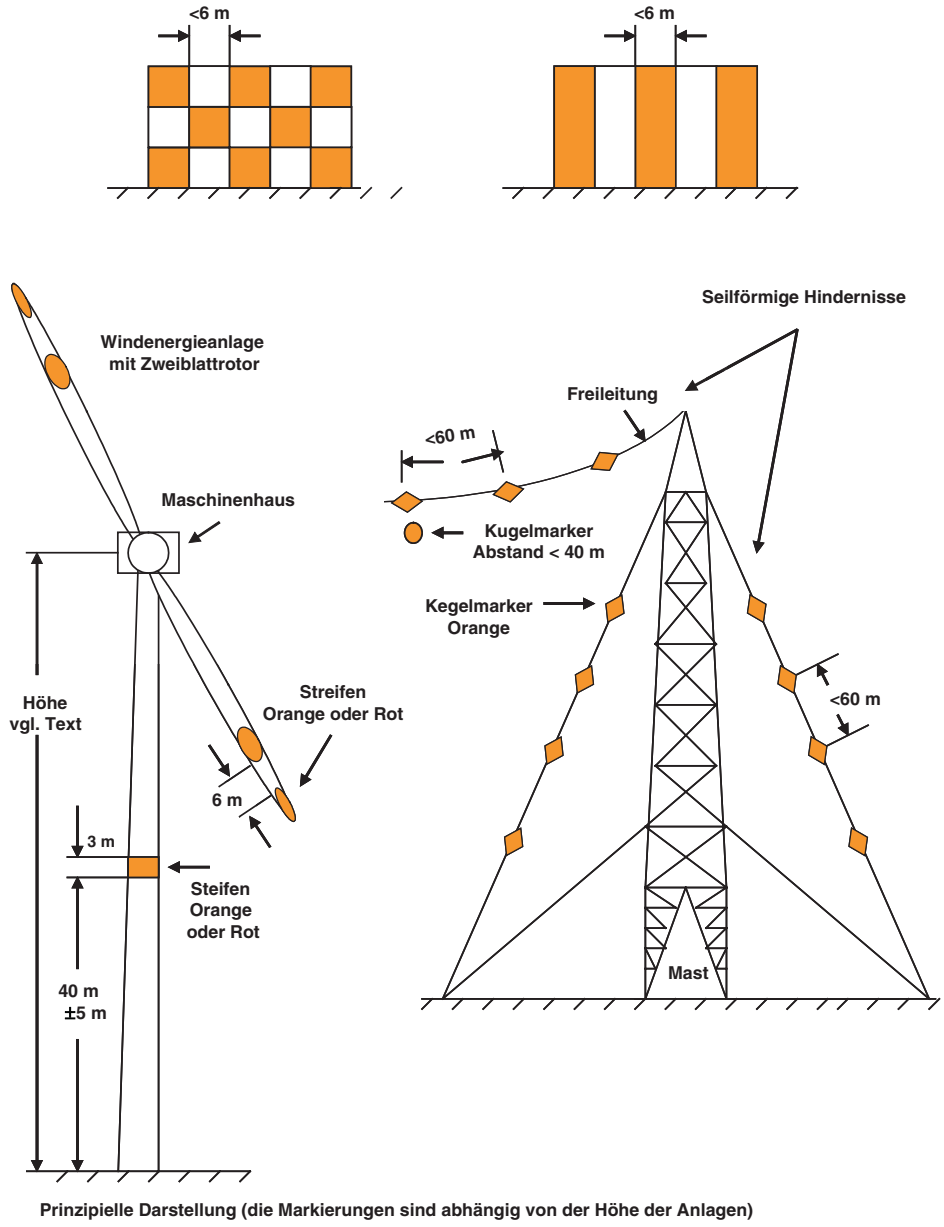


Abb. 28.61 Beispiele für Tageskennzeichnungen von Hindernissen durch Farbanstrich und Seilmarker [63, 146]

beginnend mit 6 m orange/rot −6 m weiß/grau −6 m orange/rot) zu kennzeichnen. Bei Windenergieanlagen mit einer Höhe von mehr als 150 m über Grund oder Wasser ist das Maschinenhaus auf beiden Seiten mit einem 2 m breiten orange/roten Streifen in der

Tab. 28.10 Breite der Markierungsstreifen [146]

Längste Ausdehnung			
größer als	nicht größer als	Steifenbreite	
1,5 m	210 m	1/7	der längsten Ausdehnung
210 m	270 m	1/9	der längsten Ausdehnung
270 m	330 m	1/11	der längsten Ausdehnung
330 m	390 m	1/13	der längsten Ausdehnung
390 m	450 m	1/15	der längsten Ausdehnung
450 m	510 m	1/17	der längsten Ausdehnung
510 m	570 m	1/19	der längsten Ausdehnung
570 m	630 m	1/21	der längsten Ausdehnung

Mitte des Maschinenhauses und der Mast mit einem 3 m breiten Farbring in orange/rot, beginnend in 40 ± 5 m über Grund oder Wasser, zu versehen. Bei Gittermasten muss dieser Streifen 6 m breit sein.

Wenn Windenergieanlagen mit einer Höhe von bis einschließlich 100 m über Grund oder Wasser in besonderen Fällen gekennzeichnet werden müssen, kann außerhalb einer Kreisfläche mit dem Radius von 5 km um einen Flugplatzbezugspunkt auf einen zweiten orange/roten Streifen verzichtet werden. Wird ein weiß blitzendes Feuer genehmigt, ist der orange/rote Streifen entbehrlich.

Bei Windenergieanlagen mit einer Höhe von mehr als 100 m bis einschließlich 150 m über Grund oder Wasser kann bei Genehmigung weiß blitzender Feuer in Verbindung mit einem Farbring (wie beschrieben) auf die orange/rote Kennzeichnung der Rotorblätter verzichtet werden.

Bei Windenergieanlagen mit einer Höhe von mehr als 150 m über Grund oder Wasser kann bei Genehmigung weiß blitzender Feuer die Anbringung eines zweiten orange/roten Streifens und die Kennzeichnung des Maschinenhauses entfallen. In diesem Fall darf der Abstand zwischen weiß blitzenden Feuern und der Rotorblattspitze bis zu 65 m betragen.

Weiß blitzende Feuer mittlerer Lichtstarke (20.000 cd ± 25 % Mittelleistungsfeuer Typ A (Tab. 28.12)) können abhängig von der Hindernissituation als Tagesmarkierung genehmigt werden. Sie sind am Tage außerhalb der Betriebszeit der Nachtkennzeichnung zu betreiben. Dies ist durch einen Dämmerungsschalter mit einer Schaltschwelle von 50 ± 2 Lux sicherzustellen Die effektive Lichtstarke ist gemäß DIN V/ENV (Europäische Vornorm) 50234 und IEC 61824 (Vornorm) nachzuweisen.

Das weiß blitzende Feuer darf nach unten abgeschirmt werden, so dass unterhalb eines Winkels von −5 Grad unterhalb der Horizontalen nicht mehr als 5 % der Nennlichtstärke abgestrahlt wird, wenn die Sicherheit des Luftverkehrs nicht gefährdet wird.

Weiß blitzende Feuer sind in der Regel an den höchsten Punkten der Hindernisse anzubringen. Kann dies aus technischen Gründen nicht erfolgen, darf der unbefeuerte Teil des Hindernisses das Feuer um höchstens 50 m überragen, im Flugplatzbereich um höchstens 3 m.

Die Feuer dürfen in keiner Richtung völlig vom Hindernis verdeckt werden. Es ist (z. B. durch Doppelung der Feuer) dafür zu sorgen, dass jederzeit mindestens ein Feuer aus jeder Richtung sichtbar ist.

Bei Feuern mit sehr langer Lebensdauer des Leuchtmittels (z. B. LED) kann auf ein Reserveleuchtmittel verzichtet werden, wenn die Betriebsdauer erfasst und das Leuchtmittel bei Erreichen des Punktes mit 5 % Ausfallwahrscheinlichkeit getauscht wird. Bei Ausfall des Feuers muss eine entsprechende Meldung an den Betreiber erfolgen.

Als Grundlage für die Berechnung der notwendigen Kapazität einer Ersatzstromversorgung ist der Zeitraum zugrunde zu legen, den der Anlagenbetreiber benötigt, um eine Stromversorgung wieder herzustellen. Dies muss im Genehmigungsverfahren durch den Anlagenbetreiber gegenüber der Genehmigungsbehörde nachgewiesen werden. Die Zeitdauer der Unterbrechung sollte 2 Minuten nicht überschreiten.

Zeitweilige Hindernisse (z. B. Baukräne oder mobile Teleskopkräne) sind gelb, rot oder orange oder mit Flaggen bzw. mit entsprechenden Warntafeln zu kennzeichnen [146].

- *Verwendung von Markern*

Marker auf oder in der Nähe von Objekten sind an auffälligen Stellen so anzubringen, dass die Umrisse der Objekte erhalten, und es bei ausreichenden Sichtweiten aus einer Entfernung von mindestens 1.000 m bei Objekten, die aus der Luft gesehen werden müssen, und von mindestens 300 m bei Objekten, die vom Boden aus gesehen werden müssen, aus jeder Richtung erkennbar bleiben. Die Erkennbarkeit muss für alle Richtungen gegeben sein, aus denen sich ein Luftfahrzeug dem jeweiligen Objekt nähern kann. Die Form der Marker muss deutlich genug sein, um sicherzustellen, dass sie nicht mit Markern anderer Bedeutung verwechselt werden können. Die Marker müssen so beschaffen sein, dass die Gefahr, die das durch sie gekennzeichnete Objekt darstellt, nicht erhöht wird.

Marker an Freileitungen, frei hängenden Kabeln etc. sollten kugelförmig (oder kegelförmig) sein und einen Durchmesser von nicht weniger als 60 cm haben. Der Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden Markern oder zwischen einem Marker und einem Tragmast sollte sich nach dem Durchmesser der Marker richten, in keinem Fall aber größer sein als:

a) 30 m, wenn der Markerdurchmesser 60 cm beträgt, mit wachsendem Markerdurchmesser zunehmend auf,
b) 35 m, wenn der Markerdurchmesser 80 cm beträgt, und weiter zunehmend auf höchstens,
c) 40 m, wenn der Markerdurchmesser mindestens 130 cm beträgt.

Bei Mehrfachleitungen, -kabeln usw. sollten Marker nicht unterhalb der Höhe angebracht werden, die die Leitung an dem höchsten markierten Punkt einnimmt. Die

Marker sollten einfarbig sein. Werden weiße und rote oder weiße und orangefarbene Marker zusammen verwendet, sollten sie abwechselnd angebracht werden. Die gewählte Farbe sollte sich gegen den relevanten Hintergrund abheben.

Abbildung 28.61 zeigt Beispiele für Tageskennzeichnungen von Hindernissen durch Farbanstrich und Seilmarker.

- *Verwendung von Flaggen*

Werden Flaggen zur Markierung von Objekten verwendet, so sind sie um diese herum, auf ihren Spitzen oder entlang ihrer höchsten Kanten anzubringen. Werden Flaggen zur Kennzeichnung ausgedehnter Objekte oder Gruppen dicht beieinander liegender Objekte verwendet, so sind sie jeweils im Abstand von mindestens 15 m anzubringen. Flaggen dürfen die Gefahr, die das durch sie gekennzeichnete Objekt darstellt, nicht erhöhen. Flaggen zur Markierung von festen Objekten dürfen nicht kleiner als 0,6 m^2, Flaggen zur Markierung von beweglichen Objekten nicht kleiner als 0,9 m^2 sein.

Flaggen zur Markierung fester Objekte sollten „orange“ sein oder aus einer Kombination von zwei dreieckigen Flächen bestehen, von denen eine Fläche orange und eine Fläche weiß, oder die Flächen in den Farben rot und weiß gehalten sein sollten. Sofern sich diese Farben nicht vom Hintergrund abheben, sollten andere auffällige Farben verwendet werden.

Flaggen zur Markierung von beweglichen Objekten müssen aus einem schachbrettartigen Muster bestehen, in dem jedes Quadrat eine Seitenlänge von mindestens 0,3 m hat. Die Farben des Musters müssen sich voneinander, und von dem entsprechenden Hintergrund, deutlich abheben. Es sind die Farben Orange und Weiß oder Rot und Weiß zu verwenden, sofern sich diese Farben vor dem jeweiligen Hintergrund abheben.

28.5.3 Befeuerung von Objekten

Durch die Hindernisbefeuerung soll, speziell bei niedrigen Sichtweiten und nachts, das Vorhandensein von den Luftverkehr gefährdenden Hindernissen kenntlich gemacht werden.

Zu befeuernde Objekte sind durch Nieder-, Mittel- oder Hochleistungshindernisfeuer, oder durch eine Kombination aus diesen Feuern zu kennzeichnen. Hochleistungshindernisfeuer sind für die Verwendung sowohl bei Tage als auch bei Nacht bestimmt. Es ist darauf zu achten, dass diese Feuer keine störende Blendwirkung hervorrufen.

Niederleistungshindernisfeuer vom Typ A oder B (Tab. 28.12) sollten verwendet werden, wenn es sich um ein wenig ausgedehntes Objekt handelt oder die Höhe 45 m nicht übersteigt. Wo die Verwendung von Niederleistungshindernisfeuern vom Typ A oder B nicht ausreicht oder ein spezieller Hinweis erforderlich ist, sollten Mittel- oder Hochleistungshindernisfeuer verwendet werden. Fahrzeuge und andere bewegliche Objekte, ausgenommen Luftfahrzeuge, müssen mit Niedrigleistungshindernisfeuern vom Typ C ausgestattet sein. Leitfahrzeuge sind mit einem Niedrigleistungshindernisfeuer

vom Typ D auszustatten. Niederleistungshindernisfeuer vom Typ B sollten entweder alleine oder in Kombination mit Mittelleistungshindernisfeuern vom Typ B verwendet werden. Mittelleistungshindernisfeuer vom Typ A, B oder C sollten verwendet werden, wenn es sich um ein ausgedehntes Objekt handelt oder die Höhe 45 m übersteigt. Mittelleistungshindernisfeuer vom Typ A und C sollten allein, die des Typs B entweder allein, oder in Kombination mit Niederleistungshindernisfeuern vom Typ C verwendet werden. Eine Gruppe von Bäumen oder Gebäuden (Abb. 28.62) wird als ein ausgedehntes Objekt angesehen.

Hochleistungshindernisfeuer vom Typ A sollten verwendet werden, um das Vorhandensein eines Objektes anzuzeigen, dessen Höhe 150 m übersteigt und für das eine luftfahrttechnische Untersuchung ergibt, dass die Befeuerung zur Erkennbarkeit des Objektes am Tage erforderlich ist. Hochleistungshindernisfeuer vom Typ B sollten verwendet werden, um das Vorhandensein eines Tragmastes für Freileitungen und frei hängende Kabel etc. anzuzeigen, wo:

- eine luftfahrttechnische Untersuchung ergibt, dass diese Befeuerung zur Erkenn- barkeit der Leitungen, Kabel etc. bei Tage erforderlich ist, oder
- es sich als undurchführbar erwiesen hat, Marker an den Leitungen, Kabeln etc. anzubringen.

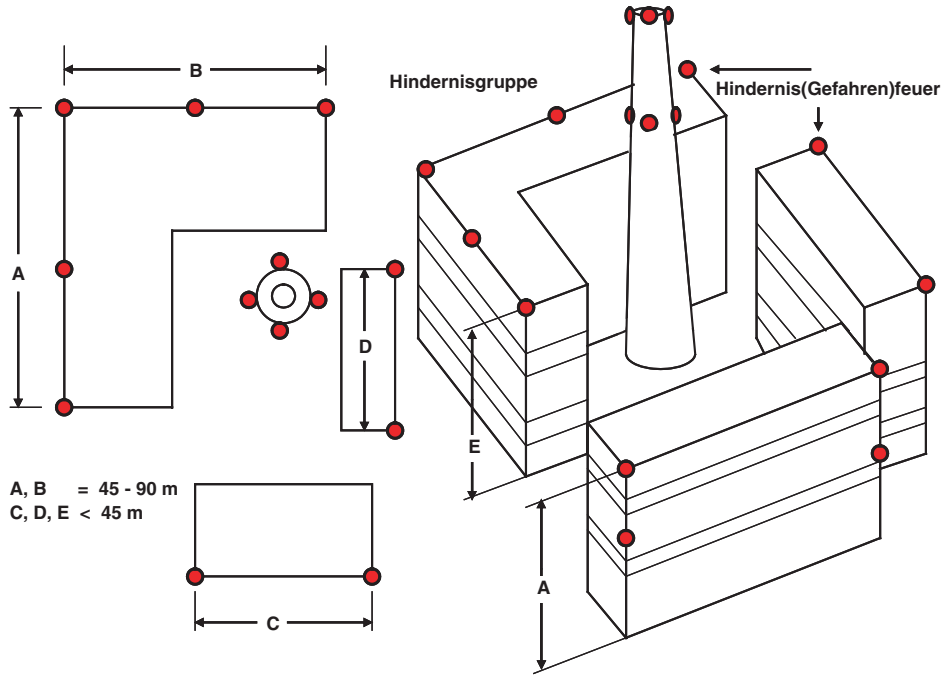


Abb. 28.62 Befeuerung von Gebäuden und Gebäudegruppen [63, 146]

Wo nach Meinung der zuständigen Behörde der Gebrauch von Hochleistungshindernisfeuern vom Typ A in der Nacht in unmittelbarer Nähe des Flugplatzes (innerhalb eines Umkreises von ca. 10.000 m) zur Blendung von Luftfahrzeugführern führen kann, oder wo erhebliche Bedenken im Hinblick auf die Umwelt bestehen, sollte ein duales Hindernisbefeuerungssystem eingerichtet werden. Dieses System sollte entsprechend aus Hochleistungshindernisfeuern der Typen A oder B, oder der Mittelleistungshindernisfeuer vom Typ A für den Betrieb bei Tage, bzw. in der Dämmerung, oder Mittelleistungshindernisfeuern der Typen B oder C für den Betrieb bei Nacht, bestehen. Eine oder mehrere Niedrig-, Mittel- oder Hochleistungshindernisfeuer müssen so nah wie möglich an der Spitze des Objektes angebracht werden. Dabei müssen die Feuer an der Spitze so angebracht werden, dass sie die höchsten Punkte oder Ränder des Objektes in Bezug auf die Hindernisbegrenzungsflächen des Objektes kennzeichnen.

Im Falle eines Schornsteins oder eines ähnlichen Hindernisses, sind die höchsten Feuer ausreichend entfernt von der Spitze anzubringen, um die sich auf die Erkennbarkeit auswirkenden Faktoren wie Rauch etc. zu minimieren (Abb. 28.62).

Im Falle eines Turmes oder einer Antennenstruktur die durch Hochleistungshindernisfeuer bei Tage gekennzeichnet ist, gilt für zusätzliche Hindernisse, wie z. B. eine Stabantenne die 12 m übersteigt, ist, falls es nicht möglich ist, ein Hochleistungshindernisfeuer auf der Spitze des zusätzlichen Hindernisses anzubringen, statt dessen ein solches Feuer am höchstmöglichen Punkt, möglichst ein Mittelleistungshindernisfeuer vom Typ A auf der Spitze zu installieren. Im Falle ein ausgedehnten Objektes oder einer Gruppe von nahe aneinander gereihten Objekten sind die Spitzenfeuer an den höchsten Punkten oder Rändern der Objekte in Bezug zu den jeweiligen Hindernisbegrenzungsflächen anzubringen, um die Größe und die Ausmaße der Objekte zu kennzeichnen. Sind zwei oder mehr Ränder derselben Höhe vorhanden, sind die ggf. zu einer Landefläche ausgerichteten Ränder zu markieren. Falls Niedrigleistungsfeuer benutzt werden, sind diese in Längsabständen von mindesten 45 m anzubringen. Falls Mittelleistungsfeuer benutzt werden, sind diese in Längsabständen von mindestens 900 m anzubringen. Ist die betreffende Hindernisbegrenzungsfläche schräg und der höchste Punkt über der Hindernisbegrenzungsfläche nicht der höchste Punkt des Objektes, so sollten zusätzliche Hindernisfeuer am höchsten Punkt des Objektes angebracht werden. Wo ein Objekt durch ein Mittelleistungshindernisfeuer vom Typ A gekennzeichnet ist und die Spitze des Objekts mehr als 150 m über der umgebenden Erdoberfläche oder den höchsten Erhebungen der angrenzenden Bauwerke (wenn das zu kennzeichnende Objekt von Bauwerken umgeben ist) liegt, sind zusätzliche Feuer in Zwischenhöhen anzubringen. Diese zusätzlichen Zwischenfeuer sind so gleichmäßig wie möglich zwischen den Spitzenfeuern und der Erdbodenhöhe oder den höchsten Erhebungen der angrenzenden Bauwerke zu verteilen.

Wenn ein Objekt durch ein Mittelleistungshindernisfeuer vom Typ B gekennzeichnet ist, und die Spitze des Objekts mehr als 45 m über der umgebenden Erdoberfläche oder den höchsten Erhebungen der angrenzenden Bauwerke (wenn das zu kennzeichnende

Objekt von Bauwerken umgeben ist) liegt, sind zusätzliche Feuer in Zwischenhöhen anzubringen. Diese zusätzlichen Zwischenfeuer sollen alternativ Niederleistungs- oder Mittelleistungshindernisfeuer vom Typ B sein, und sind so gleichmäßig wie möglich zwischen den Spitzenfeuern und der Erdbodenhöhe oder den höchsten Erhebungen der angrenzenden Bauwerke zu verteilen. Der Abstand zwischen den Feuern darf nicht mehr als 52 m betragen.

Wo ein Objekt durch ein Mittelleistungshindernisfeuer vom Typ C gekennzeichnet ist und die Spitze des Objekts mehr als 45 m über der umgebenden Erdoberfläche oder den höchsten Erhebungen der angrenzenden Bauwerke (wenn das zu kennzeichnende Objekt von Bauwerken umgeben ist) liegt, sind zusätzliche Feuer in Zwischenhöhen anzubringen. Diese zusätzlichen Zwischenfeuer sind so gleichmäßig wie möglich zwischen den Spitzenfeuern und der Erdbodenhöhe oder den höchsten Erhebungen der angrenzenden Bauwerke zu verteilen. Der Abstand zwischen den Feuern darf nicht mehr als 52 m betragen. Falls Hochleistungshindernisfeuer vom Typ A benutzt werden, sind sie in einheitlichen Abständen von nicht mehr als 105 m zwischen der Erdoberfläche und den Spitzenfeuer(n) anzubringen, es sei denn, dass ein zu markierenden Objekt von Bauwerken umgeben ist. Dann können die höchsten Erhebungen der angrenzenden Bauwerke zur Bestimmung der Anzahl der Feuer gleichgesetzt werden mit der dem Abstand des Objektes von der Erdoberfläche.

Wo Hochleistungshindernisfeuer vom Typ C verwendet werden, sind sie in drei Ebenen anzuordnen:

1) an der Spitze des Hindernisses;
2) in der niedrigsten Höhe eines Tragdrahtes von Leitungen und Kabel, und
3) etwa in der Mitte zwischen diesen beiden Höhen.

Dies kann dazu führen, dass die Feuer nicht am Hindernis selbst anzubringen sind. Die Anlagenausrichtungswinkel von Hochleistungshindernisfeuern der Typen A oder B sollten mit den Daten in Tab. 28.11 übereinstimmen.

Die Anzahl und Anordnung von Nieder-, Mittel- oder Hochleistungshindernisfeuern in jeder zu kennzeichnenden Höhe müssen das Objekt aus jedem Richtungswinkel sichtbar machen. Wird ein Feuer in irgendeiner Richtung durch ein benachbartes Objekt verdeckt, sind zusätzliche Feuer an diesem Objekt so anzubringen, dass der Umriss des zu

Tab. 28.11 Anlagenausrichtungswinkel von Hochleistungshindernisfeuern [146]

Höhe der Feuereinheit über Grund (Above Ground Level, AGL)	Winkel des Spitzenstrahls über der Horizontalen
größer als 151 m AGL	0 Grad
122–151 m AGL	1 Grad
92–122 m AGL	2 Grad
weniger als 92 m AGL	3 Grad

befeuernden Objektes erhalten bleibt, wobei das verdeckte Feuer entfallen kann, wenn es nicht zur Kennzeichnung des Umrisses des zu befeuernden Objektes beiträgt.

Abbildung 28.62 zeigt die prinzipielle Befeuerung von Gebäuden bzw. Gebäudegruppen.

Die Nachtkennzeichnung von Windenergieanlagen erfolgt durch Hindernisfeuer, Gefahrenfeuer, Blattspitzenhindernisfeuer oder so genannte Feuer W, „rot“ (gemäß DIN V/ENV 50234, Europäische Vornorm). Bei Anlagenhöhen von mehr als 150 m über Grund oder Wasser sind zusätzliche Hindernisbefeuerungsebene(n) am Turm (Mast) erforderlich. Dabei müssen aus jeder Richtung mindestens zwei Hindernisfeuer sichtbar sein. Die Befeuerungsebene(n) am Turm (Mast) darf (dürfen) bei Verwendung von Gefahrenfeuern oder Feuer W, „rot“, durch stehende Rotorblätter nicht verdeckt werden. Es ist (z. B. durch Doppelung der Feuer) dafür zu sorgen, dass auch bei Stillstand des Rotors sowie bei mit einer Blinkfrequenz synchronen Drehzahl mindestens ein Feuer aus jeder Richtung sichtbar ist.

Bei der Ausrüstung von Windenergieanlagen mit Blattspitzenhindernisfeuern sind auf dem Maschinenhaus zusätzliche Hindernisfeuer erforderlich. Es ist durch Steuerungseinrichtungen sicherzustellen, dass immer das höchste Blatt beleuchtet und die Beleuchtung in einem Bereich ±60 Grad (bei Zweiblattrotoren ±90 Grad) von der Senkrechten gemessen eingeschaltet ist. Die Hindernisfeuer müssen in einem Winkel von 360 Grad um die Blattspitze herum abstrahlen. Der Abstrahlwinkel, innerhalb dessen die Mindestlichtstärke von 10 cd garantiert ist, darf senkrecht zur Schmalseite ±60 Grad und senkrecht zur Breitseite ±10 Grad nicht unterschreiten. Bei Stillstand des Rotors sind alle Spitzen zu beleuchten. Abbidung 28.63 zeigt Beispiele für die Befeuerung von Windenergieanlagen und die Markierung und Befeuerung hoher Bauwerke.

- *Eigenschaften von Niederleistungshindernisfeuern*

Niederleistungshindernisfeuer an festen Objekten der Typen A und B sind rote Festfeuer. Sie müssen den Anforderungen (Daten) der Tab. 28.12 genügen. Niederleistungshindernisfeuer vom Typ C, die an Rettungs- oder Sicherheitsfahrzeugen angebracht werden, sind als blaue Blitzfeuer ausgelegt, die der anderen Fahrzeuge als gelbe Blitzfeuer. Niedrigleistungshindernisfeuer vom Typ D, die an Leitfahrzeugen angebracht werden, sind ebenanfalls als gelbe Blitzfeuer ausgelegt. Auch die Niedrigleistungshindernisfeuer der Typen C und D müssen mit den Anforderungen (Daten) der Tab. 28.12 übereinstimmen. Niederleistungshindernisfeuer an Objekten, die eingeschränkt beweglich sind, wie z. B. Fluggastbrücken, sind als rote Festfeuer ausgelegt und müssen eine Lichtstärke aufweisen, die ihre Erkennbarkeit neben benachbarten Feuern und vor dem Hintergrund des allgemeinen örtlichen Beleuchtungsniveaus sicherstellt. Niederleistungshindernisfeuer an eingeschränkt beweglichen Objekten müssen ebenfalls mindestens mit den Anforderungen (Daten) für Niederleistungshindernisfeuer vom Typ A aus Tab. 28.12 übereinstimmen.

Mittelleistungshindernisfeuer vom Typ A sind weiße Blitzfeuer. Mittelleistungshindernisfeuer vom Typ B sind rote Blitzfeuer, der Typ C zeichnet sich durch rote Festfeuer aus. Mittelleistungshindernisfeuer der Typen A, B und C, müssen mit den

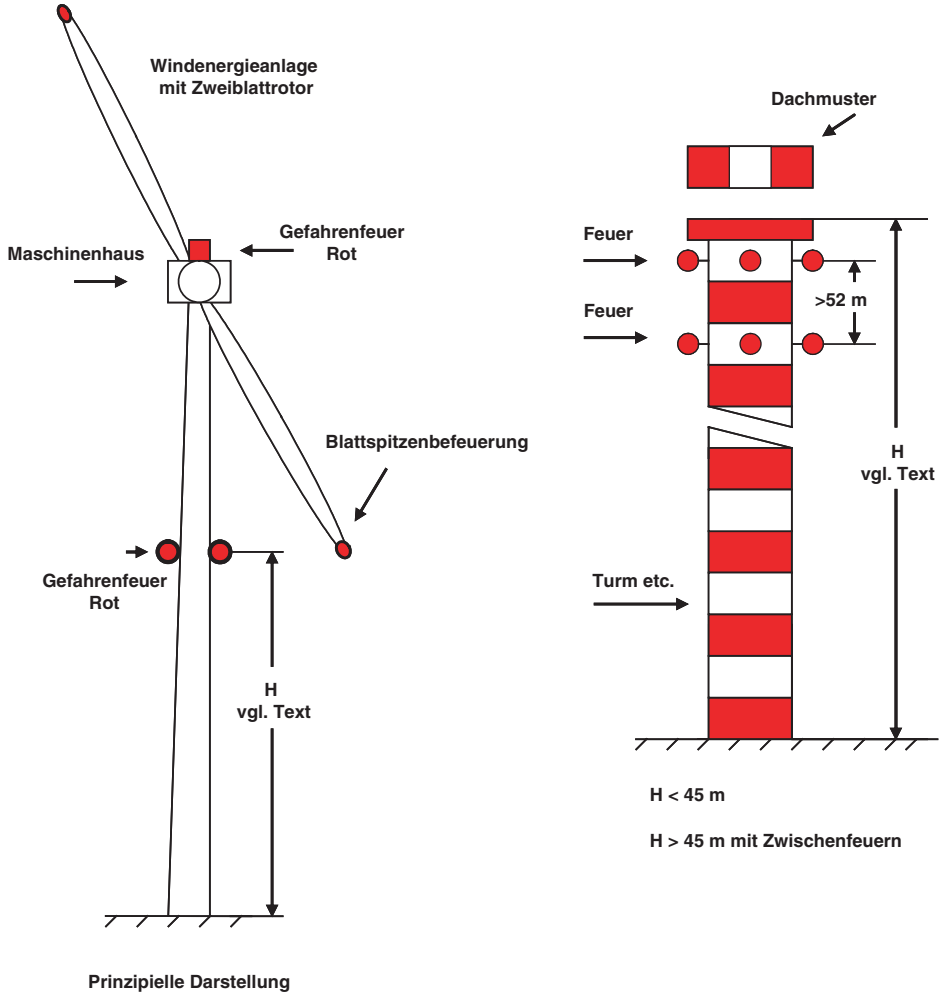


Abb. 28.63 Beispiele für die Befeuerung von Windenergieanlagen und die Markierung und Befeuerung hoher Bauwerke [63, 146]

Anforderungen (Daten) aus Tab. 28.12 übereinstimmen. Mittelleistungshindernisfeuer der Typen A und B, die an einem Objekt befestigt sind, müssen gleichzeitig blitzen.

Hochleistungshindernisfeuer der Typen A und B müssen als weiße Blitzfeuer ausgeführt sein und müssen mit den Anforderungen (Daten) aus Tab. 28.12 übereinstimmen. Hochleistungshindernisfeuer vom Typ A, die an einem Objekt befestigt sind, müssen gleichzeitig blitzen. Hochleistungshindernisfeuer vom Typ B, die an einem Tragmast für Freileitungen, frei hängenden Kabeln etc. angebracht sind, sollten aufeinander folgend

Tab. 28.12 Eigenschaften von Hindernisfeuern [146]

1	2	3	4	5	6
Feuertyp	Farbe	Signaltyp/ (Blitzrate)	Spitzenintensität (cd) bei gegebenem Helligkeitshintergrund		
			über 500 cd/m^2	50–500 cd/m^2	unter 50 m^2
Niedrig-Leistung, Typ A (festes Hindernis)	rot	fest	N/A	min. 10	min. 10
Niedrig-Leistung, Typ B (festes Hindernis)	rot	fest	N/A	min. 32	min 32
Niedrig-Leistung, Typ C (festes Hindernis)	gelb/blau [a]	blitzend	N/A	min 40 (b)	min 40 [b]
		(60–90 fpm)		max. 400	max. 400
Niedrig-Leistung, Typ D (festes Hindernis)	gelb	blitzend	N/A	min 200 [b]	min 200 [b]
		(60–90 fpm)		max. 400	max. 400
Mittel-Leistung Typ A	weiß	blitzend	20.000 [b]	20.000 [b]	2.000 [b]
		(20–60 fpm)	±25 %	±25 %	±25 %
Mittel-Leistung Typ B	rot	blitzend	N/A	N/A	2.000 [b]
		(20–60 fpm)			±25 %
Mittel-Leistung Typ C	rot	fest	N/A	N/A	2.000 [b]
					±25 %
Hoch-Leistung Typ A	weiß	blitzend	200.000 [b]	20.000 [b]	2000 [b]
		(40–60 fpm)	±25 %	±25 %	±25 %
Hoch-Leistung Typ B	weiß	blitzend	100.000 [b]	20.000 [b]	2.000 [b]
		(40–60 fpm)	±25 %	±25 %	±25 %

Anmerkung fpm = Blitze pro Minute/N/A nicht anwendbar

(Fortsetzung)

Tab. 28.12 (Fortsetzung)

1	7	8	9	10	11	12
Feuertyp	Vertikale Strahlenausbreitung [c]	Lichtstärke (cd) bei gegebenen Höhenwinkeln und eingeebneter Lichteinheit				
		−10° (e)	−1° [f]	±0°	+6°	+10°
Niedrig-Leistung, Typ A (festes Hindernis)	10°	–	–	–	min. 10 [g]	min. 10 [g]
Niedrig-Leistung, Typ B (festes Hindernis)	10°	–	–	–	min. 32 [g]	min. 32 [g]
Niedrig-Leistung, Typ C (festes Hindernis)	12° [h]	–	–	–	–	–
Niedrig-Leistung, Typ D (festes Hindernis)	12° [h]	–	–	–	–	–
Mittel-Leistung Typ A	min 3°	max 3°	min. 50 % max. 75 %	min. 100 %	–	–
Mittel-Leistung Typ B	min 3°	–	min. 50 % max. 75 %	min. 100 %	–	–
Mittel-Leistung Typ C	min 3°	–	min. 50 % max. 75 %	min. 100 %	–	–
Hoch-Leistung Typ A	3°–7°	max. 3°	min. 50 % max. 75 %	min. 100 %	–	–
Hoch-Leistung Typ B	3° –7°	max. 3°	min. 50 % max. 75 %	min. 100 %	–	–

(Fortsetzung)

Tab. 28.12 (Fortsetzung)

Anmerkungen
Diese Tabelle enthält keine empfohlenen horizontalen Strahlenausbreitungen. Wird ein Hindernis durch ein Objekt abgedeckt, erfordert dies eine 360 Grad Abdeckung um das Hindernis herum. Demzufolge ist die Anzahl der Feuer, die benötigt werden, um den Anforderungen gerecht zu werden, abhängig von der horizontalen Strahlenausbreitung jedes Feuers und der Form des Hindernisses. Folglich werden bei niedrigeren Strahlenausbreitungen mehr Feuer benötigt:
[a] Blaue Blitzfeuer an Rettungs- und Sicherheitsfahrzeugen, für Betriebsfahrzeuge gelbe Blitzfeuer;
[b] Effiziente Lichtstärke;
[c] Die Strahlenausbreitung ist definiert als ein Winkel zwischen zwei Richtungen in einer Ebene, für die die Lichtstärke gleich 50 % des niedrigsten Toleranzwertes der Lichtstärke, wie in Spalte 4, 5 und 6 dargestellt, ist. Das Strahlenmuster muss nicht notwendigerweise symmetrisch zum Höhenwinkel sein, bei dem die Spitzenintensität auftritt;
[d] (vertikale) Höhenwinkel sind auf die Horizontale bezogen;
[e] Intensität bei jeglichem vorgegebenen Horizontalradial als eine Prozentangabe der tatsächlichen Spitzenintensität desselben Radiales, falls in Betrieb bei einer der in den Spalten 4, 5 und 6 genannten Intensitäten;
[f] Intensität bei jeglichem vorgegebenen Horizontalradial als eine Prozentangabe des niedrigen Intensität-Toleranzwertes wie in den Spalten 4, 5 und 6 dargestellt;
[g] Zusätzlich zu den genannten Werten müssen die Feuer eine ausreichende Lichtstärke aufweisen, um ihre Auffälligkeit bei Höhenwinkeln zwischen ±0° und 50 Grad zu gewährleisten;
[h] Die Spitzenintensität sollte bei ungefähr 2,5 Grad vertikal liegen;
[i] Die Spitzenintensität sollte bei ungefähr 17 Grad vertikal liegen;

Tab. 28.13 Zeitabstände zwischen den Lichtblitzen der Feuer [63, 146]

Blitzabstand zwischen:	Taktzeitverhältnis
mittlerem und oberem Feuer	1/13
oberem und unterem Feuer	2/13
unterem und mittlerem Feuer	10/13

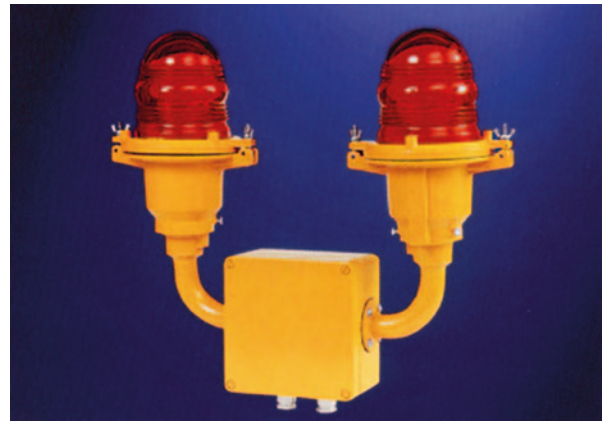


Abb. 28.64 Hindernisfeuer [111]

blitzen. Dabei sollte zuerst das mittlere Feuer, dann das obere Feuer, und zuletzt das untere Feuer blitzen. Die Zeitabstände zwischen den Lichtblitzen sollten etwa im Verhältnis der in Tab. 28.13 genannten Werte stehen. Abbildung 28.64 zeigt ein Hindernisfeuer.

28.6 Optische Hilfen zur Kennzeichnung gesperrter oder beschränkt nutzbarer Flächen

28.6.1 Gesperrte Start-/Landebahnen, Rollbahnen oder Teilebereiche

Auf ständig für die Nutzung durch Luftfahrzeuge gesperrte Start-/Landebahnen, Rollbahnen oder Teilbereiche der Flächen ist eine entsprechende Markierung anzubringen. Auf zeitweilig gesperrten Start-/Landebahnen, Rollbahnen oder Teilbereichen sollte eine entsprechende Markierung angebracht werden, sofern nicht wegen der kurzen Dauer der Sperrung und bei entsprechender Weisung durch den Flugverkehrsdienst auf eine derartige Markierung verzichtet werden kann. An jedem Ende einer für gesperrt erklärten Start-/Landebahn oder eines für gesperrt erklärten Teils davon ist eine entsprechende Markierung anzubringen. Zusätzliche Markierungen sind so anzubringen, dass der größte Abstand zwischen den Markierungen 300 m nicht überschreitet. Auf einer

gesperrten Rollbahn oder einem gesperrten Teil davon ist mindestens an jedem Ende der Rollbahn oder des gesperrten Teils eine Sperrungsmarkierung anzubringen.

Die Sperrungsmarkierung („Closed Marking“) für eine Start-/Landebahn hat die Form und die in Abb. 28.65a dargestellten Mindestabmessungen und ist in weißer Farbe gehalten. Die Sperrungsmarkierung für eine Rollbahn hat die Form und die in Abb. 28.65b dargestellten Mindestabmessungen und ist in gelber Farbe gehalten. Für vorübergehend gesperrte Bereiche können außer der Oberflächenmarkierung auch andere Kennzeichnungsmöglichkeiten geeignet sein. Ist eine Start-/Landebahn oder Rollbahn oder ein Teilbereich davon ständig gesperrt, sind alle üblichen Start- und Landebahn- und Rollbahnmarkierungen zu entfernen bzw. zu löschen. Die Befeuerung auf gesperrten Start-/Landebahnen oder Rollbahnen oder Teilbereichen davon darf außer zu Wartungszwecken nicht betrieben werden. Wird die gesperrte Start-/Landebahn oder Rollbahn oder ein gesperrter Teil davon von einer nachts

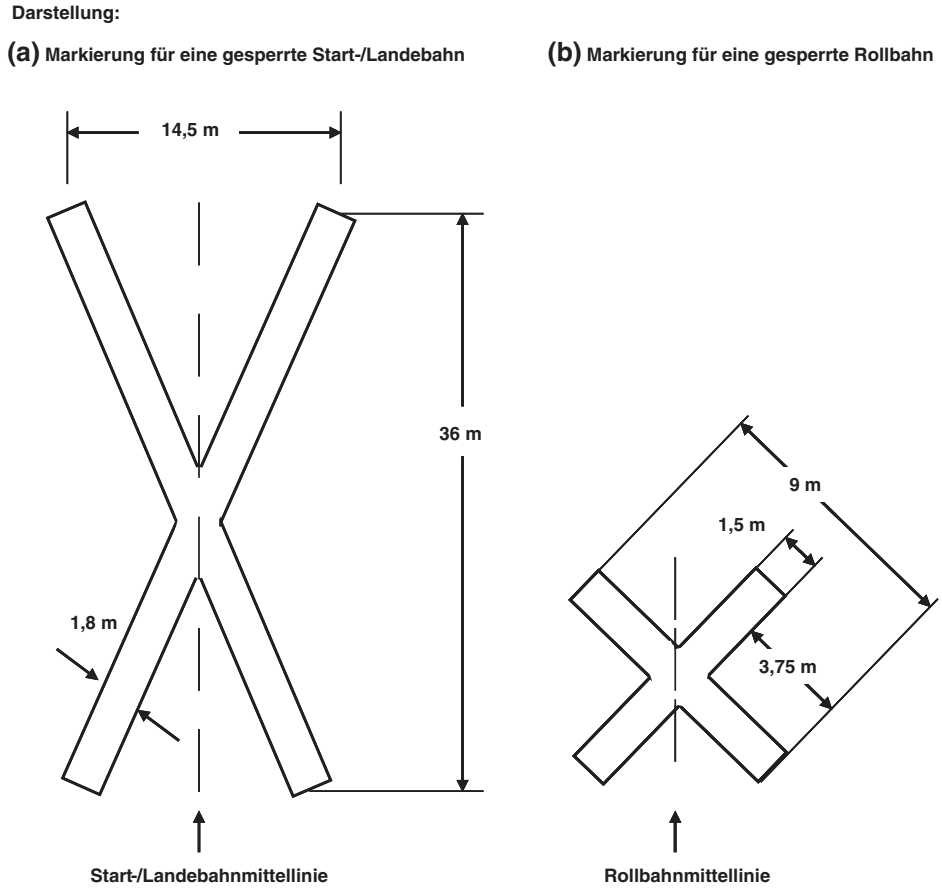


Abb. 28.65 Markierungen für eine gesperrte Start-/Landebahn und eine gesperrte Rollbahn [146]

Abb. 28.66 Mobile Sperrfeuer für die Nachtkennzeichnung einer temporär gesperrten Fläche [111]

genutzten Start-/Landebahn oder Rollbahn gekreuzt, sind zusätzlich zu den Sperrungsmarkierungen Sperrungsfeuer in Abständen von >3 m quer über den Zugang zur gesperrten Bahn/Fläche aufzustellen.

Abbildung 28.65 zeigt Markierungen für eine gesperrte Start-/Landebahn und eine gesperrte Rollbahn. Abbildung 28.66 zeigt mobile Sperrfeuer für die Nachtkennzeichnung einer temporär gesperrten Fläche.

28.6.2 Nichttragfähige Flächen

Bei Schultern von Rollbahnen, Start-/Landebahn-Wendeflächen, Wartebuchten, Vorfeldern und anderen nichttragfähigen Flächen, die nur schwer von tragfähigen Flächen zu unterscheiden sind, und deren Nutzung durch Luftfahrzeuge eine Beschädigung der Luftfahrzeuge zur Folge haben könnte, ist die Grenze zwischen diesen Flächen und den tragfähigen Flächen durch eine Rollbahn-Seitenlinienmarkierung zu kennzeichnen. Eine Rollbahn-Seitenlinienmarkierung sollte entlang des Randes des

tragfähigen Belages verlaufen. Der äußere Rand der Markierung sollte deckungsgleich mit dem Rand des tragfähigen Belages sein.

Eine Rollbahn-Seitenlinienmarkierung sollte aus einer durchgezogenen Doppellinie bestehen. Jede der Einzellinien sollte 15 cm breit sein, einen Abstand von 15 cm von der zweiten Linie, und dieselbe Farbe wie die Rollbahnmittellinie haben.

28.6.3 Fläche vor der Schwelle

Wenn die Oberfläche vor einer Schwelle befestigt ist, eine Länge von 60 m überschreitet, aber nicht für die normale Nutzung durch Luftfahrzeuge geeignet ist, sollte die gesamte Länge vor der Schwelle mit Winkelmarkierungen gekennzeichnet wer-den. Winkelmarkierungen sollten in Richtung auf die Start-/Landebahn zeigen und gemäß Abb. 28.67 angeordnet werden. Die Farbe von Winkelmarkierungen sollte auffällig sein, sich von der Farbe der Start- und Landebahnmarkierungen unterscheiden und vorzugsweise in gelber Farbe gehalten sein. Die Winkelmarkierungen sollten eine Gesamtbreite von mindestens 0,9 m haben.

28.6.4 Gesperrte Flächen

Sperrungsmarker sind überall dort aufzustellen, wo sich ein Teil einer Rollbahn, eines Vorfeldes oder einer Wartebucht nicht für Luftfahrzeugbewegungen eignet, aber noch sicher umrollt werden kann. Auf nachts genutzten Flugbetriebsflächen und Bewegungsflächen sind Sperrungsfeuer zu verwenden. Sperrungsmarker werden dazu verwendet, um beispielsweise eine Untiefe im Belag einer Rollbahn oder des Vorfeldes zu kennzeichnen oder um die Umgrenzung eines sich in einer Reparaturphase befindlichen Teils des Belages, z. B. auf der Flugbetriebsfläche zu kennzeichnen. Sperrungsmarker

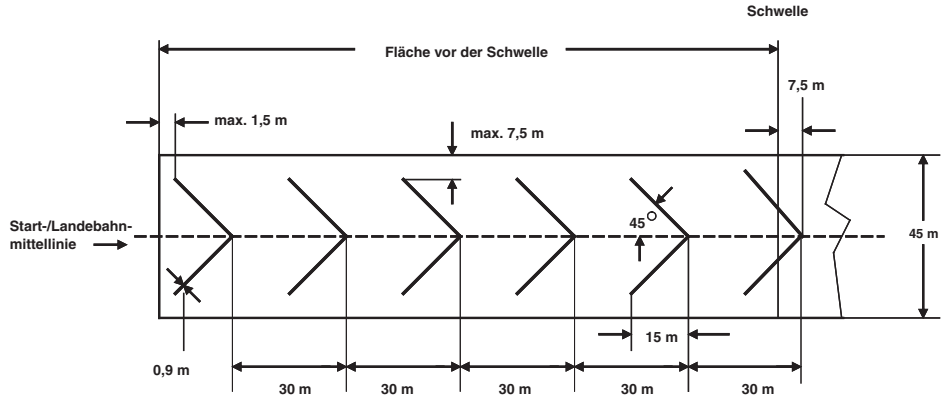


Abb. 28.67 Markierung der Fläche vor der Schwelle [146]

sind nicht geeignet, wenn ein Teil einer Start-/Landebahn unbenutzbar wird oder wenn bei Rollbahnen ein wesentlicher Teil der Breite der Rollbahn unbenutzbar wird. In solchen Fällen ist die Start-/Landebahn oder die Rollbahn normalerweise gesperrt. Die Abstände zwischen den Sperrungsmarkern und -feuern sind so zu bemessen, dass die Umgrenzung der unbenutzbaren Flächen deutlich erkennbar ist.

Sperrungsmarker bestehen aus auffälligen aufrecht stehenden Gegenständen wie Flaggen, Kegeln oder Markierungsbanden. Ein Sperrungsfeuer besteht aus einem roten Festfeuer oder einem roten oder gelben Blitzfeuer. Das rote Festfeuer muss eine Lichtstärke aufweisen, die seine Erkennbarkeit neben benachbarten Feuern und vor dem Hintergrund des allgemeinen örtlichen Beleuchtungsniveaus sicherstellt. In keinem Fall darf die Lichtstärke weniger als 10 cd rotes Licht betragen.

Ein Sperrungskegel sollte mindestens 0,5 m hoch, in roter Farbe, orange oder in gelber Farbe ausgeführt sein, oder eine dieser Farben zusammen mit der Farbe Weiß aufweisen.

Eine Sperrungsflagge sollte mindestens 0,5 m^2 groß und rot, orange oder gelb ausgeführt sein, oder eine dieser Farben zusammen mit der Farbe weiß aufweisen.

Eine Sperrungsmarkierung sollte mindestens 0,5 m hoch und 0,9 m lang sein und abwechselnd rote, weiße oder orangefarbene, und weiße vertikale Streifen aufweisen.

Abfertigung von Flugzeugen

29

Die Abfertigung der Flugzeuge (Luftfahrzeuge) erfolgt auf den Abstellpositionen, die über Rollwege mit dem Start-/Landebahnsystem verbunden sind. Diese Positionen können direkt vor den Passagierabfertigungsanlagen (Passagierterminals), vor den Frachtabfertigungsanlagen (Frachtterminals), oder entfernt von diesen auf dem Vorfeld angeordnet sein. Man unterscheidet prinzipiell zwischen der verkehrlichen und der betrieblichen Abfertigung.

29.1 Verkehrliche Abfertigung

Unter verkehrlicher Abfertigung sind Dienstleistungen des Flugplatzbetreibers, der Luftverkehrsgesellschaften oder von Drittfirmen zu verstehen, die den Transport von Personen, Fracht (Gütern) und Post zwischen dem Terminal und dem Luftfahrzeug (Flugzeug) unterstützen. Abbildung 29.1 zeigt die Abfertigung eines Passagierflugzeuges.

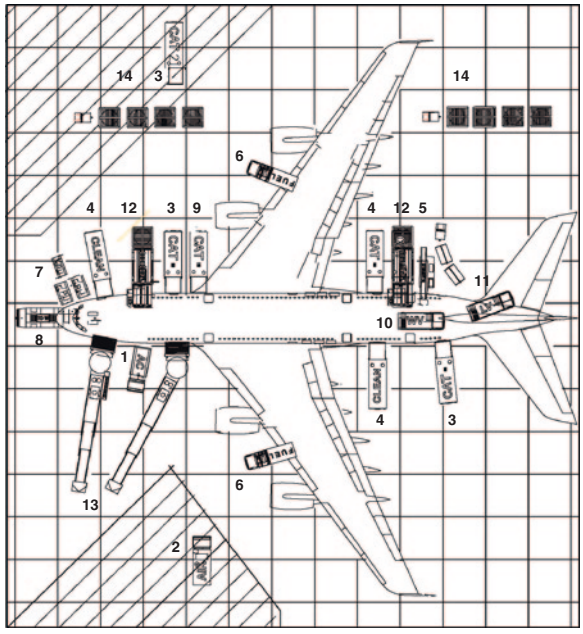
29.2 Betriebliche Abfertigung

Unter betrieblicher Abfertigung versteht man alle Dienstleistungen des Flugplatzbetreibers, der Luftverkehrsgesellschaften oder von Drittfirmen, die dazu dienen, die Flugzeuge (Luftfahrzeuge) für eine Flugaufgabe, einschließlich der erforderlichen Ver- und Entsorgung, vorzubereiten. Abbildung 29.2 zeigt die Positionierung der Servicefahrzeuge um einen Airbus A380-800.

Abbildung 29.3 zeigt die Turn-Around Zeit (in Minuten) des Airbus A380-800 in der Basisbestuhlung mit 555 Sitzen, in Abhängigkeit der Abfertigungsprozesse, einschließlich des zeitlich „kritischen Pfades“.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_29,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Abb. 29.1 Abfertigung eines Passagierflugzeuges [102]



1 - AC = Air Cond. Unit
2 - AIR = Air Start Unit
3 - CAT = Catering Vehicle
4 - CLEAN = Cleaning Vekicle
5 - Conveyor = Conveyor Belt
6 - Fuel = Fuel Hydrant Dispenser
7 - GPU = Ground Power Unit
8 - TOW = Towing Tractor
9 - UDCAT = Upper Deck Catering Vehicle
10 - WV = Potable Water Vehicle
11 - LV = Lavatory Vehicle
12 - PL = Pallet/Container Loader
13 - Passenger Bridges
14 - Pallet/Container Vehicles

Gate Dimensions (A380 + 7,50 m):

- Width: 87,50 m
- Length: 80,20 m
- Storage Area: 2 x 931 qm

Abb. 29.2 Positionierung der Servicefahrzeuge (Airbus A380-800) [12]

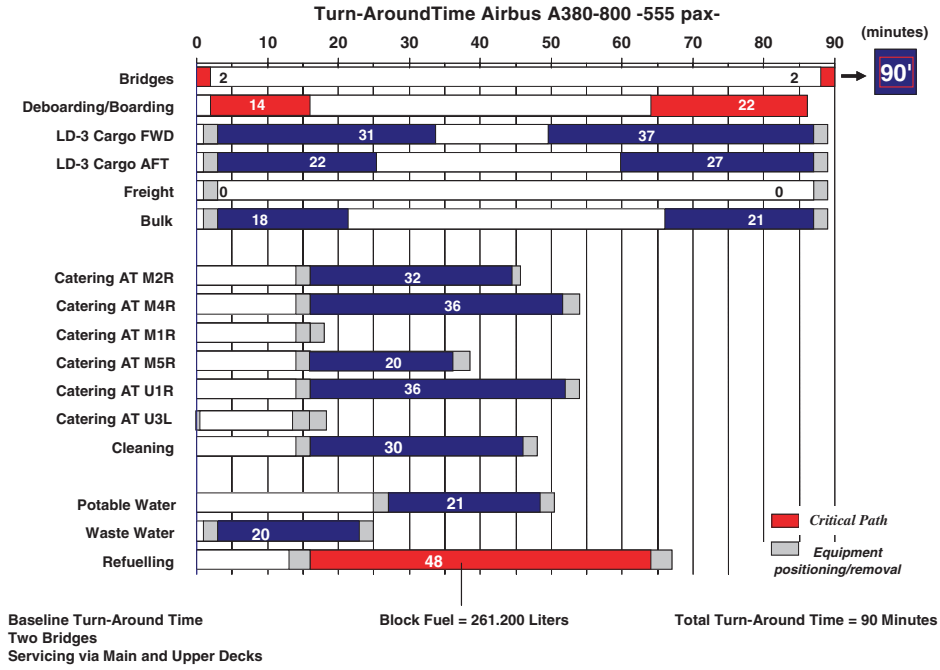


Abb. 29.3 Turn-Around Zeit (in Minuten) des Airbus A380-800 in Abhängigkeit der Abfertigungsprozesse, einschließlich des zeitlich „kritischen Pfades" [12]

29.3 Verordnung über Bodenabfertigungsdienste auf Flugplätzen

Die Regelungen über die Durchführung von Bodenabfertigungsdiensten ist festgelegt in der Bodenabfertigungsdienst-Verordnung vom 10. Dezember 1997 (BGBl. I S. 2885), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 10. Mai 2011 (BGBl. I S. 820) geändert worden ist [30]. Die Verordnung regelt das Folgende:

- **Anwendungsbereich (§ 1) [30]**

(1) Diese Verordnung gilt für den Zugang zum Markt der Bodenabfertigungsdienste auf Flugplätzen in der Bundesrepublik Deutschland nach folgenden Modalitäten:

1. Die Bestimmungen für die Selbstabfertigung gelten ab dem 1. Januar 1998, und zwar, soweit es um die in § 3 Abs. 2 nicht genannten Bodenabfertigungsdienste geht, für jeden Flugplatz unabhängig vom Verkehrsaufkommen und, soweit es um die in § 3 Abs. 2 genannten Bodenabfertigungsdienste geht, für solche Flugplätze, die jährlich mindestens eine Million Fluggäste oder 25.000 t Fracht zu verzeichnen haben.

2. Die Bestimmungen für Dienstleister gelten ab dem 1. Januar 1999 und nur für solche Flugplätze, die entweder jährlich mindestens drei Millionen Fluggäste oder 75.000 t Fracht zu verzeichnen haben oder aber in dem 1. April oder dem 1. Oktober des Vorjahres vorausgehenden Sechsmonatszeitraum mindestens zwei Millionen Fluggäste oder 50.000 t Fracht zu verzeichnen hatten.
3. Unbeschadet der Nummer 1 gilt diese Verordnung ab dem 1. Januar 2001 für jeden Flugplatz, der jährlich mindestens zwei Millionen Fluggäste oder 50.000 t Fracht zu verzeichnen hat.
4. Erreicht ein Flugplatz eine der unter den Nummern 1–3 genannten Frachtschwellen, jedoch nicht die entsprechende Fluggastschwelle, gelten die Bestimmungen dieser Verordnung nicht für die allein Fluggästen vorbehaltenen Bodenabfertigungsdienste.
5. Die Regelung des § 6 Abs. 1 Satz 2 gilt ab dem 1. Januar 1998.

(2) Bei einem Flughafensystem ist diese Verordnung auf jeden einzelnen der Flughäfen gesondert anzuwenden. Maßgeblich ist die jeweils gültige Fassung des Anhangs II der Verordnung (EWG) Nr. 2408/92 des Rates vom 23. Juli 1992 (ABl. EG Nr. L 240 S. 8) über den Zugang von Luftfahrtunternehmen der Gemeinschaft zu Strecken des innergemeinschaftlichen Flugverkehrs.

- **Begriffsbestimmungen (§ 2) [30]**

Im Sinne dieser Verordnung bezeichnet das Wort

Flugplatz:
jeden für den allgemeinen Verkehr genehmigten Flugplatz mit gewerblichem Luftverkehr,

Luftfahrtbehörde:
die nach den jeweiligen Vorschriften zuständige Behörde,

Nutzer:
jede natürliche oder juristische Person, die gewerbsmäßig Fluggäste, Post oder Fracht auf dem Luftweg von oder zu dem betreffenden Flugplatz befördert,

Bodenabfertigungsdienste:
die einem Nutzer auf einem Flugplatz erbrachten spezifischen Dienste,

Dienstleister:
jede natürliche oder juristische Person einschließlich des Flugplatzunternehmers, die einen oder mehrere Bodenabfertigungsdienste für Dritte erbringt,

Selbstabfertigung:
den Umstand, dass sich ein Nutzer unmittelbar selbst einen oder mehrere Bodenabfertigungsdienste erbringt, ohne hierfür mit einem Dritten einen Vertrag über die Erbringung solcher Dienste zu schließen. Im Sinne dieser Definition gelten nicht als Dritte in ihrem Verhältnis zueinander Nutzer, von denen einer an dem anderen eine

Mehrheitsbeteiligung hält oder bei denen ein und dieselbe Körperschaft an jedem von ihnen eine Mehrheitsbeteiligung hält,

Drittland:
jeden Staat, der weder Mitgliedstaat der Europäischen Union noch Vertragsstaat eines den Luftverkehr betreffenden Abkommens mit der Europäischen Union ist.

- **Bodenabfertigungsdienste (§ 3) [30]**

(1) Der Flugplatzunternehmer hat Selbstabfertigern und Dienstleistern die Erbringung von Bodenabfertigungsdiensten zu ermöglichen.
(2) Bei der Gepäckabfertigung, den Vorfelddiensten, den Betankungsdiensten sowie der Fracht- und Postabfertigung, soweit diese die konkrete Beförderung von Fracht und Post zwischen dem Flugplatz und dem Flugzeug bei der Ankunft, beim Abflug oder beim Transit betrifft, ergibt sich die Anzahl der im einzelnen berechtigten Selbstabfertiger und Dienstleister. Fehlt für einen Flugplatz eine solche zahlenmäßige oder sonstige Festlegung aufgrund dieser Verordnung, ist auf diesem Flugplatz jeweils nicht weniger als zwei Selbstabfertigern und nicht weniger als zwei Dienstleistern die Erbringung der in Satz 1 aufgeführten Bodenabfertigungsdienste zu ermöglichen.
(3) Ab 1. Januar 2001 ist die Erbringung der in Absatz 2 genannten Bodenabfertigungsdienste wenigstens einem Dienstleister zu ermöglichen, der weder durch den Flugplatzunternehmer, noch durch einen Nutzer, der mehr als 25 vom Hundert der auf dem Flugplatz registrierten Fluggäste oder Fracht befördert, noch durch eine Stelle beherrscht wird, die diesen Flugplatzunternehmer oder einen solchen Nutzer beherrscht oder ihrerseits von einem der beiden beherrscht wird.
(4) Falls besondere Platz- oder Kapazitätsgründe, insbesondere im Zusammenhang mit der Verkehrsdichte und dem Grad der Nutzung der Flächen auf einem Flugplatz, es erfordern, kann die Abfertigung bei den in Absatz 2 genannten Bodenabfertigungsdiensten einem einzigen Dienstleister vorbehalten werden. Aus den in Satz 1 genannten Gründen kann auch eine Selbstabfertigung unter sagt oder einem einzigen Nutzer vorbehalten werden.
(5) Für andere als die in Absatz 2 genannten Bodenabfertigungsdienste kann bei Vorliegen der in Absatz 4 Satz 1 genannten Gründe die Zahl der Selbstabfertiger und Dienstleister auf nicht weniger als zwei beschränkt werden.
(6) Beschränkungen nach Absatz 4 Satz 1 sind auf zwei Jahre zu befristen, Beschränkungen nach Absatz 4 Satz 2 und nach Absatz 5 auf drei Jahre.
(7) Beschränkungen nach Absatz 4 Satz 1 können einmalig um weitere zwei Jahre, Beschränkungen nach Absatz 4 Satz 2 und nach Absatz 5 um jeweils drei Jahre verlängert werden.
(8) Die in Absatz 3 getroffenen Regelungen konnten bis zum 31. Dezember 2002 ausgesetzt werden.
(9) Beschränkungen nach den Absätzen 4 und 5, deren Verlängerung nach Absatz 7 sowie eine Aussetzung nach Absatz 8 bedürfen der vorherigen Zustimmung der Europäischen

Kommission. Die Zustimmung wird durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung spätestens drei Monate vor dem beabsichtigten Inkrafttreten der Beschränkung und in den Fällen des Absatzes 8 bis spätestens zum 1. Juli 2000 beantragt. Der Flugplatzunternehmer ist verpflichtet, dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung über die Luftfahrtbehörde die hierfür erforderlichen Unterlagen und Begründungen rechtzeitig zu übermitteln.

- **Trennung der Tätigkeitsbereiche (§ 4) [30]**

(1) Jeder Dienstleiter muss zwischen dem Tätigkeitsbereich Bodenabfertigungsdienste auf einem Flugplatz und seinen übrigen Tätigkeitsbereichen eine strenge buchmäßige Trennung entsprechend den im Handelsverkehr geltenden Gewohnheiten und Gebräuchen vornehmen. Jeder Flugplatzunternehmer, der als Dienstleister tätig ist, hat darüber hinaus nachzuweisen, dass der Tätigkeitsbereich Bodenabfertigungsdienste auf dem Flugplatz nicht durch andere Tätig keitsbereiche, die mit der Erhebung von Lande- und Abstellgebühren auf diesem Flugplatz verbunden sind, subventioniert wird.
(2) Jeder Dienstleiter ist verpflichtet, der Luftfahrtbehörde durch einen Wirtschaftsprüfer jährlich die Einhaltung der Verpflichtungen nach Absatz 1 nachzuweisen.

- **Nutzerausschuss (§ 5) [30]**

(1) Der Nutzerausschuss wird aus den Nutzern eines Flugplatzes gebildet. Der Nutzerausschuss gibt sich eine Geschäftsordnung. Die in den "Anforderungen an eine Geschäftsordnung" enthaltenen Grundsätze sind hierbei zu beachten.
(2) Die Luftfahrtbehörde lädt die Nutzer zur konstituierenden Sitzung ein. Sie kann diese Aufgabe dem Flugplatzunternehmer übertragen.

- **Zentrale Infrastruktureinrichtungen (§ 6) [30]**

(1) In der Flugplatzbenutzungsordnung werden die Zentralen Infrastruktureinrichtungen zur Erbringung von Bodenabfertigungsdiensten, die aufgrund ihrer Komplexität oder aus Kosten- oder Umweltschutzgründen nicht geteilt oder in mehrfacher Ausführung geschaffen werden können, festgelegt. Dem Nutzerausschuss ist Gelegenheit zur Stellungnahme zu geben. Die Zentralen Infrastruktureinrichtungen werden vom Flugplatzunternehmer oder einem von ihm damit Beauftragten verwaltet und betrieben.
(2) In der Flugplatzbenutzungsordnung kann geregelt werden, dass die Dienstleister und Selbstabfertiger die Zentralen Infrastruktureinrichtungen zu nutzen haben.
(3) Die Nutzung der Zentralen Infrastruktureinrichtungen kann mit der Entrichtung eines Entgelts verbunden werden. Die Höhe dieses Entgelts ist nach sachgerechten, objektiven, transparenten und nicht diskriminierenden Kriterien festzulegen.

- **Auswahl der Dienstleister und der Selbstabfertiger (§ 7) [30]**

(1) In den Fällen des § 3 Abs. 2–5 hat der Flugplatzunternehmer die Vergabe von Dienstleistungen im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften auszuschreiben. Die Auswahl der Dienstleister erfolgt nach Anhörung des Nutzerausschusses durch den Flugplatzunternehmer, wenn dieser selbst keine gleichartigen Bodenabfertigungsdienste erbringt und kein Unternehmen, das derartige Dienste erbringt, direkt oder indirekt beherrscht und in keiner Weise an einem solchen Unternehmen beteiligt ist. In allen anderen Fällen erfolgt die Auswahl der Dienstleister nach Anhörung des Nutzerausschusses, des Flugplatzunternehmers und des Betriebsrates des Flugplatzunternehmens durch die Luftfahrtbehörde. Diese trifft ihre Entscheidung gegenüber dem Flugplatzunternehmer. Für die Ausschreibung und das Auswahlverfahren gelten die in der entsprechenden Auswahlrichtlinie niedergelegten Grundsätze.

(2) Der Flugplatzunternehmer kann in den Fällen des § 3 Abs. 2–5 selbst Bodenabfertigungsdienste erbringen, ohne sich dem Auswahlverfahren nach Absatz 1 unterziehen zu müssen. Er kann ferner ohne dieses Verfahren einem Dienstleister gestatten, statt seiner Bodenabfertigungsdienste zu erbringen, wenn er diesen Dienstleister direkt oder indirekt beherrscht oder von diesem Dienstleister direkt oder indirekt beherrscht wird.

(3) In den Fällen des § 3 Abs. 2–5 sind die Selbstabfertiger nach sachgerechten, objektiven, transparenten und nicht diskriminierenden Kriterien auszuwählen. Absatz 1 Satz 2–5 gilt entsprechend. Werden die von Selbstabfertigern zu erbringenden Bodenabfertigungsdienste durch den Flugplatzunternehmer im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften ausgeschrieben, gilt über Satz 1 hinaus Absatz 1 Satz 6 entsprechend.

(4) Die Dienstleister und die Selbstabfertiger werden für die Dauer von höchstens sieben Jahren ausgewählt.

(5) Wird ein Dienstleister oder ein Selbstabfertiger für einen Zeitraum von weniger als sieben Jahren ausgewählt oder stellt ein Dienstleister oder ein Selbstabfertiger seine Bodenabfertigungstätigkeit vor Ablauf des Zeitraums ein, für den er ausgewählt wurde, erfolgt die Neuvergabe wie in den Fällen eines regulären Vertragsablaufs gemäß des Auswahlverfahrens nach Absatz 1. Dies gilt nicht, wenn die Tätigkeit nur zu einem unwesentlichen Teil aufgegeben wird.

- **Anforderungskriterien (§ 8) [30]**

(1) Dienstleister und Selbstabfertiger haben die "Anforderungen für die Erbringung von Bodenabfertigungsdiensten" zu erfüllen. In den Fällen des § 3 Abs. 2–5 sind diese Anforderungen Bestandteil der Ausschreibung und des Auswahlverfahrens nach § 7.

(2) Die Luftfahrtbehörde kann darüber hinaus die Erbringung von Bodenabfertigungsdiensten von der Erfüllung der Anforderungen eines Pflichtenheftes oder technischer Spezifikationen abhängig machen. Der Nutzerausschuss ist vor deren Festlegung anzuhören.

(3) Die nach den Absätzen 1 und 2 festgelegten Anforderungen, Kriterien, Betriebspflichten und technischen Spezifikationen müssen sachgerecht, objektiv, transparent und nicht diskriminierend zusammengestellt und angewendet werden. Sie müssen vom Flugplatzunternehmer im voraus bekannt gemacht werden.
(4) Dienstleister und Selbstabfertiger, die die Voraussetzungen der Absätze 1–3 erfüllen, werden sich bemühen, ihren Bedarf an Arbeitskräften mit Personen abzudecken, die unmittelbar vor Aufnahme der Bodenabfertigungsdienste durch den Dienstleister oder Selbstabfertiger entsprechende Tätigkeiten beim Flugplatzunternehmer ausgeübt haben.

- **Zugang (§ 9) [30]**

(1) Der Flugplatzunternehmer und der Dienstleister oder Selbstabfertiger sind verpflichtet, einen Vertrag über die Nutzung des jeweils erforderlichen und verfügbaren Teils des Flugplatzes und seiner Einrichtungen sowie die nach dieser Verordnung an den Flugplatzunternehmer zu entrichtenden Entgelte und die nach § 8 von dem Dienstleister oder Selbstabfertiger zu erfüllenden Anorderungen abzuschließen.
(2) Der Flugplatzunternehmer sorgt dafür, dass der Zugang der aufgrund dieser Verordnung berechtigten Dienstleister und Nutzer zu Flugplatzeinrichtungen, soweit er für die Ausübung ihrer Tätigkeiten erforderlich ist, nicht ungerechtfertigt behindert wird. Knüpft der Flugplatzunternehmer den Zugang an Bedingungen, müssen diese sachgerecht, objektiv, transparent und nicht diskriminierend sein.
(3) Der Flugplatzunternehmer ist berechtigt, von den Dienstleistern und den Selbstabfertigern ein Entgelt für den Zugang, für die Vorhaltung und für die Nutzung seiner Einrichtungen zu erheben. Die Höhe dieses Entgelts ist nach Anhörung des Nutzerausschusses nach sachgerechten, objektiven, transparenten und nicht diskriminierenden Kriterien festzulegen und darf im Sinne einer Geschäftsgebühr insbesondere zur Selbstfinanzierung des Flugplatzes beitragen.

- **Aufsicht und Betriebsablauf, Arbeitsschutz (§ 10) [30]**

(1) Die Nutzer, Dienstleister und Selbstabfertiger haben ihren Betrieb so einzurichten und zu gestalten, dass der ordnungsgemäße Betriebsablauf auf dem Flugplatz nicht beeinträchtigt wird.
(2) In der Flugplatzbenutzungsordnung kann geregelt werden, dass der Flugplatzunternehmer berechtigt ist, in den Fällen, in denen der Betriebsablauf auf dem Flugplatz durch ein einem Dienstleister oder Selbstabfertiger zurechenbares Verhalten gefährdet oder gestört wird oder die Anforderungen nach § 8 nicht erfüllt werden, die notwendigen Maßnahmen zu treffen. Dem jeweiligen Dienstleister oder Selbstabfertiger ist zuvor Gelegenheit zur Äußerung zu geben. Hiervon unberührt bleibt das Recht des Flugplatzunternehmers zur fristlosen Kündigung des mit dem Dienstleister oder Selbstabfertiger bestehenden Vertragsverhältnisses.

(3) Maßnahmen im Rahmen der Luftaufsicht nach § 29 Abs. 1 des Luftverkehrsgesetzes bleiben unberührt.
(4) Pflichten, die Flugplatzunternehmer, Dienstleister oder Selbstabfertiger zur Gewährleistung von Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Arbeit nach sonstigen Rechtsvorschriften haben, bleiben unberührt.

- **Konsultation (§ 11) [30]**

Der Flugplatzunternehmer hält mindestens einmal im Jahr eine gemeinsame Konsultation über die Anwendung dieser Verordnung mit dem Nutzerausschuss und den auf dem Flugplatz tätigen Dienstleistern unter Beteiligung des Betriebsrates des Flugplatzunternehmers und der Luftfahrtbehörde ab.

- **Gegenseitigkeit (§ 12) [30]**

(1) Wird festgestellt, dass ein Drittland Dienstleister und Selbstabfertiger, deren Unternehmen mehrheitlich im Eigentum von Staatsangehörigen der Mitgliedstaaten der Europäischen Union ist, von Rechts wegen oder tatsächlich.
   1. nicht in einer dieser Verordnung vergleichbaren Weise, oder
   2. ungünstiger als inländische Dienstleister und Selbstabfertiger, oder
   3. ungünstiger als Dienstleister und Selbstabfertiger aus anderen Drittländern behandelt, ist das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung zu unterrichten.

(2) Dieses kann, unbeschadet der internationalen Verpflichtungen der Europäischen Union, die Pflichten, die sich aus der Richtlinie 96/67/EG des Rates vom 15. Oktober 1996 gegenüber den Dienstleistern und Nutzern dieses Drittlandes ergeben, im Einklang mit dem Gemeinschaftsrecht ganz oder teilweise aussetzen.
(3) Das Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung unterrichtet die Kommission der Europäischen Gemeinschaften über Art und Ausmaß der Entscheidung.

- **Unterrichtung (§ 13) [30]**

(1) Die Luftfahrtbehörde meldet dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung die unter diese Verordnung fallenden Flugplätze vor dem 1. Juni jeden Jahres mit Angaben zum jeweiligen Passagier- und Frachtaufkommen des abgelaufenen Kalenderjahres und des dem 1. April und dem 1. Oktober des Vorjahres vorausgehenden Sechsmonatszeitraums.
(2) Die Luftfahrtbehörde stellt dem Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung auf dessen Anforderung hin Informationen zur Verfügung, die die Kommission der Europäischen Gemeinschaften zur Erstellung eines Berichts über die Anwendung der Richtlinie 96/67/EG des Rates benötigt.

(3) Der Flugplatzunternehmer ist verpflichtet, der Luftfahrtbehörde die nach Absatz 2 erforderlichen Auskünfte zu erteilen und Unterlagen vorzulegen.

29.4 Aufgabenspektrum verkehrlicher und betrieblicher Bodenabfertigungsdienste

Die **administrative Abfertigung**/Überwachung am Boden umfasst:

- die Vertretung bei und die Verbindungen zu den örtlichen Behörden und sonstigen Stellen, die im Auftrag des Nutzers getätigten Auslagen und die Bereitstellung von Räumlichkeiten für seine Vertreter,
- die Kontrolle der Verladung, der Nachrichten und der Telekommunikation,
- die Behandlung, Lagerung, Abfertigung und Verwaltung der Ladungen,
- alle sonstigen Überwachungsdienste vor, während und nach dem Flug sowie alle sonstigen vom Nutzer geforderten administrativen Dienste.

Die **Fluggastabfertigung** umfasst die gesamte Fluggastbetreuung beim Abflug, bei der Ankunft, während des Transits oder bei Anschlussflügen, insbesondere die Kontrolle der Flugscheine und der Reiseunterlagen sowie die Registrierung des Gepäcks und dessen Beförderung bis zu den Sortieranlagen.

Die **Gepäckabfertigung** umfasst die Behandlung des Gepäcks im Sortierraum, die Sortierung des Gepäcks, seine Vorbereitung für den Abflug, das Be- und Entladen der Fahrzeuge oder Anlagen, mit denen das Gepäck zwischen Flugzeug und Sortierraum befördert wird, sowie die Gepäckbeförderung zwischen Sortierraum und Ausgaberaum.

Die **Fracht- und Postabfertigung** umfasst:

- in Bezug auf die Fracht: bei Ein- und Ausfuhr sowie während des Transits die Behandlung der Fracht, die Bearbeitung der entsprechenden Unterlagen, die Zollformalitäten und alle zwischen den Parteien vereinbarten oder umständehalber erforderlichen Sicherungsmaßnahmen;
- in Bezug auf die Post: beim Eingang und Ausgang die Behandlung der Post, die Bearbeitung der entsprechenden Unterlagen und alle zwischen den Parteien vereinbarten oder umständehalber erforderlichen Sicherungsmaßnahmen.

Die **Vorfelddienste** umfassen:

- das Lotsen der Flugzeuge bei der Ankunft und beim Abflug,[1]

[1] Sofern diese Dienste nicht vom Flugverkehrskontrolldienst oder einer Zentralen Vorfeldkontrolle erbracht werden.

- die Unterstützung beim Parken der Flugzeuge und die Bereitstellung der entsprechenden Mittel[1)],
- die Kommunikation zwischen den Flugzeugen und den Dienstleistern, der die vorfeldseitigen Dienste erbringen[1)],
- das Be- und Entladen der Flugzeuge, einschließlich Bereitstellung und dem Einsatz der erforderlichen Mittel sowie Beförderung der Besatzungen und der Fluggäste zwischen Flugzeugen und Abfertigungsgebäude, sowie Beförderung des Gepäcks zwischen Flugzeugen und Abfertigungsgebäude,
- die Unterstützung beim Anlassen der Triebwerke und die Bereitstellung der entsprechenden Mittel,
- das Bewegen der Flugzeuge beim Abflug und bei der Ankunft, die Bereitstellung und den Einsatz der erforderlichen Mittel,
- die Beförderung, das Ein- und Ausladen der Nahrungsmittel und Getränke in die bzw. aus den Flugzeugen.

Die **Reinigungsdienste und der Flugzeugservice** umfassen:

- die Innen- und Außenreinigung der Flugzeuge, den Toiletten- und Wasserservice,
- die Kühlung und Beheizung der Kabinen, die Beseitigung von Schnee und Eis von den Flugzeugen, das Enteisen der Flugzeuge,
- die Ausstattung der Kabinen mit entsprechender Bordausrüstung und deren Lagerung.

Die **Betankungsdienste** umfassen:

- die Organisation und Durchführung des Be- und Enttankens einschließlich Lagerung, Qualitäts- und Quantitätskontrolle der Lieferungen,
- das Nachfüllen von Öl und anderen Flüssigkeiten.

Die **Stationswartungsdienste** umfassen:

- die routinemäßigen Abläufe vor den Flügen,
- spezielle, vom Nutzer geforderte Tätigkeiten,
- das Vorhalten und die Verwaltung des Wartungsmaterials und der Ersatzteile,
- das Vorhalten von Abstellposition u./o. einer Halle zur Durchführung der Wartung.

Die **Flugbetriebs- und Besatzungsdienste** umfassen:

- die Vorbereitung der Flüge am Abflugflugplatz oder anderenorts,
- die Hilfe während der Flüge, unter anderem bei einer während eines Fluges ggf. erforderlichen Änderung des Flugablaufs,
- die Dienste nach den Flügen,
- allgemeine Hilfsdienste für die Besatzungen.

Die **Transportdienste am Boden** umfassen:

- die Organisation und Abwicklung der Beförderung von Fluggästen, Besatzung, Gepäck, Fracht und Post zwischen verschiedenen Abfertigungsgebäuden eines Flugplatzes, nicht jedoch Beförderungen zwischen den Flugzeugen und einem anderen Ort auf dem Gelände des gleichen Flugplatzes,
- alle speziellen, vom Nutzer verlangten Beförderungsdienste.

Die **Bordverpflegungsdienste** (Catering) umfassen:

- die Verbindungen mit den Lieferanten und der Verwaltung,
- die Lagerung der Nahrungsmittel, der Getränke und des für die Zubereitung erforderlichen Zubehörs,
- die Reinigung des Zubehörs,
- die Vorbereitung und Lieferung der Nahrungsmittel und Getränke sowie des entsprechenden Zubehörs [26].

Die allgemeinen Funktionszusammenhänge zwischen verkehrlicher und betrieblicher Abfertigung, die in der Praxis allerdings Schnittmengen aufweisen, zeigt Abb. 29.4.

29.5 Anforderungen für die Erbringung von Bodenabfertigungsdiensten

1. Die "Anforderungen für die Erbringung von Bodenabfertigungsdiensten" gelten für alle Unternehmer, die als Dienstleister oder Selbstabfertiger auf einem Flugplatz Bodenabfertigungsdienste erbringen oder erbringen wollen.
2. Die Anforderungen an die Erbringer von Bodenabfertigungsdiensten sind Zuverlässigkeit, finanzielle Leistungsfähigkeit, fachliche Eignung und Übernahme von Mitarbeitern
   (1) Der Unternehmer und die zur Führung der Geschäfte bestellten Personen müssen zuverlässig sein.
   Die Zuverlässigkeit ist gegeben, wenn der Unternehmer und die zur Führung der Geschäfte bestellten Personen die Gewähr dafür bieten, dass der Betrieb den gesetzlichen Bestimmungen entsprechend geführt wird und die Beschäftigten und die Allgemeinheit bei dem Betrieb des Unternehmens vor Schäden und Gefahren bewahrt bleiben.

   Die Zuverlässigkeit ist zu verneinen
   a) bei einer rechtskräftigen Verurteilung wegen schwerer Verstöße gegen strafrechtliche Vorschriften einschließlich des Wirtschaftsstrafrechts;
   b) bei schweren und wiederholten Verstößen gegen arbeits-, arbeitsschutz- oder sozialrechtliche Pflichten, gegen im Interesse der Verkehrs- und Betriebssicherheit erlassene Vorschriften oder gegen umweltschützende Vorschriften.

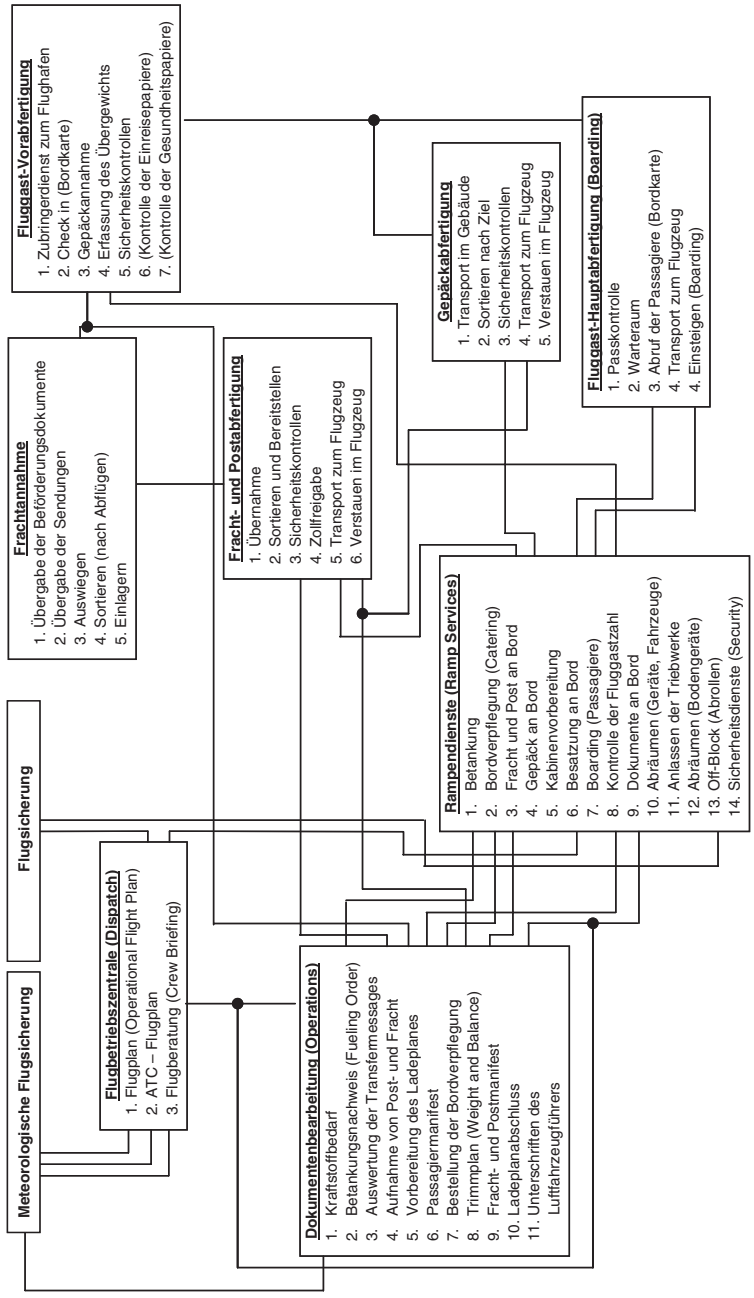


Abb. 29.4 Allgemeine Funktionszusammenhänge zwischen verkehrlicher und betrieblicher Abfertigung [146]

(2) Die finanzielle Leistungsfähigkeit des Unternehmens muss gewährleistet sein. Die finanzielle Leistungsfähigkeit ist gewährleistet, wenn die zur Aufnahme und ordnungsgemäßen Führung des Betriebes erforderlichen Mittel verfügbar sind.

Die finanzielle Leistungsfähigkeit ist insbesondere nicht gewährleistet, wenn

a) erhebliche Rückstände an Steuern oder an Beiträgen zur Sozialversicherung bestehen, die aus unternehmerischer Tätigkeit geschuldet werden;
b) dem Flugplatzunternehmer gegenüber erhebliche Rückstände an Gebühren oder Entgelten, Mieten, Pachten oder aus anderen Zahlungsverpflichtungen bestehen, die aus der Nutzung des Flugplatzes und seiner Einrichtungen, einschließlich des Start-/Landebahnsystems, oder aus der vertraglichen Gestattung der Erbringung von Bodenabfertigungsleistungen geschuldet werden.

(3) Der Unternehmer oder die zur Führung der Geschäfte bestellten Personen müssen fachlich geeignet sein. Fachlich geeignet ist, wer über die zur ordnungsgemäßen Führung eines Bodenabfertigungsunternehmens erforderlichen Kenntnisse verfügt.

Eine fachliche Eignung kann entweder

a) durch Prüfung der Industrie- und Handelskammer "Geprüfter Flugzeugabfertiger" und eine mindestens zweijährige leitende Tätigkeit in einem Unternehmen, das Bodenabfertigungsleistungen erbringt, oder
b) durch eine, den Prüfungsinhalten der Industrie- und Handelskammer vergleichbare Qualifikation und eine mindestens zweijährige leitende Tätigkeit in einem Unternehmen, das Bodenabfertigungsleistungen erbringt, oder
c) durch eine mindestens fünfjährige leitende Tätigkeit in einem Unternehmen, das Bodenabfertigungsleistungen erbringt, nachgewiesen werden.

(4) Die Voraussetzungen sind bei Flugplatzunternehmern durch die Erteilung der Betriebsgenehmigung als erfüllt anzusehen.

(5) Die Nachweise sind von den übrigen Dienstleistern und den Selbstabfertigern in geeigneter Form bei Teilnahme am jeweiligen Auswahlverfahren vor zulegen. Sie sind als Vertragsbestandteil den Verträgen beizufügen. Der Flugplatzunternehmer ist berechtigt, während der Laufzeit des Vertrages bei personellen Änderungen oder bei begründeten Zweifeln an Angaben zur Zuverlässigkeit und an Angaben zur fachlichen Eignung weitere geeignete Nachweise, bei begründeten Zweifeln an der finanziellen Leistungsfähigkeit eine geeignete Aktualisierung der Nachweise zu fordern.

(6) Bei Fehlern oder Wegfall der Voraussetzungen ist zu vermuten, dass der ordnungsgemäße Betriebsablauf gefährdet ist.

Anforderung an Betrieb und Einsatz der Mitarbeiter:

(1) Die Erbringer von Bodenabfertigungsleistungen haben sich nach Maßgabe der Einteilung durch den Flugplatzunternehmer an der Erfüllung der in Rechtsvorschriften und Regelungen vorgesehenen öffentlichen Leistungsverpflichtung, insbesondere der Betriebspflicht, zu beteiligen. Den Rahmen für diese Beteiligung setzt das Pflichtenheft. Die Einteilung durch den Flugplatzunternehmer muss nicht diskriminierend, objektiv und transparent vorgenommen werden.

(2) Dienstleister und Selbstabfertiger sind verpflichtet, geltende Umweltschutzvorschriften sowie behördliche Regelungen, insbesondere Genehmigungen und Planfeststellungen zu beachten. Der Flugplatzunternehmer ist verpflichtet, die anderen Dienstleister und die Selbstabfertiger auf die ihm bekannten einschlägigen Vorschriften und Regelungen sowie deren Änderung hinzuweisen oder ihnen diese gegen Erstattung der Kosten bekanntzumachen.

(3) Dienstleister und Selbstabfertiger haben sicherzustellen, dass ihre Mitarbeiter die Sicherheitsvorschriften und behördlichen Sicherheitsregelungen am Flugplatz kennen und befolgen, soweit dies für die Ausübung ihrer Tätigkeiten notwendig ist. Sie haben auch sicherzustellen, dass eine dafür ausreichende Beherrschung der deutschen Sprache bei den betreffenden Mitarbeitern gegeben ist. Sie bilden ihre Mitarbeiter auch mindestens in dem Rahmen aus und fort, wie er vom jeweiligen Flugplatzunternehmen seinen Mitarbeitern bei entsprechenden Tätigkeiten vorgegeben wird.

(4) Die Bedienung und Handhabung von Abfertigungsgeräten und technischen Einrichtungen im Abfertigungsbereich darf ausschließlich durch geprüfte Flugzeugabfertiger oder Beschäftigte mit gleichwertigen Kenntnissen und Fertigkeiten erfolgen.

(5) Die Einhaltung des Luftverkehrsgesetzes und der hierzu erlassenen Verordnungen, sowie der Gewerbeordnung muss sichergestellt sein. Gleiches gilt für die zwingenden Bestimmungen des Arbeitsrechts und die arbeitsschutzrechtlichen Vorschriften, wie das Arbeitsschutzgesetz und die auf seiner Grundlage erlassenen Rechtsverordnungen, das Arbeitssicherheitsgesetz, das Arbeitszeit gesetz, das Jugendarbeitsschutzgesetz, die Arbeitsstättenverordnung, die Gefahrstoffverordnung und die Unfallverhütungsvorschriften, insbesondere die VBG 78 und die GUV 5.8.

(6) Vor Aufnahme von Bodenabfertigungstätigkeiten ist dem Flugplatzunternehmer der Abschluss einer Haftpflichtversicherung nachzuweisen, die die Haftung des Dienstleisters oder Selbstabfertigers auf Schadensersatz wegen solcher Schäden deckt, die diese in Ausführung der Dienstleistung einem anderen zufügen. Bedient sich der Dienstleister oder Selbstabfertiger zur Erledigung seiner Aufgaben eines anderen Dienstleisters, hat er nachzuweisen, dass dieser über die erforderliche Haftpflichtversicherung verfügt. Ist die Haftung des Dienstleisters oder Selbstabfertigers bereits durch eine Versicherung gedeckt, die der Nutzer unterhält, kann der Dienstleister oder Selbstabfertiger seiner Pflicht auch durch den Nachweis einer Versicherung nachkommen. Ist die Haftung des Dienstleisters oder Selbstabfertigers bereits durch eine Versicherung gedeckt, die der Flugplatzunternehmer unterhält, bedarf es des Nachweises nicht.

(7) Die nachzuweisende Versicherung muss das mit der Tätigkeit jeweils verbundene Risiko angemessen decken.

(8) Das Bestehen der Versicherung ist dem Flugplatzunternehmer jeweils bis zum 15. Januar eines jeden Jahres nachzuweisen. Der Versicherer und der Versicherungspflichtige haben dem Flughafenunternehmer jede Unterbrechung des Versicherungsschutzes sowie jede Beendigung des Versicherungsverhältnisses für die Haftpflichtversicherung

des Dienstleisters oder Selbstabfertigers unverzüglich anzuzeigen. Im Falle der Beendigung des Versicherungsverhältnisses oder des fehlenden oder nicht fristgemäßen Nachweises der Versicherung ist der Flughafenunternehmer verpflichtet, seine vertraglichen Beziehungen zu dem Dienstleister oder Selbstabfertiger aus wichtigem Grund zu kündigen.

(9) Erfolgt die Auswahl eines Bodenabfertigungsdienstleisters durch die Genehmigungsbehörde, gilt Absatz (6) entsprechend.

(10) In begründeten Einzelfällen kann eine Abweichung von einzelnen Vorgaben des Pflichtenhefts vereinbart werden, sofern dies nicht eine Diskriminierung zufolge hat. Nutzerausschluss und Betriebsrat des Flugplatzunternehmens sind davon zu unterrichten.

(11) Technische Spezifikationen zu Abfertigungsgeräten, zu im Flugplatzbereich genutzten Fahrzeugen und Kommunikationsmitteln oder zu Schnittstellen bei Nutzung Zentraler Infrastruktureinrichtungen können als zusätzliche Anforderungen gestellt werden. In begründeten Einzelfällen kann eine Abweichung von einzelnen Vorgaben dieser Technischen Spezifikationen vereinbart werden, sofern dies nicht eine Diskriminierung zufolge hat. Nutzerausschuss und Betriebsrat des Flugplatzunternehmens sind davon zu unterrichten.

(12) Der Flugplatzunternehmer kann von Dienstleistern und Selbstabfertigern angemessene Kautionen oder Sicherheiten verlangen sowie Finanzierungs- oder Zahlungsbedingungen geltend machen, ohne dass hierdurch Marktzugangshindernisse entstehen [27].

29.6 Abfertigungstypen

29.6.1 Differenzierung nach Flugzeugmustern

Die abzufertigenden Flugzeugmuster bestimmen nach Art, Umfang und Dauer der Teilprozesse der Bodenabfertigung die Turn-Around Zeit. In der Regel werden Flugzeuge mit geringem Rumpfquerschnitt (Narrow Body) für Kurz- und Mittelstreckenflüge (2–6 Std. Flugdauer) eingesetzt. Flugzeuge mit größerem Rumpfquerschnitt (Wide Body, Makro Body) werden typischerweise auf Langstreckenflügen (6–14 Std. Flugdauer) eingesetzt. Aufgrund der Unterschiedlichkeit der Baumuster und der Flugaufgabe ist eine differenzierte Abfertigung der Flugzeugmuster sowie der Passagiere und Fracht notwendig.

29.6.1.1 Kurzstrecken-Flugzeugmuster mit Bulk-Zuladung

Als Kurzstrecken- (Narrow Body) Flugzeugmuster werden Flugzeuge bezeichnet, die über einen Mittelgang in der Kabine verfügen und das Betreten oder Verlassen des Flugzeuges in der Regel durch die vordere Tür erfolgt. Ausnahmen bilden die Abfertigung dieser Flugzeuge auf Vorfeldpositionen, bei denen die Passagiere mittels Treppen das Flugzeug auch durch die hintere Tür betreten bzw. verlassen können.

Der Begriff „Bulk-Beladung“ bezeichnet die Art der Beladung. Gepäck, Frachtstücke und Post werden bei Flugzeugen dieser Bauart nicht in Containern oder auf Paletten, sondern als Stückgüter/Gepäckstücke einzeln ein- und ausgeladen. Diese Art der Beladung nimmt systembedingt mehr Zeit und Personal in Anspruch als die Beladung mittels Containern oder Paletten.

Typische Flugzeugmuster dieser Kategorie sind beispielsweise die Boeing-Flugzeugmuster B737, B757, oder die Airbus-Flugzeugmuster A318, A319.

29.6.1.2 Kurzstrecken-Flugzeugmuster mit Container-/Paletten-Zuladung

Diese Flugzeugmuster besitzen ebenfalls nur einen Mittelgang, der Laderaum eignet sich aber für die Beladung mit Containern und Paletten. Ein typisches Flugzeugmuster ist der Airbus A320, der allerdings vom Hersteller sowohl mit Bulk-Laderäumen, als auch mit Container-Laderäumen angeboten wird. Die Vorteile der Containerbeladung gegenüber der Bulkladung sind zu sehen in:

- Zeitvorteil bei der Be- und Entladung,
- Sichere Lagerung der Ladegüter in den Ladeeinheiten,
- Eindeutige Trennung der Ladegüter (Post, Fracht, Gepäck) nach Destinationen,
- Eindeutige Massebestimmung, da die Ladeeinheiten außerhalb der Flugzeuge gewogen werden,
- Durch Verlockung der Ladeeinheiten rutschsichere Beladung.

Als Nachteile gegenüber der Bulkbeladung sind zu nennen:

- Höhere Anschaffungskosten des Flugzeugs durch den erforderlichen Einbau des Transportsystems,
- Sperrige Ladegüter können nicht transportiert werden wenn Laderäume mit Containern zu bestücken sind,
- Es werden Bodendienstgeräte für die Ein- und Ausladevorgänge benötigt,
- Bei technischen Störungen am Ladesystem sind Verzögerungen wahrscheinlich,
- Die Masse der Ladeeinheiten reduziert die Nutzlast,
- Die Bevorratung ausreichender Ladeeinheiten ist ein Logistikfaktor/Kostenfaktor am Abflugort.

29.6.1.3 Langstrecken-Flugzeugmuster

Langstrecken- (Wide Body, Makro Body) oder Großraum-Flugzeuge zeichnen sich durch das Vorhandensein von mehr als einem Gang zwischen den Sitzreihen aus. Der Laderaum ist durch den entsprechenden Rumpfquerschnitt erheblich größer. Typische Flugzeugmuster sind die Boeing B747-400, B747-8 I Airbus A380 und der Airbus A340-200/300. Diese Flugzeugmuster sind mit Containerladesystemen ausgerüstet. Neben der Beifracht werden auch die Gepäckstücke der Passagiere in Containern verladen.

29.6.1.4 Frachtflugzeuge

Bei Frachtflugzeugen entfallen die Abfertigungskomponenten „Passage“ und „Gepäck“ vollständig. Die Ladeplanung im Vorfeld der Abfertigung ist allerdings wesentlich umfangreicher als bei Passagierflugzeugen, da die Zuladung je nach Flugzeugmuster bis zu 120.000 kg (Boeing B747-400) betragen kann. Die Ladeeinheiten weisen in der Regel unterschiedliche Einzelmassen auf und es sind somit Limitierungen und Restriktionen bei der Zuteilung der Ladeeinheiten auf die Ladebereiche des Flugzeuges zu beachten. Das Verzurren von übergroßen Ladeeinheiten, die nicht rundum am Laderaumboden verlockt werden können, nehmen zusätzlich Zeit in Anspruch. Die Ent- und Beladung einer Boeing B747-400 nimmt beispielsweise rund 2,5–3 Stunden in Anspruch. Für eine McDonnell Douglas MD11 oder einen Airbus A310 werden ca. 2–2,5 Stunden benötigt.

Bei der Abfertigung von Frachtflugzeugen ist die Einhaltung der Abflugzeit allerdings weniger kritisch, da die Fracht in der Regel nach andere Kriterien transportiert wird als Passagiere. Daher sind auch eventuelle Verzögerungen als weniger relevant zu bewerten als im Passagierabfertigungsbereich. Typische Flugzeugmuster sind die Boeingflugzeugmuster B747-400, B767-200, McDonnell Douglas MD11, und die Airbusflugzeugmuster A300, A310, A350.

29.6.1.5 ULD vs. Handbeladung

Bei der Technik für die Be- und Entladung von Flugzeugen ist zu unterscheiden nach Geräten für den Umschlag von Flugzeug-Ladeeinheiten und von loser Ladung. Die Geräte für den Umschlag von Flugzeug-Ladeeinheiten sind besonders ausgerichtet auf:

- die Bedienung der in der Lage und Höhe unterschiedlichen Ladetüren der verschiedenen Flugzeugmuster,
- die großflächige unterseitige Stützung der Flugzeug-Ladeeinheiten bei allen Transport- und Umschlagprozessen,
- einen möglichst flexiblen Einsatz im Hinblick auf wechselnde Einsatzorte, auf beengte Platzverhältnisse und auf variierende Abläufe und Reihenfolgen bei den diversen Ladevorgängen.

Am Flugzeug werden Flugzeug-Ladeeinheiten überwiegend mittels fahrbaren Hubplattformwagen mit ULD-Rollendeck (Loader) ein- und ausgeladen. Diese Geräte werden für unterschiedliche ULD-Abmessungen, Traglasten und Hubhöhen angeboten. Hubplattformen werden für den Ladevorgang gegenüber dem Flugzeug nicht verwendet.

Deshalb müssen die Ladeeinheiten dem Gerät zugerührt bzw. von diesem abgenommen werden. Das kann entweder direkt mittels Dollies erfolgen oder es wird ein spezieller Palettentransporter eingesetzt, der als Umsetzgerät die ULD’s, angetrieben aufnimmt und abgibt. Insgesamt ist die Be- und Entladung von Flugzeugen mit Ladeeinheiten auch über stationäre Anlagen möglich, die fördertechnisch mit den Lager- und Abfertigungsanlagen verbunden sind. Da diese Ladeanlagen nur eingeschränkt für bestimmte Flugzeugmuster

und Ladetüren sowie nur auf einer einzelnen Flugzeugposition einsetzbar sind, ist die Wirtschaftlichkeit oft nicht gegeben.

Lose Ladung wird vergleichsweise konventionell, d. h. in großem Umfang manuell ein- und ausgeladen. Wenn die Lage der Ladetür es erfordert, werden Förderbandwagen eingesetzt. Vielfach werden auch Gabelstapler genutzt. Um schnelle Ladevorgänge am Flugzeug zu erreichen, werden zur Entladung eine ausreichende Anzahl leerer Transportmittel und zur Beladung möglichst große Teile der Ladung auf der Flugzeugposition vorab bereitgestellt. Im Hinblick auf die oft kritische Masseverteilung im Flugzeug ist bei der Beladung besonders die richtige Beladereihenfolge zu berücksichtigen, und zwar durch die reihenfolgegerechte Bereitstellung oder den Einzelzugriff auf die einzelnen Ladeeinheiten.

29.6.2 Differenzierung nach der Art des Fluges

29.6.2.1 Inbound-Flug

Reine Inbound-Flüge (ankommende Flugzeuge) sind Flüge, bei denen zwischen geplanter Ankunft und dem Abflug eine so große Zeitspanne liegt, dass der Abfertigungsvorgang unterbrochen werden kann. Je nach Flugzeugmuster sind das mehr als 90 min Boden(stand)zeit. Für die Entladung eines Flugzugmusters der Kategorie „Narrow Body mit Containern“ werden ca. 20 min benötigt, für Flugzeugmuster der Kategorie „Narrow Body Bulkload“ ggf. auch bis zu einer Stunde. Für ein Flugzeugmuster der Kategorie „Wide Body, Makro Body“ werden ca. 45 min oder entsprechend mehr benötigt.

Nach der Entladung werden alle Türen und Luken geschlossen und das Flugzeug wird bei längerer Standzeit ggf. auf eine Vorfeldposition geschleppt, um Terminal-(Gate-) Positionen frei zu halten.

29.6.2.2 Outbound-Flug

Die Outboundflüge (abfliegende Flugzeuge) schließen abfertigungsmäßig an einen reinen Inboundflug an. Das Flugzeug hat hierzu ggf. mehrere Stunden auf dem Flugplatz gestanden und wird für den Abflug vorbreitet. Bei diesen Flügen sind zum Zeitpunkt „geplante Abflugzeit minus 60 min“ sämtliches Bodenpersonal sowie die Zuladung an Fracht und Post auf der Position des Flugzeugs, um mit der Beladung und Betankung zu beginnen. Das Gate (Warteraum für die Passagiere) öffnet ebenfalls spätestens zu diesem Zeitpunkt. Bis 30 min vor dem Abflug finden sich die letzten Gepäckcontainer auf der Position ein, um einen rechzeitigen Abschluss der Beladung zu gewährleisten. Nach endgültigem Abschluss der Beladung werden die Ladeinformationen von dem „Loadcontroller“ in das Loadcontrol-Programm (spezielles DV-Programm) eingegeben und das „Loadsheet“ am Gate (der Position des Flugzeugs) ausgedruckt. Auf diesem Papier stehen alle relevanten Informationen für die Cockpitbesatzung des Flugzeuges. Das „Loadsheet“ wird vom Rampagenten überprüft, unterschrieben und an den jeweiligen Flugzeugführer übergeben. Dieser gibt die, sich aus der Beladung und der Flugaufgabe ergebenden aktuellen flugrelevanten Daten, in das Flight Management System des Flugzeuges ein.

Planmäßig werden spätestens 10 min vor geplantem „off-block“ (push back oder Beginn des Rollvorgangs) die Laderäume geschlossen. Nachdem die Stationsleitung oder das Personal der Passage die Passagierlisten an den Purser des Flugzeuges übergeben hat, werden die Türen geschlossen und die Passagierbrücke (bei einer Gate-Position) zurückgefahren.

29.6.2.3 Turn around

Mit „Turn around“ oder „Durchgang“ werden Flüge bezeichnet, deren geplante Lande- und Startzeit zeitnah zusammen liegen. Bei Kurz- und Mittelstreckenflugzeugmustern sind dies 40–60 min, bei Langstrecken- u./o. Großraumflugzeugmustern 90–120 min. Jede Luftverkehrsgesellschaft hat Vorgaben über die Höchstdauer, die das Flugzeug nach Flugplan am Boden stehen darf. Die Abstimmung der einzelnen Teilprozesse der Abfertigung ist bei diesen Flügen besonders kritisch, da geringste Verzögerungen zu Verspätungen führen können. Dauert beispielsweise aufgrund von Personalmangel, nicht verfügbarem Gerät oder ungeplanter Ladeeinheiten die Entladung länger, kann infolge dessen die Beladung erst später beginnen, was meist eine Abflugverspätung zur Folge hat.

29.6.2.4 Ferry-Flüge

Ferry Flüge, d. h. Überführungsflüge finden statt, wenn Flugzeuge zu ihren tatsächlichen Einsatzorten geflogen werden müssen. Die Flugzeuge fliegen ohne kommerzielle Zuladung und ohne Passagiere, d. h. ohne Nutzlast. Bei einigen Flugzeugmustern muss bei Ferry-Flügen allerdings Ballast zugeladen werden, um den Schwerpunkt im zulässigen Bereich des Flugzeugmusters zu gewährleisten. Das Ballastgut kann z. B. aus Jutesäcken bestehen, die mit Kieselsteinen gefüllt sind.

29.6.2.5 Transit-Flüge

Bei Transit-Flügen bleiben die Transit-Passagiere und die entsprechende Zuladung für den Zielflughafen an Bord des Flugzeuges. Die Verweildauer des Flugzeuges auf dem Flugplatz liegt größtenteils unter einer Stunde. Zur Abfertigung dieser Flugzeuge ist zu sagen:

- Die Transit-Ladung erschwert unter Umständen die Ent- und Beladung bei einer Zwischenlandung für den Weiterflug,
- Die Transit-Passagiere verbleiben während der Abfertigung an Bord des Flugzeuges, oder müssen aussteigen (z. B. wenn das Flugzeug aufgetankt werden muss), und warten im Terminal in einem speziellen Transitwarteraum (d. h. kein Zugang zu anderweitigen Bereichen des Terminals) bis zum erneuten Boarding auf den Weiterflug.

29.6.3 Differenzierung nach der Positionierung des Flugzeuges

Die Abstell-/Parkposition des Flugzeuges ist vor allem wichtig für die zeitliche Planung der Abfertigung, da die Transportwege für die Bodenabfertigungsdienste auf großen Verkehrsflughäfen zeitlich/räumlich sehr stark differieren können. Weiterhin sind die

Art und der Umfang der benötigten Bodengeräte je nach Position des Flugzeugs und auch des Flugzeugmusters unterschiedlich.

29.6.3.1 Gebäude- (Gate-) Position

Als Gebäudeposition werden Positionen bezeichnet, die direkt am Terminal angeordnet sind. Das parkende Flugzeug ist mit 2–3 Passagierbrücken mit dem Gebäude (Terminal) verbunden. Die räumliche Nähe zu dem Warteraum (bei Abflug) oder dem Ausgang (bei Ankunft) und der Gepäckein-/Ausschleusungsstelle sind die wesentlichen Vorteile dieses Positionstyps. Bei diesem Positionstyp werden zum An- und Ablegen der Passagierbrücken allerdings immer Brückenfahrer benötigt, die bei der Ankunft des Flugzeugs rechtzeitig vor Ort sein müssen. Abfliegende Passagiere sind, wenn sie spät erscheinen, relativ schnell eingecheckt (Gate Check-in). Die Wege zum Flugzeug sind sehr kurz.

29.6.3.2 Vorfeldposition mit Push-back

Neben den Gebäudepositionen werden auch so genannte Vorfeldpositionen genutzt, bzw. den Luftverkehrsgesellschaften angeboten. Gründe hierfür sind u. a. geringere Entgelte, die für die Belegung einer Vorfeldposition anfallen, oder auch der Betrieb mit Flugzeugen, die nicht für eine Gebäudeposition zugelassen sind. Bei der Vorfeldabfertigung stehen immer zwei Passagiertreppen am Flugzeug zur Verfügung. Die Abfertigung auf Vorfeldpositionen erfordert den Transport der Passagiere vom Terminal zur Position des Flugzeuges bzw. vom Flugzeug zum Terminal, wozu ein zusätzliches Zeitbudget einzuplanen ist. Die Passagierdienste ordern bei der Passagierbuseinsatzzentrale nach Absprache mit dem Ramp-Agent die Busse so zeitig, dass die ersten Passagiere ca. 30 min vor geplanter Abflugzeit am Flugzeug eintreffen. Probleme können entstehen, wenn Passagiere sehr spät zum Abflug eintreffen. Für den Abflug wird das Flugzeug auf eine Rolllinie des Vorfelds „gepushed“ d. h. gedrückt, von wo es aus eigener Kraft zur Startbahn rollen kann.

29.6.3.3 Vorfeldposition mit Durchrollposition

Als Vorfeldposition mit Durchrollposition wird der Positionstyp bezeichnet, der prinzipiell gleich dem unter 7.6.3.2 beschriebenen ist, mit dem Unterschied, dass das Flugzeug nach dem Ablegen der Treppen nicht von einem Schlepper auf seine Rollposition gedrückt wenden muss, sondern aus eigener Kraft die Position in Rollrichtung verlassen kann. Die Triebwerke werden auf der Position gestartet, der Bereich des Abgasstrahls der Triebwerke muss frei von Hindernissen (Geräten) und Personen sein.

29.7 Abfertigungsprozesse

Die Flugzeugabfertigung gliedert sich in mehrere Teilprozesse, die einander bedingen oder auch, zeitlich gesehen, miteinander konkurrieren oder sich überlappen. Grundlage sind entweder sachlogische Ablaufprozesse oder aber auch gesetzliche Vorschriften und Regeln. So kann die Beladung sachlogischerweise erst erfolgen, nachdem das

Flugzeugzeug entladen wurde, und die Passagiere dürfen normalerweise erst einsteigen, nachdem der Betankungsvorgang abgeschlossen ist.

29.7.1 Ent- und Beladung von Flugzeugen

Die Ent- und Beladung eines Flugzeuges ist zentraler Bestandteil der Flugzeugabfertigung. Entscheidend bei den Ladeprozessen sind die Verfügbarkeit des Personals, der teilweise speziellen Lademittel (-geräte) und der benötigten Flächen zur Bereitstellung der Ladeeinheiten. Begrenzende Größen beim Laden der Flugzeuge sind die Geometrie, das Volumen und die Masse der Nutzlast. Zu beachten sind die Ladevorschriften, die die Ladereihenfolge regeln. So ist das Flugzeug, abhängig vom Flugzeugmuster, zuerst im vorderen Teil zu beladen und dann im hinteren Teil zu entladen, um das so genannte „Tipping" zu vermeiden. Darunter versteht man das Kippen des Flugzeuges aufgrund von Hecklastigkeit im Bereich hinter dem Hauptfahrwerk. Andernfalls muss das Flugzeug im Heckbereich abgestützt werden.

Der Ablauf einer typischen Entladung eines Kurzstrecken-Flugzeugmusters (Narrow-Body mit ULD-Ladesystem) stellt sich wie folgt dar:

- das Flugzeug hat seine Parkposition eingenommen und die Triebwerke abgeschaltet,
- die Laderaumtüren werden geöffnet und die Hubwagen positioniert,
- die Ladungssicherungen (Locks) werden gelöst,
- die ULD's werden auf die Hubwagen geschoben und abgelassen,
- die ULD's werden auf Container- und Palettentransporter (CPT) umgeladen,
- die ULD's werden zu Transporthängern, den „Dollies" transportiert,
- die Dollies werden zur Fracht- oder Gepäcksammelstelle transportiert.

Parallel erfolgen die Tätigkeiten:

- das Förderband („Conveyor Belt") wird angelegt,
- die „Bulk"-Tür wird geöffnet,
- die Sicherungsnetze werden geöffnet,
- die Transportanhänger werden bereitgestellt,
- der „Bulk"-Inhalt wird manuell auf das Förderband umladen (Gepäck, Ladegut, Post),
- das Ladegut wird vom Band genommen und in Transportanhänger einsortiert,
- der Transportanhänger wird zur Sammelstelle gefahren.

29.7.2 Abfertigungsprozesse Passagierflugzeug

Die Abfertigung eines Passagierflugzeugs erfolgt zielgerichtet im Hinblick auf die geplante Abflugzeit. Die Abfertigungsprozesse umfassen passagierseitig zunächst das

Einchecken der Passagiere, die Bordkartenerstellung, -ausgabe und -kontrolle, die Sicherheitskontrolle, Kontrolle der Vollzähligkeit der eingecheckten Passagiere, sowie den Boardingprozess selbst. Die Gates (Abflugwarteräume) öffnen ca. 1 Stunde vor dem Abflug, die Check-in Schalter werden für den Flug normalerweise 20–30 min vor dem Abflug geschlossen (d. h. es werden keine Passagiere mehr für den Flug „eingecheckt").

Je nach Flugzeugmuster, Auslastung (Sitzladefaktor) des Fluges oder den örtlichen Gegebenheiten des Warteraums sind ca. 15–20 min pro 100 Passagiere für das eigentliche Boarding erforderlich. Steht das Flugzeug auf einer Vorfeldposition, so ist zusätzlicher Zeitbedarf für den Bustransport vom Terminal (Gate) zur Flugzeugposition einzuplanen. Als Durchschnittswerte sind ca. 5 min für den Einsteigevorgang plus 5 min Fahrzeit auf dem Vorfeld pro Bus zu kalkulieren. Bei vom Terminal entfernten Flugzeug-Parkpositionen kann die reine Transportzeit aber auch bis zu 15 min betragen.

Flugzeugseitig sind die Abfertigungsprozesse durchzuführen, die das Flugzeug auf die nächste Transportaufgabe vorbereiten. Die Passagierkabine muss gereinigt werden, die Toilettenbehältnisse entleert und Frischwasser muss nachgefüllt werden. Die Bordverpflegung (Catering) wird, in Abhängigkeit der gebuchten u./o. eingecheckten Passagiere, an Bord gebracht.

Diese Prozesse unterscheiden sich von Luftverkehrsgesellschaft zu Luftverkehrsgesellschaft erheblich. Teilweise wird die Reinigung der Kabine von den Flugbegleitern vorgenommen (bei Low-Cost Luftverkehrsgesellschaften), bei anderen Luftverkehrsgesellschaften durch Reinigungsfirmen, die beispielsweise für die Reinigung der Kabine einer Boeing B747-400 im Transit bis zu 45 min benötigen. Die Bordverpflegung (Catering) wird ebenfalls nicht von allen Luftverkehrsgesellschaften benötigt. Teilweise wird die Bordverpflegung für den Rückflug auf dem Hinflug im Laderaum gelagert und dann auf der Position am Zielflughafen in die Kabine umgeladen (Two-Way-Catering). Im Zuge der „No-Frills"-Entwicklung neigen Luftverkehrsgesellschaften je nach Flug dazu, gar keine Bordverpflegung anzufordern, bzw. den Passagieren anzubieten. Teilweise sind dann Nahrungsmittel und Getränke an Bord gegen Barzahlung erhältlich.

Die Betankung erfolgt ebenfalls im Hinblick auf die geplante Off-block Zeit. In der Regel ist das Betankungspersonal spätestens 60 min vor Abflug vor Ort. Während des Betankensvorgangs dürfen normalerweise keine Passagiere an Bord des Flugzeuges sein und es darf auch nicht mit dem Boarding begonnen werden. Ausnahmen sind dann möglich, wenn während der Betankung sämtliche Fluchtwege (Notrutschen) frei sind und die Einsatzfahrzeuge der Flughafenfeuerwehr innerhalb von 2 min vor Ort sein können.

Für den Transport von Gepäck, Fracht (bei Passagierflugzeugen Beifracht) und Post von und zu den Flugzeugen sind im Rahmen der Bodenverkehrsdienste bestimmte Transportdienste zuständig. Die sich im Einsatz befindlichen Fahrzeuge sind mit Datenfunk und Sprechfunk ausgestattet. Die Einsatzzentrale verfügt somit über die Flexibilität der Auftragszuweisung per Funk an die Fahrer, oder über das in den Fahrzeugen installierte Auftragsmanagement (Datenfunk).

Wichtig ist die Bereitstellung von Transportkapazität bei ankommenden Flugzeugen. Das Gepäck der Transit- oder First Class-Passagiere hat bei der Entladung höchste

Priorität. Die in der Lademeldung des ankommenden Fluges enthaltenen Angaben über die Anzahl der Ladeeinheiten und Mengen an Gepäck, Post und Fracht sind Basisdaten, die der Bodenabfertigungssdienst für die Bereitstellung von Personal und Geräten benötigt. Dadurch kann gewährleistet werden, dass ausreichend Fahrzeuge, Dollies und Personal auf der Parkposition bereitstehen, wenn das Flugzeug die Parkposition erreicht.

Bei der Abfertigung von abflugbereiten (Outbound) Flugzeugen obliegt es den Bodenabfertigungsdiensten, die Zuladungen von den Sammelstellen den Parkpositionen der Flugzeuge zu befördern, d. h.:

- Post und Fracht (Beifracht) sollte spätestens eine Stunde vor der geplanten Offblock Zeit (STD) am Flugzeug sein;
- Gepäck in Containern oder auf Wagen wird kontinuierlich vom Ausgabeband im Terminal zur Position verbracht, die übrigen Container werden spätestens 30 min vor der Off-block Zeit geschlossen und zur Position transportiert;
- Späte Restgepäckstücke werden auf Karren auf die Position befördert und dort lose verladen.

Die technische Betreuung des Flugzeuges wird je nach Flugzeugmuster und Luftverkehrsgesellschaft durch das technische Personal der Luftverkehrsgesellschaft selbst gewährleistet.

Als Nachweis über die regelkonforme Abfertigung eines Flugzeugs werden diverse Dokumente geführt, die gemäß lATA-Vorgaben und entsprechenden nationalen Gesetzen nach dem Flugereignis mindestens 90 Tage aufbewahrt werden müssen. Hierbei wird zwischen Vorbereitungsdokumenten und Dokumenten, die die Abfertigungsprozesse dokumentieren, unterschieden.

29.7.3 Abfertigungsprozesse Passagierflugzeug mit Beifracht

Der Beifracht, d. h. die Beförderung von Frachtgütern mit Passagierflugzeugen kommt bei Luftverkehrsgesellschaften bzw. Allianzen, die ein großes Netz bedienen, eine steigende Bedeutung zu. Schon heute werden bei Luftverkehrsgesellschaften, die Passagier- und Frachtflugzeuge betreiben, mehr als 40 % der gesamten Frachtgüter als Beifracht auf den Passagierflugzeugen der Luftverkehrsgesellschaften befördert. Die Vorteile liegen neben der hohen Auslastung (Nutzlast) der Flugzeuge auch im zeitnahen Transport zu den Destinationen, die die Passagierflugzeuge im Flugliniendienst anfliegen. Nachteilig ist, dass die Größe der Frachtgüter sowie deren Volumen und Masse durch das Fassungsvermögen der flugzeugmusterbezogenen Container u./o. Paletten begrenzt ist. Die Abfertigung ist als kombinierte Passagier-/Frachtabfertigung zu sehen. Parallel zum Boarding-Prozess der Passagiere werden die Container passender Größe mit entsprechenden Lademitteln in das Flugzeug verladen.

29.7.4 Abfertigungsprozesse Frachtflugzeug

Die Abfertigung von Frachtflugzeugen erfolgt auf großen Verkehrsflughäfen an gesonderten Frachtterminals. Dies bedeutet die Vorhaltung eines ausreichenden Platzangebotes auf dem Frachtvorfeld für die unterschiedlichen Frachtgüter, Lademittel und Fahrzeuge, sowie kurze Wege zwischen Frachtterminal und Frachtflugzeug. Im Mittelpunkt der operativen Abfertigung eines Frachtflugzeuges steht die sichere und wirtschaftliche Beladung des Flugzeuges, um Stabilität und Steuerbarkeit des Flugzeuges nicht zu beeinträchtigen. Die Beladung basiert auf einer differenzierten Ladeplanung. Die generellen Kriterien der Ladeplanung geben flugzeugtypbezogene Maximalmassen für die Compartments, Holds, Palettenpositionen und Netzsektoren vor. Die Masseverteilung (Verteilung der Ladegüter) und die daraus resultierende Schwerpunktlage des Flugzeuges werden bei manueller Abfertigung mit einem entsprechenden Formblatt, dem „Load & Trim Sheet“ mit integrierter „Balance Chart“ ermittelt. Diese Vorgehensweise garantiert, dass sich das Flugzeug nach der Beladung in den erlaubten Masse- und Trimmgrenzen befindet. Das Load & Trim Sheet dient sowohl bei Frachtflugzeugen als auch bei Passagierflugzeugen zur Ermittlung der erlaubten Masse- und Trimmgrenzen. Die Formblätter sind entsprechend der Nutzlast (Fracht oder Passagiere) aufgebaut und werden nachfolgend am Beispiel des Frachtflugzeuges MD11 F und des Passagierflugzeugs Airbus A340-600 erläutert (Abb. 29.5 und 29.6). Je nach den Möglichkeiten der Luftverkehrsgesellschaft werden die Berechnungen heute auch EDV-gestützt durchgeführt.

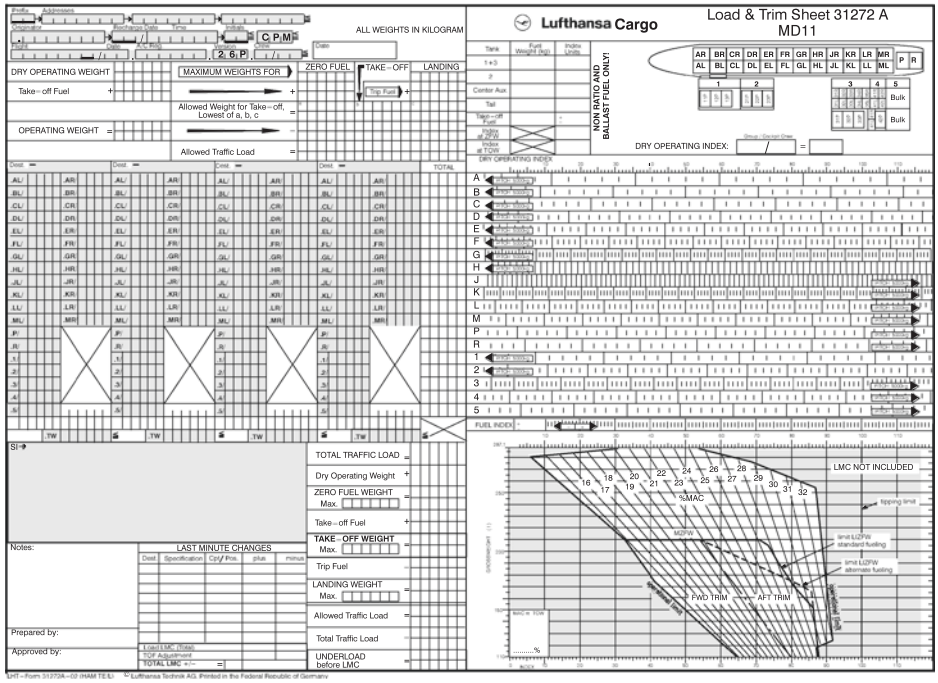


Abb. 29.5 „Load & Trim Sheet“ für das Frachtflugzeug MD11 F [48]

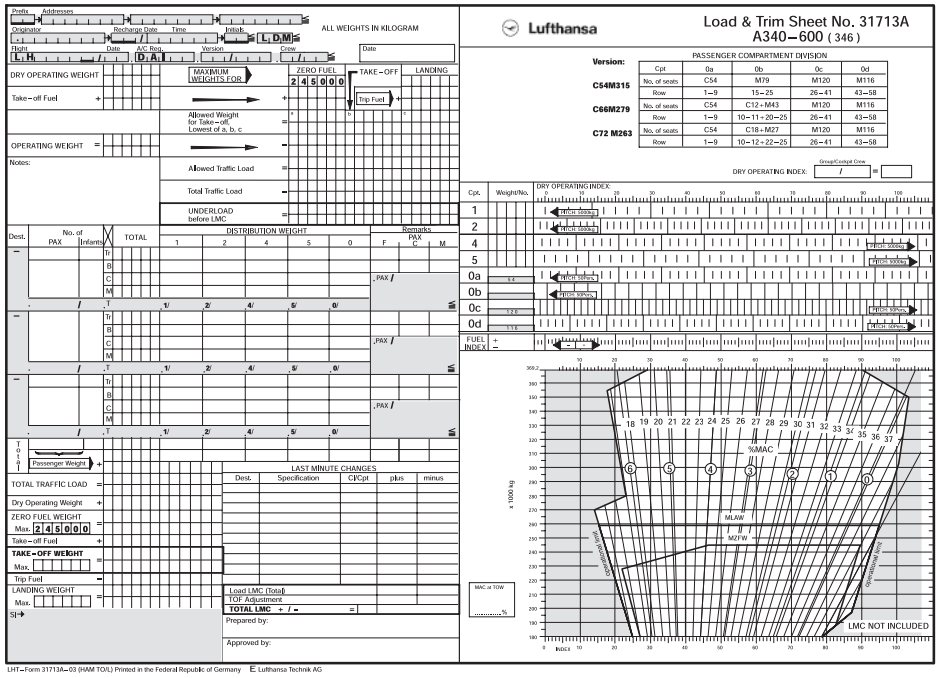


Abb. 29.6 "Load & Trim Sheet" für das Passagierflugzeug A340-600 [48]

Das Load & Trim Sheet vereinigt den Ladeplan (Load Sheet) und die Ermittlung der Schwerpunktlage (Balance Chart) in einem Formular. Ausgehend von den Basismassen eines Flugzeugs, wie der Betriebsleermasse (Dry Operating Mass, DOM), und unter Berücksichtigung der im Flugdurchführungsplan (Operational Flight Plan, OFP) ermittelten Kraftstoffmassen erfolgt die Ermittlung der maximal möglichen Nutzlast durch Gegenüberstellung der maximal zulässigen Massen in den einzelnen Compartments des Flugzeuges und der tatsächlichen zuzuladenden Massen.

Beim Frachtflugzeug werden in der Mitte der linken Seite des Formulars (Load Sheet) die Massen der Paletten nach Destinationen eingetragen und aufsummiert. Beim Passagierflugzeug werden die Passagiere nach Anzahl und unter Berücksichtigung einer Standardmasse von beispielsweise 100 Kg pro Passagier und Handgepäck erfasst. Ferner werden die Masseanteile von Fracht, Gepäck und Post aufgeführt. Eine weitere Massekalkulation im unteren Teil des Blattes zeigt dann, ob die maximal zulässigen Betriebsmassen auch unter Berücksichtigung der gewünschten Nutzlast nicht überschritten werden.

Eine Überschreitung der maximalen Massegrenzen hat eine Reduzierung der Nutzlast zur Folge, freie Nutzlastkapazitäten (Under Load) können beim Passagierflugzeug kurzfristig (Last Minute Change (LMC)) genutzt werden.

Auf der rechten Seite des Formblattes, dem Balance Chart, erfolgt die Ermittlung der Lage des Schwerpunktes des Flugzeuges.

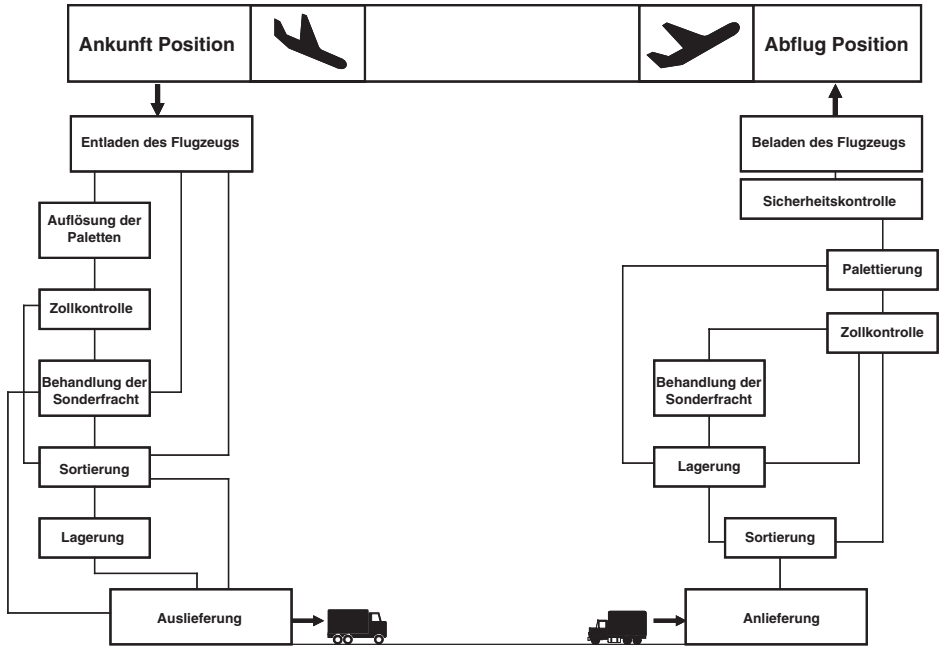


Abb. 29.7 Frachtabfertigung – Ankunft/Abflug [112, 146]

Dazu werden Fracht- und Passagierflugzeug in so genannte „Compartments" eingeteilt, für die sowohl die max. zulässige Gesamtmasse als auch die maximale Flächenbelastung des Kabinenbodens bekannt sind. Ausgehend von einem Dry Operating Index (DOI), der als Index die Schwerpunktlage der Betriebsleermasse des Flugzeuges repräsentiert, erfolgt dann die Ermittlung der tatsächlichen Schwerpunktlage auf graphischem Wege, indem nach vorgegebenem Schema die Nutzlast pro Compartment geometrisch addiert wird.

Anschließend wird über den Treibstoff-Index (Fuel Index) der Bereich der durch flugbedingten Treibstoffverbrauch maximal auftretenden Schwerpunktwanderung berücksichtigt. Im unteren Teil des „Chart" ergibt sich dann die tatsächliche Schwerpunktlage in % der Bezugsflügeltiefe (in % – Mean Aerodynamic Chord (MAC)).

Abbildung 29.7 zeigt die prinzipiellen Stationen der Frachtabfertigung für ankommende und zu versendende Fracht (Landseite-Luftseite und Luftseite-Landseite).

29.7.5 Abfertigungsorganisationseinheiten

In einen Abfertigungsprozess sind normalerweise folgende Prozesseinheiten involviert:

- *Ramp-Agent*

Der Ramp-Agent ist während der Abfertigung die zentrale Stelle. Er ist der Koordinator und gleichzeitig die Schnittstelle zwischen den Funktionsträgern Load-Controller, Flugzeugführer,

Kabinenpersonal (Purser), Ladepersonal, Passagediensten und Stationspersonal der Luftverkehrsgesellschaft. Seine Aufgaben bestehen im Wesentlichen aus:

- Informationsaustausch und Kommunikation zwischen den Prozesseinheiten und Funktionsträgern;
- Koordination und Überwachung der Ent- und Beladung, der Betankung, des Pushbacks, der Buseinsätze, Einhaltung der Off-block Zeit;
- Dokumentation Kontrolle der Prozesse wie Ladeplan, Load Sheet etc.

- *Bodenabfertigungsdienstleister*

Die Bodenabfertigungsdienstleister sind für das Ent- sowie Beladen gemäß Anweisung (Ladeplan) verantwortlich. Der Lademeister fungiert dabei als Koordinator für den Personaleinsatz und regelt die Zuteilung auf die einzelnen Tätigkeiten innerhalb der Lademannschaft. An Gerätetechnik werden Transportbänder, Palettenhubwagen (PHW) sowie Container- und Palettentransporter (CPT) benutzt. Für die Bedienung dieser Bodendienstgeräte sind Einweisungen oder Lizenzen notwendig.

- *Load Control*

Der Load-Controller plant, koordiniert und überwacht die Rampenabfertigung der Flugzeuge. Dafür stehen ihm Informationen zur Verfügung, die von den Abfertigungseinheiten im Vorfeld per SITA Telegramm übermittelt wurden. Dies sind logistische Informationen wie:

- Gebuchte Passagiere,
- Erwartete Gepäckmenge,
- Geplante Post- und Frachtzuladung,
- Geplante Kraftstoffmenge,
- Besondere Güter wie Gefahrgut, Tiere, verderbliche Waren, etc.

Der Load-Controller gibt die Informationen an den Rampagenten weiter. Für den Ladeabschluss erhält er während der Abfertigung weitere Informationen, sofern Abweichungen von der geplanten Beladung zu vermelden sind. Nach dem Start des Flugzeuges sendet er eine Lademeldung (Loadmessage (LDM)) sowie eine Container- und Palettenmeldung (CPM) über SITA an den Zielflugplatz (Destination) des abgefertigten Fluges.

Alle diese Prozesse sind durch die IATA standardisiert und sollten weltweit einheitlich erfolgen. Insgesamt sind zu nennen:

1. Frachttransport zum Flugzeug,
2. Posttransport zum Flugzeug,
3. Postinformationen (Art, Ziel, Masse) an Load-Control,
4. Frachtinformationen (Art, Ziel, Masse) an Load-Control,

5. Information an den Flugzeugführer über erwartete Masse ohne Kraftstoff, Route, Wetter,
6. Information über den Flugplan mit Angabe des Kraftstoffs an Flight-Operations u./o. Load Control,
7. Transferpassagier-Information an Load-Control,
8. Transfer-Gepäck-Information an Load Control,
9. Information über Anzahl und Masse des lokal eingechecktes Gepäckes an Load-Control,
10. Information über Anzahl und Masse der lokal eingecheckten Passagiere an Load-Control,
11. Information über Anzahl und Masse des Gesamtgepäcks an Load-Control,
12. Gepäcktransport zum Flugzeug,
13. Passagiertransport zum Flugzeug,
14. Überprüfung der tatsächlichen mit den geplanten Nutzlast und Information an Load-Control, ggf. Änderung in letzter Minute auf dem Load Sheet (Last Minute Change (LMC), bei Passagierflugzeug),
15. Abschluss des Load Sheets und Abgabe der Dokumente an den Flugzeugführer.

- *Flight Operations*

Flight Operations erstellt Flugpläne, bereitet Wetterinformationen für die Flüge auf und berücksichtigt die NOTAM's für die Flugroute. Bei Langstreckenflügen findet dort das „Briefing" (Flugvorbreitung) für die Flugzeugbesatzungen statt. Die Flugunterlagen werden von einem Dokumentenfahrer zur Position transportiert und dort in einem Dokumentenfach hinterlegt. Der Rampagent ist dann für die Weitergabe der Dokumente an die Flugzeugbesatzung verantwortlich.

- *Passage- und Arrivalservice*

Die Passagedienste sind verantwortlich für die Registrierung der Passagiere, den Boarding-Prozess, die Bestellung der Busse (bei Vorfeldpositionen), die Verfügbarkeit der Passagierbrückenfahrer, für Sperrgepäckpersonal beim Check-in und für die Erstellung der Passagierlisten (Passenger-Manifest) zur Information der Besatzung des Flugzeuges. Die Arrival-Services sind für die Betreuung der ankommenden Passagiere zuständig. Insbesondere sind dies Passagiere, die einer besonderen Betreuung bedürfen, wie Rollstuhlfahrer, Gehbehinderte, alleinreisende Kinder etc.

- *Gepäckabfertigungsdienste*

Das Personal der Gepäckabfertigungsdienste ist für die Gepäckstücke und deren Weiterleitung verantwortlich. Bei ankommenden Flugzeugen werden die Gepäckstücke von den Containern in die Ausschleusungsanlagen („Rundläufe") der Ankunftsbereiche umgeladen. Bei abfliegenden Flugzeugen werden die Gepäckstücke von der Gepäckförderanlage zu den Gepäckbändern transportiert, dort den Flügen zugeteilt, und nach Kategorien getrennt in Container oder auf Transportwagen verladen.

Typische Sortierkriterien sind:

- First Class, Business Class, Economy Class,
- Lokal aufgegebenes Gepäck oder Transitgepäck,
- Gepäck für einen Non-Stop-Flug oder nur zu einer Destination,
- Gepäck, welches am Ziel auf einen weiterführenden Flug umgeladen werden muss (Transfer-Gepäck),
- Gepäck mit Status „rot“ oder „grün“ (Security Hinweis).

Der Status des Gepäcks (rot/grün) wird vom Gepäckabgleichsystem (Baggage Reconciliation System (BRS)) vergeben. Das System stellt sicher, dass gemäß ICAO Annex 17 kein Gepäckstück an Bord eines Flugzeuges transportiert wird, ohne dass sich der Passagier, der dieses Gepäckstück eingecheckt hat, an Bord desselben Flugzeuges befindet. Das System ersetzt hierbei manuelle Verfahren, indem es automatisch sämtliche Passagier- und Gepäckdaten eines Fluges sammelt und abgleicht.

- *Frachtdienste*

Die Frachtdienste sind für die Planung und Zuteilung der Fracht (Beifracht) für den jeweiligen Flug zuständig. Sie arbeiten eng mit der Load-Control Stelle zusammen, um die zur Verfügung stehende Nutzlast-Kapazität des jeweiligen Fluges optimal auszuschöpfen. Dabei bekommt der Load-Controller eine Vorabplanung mit den Massen und Nummern der Ladeeinheiten per Telex oder Fax übermittelt, die für die Ladeplanung unabdingbar sind.

- *Transportdienste*

Die Transportdienste (Bodenabfertigungsdienste) sind verantwortlich für den Transport von Fracht, Post und Gepäck von den Umschlagplätzen zur Position des Flugzeuges. Den Fahrern der Transportmittel (Lademittel) werden ihre jeweiligen Einsatzorte von den Einsatzzentralen zugewiesen.

- *Schleppereinsatz*

Flugzeugschlepper werden zum Bewegen „push“ des Flugzeuges benötigt. Man unterscheidet zwischen Schleppvorgängen mittels Schleppstange und den Schleppern, die zum Schleppen das Bugrad des Luftfahrzeug umklammern und anheben. Dieser Schleppvorgang ist insgesamt stabiler und ermöglicht höhere Schleppgeschwindigkeiten (bis zu 30 km/h) als bei Schleppen mit Schleppstange. Schlepper werden eingesetzt um das Flugzeug von der Position auf den Rollweg zu bewegen, aber auch um Positionswechsel vorzunehmen.

- *Passagierbrückenfahrer, Busfahrer*

Von der Organisationseinheit „Buseinsatz“ wird die Passagierbeförderung vom Terminal zu den Abstellpositionen des Flugzeuges zentral gesteuert. Diese Einheit ist auch für die Bedienung der Passagierbrücken zuständig. Die Busse verfügen über Funk und Auftragsmanagementsysteme, über die die Busfahrer ihre Fahraufträge zugewiesen bekommen.

- *Externe Abfertigungsdienstleister*

Nicht alle Abfertigungsdienstleistungen werden von der Flugplatzbetriebsgesellschaft selbst angeboten. Entsprechend der Liberalisierung der Bodenabfertigungsdienste können auch externe Firmen Abfertigungsdienste anbieten. Gründe hierfür sind beispielsweise die Spezialisierung auf Teilbereiche der Abfertigung wie Technik, Reinigung, Catering oder Frachtabfertigung.

29.8 Technologien zur Unterstützung der Abfertigungsprozesse

29.8.1 Abfertigungsspezifische DV-/IT-Technologien

Da bei der Bodenabfertigung eine Vielzahl von Prozessen und involvierten Stellen zu koordinieren sind, auf großen Verkehrsflughäfen wie Frankfurt/M, für bis zu 1.500 Flugbewegungen pro Tag, kann auf effiziente Informationstechnologien nicht verzichtet werden. Dies sind im wesentlichen:

- Kommunikationssysteme wie SITA, AFTN, Telefon (Standleitungen), Mobiltelefon, Telefax, Funk, Bündelfunk;
- Flugplatzinterne Informationssysteme wie INFO-Plus, On-Block-Coordiantion-System (OBCCOS). Baggage Reconcelation System (BRS);
- Planungssysteme für die Beladung, wie sie bei Load-Control genutzt werden, um computergenerierte Load Sheets zu erstellen;
- PROcess Monitoring Information System (PROMIS).

Vielfach handelt es sich bei den Systemen um Unikate, die für die speziellen Belange von Flugplätzen entwickelt wurden. PROMIS (Fraport AG) wurde beispielsweise entwickelt, um die Vielzahl der laufenden operativen Prozesse der Bodenverkehrsdienste in einem System auf einfache Weise darzustellen. PROMIS gewährleistet heute die Überwachung der Prozesse über alle im Verkehrsflughafen Frankfurt/M stattfindenden Bodenereignisse. Die aktuell laufenden Prozesse werden mit Realzeitdaten „online“ aus den Einsatzleitsystemen versorgt. Sind Prozesse zeitlich in Verzug, so werden sie farblich markiert und die betroffenen operativen Stellen informiert. Der Kern vom PROMIS ist ein Abfertigungsmodell, das die wichtigsten Regelwerke abbildet, und mit dem Know-how aus langjährigem Praxiswissen modelliert wurde.

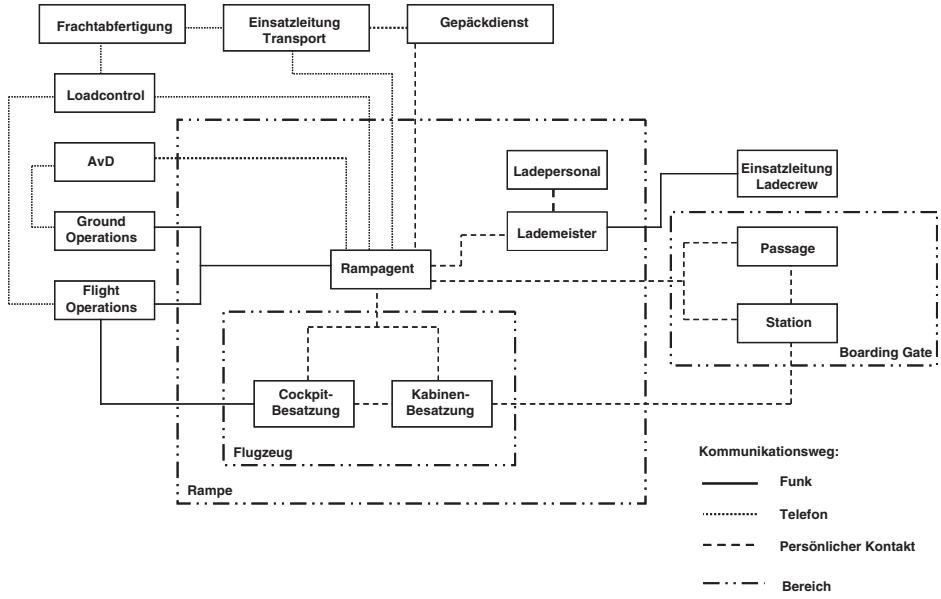


Abb. 29.8 Kommunikationswege und -medien bei der Abfertigung [112, 146]

29.8.2 Abfertigungsspezifische Kommunikationstechnologien

Die Abfertigungsprozesse der Rampe weisen aufgrund von zeitkritischem Zusammenhängen der Prozesse einen hohen Anteil an Kommunikation zwischen den beteiligten Stellen auf. In Abb. 29.8 sind die wichtigsten Kommunikationswege und -medien exemplarisch aufgezeigt. Diese dienen dem telefonischem, funktechnischen und persönlichem Informationsaustausch. So kann der Ramp-Agent mit dem Load-Controller über Funk oder Telefon kommunizieren. Relationen zwischen Außendienst-Mitarbeitern beschränken sich aufgrund inkompatibler Funksysteme teilweise auf direkten persönlichen Kontakt oder aber über die jeweiligen Einsatzleitungen, die dann als Schnittstellen dienen.

Bei der Kommunikation sind effiziente Kommunikationstechnologien unabdingbar. Eigenschaften wie Robustheit beim Einsatz im Außendienst, klare und einfache Bedienbarkeit, gute Verständlichkeit bei hohen Geräuschpegeln sind unabdingbar.

29.9 Winterdienste

29.9.1 Rechtliche Grundlagen

Die Aufrechterhaltung des Winterflugbetriebs stellt je nach Region besondere Anforderungen an den Flugplatzbetreiber. Es liegt in seiner Verantwortung, jederzeit einen betriebssicheren Zustand auf den Flugbetriebsflächen (Rollflächen) zu gewährleisten [46]. Das bedeutet in der Praxis, dass der Oberflächenzustand der Flugbetriebsflächen jederzeit eine sichere Abwicklung des Flugbetriebs zulassen muss.

Dies zu gewährleisten, obliegt wiederum in der Winterzeit dem operationellen Winterdienst des Flugplatzes. Er organisiert und koordiniert alle Maßnahmen, um bei winterlichen Verhältnissen die störenden Einflüsse durch Eis und Schnee zu beseitigen, die sowohl auf die Sicherheit des Flugbetriebes, als auch auf die Kapazität des Flugplatzes bestimmenden Einfluss haben.

Im einzelnen betrifft das die Flugbetriebsflächen, d. h. die Start-/Landebahnen einschließlich der sie umgebenden Schutzstreifen, die Zu- und Abrollwege, sowie die weiteren zum Rollen bestimmten Teile eines Flugplatzes außerhalb des Vorfeldes [86].

Gemäß internationaler Vorschriften der ICAO liegt dabei die Aufgabenpriorität der Winterdienste auf den Start-/Landebahnen und den Zu- und Abrollwegen. Das Vorfeld (Bereich von Flugzeugabstell- und Abfertigungspositionen auf Flugplätzen) ist zwar grundsätzlich auch schnee- und eisfrei zu halten, hat aber aufgrund der dortigen geringeren Rollgeschwindigkeiten eine weniger hohe Priorität.

Ob der Oberflächenzustand der Flugbetriebsflächen jederzeit eine sichere Abwicklung des Flugbetriebs zulässt, lässt sich durch die Erfassung von Bremskoeffizienten der Oberflächen von Start-/Landebahnen, so genannten Friction Tests oder mit anderen Methoden, die den Reibwert (Maß für den Bremskoeffizienten) der Start-/Landebahn ermitteln, feststellen.

Im Luftfahrthandbuch der Bundesrepublik Deutschland (AIP SUP) [58] sind der ständige und der saisonale Schneeplan rechtsverbindlich enthalten. Im ständigen Schneeplan ist die Verantwortung des Winterdienstes dokumentiert und er enthält u. a. Angaben zu Reibwert- (Bremswert-) Messungen. Darüber hinaus wird eine sinnvolle Reihenfolge der zu räumenden Flächen angegeben. Die Kommunikationswege für Oberflächenzustandsmeldungen werden hier ebenfalls geregelt.

Im saisonalen Schneeplan ist auch die Verantwortung des Deutschen Wetterdienstes (DWD) für die meteorologischen Vorhersagen definiert. Darüber hinaus wird die erforderliche technische Winterdienstausstattung der deutschen Verkehrsflughäfen aufgeführt. Hierzu gehört auch, mit welchen Geräten die Reibwert- (Brems-) Koeffizienten gemessen werden, die dann in SNOWTAM's (abgeleitet von NOTAM – „Notification to Airmen" unter Winterdienstbedingungen) von der Vorfeldkontrolle über das Flugsicherungsunternehmen veröffentlicht werden. Diese SNOWTAM's (Abb. 29.9) werden den Luftfahrzeugführern vor Abflug zur Kenntnis gebracht und dienen als Informationsquelle über den Oberflächenzustand der zu nutzenden Flugbetriebsflächen des betreffenden Flugplatzes. Auch die gemessenen Reib- (Brems-) Koeffizienten werden hier mitgeteilt. Sollten Zu- u./o. Abrollwege nicht nutzbar sein, wird eine entsprechende Nachricht über ATIS (Automated Terminal Information Service) verbreitet. Sollte es nicht möglich sein, einen verkehrssicheren Zustand der genannten Mindestflächen zu erhalten, muss der Flugbetrieb unverzüglich vorübergehend eingestellt werden.

Flugplatzintern existieren bei großen Verkehrsflughäfen Winterdienstfachhandbücher, die alle Belange des Winterdienstes umfassend regeln. Dies betrifft sowohl alle technischen Einrichtungen des Winterdienstes als auch die Vorgehensweisen bei Winterdienstbetrieb mit Zuständigkeiten der beteiligten Personen und der involvierten Bereiche der Flugplatzadministration. Darüber hinaus werden die im Winterdienst relevanten Einsatzbereiche mit den entsprechenden Flächenangaben aufgeführt.

SNOWTAM-FORMAT

(COM Überschrift)	(DRINGLICHKEITS-BEZEICHNUNG)	(ANSCHRIFTEN)			« =
	(DRINGLICHKEITS-BEZEICHNUNG)	(AUFGEBER KENNGRUPPE)			« =
(abgekürzte Überschrift)	(SWAA* LAUFENDE NUMMER)	(ORTSKENNUNG)	DATUM/UHRZEIT DER BEOBACHTUNG	(GRUPPE BEI BEDARF)	« = (

SNOWTAM	(Laufende Nummer) →

(FLUGHAFEN ORTSKENNUNG)	A) →
(DATUM/UHRZEIT DER BEOBACHTUNG [Zeit am Ende der Beobachtung in UTC])	B) →
(STARTBAHNBEZEICHNUNGEN)	C) →
(GERÄUMTE STARTBAHNLÄNGE, WENN WENIGER ALS VERÖFFENTLICHTE LÄNGE [m])	D) →
(GERÄUMTE STARTBAHNBREITE, WENN WENIGER ALS VERÖFFENTLICHTE BREITE [m; wenn von Mittellinie links oder rechts versetzt, füge "L" oder "R" hinzu])	E) →
(ZUSTAND DER GESAMTEN STARTBAHNLÄNGE [Beobachtet auf jedem Drittel der Startbahn, beginnend an der Schwelle mit der niedrigeren Landebahnkennziffer] NIL – SAUBER UND TROCKEN 1 – FEUCHT 2 – NASS ODER WASSERLACHEN 3 – RAUHREIF ODER FROSTBEDECKT [Höhe normalerweise weniger als 1 mm] 4 – TROCKENER SCHNEE 5 – NASSER SCHNEE 6 – SCHNEEMATSCH 7 – EIS 8 – ZUSAMMENGEPRESSTER ODER GEWALZTER SCHNEE 9 – GEFRORENE RADSPUREN ODER FURCHEN)	F) →
(MITTLERE HÖHE [mm] FÜR JEDES DRITTEL DER GESAMTEN STARTBAHNLÄNGE)	G) →
(BREMSWIRKUNG AUF JEDEM DRITTEL DER STARTBAHN UND MESSGERÄTE GEMESSENER ODER BERECHNETER KOEFFIZIENT oder GESCHÄTZTE BREMSWIRKUNG 0.40 und darüber – gut – 5 0.39 bis 0.36 – mittelmäßig/gut – 4 0.35 bis 0.30 – mittelmäßig – 3 0.29 bis 0.26 – mittelmäßig/schlecht – 2 0.25 und darunter – schlecht – 1 9 – unzuverlässig – unzuverlässig – 9 [Benutze bei Angabe eines gemessenen Koeffizienten die festgestellten zwei Ziffern, ergänzt durch die Abkürzung der verwendeten Meßgeräte. Bei Angabe einer Schätzung einstellige Ziffern benutzen])	H) →
(KRITISCHE SCHNEEWÄLLE [wenn vorhanden, setze Höhe [cm]/Entfernung vom Rand der Start- und Landebahn [m] ein, ergänzt durch "L", "R" oder "LR", falls erforderlich])	J) →
(STARTBAHNFEUER [wenn verdeckt, setze "YES" ein, ergänzt durch "L", "R" oder "LR", falls erforderlich])	K) →
(WEITERE RÄUMUNG [wenn geplant, setze die zu räumende Länge [m]/Breite [m], oder falls gesamte Fläche, "TOTAL" ein])	L) →
(WEITERE RÄUMUNG, DIE VORAUSSICHTLICH BIS . . . UHRZEIT [UTC] BEENDET SEIN WIRD)	M) →
(ZUSTAND DER ROLLBAHN [wenn keine geeignete Rollbahn verfügbar, setze "NO" ein])	N) →
(SCHNEEWÄLLE AN ROLLBAHN [wenn höher als 60 cm, setze "YES" ein, ergänzt durch Abstand dazwischen, m])	P) →
(ZUSTAND DES ABFERTIGUNGSVORFELDES [wenn unbenutzbar, "NO" angeben])	R) →
(NÄCHSTE GEPLANTE BEOBACHTUNG/MESSUNG IST FÜR) (Monat/Tag/Uhrzeit in UTC)	S) →
(BEMERKUNGEN IN KLARTEXT [Grad der Bedeckung mit Ablagerungen und sonstige flugbetrieblich bedeutsame Informationen wie Streu- und Enteisungsmaßnahmen])	T)) « =

HINWEISE: 1. ICAO-Staatszugehörigkeitskennbuchstaben, wie in ICAO Doc. 7910, Teil 2 angegeben, eintragen
2. Informationen über andere Start- und Landebahnen, von C bis P wiederholen
3. Worte in Klammern ( ) nicht senden

Abb. 29.9 SNOWTAM Format [58]

Das SNOWTAM-FORMAT (Abb. 29.9) ist wie folgt auszufüllen:

1. Generelle Informationen:
   a) Bei Meldungen für zwei oder drei Start-/Landebahnen Feld G–P einschließlich wiederholen;

b) Wo keine Angaben einzusetzen sind, entfallen die Felder zusammen mit dem sie kennzeichnenden Buchstaben;
c) Metrische Einheiten sind zu verwenden; die Maßeinheit selbst ist nicht anzugeben;
d) Die maximale Gültigkeit von SNOWTAM beträgt 24 Stunden. Ein neues SNOWTAM ist immer dann herauszugeben, wenn sich die Verhältnisse in erheblicher Weise ändern. In Bezug auf den Zustand der Start- und Landebahn werden die folgenden Änderungen als erheblich angesehen:
   1) Eine Änderung im Bremskoeffizienten von etwa 0,05;
   2) Änderungen in der Niederschlagshöhe, die größer sind als: 20 mm für trockenen Schnee, 10 mm für nassen Schnee, 3 mm für Schneematsch;
   3) eine Änderung in der verfügbaren Länge oder Breite einer Start-/Landebahn von 10 Prozent oder mehr;
   4) jede Änderung in der Niederschlagsart oder Grad der Bedeckung, die in den Feldern F oder T des SNOWTAM eine erneute Klassifizierung erfordert;
   5) wenn kritische Schneewälle auf einer Seite oder auf beiden Seiten der Start-/Landebahn vorhanden sind, jede Änderung der Höhe oder Entfernung von der Mittellinie;
   6) jede Änderung bei der Erkennbarkeit der Start- und Landebahnbefeuerung, und
   7) alle anderen Bedingungen, die erfahrungsgemäß oder den örtlichen Verhältnissen entsprechend von Bedeutung sind.

e) Zur Erleichterung der automatischen Verarbeitung der SNOWTAM-Meldungen in Computer-Datenbanken wird die abgekürzte Überschrift "TTAAiiii CCCC MMYYGGgg (BBB)" mit angegeben.

Die Bedeutung dieser Symbole ist wie folgt:

H	=	Datenkennung für SNOWTAM = SW;
AA	=	geographische Kennung für Länder,
z. B. LF	=	FRANKREICH;
iiii	=	fortlaufende SNOWTAM-Nummer in einer 4-stelligen Gruppe;
CCCC	=	Buchstaben-Ortskennung des Flugplatzes, für den das SNOWTAM gilt;
MMYYGGgg	=	Datum/Uhrzeit der Beobachtung/Messung mit der Bedeutung:
MM	=	Monat, z. B. Januar = 01, Dezember = 12
YY	=	Tag des Monats
GGgg	=	Uhrzeit in Stunden (GG) und Minuten (gg) UTC;
(BBB)	=	Gruppe (nur bei Bedarf) für:Berichtigung der vorher mit derselben fortlaufenden Nummer verbreiteten SNOWTAM-Meldung = COR; Hinweis: Die Klammern bei (BBB) besagen, dass diese Gruppe nur bei Bedarf verwendet wird. Beispiel: Abgekürzte Überschrift des SNOWTAM Nr. 149 aus Zürich, Messung/Beobachtung vom 7. November um 0620 UTC: SWLS0149 LSZH 11070620;

2. Feld A – Flugplatz-Ortskennung (Ortskennung – 4 Buchstaben);
3. Feld B – 8-stellige Datum/Uhrzeit-Gruppe, die den Beobachtungszeitraum als Monat, Tag, Stunde und Minute in UTC angibt; dieses Feld ist immer auszufüllen;
4. Feld C – Niedrigere Landebahnkennziffer;
5. Feld D – Geräumte Start- und Landebahnlänge in m, wenn geringer als veröffentlichte Länge (siehe Feld T für Meldungen über nicht geräumte Teile der Start-/Landebahn);
6. Feld E – Geräumte Start- und Landebahnbreite in m, wenn geringer als veröffentlichte Breite, wenn von Mittellinie links oder rechts versetzt, „L“ oder „R“ hinzufügen, wie von der Schwelle mit der niedrigeren Landebahnkennziffer aus gesehen;
7. Feld F – Niederschlag auf der gesamten Start- und Landebahnlänge, wie im SNOWTAM FORMAT erklärt. Geeignete Kombinationen dieser Zahlen können benutzt werden, um verschiedene Oberflächenzustände auf Abschnitten der Start-/Landebahn anzugeben. Wenn mehr als eine Niederschlagsart auf dem selben Abschnitt der Start-/Landebahn vorhanden ist, sollten sie in der Reihenfolge der Schichten von oben nach unten angegeben werden;
   Verwehungen, Stellen, an denen der Niederschlag wesentlich höher als durchschnittlich ist und sonstige wichtige Eigenschaften der Niederschläge können unter Feld T in Klartext angegeben werden;
8. Feld G – Mittlere Niederschlagshöhe in mm für jedes Drittel der gesamten Start- und Landebahnlänge, oder „XX“, wenn nicht messbar oder für den Betrieb nicht wichtig. Die Feststellung ist mit einer Genauigkeit von 20 mm für trockenen Schnee, 10 mm für nassen Schnee und 3 mm für Schneematsch vorzunehmen;
9. Feld H – Bremsbedingungen auf jedem Drittel der Start- und Landebahn und Angabe des verwendeten Messgerätes. Gemessener oder berechneter Koeffizient (zweistellige Ziffern) oder, wenn nicht vorhanden, geschätzte Bremswirkung (einstellige Ziffer) beginnend mit der Schwelle mit der niedrigeren Landebahnziffer. Die Zahl 9 ist einzufügen, wenn Oberflächenzustände oder vorhandene Messgeräte die Durchführung einer zuverlässigen Messung der Bremswirkung nicht erlauben. Für die Angabe der benutzten Messgeräte sind folgende Abkürzungen zu verwenden:
   SFH Surface-Friction-Tester (Hochdruckreifen), SKH Skiddometer (Hochdruckreifen), SFL Surface-Friction-Tester (Niederdruckreifen), SKL Skiddometer (Niederdruckreifen), TAP Tapley-Meter. Bei Verwendung anderer Geräte Beschreibungen in Klartext erforderlich;
10. Feld J – Kritische Schneewälle. Wenn vorhanden, Höhe in cm und Entfernung vom Rand der Start-/Landebahn in m einfügen, ergänzt durch linke („L“) oder rechte („R“) Seite oder beide Seiten („LR“), wie von der Schwelle mit der niedrigeren Landebahnkennziffer aus gesehen;
11. Feld K – Wenn Start- und Landebahnfeuer verdunkelt sind, „YES“ einfügen, ergänzt durch „L“, „R“ oder „LR“, wie von der Schwelle mit der niedrigeren Landebahnkennziffer aus gesehen;

12. Feld L – Wenn weitere Räumung durchgeführt wird, Länge und Breite der Start- und Landebahn oder "TOTAL" einsetzen, falls gesamte Fläche der Start-/Landebahn geräumt wird;
13. Feld M – Voraussichtliche Zeit für die Beendigung der Räumung in UTC angeben;
14. Feld N – Der Code für Feld F kann verwendet werden, um den Rollbahnzustand zu beschreiben; „NO" einsetzen, wenn keine Rollbahnen für die entsprechende Startbahn verfügbar sind;
15. Feld P – Falls zutreffend, „YES" einsetzen, ergänzt durch den Zwischenabstand in m;
16. Feld R – Der Code für Feld F kann verwendet werden, um den Vorfeldzustand zu beschreiben; „NO" einsetzen, wenn Vorfeld unbenutzbar;
17. Feld S – Voraussichtliche Zeit der nächsten Beobachtung/Messung in UTC einsetzen;
18. Feld T – In Klartext alle flugbetrieblich wichtigen Informationen beschreiben, aber immer Länge der ungeräumten Start- und Landebahn (Feld D) und Grad der Bedeckung mit Ablagerungen (Feld F) für jedes Drittel der Start- und Landebahn (falls zutreffend) gemäß der folgenden Tabelle melden:

Ablagerungen auf der Start-/Landebahn – 10 % – wenn weniger als 10 % der Start-/Landebahn mit Ablagerungen bedeckt;
Ablagerungen auf der Start-/Landebahn – 25 % – wenn 11–25 % der Start-/Landebahn mit Ablagerungen bedeckt;
Ablagerungen auf der Start-/Landebahn – 50 % – wenn 26–50 % der Start-/Landebahn mit Ablagerungen bedeckt;
Ablagerungen auf der Start-/Landebahn – 100 % – wenn 51–100 % der Start-/Landebahn mit Ablagerungen bedeckt [58].

29.9.2 Winterwetterlagen

Aufgrund der winterlichen Bedingungen kann es zu Wetterlagen kommen, die den Einsatz des Winterdienstes erforderlich machen. Bei den Winterwetterlagen werden normalerweise vier Kategorien unterschieden:

1. Standard Schneefall:
   – Temperatur 0–5 Grad Celsius,
   – 2–5 cm Schneebelaghöhe,
   – keine weiteren Niederschläge zu erwarten,
   – Windgeschwindigkeiten bis zu 8 Knoten,
   – keine gefrorene Nässe,
   – kein gefrierender Niederschlag.
2. Ergiebiger, anhaltender Schneefall:
   – Temperatur 0–5 Grad Celsius,

- mehr als 5 cm Schneebelaghöhe (zu erwarten),
- kontinuierliche Schneefälle von mehr als drei Stunden,
- keine gefrorene Nässe,
- kein gefrierender Niederschlag.

3. Gefrierender Niederschlag:
   - Temperatur unter 0 Grad Celsius,
   - Glättebildung am Boden,
   - Ablagerungen bis zu 5 mm Höhe,
   - keine weiteren Niederschläge zu erwarten.

4. Gefrierender, anhaltender Niederschlag, Eisregen:
   - Temperatur unter 0 Grad Celsius,
   - Glättebildung am Boden,
   - Ablagerungen von mehr als 5 mm Höhe,
   - kontinuierliche Niederschläge von mehr als einer Stunde (zu erwarten).

29.9.3 Winterdiensttechnik

29.9.3.1 Reibwertmessungen

Durch Schnee- und Eisbelag kontaminierte Oberflächen verschlechtern die Reibung der Reifen von Luftfahrzeugen und Fahrzeugen, die sich auf den Flugbetriebsflächen bewegen. Vor allem landende, aber auch startende Flugzeuge sind auf eine gute Reibung der Flugzeugreifen auf den Start-/Landebahnen angewiesen. Zum einen ist sie für die Abbremsung der Flugzeuge erforderlich, zum anderen kann bei Seitenwindeinfluss die Spurtreue der Flugzeuge beeinflusst werden. Bei hoher Rollgeschwindigkeit können Flugzeuge ggf. von der Landebahn abkommen. Um Flugzeugführern ausreichende Informationen über die Reibwerte der Start-/Landebahn-Oberflächen zur Verfügung stellen zu können, werden unterschiedliche Messeinrichtungen benutzt, um die Reibwerte, und daraus abgeleitet die Bremskoeffizienten, zu ermitteln. Diese Koeffizienten sind eine Information für Flugzeugführer startender und vor allem landender Flugzeuge über die Oberflächenbeschaffenheit der Start-/Landebahn. Die Daten erhalten die Flugzeugführer über Funk auf Anfrage vom Tower des Flugsicherungsunternehmens.

Es wurden unterschiedliche Messmethoden zur Ermittlung des Reibwerte/Bremskoeffizienten entwickelt, die nachfolgend beschrieben sind.

29.9.3.2 Messmethoden und Messinstrumente

Die älteste Messmethode ist die Ermittlung der Koeffizienten mit Hilfe des „Tapley Meter“ (Abb. 29.10). Dieses etwa 40 Zentimeter (cm) große Messinstrument wird in Standardfahrzeuge eingebaut. Es ist darauf zu achten, dass die Geräte in Fahrtrichtung angebracht sind, damit die Kräfte in Längsrichtung des Fahrzeugs erfasst werden

Abb. 29.10 „Tapley Meter“ [32]

können. Die Fahrzeuge werden aus einer Geschwindigkeit von ca. 40 km/h abgebremst, so dass die Räder blockieren. Die Bremsungen müssen jedoch nicht zum vollständigen Stillstand des Fahrzeugs führen. Das „Tapley Meter“ ermittelt die Verzögerung des Bremsvorgangs und kann so die Griffigkeit des Untergrunds bestimmen, d. h. zuordnen. Auf Start-/Landebahnen wird nach jedem Drittel der Bahnlänge eine Bremsung durchgeführt. Der große Nachteil des „Tapley Meters“ ist, dass die Reibwerte jeweils nur an den Stellen der Bremsungen erfasst werden können und nicht über die ganze Länge einer Start-/Landebahn. Diese Methode wird nur auf sehr dünn mit Schnee bedeckten Flächen als sinnvoll eingestuft [159].

Eine zweite Methode ermöglicht kontinuierliche Messungen. Das Messinstrument ist das „Skiddometer“ (engl. skid = rutschen/schleudern) (Abb. 29.11). Dieses Messinstrument ist in einen Anhänger integriert, der von einem Fahrzeug gezogen wird. In der Mitte des Anhängers ist ein Messrad angebracht, das in einem Geschwindigkeitsbereich von 30–80 km/h abgebremst wird. Die Bremskraft, die erforderlich ist, um das Rad zu blockieren, ist ein Maß für den Reibwert [171].

Eine dritte Methode, die ebenfalls kontinuierliche Messungen zulässt, ist der in Großbritannien entwickelte „Griptester“ (Abb. 29.12). Auch „Griptester“ werden als Anhänger von Fahrzeugen gezogen. Ein in der Mitte des Anhängers befindliches Messrad wird über eine Kette durch eine Übersetzung beschleunigt, so dass es geringfügig unterhalb der Fahrzeuggeschwindigkeit rotiert. Über Dehnmessstreifen wird die Längskraft am Messrad ermittelt, die wiederum ein Maß für den Reibwert darstellt [171].

Abb. 29.11 „Skiddometer“ [171]

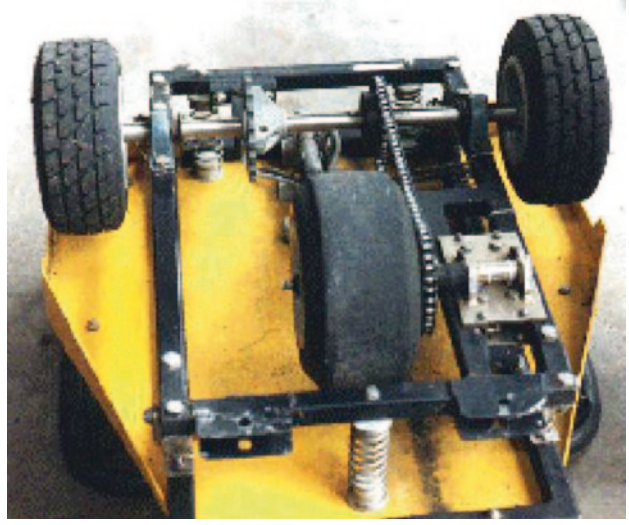


Abb. 29.12 Griptester (Bodenansicht) [171]

Die vierte Methode repräsentieren so genannte „Surface Friction Tester“ schwedischer Bauart. Diese ermöglichen eine kontinuierliche Messung über die gesamte Länge der Start-/Landebahn. Bei dieser Methode wird pro Drittel der Start-/Landebahn der Reibwert ermittelt. Die „Surface Friction Tester“ sind Personenkraftwagen, die mit einem Messrad ausgestattet sind, das bei einer Geschwindigkeit zwischen 65 km/h und

Abb. 29.13 Messradanbringung in „Surface Friction Tester“ Fahrzeug [171]

95 km/h abgebremst wird, bis es blockiert. Die hierzu erforderliche Bremsenergie repräsentiert den Reibwert. Abbildung 29.13 zeigt die Messeinrichtung im Fahrzeug.

Diese Fahrzeuge werden außerhalb des Winterdienstes auch zur routinemäßigen Messung der Reibwerte eingesetzt, indem sie einen millimeterdünnen Wasserfilm vor dem Messrad auf den Untergrund, die Oberfläche der Flugbetriebsfläche, auftragen. Dies ist notwendig, um einheitliche Messergebnisse zu erzielen, da die Reibwertmessungen normalerweise auf trockener Oberfläche durchgeführt werden, während schlechtere Reibwerte, die durch Verunreinigungen der Oberflächen entstehen, nur bei nassen Oberflächen vorkommen. Verunreinigungen auf den Start-/Landebahnen, durch die sich die Reibwerte verschlechtern, sind in der Regel auf Gummiabrieb der Reifen gelandeter Flugzeuge zurückzuführen. Im Winterdienst wird die Reibwertmessung ohne zusätzliche Benetzung der Oberfläche durchgeführt.

29.9.3.3 Vergleichbarkeit der Messwerte

Ein wesentliches Problem bei der Reibwertmessung ist die Vergleichbarkeit der Ergebnisse. Im Rahmen der ICAO bemüht man sich um die Schaffung eines weltweit einheitlichen Reibwertindexes (International Runway Friction Index (IRFI)) [169]. Die North American Space Agency (NASA) hat in diesem Zusammenhang in den Jahren 1995–2000 ein Untersuchungsprojekt in Zusammenarbeit mit der kanadischen Aerodrome Safety Branch (CASB) durchgeführt. Ziel war es, die technischen Grundlagen für eine internationale Harmonisierung der Standards bei der Erfassung von Reibwerten unter winterlichen Wetterbedingungen zu entwickeln. Schwierigkeiten ergeben sich durch die unterschiedlichen Messmethoden. Aber auch die Übertragbarkeit der erfassten Reibwerte auf das tatsächliche Bremsverhalten von Flugzeugen ist problematisch. Am

zuverlässigsten sind Reibwertmessungen auf verfestigtem Schnee und Eis durchführbar. Andere Oberflächenbeschaffenheiten, wie z. B. Schneematsch, nasser oder loser Schnee, kann zu starken Abweichungen zwischen der Messung der Reibwerte und dem tatsächlichen Bremsverhalten der Flugzeuge führen. Dies liegt daran, dass das Reibwertmessrad weder die gleiche Oberfläche noch die gleiche Geschwindigkeit hat, wie ein Flugzeugreifen bei der Landung. So kann es sein, dass Belagsschichten der Oberfläche vom Reibwertmessrad durchdrungen werden, die ein Flugzeugreifen nicht durchdringen würde. Hierzu legt das Luftfahrthandbuch der Bundesrepublik Deutschland (AIP) [58] nahe, in solchen Fällen das Ergebnis der Messung als unzuverlässig zu deklarieren und keine Reibwerte anzugeben [89]. Um den Informationsbedarf der Luftfahrzeugführer dennoch zu decken, werden die gemessenen Reibwerte als Schätzungen angegeben. Rechtlich gibt es keine Angaben, die die Anforderungen an die Messungen verbindlich festlegen. Auch über vorgeschriebene Reibwerte gibt es keine Angaben, was auf die schwierige Vergleichbarkeit der Messwerte auf unterschiedlichem Untergrund, bzw. an unterschiedlichen Stellen der Oberflächen zurückzuführen ist.

Messfahrten sollen jeweils 5–10 m beidseitig der Mittellinien von Start-/Landebahnen durchgeführt werden [109]. Um die Start-/Landebahnsperrzeiten während der Messungen jedoch gering zu halten, wird im Winterdienst meist nur in einer Richtung gemessen, da davon ausgegangen werden kann, dass unter gleichen Bedingungen die Reibwerte auf beiden Seiten von der Bahnmittellinie identisch sind.

Wenn die Start-/Landebahnen ganz oder teilweise mit Schnee, Schneematsch u./o. Eis bedeckt sind, werden die Bremskoeffizienten durch mindestens eine Messung pro Tag ermittelt.

Zusätzliche Messungen werden durchgeführt, falls eine Veränderung der Bremswirkung aufgrund von Wetterverhältnissen wie Niederschlag oder Temperaturwechsel zu erwarten ist, oder auch auf Veranlassung des örtlichen Flugsicherungsunternehmens. Die Interpretation der gemessenen Bremskoeffizienten ist der Tab. 29.1 zu entnehmen.

29.9.3.4 Eiswarnanlage und Anlagentechnik

Eiswarnanlagen dienen der frühzeitigen Erkennung von meteorologischen Veränderungen, um rechtzeitig geeignete Maßnahmen ergreifen zu können. An verschiedenen Punkten

Tab. 29.1 Bremskoeffizienten und Bremswirkung

Ermittelter Bremskoeffizient	Geschätzte Bremswirkung	Schlüssel[a]
0.40 und darüber	gut	5
0,39–0,36	mittel bis gut	4
0,35–0,30	mittel	3
0,29–0,26	mittel bis schlecht	2
0,25 und darunter	schlecht	1
Unzuverlässig	unzuverlässig	9

[a] Die Schlüssel dienen der Angabe der Bremswirkung im SNOWTAM Format (vgl. Abb. 29.9)

des Start-/Landebahnsystems und wichtiger rollbahnnaher Vorfeldbereiche sind Sensoren angebracht, die den Oberflächenzustand in den Zuständen „trocken“, „feucht“, „nass“ und „Eis“, sowie die Oberflächentemperatur erfassen.

Die Sensoren arbeiten passiv, d. h., die Daten werden durch Messinstrumente erfasst, ohne dass der Bahnbelag aktiv herabgekühlt wird. Dadurch werden keine Informationen über den Gefrierpunkt der sich auf den Bahnen befindlichen Beläge erzielt. Zusätzlich werden von weiteren Messstellen, die mit den Sonden verknüpft und neben den Start-/Landebahnen angebracht sind, Lufttemperatur, Relative Feuchte, Windgeschwindigkeit und Windrichtung erfasst.

Die Eiswarnanlagen sind in der Lage, diese Daten zu interpretieren und so Gefahrenlagen zu ermitteln. Beispielsweise wird bei dem Winterdienstkoordinator des Flugplatzes ein Alarm ausgelöst, wenn bei nasser Oberfläche die Temperatur unter Null Grad Celsius sinkt. Die Bildung von Eiskristallen wird vom System gemeldet. Eiswarnanlagen sind aber auch notwendig, um die Wirkung von Taumitteln festzustellen, die auf die Start-/Landebahn aufgebracht worden sind.

In Deutschland und in anderen europäischen Ländern werden an vielen Verkehrsflughäfen inzwischen Eiswarnanlagen mit aktiven Sonden verwendet. Die aktiven Eiswarnanlagen erfassen die gleichen Daten wie die passiven Anlagen. Zusätzlich wird der auf der Oberfläche befindliche Belag aktiv bis zu dessen Gefrierpunkt heruntergekühlt. Da auf den Flugbetriebsflächen stets ein Gemisch aus Wasser und Enteisungsmittel in unterschiedlichen Konzentrationen vorhanden ist, kann der örtliche Gefrierpunkt erheblich variieren. Die aktive Kühlung ermöglicht es also, Informationen über den Temperaturunterschied zwischen örtlicher und tatsächlicher Gefriertemperatur zu erhalten [32]. Mit Hilfe solcher Systeme können, bei entsprechenden Bedingungen, Friction Tests veranlasst werden, sobald ein Systemalarm ausgelöst wird. Diese aktiven Sonden (Abb. 29.14) moderner Eiswarnanlagen erfassen folgende Daten:

- Belagstemperatur,
- Belagszustand, Differenzierung zwischen den Oberflächenzuständen:
- trocken, feucht und drei Stufen von „nass“,
- Wasserfilmdicke,

Abb. 29.14 Aktive Messsonde einer Glatteiswarnanlage [32]

- Salzfaktor/Salzkonzentration,
- Differenzierung zwischen vier verschiedenen Vereisungszuständen, Eisglätte, Glatteis, Reifglätte und Schneeglätte,
- Auslösen von Alarmen,
- Gefrierpunkttemperatur,
- Restsalz.

Die Systeme funktionieren unabhängig von Art und Menge der verwendeten Taumittel [32].

29.9.3.5 Berichte der Luftfahrzeugführer

Eine weitere, in der Praxis sehr hilfreiche Informationsquelle über schlechter werdende Reibwerte auf den Start-/Landebahnen sind die Berichte der Luftfahrzeugzeugführer. Es ist üblich, dass Luftfahrzeugführer gelandeter Luftfahrzeuge bei suboptimalem Bremsverhalten, „poor breaking action" genannt, dies über Funk an das Flugsicherungsunternehmen (Tower) melden. Das Flugsicherungsunternehmen informiert dann die Vorfeldkontrolle und der Winterdienstkoordinator vor Ort. Informationen dieser Art sind in der Praxis zwar sehr hilfreich, können jedoch kein fest installiertes Messsystem ersetzen, da die Reports nur freiwillig und nach Ermessen der jeweiligen Luftfahrzeugführer abgegeben werden.

29.9.3.6 Winterdienstgerätetechnik

Für den Winterdienst stehen Spezialfahrzeuge zur Verfügung, die unterschiedliche Aufgaben wahrnehmen.

- *Kehrblasgeräte*

Kehrblasgeräte machen den größten Teil einer Winterdienstflotte aus. Sie kombinieren mehrere Funktionalitäten, um Schneebeläge auf eine Seite neben das Fahrzeug zu verschieben. Frontseitig sind an den Fahrzeugen große Schaufeln angebracht, die den größten Teil des Schneebelags erfassen. In der Mitte der Fahrzeuge sind ausschwenkbare rotierende Bürsten angebracht, die sich, wie die Schaufeln, nach links und rechts ausrichten lassen. Die am Heck der Fahrzeuge angebrachten Gebläse entfernen die letzten Reste des Schneebelags (Abb. 29.15, 29.16 und 29.17). Die eingesetzten Fahrzeuge verfügen über Räumbreiten von fünf bzw. sieben Metern. Die Kehrblasgeräte mit großen Räumbreiten werden als Teil eines Räumzuges für die Start-/Landebahnen eingesetzt, während die Kehrblasgeräte mit kleinen Räumbreiten in kleinen Räumzügen die Zu- und Abrollwege bearbeiten [109].

- *Schneefräsen*

Die durch die Kehrblasgeräte produzierten Schneewälle werden mit Schneefräsen von den Start-/Landebahnen entfernt. Diese nehmen über rotierende Walzen die Schneemengen auf und werfen sie durch so genannte „Schornsteine", gezielt neben das Fahrzeug. Die Wurfweite kann durch Einstellen des „Schornsteinwinkels" variiert werden. Beim Räumen der Start-/Landebahnen hängt die Geschwindigkeit des

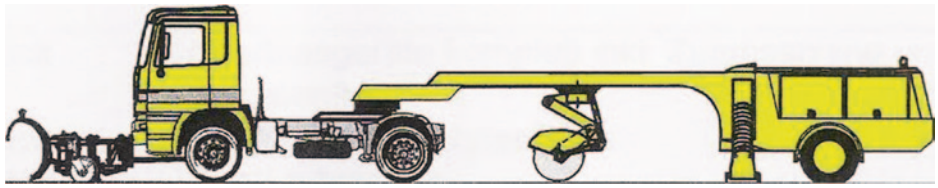


Abb. 29.15 Profilansicht langes Kehrblasgerät [171]

Abb. 29.16 Langes Kehrblasgerät [171]

Abb. 29.17 Kurzes Kehrblasgerät [171]

Räumzuges von den Schneefräsen ab, da diese nicht bei allen Schneehöhen die gleiche Höchstgeschwindigkeit einhalten können. Ein herkömmliches Gerät zeigt Abb. 29.18.

- *Streufahrzeuge*

Um chemisch den Gefrierpunkt des Oberflächenbelages zu senken, werden Taumittel ausgebracht, die Vereisung verhindern sollen. Dies geschieht durch Streufahrzeuge, mit

Abb. 29.18 Herkömmliche Schneefräse [102]

Abb. 29.19 Streufahrzeug der Firma Küpper Weisser mit angelegten Auslegern [102]

denen sich die Streumenge und die Streumittel genau dosieren lassen (Abb. 29.19 und 29.20). Die Fahrzeuge sind mit Sensoren ausgestattet, die den Bedarf an Streumitteln erfassen und automatisch die auszubringenden Streumengen regulieren. In großen Räumzügen, die normalerweise die Start-/Landebahnen räumen, folgen die Streufahrzeuge den Kehrblasgeräten und Schneefräsen. Bei reiner Eisglättegefahr kommen ausschließlich

Abb. 29.20 Streufahrzeug der Firma Küpper Weisser mit abgespreizten Auslegern [102]

Streufahrzeuge zum Einsatz. Diese Fahrzeuge werden auch prophylaktisch eingesetzt. Es sei angemerkt, dass die eingesetzten Streumittel/Taumittel zwar biologisch abbaubar sind, es wird jedoch darauf geachtet, die Umweltbelastung durch ausgebrachte Taumittel möglichst gering zu halten. Die Taumittel sind entweder flüssig oder pulverförmig und werden über seitliche Ausleger an den Fahrzeugen auf möglichst großer Breite verteilt.

Für die Ausbringung von Taumitteln gibt es technisch zwei Möglichkeiten. Die Chemikalien können über Streudüsen (Abb. 29.21) oder über Streuteller (Abb. 29.22) verteilt werden. Fahrzeuge mit Streutellern haben sich als weniger anfällig für Verstopfungen erwiesen.

Neuere Streufahrzeuge verfügen über erweiterte Streubreiten. Sie ermöglichen das Streuen der gesamten Breite der Start-/Landebahnen (bis zu 60 m) mit nur zwei Fahrzeugen. Konventionell eingesetzte Streufahrzeuge bearbeiten in einem Arbeitsgang einen Streifen von ca. 20 m Breite. Die neuen Geräte können bis zu 30 m Streubreite durch überlange Ausleger erreichen. Neuartige Schneefräsen, (Abb. 29.23 und 29.24) sind in der Lage, auch Schneewälle, die bei Belagshöhen von über 2 cm entstehen, bei einer Geschwindigkeit der Fräse von über 30 km/h zu räumen, während herkömmliche Fräsen bei gleichen Verhältnissen nur etwa bei 15 km/h räumen können. Der Unterschied ist im Wesentlichen auf die erhöhte Motorleistung neuerer Fahrzeuge zurückzuführen [171].

29.9.4 Operationeller Winterdienst

Die Schneeräumung auf den Flugbetriebsflächen großer Flugplätze erfolgt mit mehreren Räumzügen, die im Konvoi seitlich versetzt fahrend in der Lage sind, z. B. Start-/Landebahnen in relativ kurzer Zeit zu räumen. Die seitlich am Start-/Landebahnrand entstehenden Randwälle werden in der Regel mit Schneeschleudern auf die Seitenstreifen (beiderseits der Start-/Landebahnen) geschleudert.

Abb. 29.21 Taumittelaufbringung mit Streudüsen [102]

Abb. 29.22 Taumittelaufbringung mit Streuteller [102]

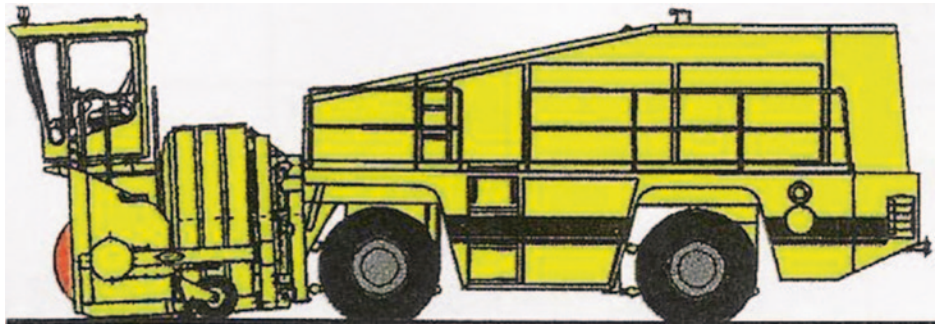


Abb. 29.23 Leistungsstarke Schneefräse in Profilansicht [171]

Abb. 29.24 Leistungsstarke Schneefräse [102, 171]

Ein Räumzug mit ca. 3–5 m Netto-Räumbreite besteht aus einem Lastkraftwagen mit Schneepflug und einem Anhänger als Kehrblasgerät. Statt Räumzügen können auch anders kombinierte Räumfahrzeuge für die Schneeräumungsaufgabe eingesetzt werden (Schneepflugkonvois, Kehrblasmaschinen-Konvois etc.).

Mechanisch wirkende Schneeräumeinsätze mit Räumzügen sind bewährte Verfahren, um den Schnee auf den Flugbetriebsflächen beiseite zu räumen. Üblich sind der Einsatz

von Walzenbesen mit Kunststoff- oder Stahlbüschelborsten sowie leistungsstarken Gebläsen an Kehrblasmaschinen. Bei Nass-Schnee ist die Räumgeschwindigkeit zu reduzieren (dadurch längere Verweilzeit des Walzenbesens und des Luftstrahls pro gefahrener Streckenlänge). Im Ergebnis werden die Flächen sauberer, d. h., es bleibt weniger Restschnee liegen.

Randwälle von Start/Landebahnen und Rollbahnen werden mit Schneeschleudern 10–50 m weit quer zur Bahnrichtung in den Seitenstreifen geschleudert. Die max. Schneewallhöhen am Rande der Bewegungsflächen, im besonderen der Start-/Landebahnen sind gem. ICAO-Empfehlungen festgelegt [131].

Auf den großflächigen Vorfeldern ist oft im Rahmen der Schneeräumung eine Schneeverladung erforderlich, weil die entstehenden Schneewälle nicht mehr per Räumzug oder Schneepflug räumfähig sind. Die Schneeverladung erfolgt per Frässchleuder u./o, mit Schaufelladern auf Lastkraftwagen. Auf dem Flugplatz sind Flächen bzw. Schneedeponien für die zu beseitigenden Schneemengen vorzusehen.

- *Standardräumverfahren*

Für den operationellen Winterdienst werden normalerweise so genannte Standardräumverfahren durchgeführt. Die Sperrzeiten der Start-/Landebahnen für die Winterdiensteinsätze sind somit kalkulierbar. Der Zeitpunkt für das Ende der Start-/Ladebahnsperrung ist von großer Bedeutung. Die Flugzeugenteisungsunternehmen können beispielsweise zeitnah zur Freigabe der Start-/Landebahn die abflugbereiten Flugzeuge enteisen.

Die Standardräumverfahren dienen außerdem der optimierten Ausnutzung der vorhandenen Ressourcen. Situationsbedingt kann der Winterdienstkoordinator für jede Start-/Landebahn ein Verfahren und einen Räumzug auswählen, um die kürzeste Räumzeit zu erwirken.

- *ILS-Reflektionsflächen*

In die Standardräumverfahren sind auch die Reflektionsflächen der Instrumentenlandesysteme (ILS) integriert. Diese Flächen sind von Schneebelag zu räumen, da durch starken Schneebelag die funktechnische Abstrahlung des Gleitwegesignals gestört wird. Über Messantennen wird die Anzeige der Gleitwegsender ständig überprüft. Sobald der Schneebelag das Gleitwegsignal beeinflusst, ist eine Schneeräumung zu veranlassen. Zwar ist für die Räumung dieser Flächen keine Bahnsperrung erforderlich, da sich diese Flächen außerhalb der Flugbetriebsflächen der Start-/ Landebahnen befinden, jedoch muss während der Räumung der Flächen der Gleitwegsender abgeschaltet werden. Das bedeutet, dass auf der entsprechenden Start-/Landebahn zur Zeit der Räumung nur Starts oder Nichtpräzisionsanflüge durchgeführt werden können, da kein Gleitwegsignal zur Verfügung steht. Um diese zusätzliche Einschränkung zu vermeiden, sollten die Räumungen der Gleitwegsender-Reflexionsflächen mit den Räum-Sperrzeiten der entsprechenden Start-/Landebahn koordiniert werden. Da das ILS in diesen Fällen

abgeschaltet werden muss, da es nach ungeplanter Einfahrt eines Fahrzeuges in die ILS-Schutzzone (Sicherheitsbereich der Reflektionsfläche) automatisch notabgeschaltet wird, sobald die Verbindung zu den Kontrollantennen abbricht, ist eine Koordination mit dem Flugsicherungsunternehmen notwendig. Eine Notabschaltung eines ILS-Gleitwegsenders hat zur Folge, dass für die Wiederinbetriebnahme umfangreiche Tests erforderlich sind. Das ILS wird vom Tower des Flugsicherungsunternehmens aus gesteuert. Jedoch ist nicht bei jeder Start-/Landebahnsperrung auch eine Räumung der Reflektionsfläche des Gleitwegsenders erforderlich.

- *Winterdienst Personalaktivierung*

Bei drohendem Schneefall muss der Winterdienstkoordinator des Flugplatzes aufgrund der Informationen eines Wetterberaters entscheiden, ob er das Personal für die Räumdienste alarmiert. Große Verkehrsflughäfen unterscheiden vier Alarmierungsstufen [109].

Alarmstufe 1 bedeutet, dass eine Eintrittswahrscheinlichkeit eines Wetterereignisses von 30 % (zu erwartende Glättebildung) gegeben ist, das den Einsatz der Räumdienste erforderlich machen würde. Die Einsatzbereitschaft für das Personal für die Räumdienste (Rufbereitschaft) muss gegeben sein.

Alarmstufe 2 bedeutet, dass eine Eintrittswahrscheinlichkeit eines Wetterereignisses von 40 % gegeben ist. Dies ist bei Vorhersagen von Eisregen, überfrierender Nässe oder gefrierendem Regen der Fall. Für das Winterdienstpersonal ist die Einsatzbereitschaft vor Ort erforderlich, die Streufahrzeuge müssen beladen werden und jederzeit einsatzbereit sein.

Alarmstufe 3 ist bei Glättebildung u./o. mäßigem Schneefall gegeben. Die Streufahrzeuge werden nach Anweisung des Winterdienstkoordinators eingesetzt.

Alarmstufe 4 wird bei ergiebigem Schneefall und anhaltendem gefrierendem Niederschlag ausgerufen. Der sofortige Streu- und Räumeinsatz von Räumdiensten und Streudiensten ist erforderlich.

- *Enteisungsanlagen*

Bildet sich bei niedrigen Temperaturen Eis auf dem Flugwerk und an den Triebwerken, so ist eine Enteisung des Luftfahrzeugs (Flugzeuges) unmittelbar vor dem Start erforderlich. Das Eis verändert die Aerodynamik und erhöht die Masse des Luftfahrzeugs (Flugzeuges). Auch können die Steuerorgane beeinflusst sein.

Die Enteisung kann erfolgen, indem das Flugzeug unter einer Enteisungsanlage herrollt (Abb. 29.25), oder von einem Enteisungsfahrzeug aus manuell besprüht (enteist) wird (Abb. 29.26).

Die manuelle Enteisung darf erst dann erfolgen, wenn alle Türen geschlossen sind und Bodendienstgeräte vom Luftfahrzeug (Flugzeug) entfernt wurden. Die Enteisung einer kann je nach Umfang 15–40 min dauern. In der Regel stehen pro Enteisungsvorgang 2 Fahrzeuge zur Verfügung, bei großer Nachfrage kann es jedoch

Abb. 29.25 Stationäre Enteisungsanlage (in Deutschland nicht mehr im Einsatz)

Abb. 29.26 Mobile Enteisung eines Passagierflugzeuges [102]

vorkommen, dass nur ein Fahrzeug bereitgestellt werden kann. Die Enteisung selbst wird in der Regel in zwei Schritten durchgeführt:

1) Behandlung der Flugzeugoberfläche mit ca. 80 Grad Celsius heißem Wasser, um Eisansatz und Schneebelag zu lösen und abzuspülen;
2) Aufbringung von Enteisungsmittel, welche dauerhaft (bis zu 3 Stunden, je nach Typ und Konzentration), einen erneuten Eisansatz verhindern.

Maßgebliche Parameter sind:

- das Flugzeugmuster und damit die zu enteisenden Flächen,
- die Ausgangsbedingungen, Zustand der Oberflächen des Flugzeuges,
- die Wetterbedingungen (Temperatur, Niederschlag, Wind),
- die Anzahl der zur Verfügung stehenden Enteisungsfahrzeuge.

Die Fahrzeuge sind ausgerüstet mit Betriebsfunk und Bündelfunk zur Kommunikation mit der Einsatzleitung und der Vorfeldkontrolle.

29.10 Abfertigungsspezifische Fahrzeuge, Maschinen- und Gerätetechnik

Nachfolgend werden beispielhaft weitere Fahrzeuge, Maschinen und Geräte vorgestellt, die typischerweise auf allen Flugplätzen für die verkehrliche und betriebliche Abfertigung und die damit verbundenen Bodenverkehrsdienste benötigt werden.

29.10.1 Personentransportmittel und Geräte

Der Personentransport zwischen Terminal und Flugzeug und umgekehrt kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. In Abhängigkeit der Lage des Terminals zum parkenden Luftfahrzeug (Flugzeug) kommen verschiedene Transportmittel zum Einsatz.

a) Parkt das Flugzeug direkt am Terminal, so kann das Flugzeug in den meisten Fällen über eine Flugsteigbrücke erreicht werden, die das Terminal mit dem Flugzeug direkt verbindet (Abb. 29.27, Terminal 2 Verkehrsflughafen Frankfurt). Abbildung 29.28 zeigt eine Boeing B747-400, die über zwei Flugsteigbrücken mit dem Terminal verbunden ist.
b) Parkt das Flugzeug auf dem Vorfeld, so werden die Passagiere in den meisten Fällen mit einem Bus vom Terminal an das Flugzeug gefahren und umgekehrt (Abb. 29.29). Zum Einsatz kommen meist Gelenkbusse oder Großraumbusse mit einer Kapazität von etwa 150–180 Personen. Die Busse sind mit Bündelfunk zur Kommunikation mit der Einsatzleitung ausgerüstet. Zusätzlich verfügen sie über digitalen Datenfunk zur Steuerung der Zielanzeigen im Bus. Die Einsatzleitung disponiert die Einsätze EDV-gestützt.
   Das Flugzeug wird dann über eine Passagier-/Fluggasttreppe betreten, falls das Flugzeug über keine eignen ausklappbaren Treppen verfügt (wie beispielsweise bei Geschäftsreiseflugzeugen oder Hubschraubern üblich). Abbildung 29.30 zeigt eine fahrbare Passagier-/Fluggasttreppe für Vorfeldpositionen.

Abb. 29.27 Flugsteigbrücken Verkehrsflughafen Frankfurt/M [102]

Abb. 29.28 Flugsteigbrücken auf dem Verkehrsflughafen Frankfurt/M [102]

Abb. 29.29 Passagierbus [102]

Abb. 29.30 Fahrbare Passagier-/Fluggasttreppe für Vorfeldpositionen [102]

Weiterhin ist es vorgeschrieben, dass im Falle einer Betankung des Flugzeuges mit Passagieren an Bord an der letzten Kabinentür am Heck eine Treppe an der geöffneten Tür bereit steht, um eine Evakuierung bei einem Zwischenfall zu vereinfachen. Auch bei Positionen am Terminal werden teilweise Treppen heckseitig positioniert: Crews, Reinigungs- und Wartungspersonal betreten und verlassen das Flugzeug über diese Treppe. Es existieren verschiedene Typen von Fluggastreppen. Motortreppen als eigenständige Fahrzeuge, Motortreppen mit Dieselmotor, jedoch als Anhänger, und nicht motorisierte Treppen, überdacht und verschieden in der Größe und Ausführung. Um sich an die verschiedenen Höhen der Türunterkanten der

Flugzeugmuster anpassen zu können, lassen sich alle Treppen in der Höhe verstellen. Dies geschieht entweder durch Aus- und Einfahren von Stufen oder durch Abkippen des gesamten Systems.

c) Parkt das Flugzeug auf dem Vorfeld, so kann das Flugzeug, bei entsprechend ausgelegter Schnittstelle des Warteraums Terminal zu Vorfeld, auch durch die Nutzung von Mobile Lounges erreicht werden, die vom Terminal (Warteraum) zum Flugzeug fahren (Abb. 29.31). In der Höhe variabel, lässt sich eine Mobile Lounge sowohl an die Höhe des Ausgangs des Warteraums, als auch an die Höhe der entsprechenden Flugzeugtür anpassen. Die Lounge hat an beiden Köpfen Führerstände, beide Führerstände der Lounge können in der jeweiligen Fahrtrichtung eingesetzt werden.

29.10.2 Gepäck- und Frachttransportmittel, Geräte

Zugtraktoren dienen dazu, Gepäckwagen, Paletten mit Fracht oder auch Container zu und von den Flugzeugabstellpositionen zu befördern. Abhängig von der Einsatzart finden verschiedene Größen und Antriebstechniken Verwendung. Elektrisch angetriebene Traktoren werden vorwiegend innerhalb der Gepäckhallen und auf Kurzstrecken eingesetzt. Traktoren, die mit Dieselaggregaten angetrieben werden, werden auf dem Vorfeld

Abb. 29.31 Mobile Lounge auf dem Verkehrsflughafen Charles de Gaule, Paris [167]

eingesetzt. Traktoren mit Hybridantrieben (Diesel- und Elektroantrieb) sind universell einsetzbar (Abb. 29.32). Die Traktoren sind mit Bündelfunk und Datenfunk ausgerüstet. Abbildung 29.33 zeigt einen Paletten- und Containerhubtisch.

Hubtische dienen dazu, Paletten und Container vom Transportfahrzeug auf die Höhe der Frachtraumtür des zu beladenden Luftfahrzeuges (Flugzeugs) zu liften, um die Fracht dann über ein gleichartiges Walzen-/Rollsystem im Frachtraum des Luftfahrzeuges weiter zu transportieren. Der Hubtisch selbst besteht aus zwei Plattformen. Die luftfahrzeugseitige Plattform (Brückenplattform) wird auf der Höhe der Ladekante des Luftfahrzeuges justiert und verbleibt während des Lagevorgangs in dieser Höhe. Die Hauptplattform führt Hubbewegungen durch, um das Ladegut vom Höhenniveau des Transportfahrzeuges auf das Höhenniveau der Ladekante des Luftfahrzeuges zu liften. Abbildung 29.34 zeigt einen Paletten und Containertransporter.

Dieses Fahrzeug dient dem Transport von Paletten und Containern zwischen Ladeeinheiten (Dollies) und den Hubtischen an den Flugzeugen.

Das auf der Ladefläche mit Walzen ausgestattete Fahrzeug nimmt die Paletten oder Container von den Dollies auf, und transportiert sie zu den Hubtischen, an denen die Fracht auf elektrisch betriebenen Rollen übernommen wird. Der Endladevorgang eines Flugzeuges erfolgt analog. Die Ladefläche des Fahrzeuges verfügt über eine Hydraulik,

Abb. 29.32 Zugtraktor [102]

Abb. 29.33 Paletten- und Containerhubtisch [102]

und kann somit an das Höhenniveau verschiedener Ladeeinheiten (Dollies) angepasst werden. Dollies sind Ladeeinheiten, die Gepäck-, Fracht- oder Postcontainer, in abgewandelter Bauform auch Paletten transportieren. Bei der letztgenannten Bauform

Abb. 29.34 Paletten- und Containertransporter [102]

sind auf der Ladefläche Walzen angebracht, auf die die Container geschoben werden. Abbildung 29.35 zeigt die Beladung eines Passagierflugzeuges im Unterflurbereich mit Hilfe eines Hubtisches (Frachtcontainer für Beifracht) und eines Förderbandes (lose Gepäckstücke).

29.10.3 Sonstige Vorfeldfahrzeuge und Geräte

Ein Flugplatz verfügt über eine Vielzahl von Geräten und weiteren Fahrzeugen, die die verkehrliche und betriebliche Abfertigung gleichermaßen unterstützen, oder für den sicheren und wirtschaftlichen Rollverkehr (Flugbetrieb) der Flugzeuge erforderlich sind. Abbildung 29.36 zeigt ein Leitfahrzeug der Vorfeldaufsicht.

Dieses Fahrzeug ist speziell für die Flugzeugleitung auf dem Vorfeld ausgerüstet, und kann das Flugzeug zu einem bestimmten Standplatz (Halteposition) führen. Weiterhin nimmt dieses Fahrzeug Sicherheitsaufgaben im Rahmen der Vorfeldkontrolle wahr. Leitfahrzeuge sind ausgerüstet mit Betriebsfunk und Bündelfunk zur Kommunikation mit der Leitfahrzeug-Einsatzleitung, der Vorfeldkontrolle und dem Kontrollturm (Tower) der Flugsicherung. Abbildung 29.37 zeigt ein Baustellenkoordinationsfahrzeug/ Ein-satzleitfahrzeug des Winterdienstes.

Die Fahrzeuge sind ausgerüstet mit Betriebsfunk zur Kommunikation mit der Vorfeldkontrolle und der Kontrollturm (Tower) der Flugsicherung sowie der Einsatzleitung (Winterdienst). Abbildung 29.38 zeigt eine Kehrmaschine.

Flugzeugschlepper werden benötigt, um das Flugzeug auf eine Position zu schleppen oder zu drücken (push back), von der aus es sich mit eigenem Antrieb bewegen

Abb. 29.35 Beladung eines Passagierflugzeuges im Unterflurbereich mit Hilfe eines Hubtisches (Frachtcontainer für Beifracht) und eines Förderbandes (lose Gepäckstücke) [102]

kann. Weiterhin werden Flugzeugschlepper benötigt, um Flugzeuge, die sich nicht im Einsatz befinden, von einer Position auf eine andere zu schleppen. Für die verschiedenen Flugzeugmuster, die sich nach Größe und Masse unterscheiden, existieren verschiedene Größen und Ausführungen von Flugzeugschleppern und entsprechenden Schleppstangen (Abb. 29.39).

Die Fahrzeuge sind ausgerüstet mit Bündelfunk zur Kommunikation mit der Einsatzleitung. Abbildung 29.40 zeigt einen Flugzeugschlepper mit Schleppstange am Gate.

Dabei kann man zwei Konzepte des Schleppvorgangs unterscheiden. Zum einen kann das Bugrad des Flugzeugs durch eine Abschleppstange mit dem Schlepper verbunden werden (Abb. 29.40), zum anderen existieren Schlepper, die mit einer Art Schaufel das Bugrad anheben und das Flugzeug auf diese Weise ziehen. Alle Schlepper haben 4-Rad-Antrieb und 4-Rad-Steuerung, um möglichst geringe Wendekreise und optimale Traktion zu ermöglichen. Abbildung 29.41 zeigt einen Schlepper ohne Schleppstange.

Abb. 29.36 Leitfahrzeug der Vorfeldaufsicht (Follow-me Car) [102]

Abb. 29.37 Baustellenkoordinationsfahrzeug [102]

Abb. 29.38 Kehrmaschine [102]

Abb. 29.39 Schleppstangen [102]

Abb. 29.40 Flugzeugschlepper mit Schleppstange [102]

Abb. 29.41 Flugzeugschlepper ohne Schleppstange [102]

Abb. 29.42 Externe Stromversorgung eines Verkehrsflugzeuges [102]

Die Schlepper sind ausgerüstet mit Flugfunk, Betriebsfunk und Bündelfunk zur Kommunikation mit der Vorfeldkontrolle und dem Kontrollturm (Tower) der Flugsicherung. Die Einsätze leitet die Vorfeldkontrolle.

Die nachfolgend aufgeführten technischen Daten beschreiben einen repräsentativen, durchschnittlichen Flugzeugschlepper.

Technische Daten eines Flugzeugschleppers:

Länge/Breite:	9.60 m/2.96 m
Höhe:	1.75 m (Fahrerkabine abgesenkt) 2.25 m (Fahrerkabine hochgefahren)
Motor:	16000 ccm Turbodiesel 294 kW/400 PS
Leermasse:	55 t
Zugmasse:	37,300 kg (max.)
Flugzeugmasse:	400,000 kg (max.)

Für den Airbus A380-800 mussten Schlepper mit erweiterter Performance beschafft werden.

Abwassertankfahrzeuge dienen der Entsorgung von Abwasser der Toilettenanlagen, Frischwassertankfahrzeuge versorgen die Flugzeuge mit Trink- und Nutzwasser.

Sobald Flugzeuge an ihren Abstellpositionen angekommen sind, werden sie an eine Bodenstromanlage angeschlossen, um unnötige Laufzeiten der Hilfsaggregate zu verhindern. Zu diesem Zweck werden beispielsweise 400-Hertz-Bodenstromanlagen eingesetzt. Von der Umformeranlage laufen spezielle Kabeltrassen zum sechspoligen Flugzeugstecker.

Der Wirkungsgrad der Hilfsturbinen (Auxiliary Power Unit's) ist gering, die Schadstoffemissionen vergleichsweise hoch. Ihr Betrieb ist dank der Stromanlage bei großen Flugzeugen erst 15 min vor dem Start notwendig, um die Haupttriebwerke anzulassen. Bei Abstellpositionen, an denen keine Bodenstromanlage installiert ist, werden mobile Stromaggregate eingesetzt. Mobile Aggregate werden mit Dieselmotoren betrieben. Abbildung 29.42 zeigt die Externe Stromversorgung eines Verkehrsflugzeuges.

Flugsicherungssysteme

30

30.1 Aufgaben und Kontrollbereiche

Flugsicherungssysteme bilden die Schnittstelle zwischen der technischen Infrastruktur wie den Radaranlagen, Navigationsanlagen, Wetterstationen und Flugplanaufgabe etc. einerseits, und dem Flugverkehrskontrollpersonal andererseits. Über die Übermittlung und automatisierte bzw. teilautomatisierte Zusammenführung und Verarbeitung von Radar-, Flugplan-, Flugverlaufs- und Wetterdaten ermöglichen Flugsicherungssysteme eine aktuelle und umfassende Luftlagedarstellung auf den Bildschirmen der Lotsenarbeitsplätze des Flugverkehrskontrolldienstes des Flugsicherungsunternehmens. Abbildung 30.1 zeigt die prinzipielle Datenstruktur und die Stellung/Funktionen von Flugsicherungssystemen.

Die Systeme dienen funktional im Wesentlichen der

- Flugplandatenverarbeitung,
- Radardatenverarbeitung,
- Korrelation von Flugplandaten und Flugspurpositionen,
- dem Datenaustausch mit angeschlossenen, externen Systemen,
- der Datenspeicherung,
- der SSR-Code Verwaltung.

Die Kontrollbereiche sind für den oberen Luftraum der Bundesrepublik Deutschland Flugsicherungssysteme in Karlsruhe (D) (Rhein UIR) und Maastricht (NL) (Hannover UIR) zugeordnet, der Kontrollbereich im unteren Luftraum ist Systemen in Bremen, Langen und München zugeordnet.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_30,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

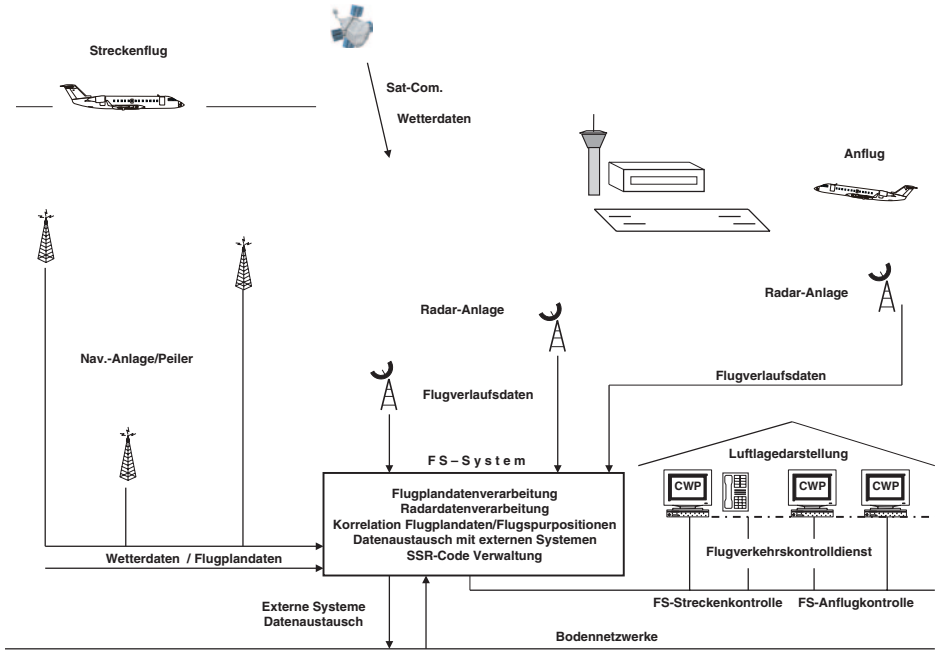


Abb. 30.1 Stellung/Funktionen von Flugsicherungssystemen

30.2 Multiradarüberdeckung

Bedingt durch Reichweite und Position der einzelnen Radaranlagen ergibt für die Bundesrepublik Deutschland eine Multiradarüberdeckung. Die Radardaten der verschiedenen Stationen werden zwecks Verarbeitung den Flugsicherungssystemen leitungsgebunden zugeführt und mit entsprechenden Flugplandaten korreliert. Abbildung 30.2 zeigt beispielhaft die Multiradarüberdeckung des Flugsicherungssystems in Maastricht (NL) für die Kontrolle des oberen Luftraums im nordwestlichen Teil der Bundesrepublik Deutschland.

Der Vorteil dieser Überdeckung liegt in der daraus resultierenden Redundanz. Auch kann durch Verknüpfung der verschiedenen Zielinformationen der Positionsfehler für ein Radarziel minimiert werden. Damit wird auch eine genauere Vorhersage der zukünftigen Zielpositionen (Positionen der Luftfahrzeuge) möglich.

Dieses Verfahren wird, im Gegensatz zur Zielverfolgung über eine einzelne Radar-station (Local Tracking), auch als Multiradarzielverfolgung (Multiradar Tracking) bezeichnet.

30.3 Systemkomponenten und -aufbau

Die automatisierten Funktionen von Flugsicherungssystemen entlasten Flugverkehrskontrolllotsen und Flugdatenbearbeiter von Routinetätigkeiten. Beispielsweise leiten sie geänderte Überflugzeiten automatisch weiter. Nach der Zuweisung von Direct

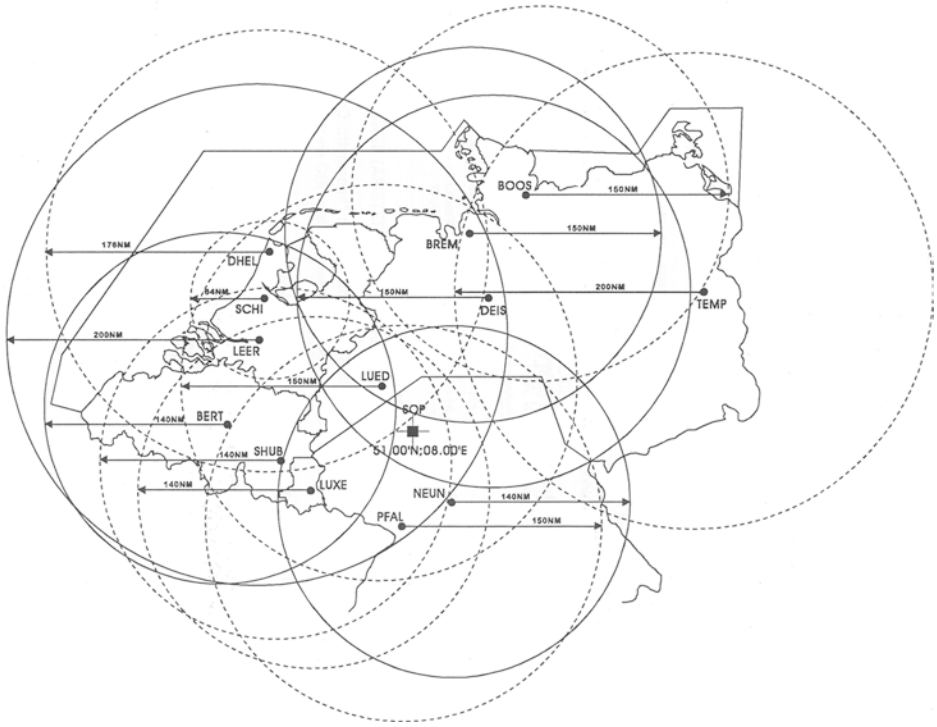


Abb. 30.2 Multiradarüberdeckung des Maastricht-Systems [94]

Routings errechnet das System automatisch die geänderten Flugprofile und übermittelt den weiteren betroffenen Flugsicherungssektoren die für sie relevanten Datensätze. Sicherheitsnetze wie „Short Term Conflict Alert" oder die „Minimum Safe Altitude Warning" sind integriert. Ein Multiradar-Tracker verbessert die Genauigkeit der Luftlagedarstellung, wodurch die Stafflungsminima auf einheitlich 5 NM im unteren Luftraum reduziert werden können. Die Sichtgeräte der Radardarstellung sind je nach System mit graphischen Oberflächen ausgerüstet und verfügen über Windowtechniken auf 2 K × 2 K Farbsichtgeräten.

Als Komponenten und Funktionen sind systemabhängig zu nennen:

- Radardatenverarbeitungssystem (RDPS);
- Flugdatenverarbeitungssystem (FDPS);
- ATC Information Support System (ATCISS) zur Darstellung von ergänzenden Informationen wie Karten, Wetterinformationen und Frequenzlisten auf dem Support-Sichtgerät im Arbeitstisch des Lotsen und an den Arbeitsplätzen der Flugdatenbearbeiter;
- Data Recording Facility (DRF) zum Speichern und ggf. Abspielen aller Lotseneingaben und Sichtgerätedarstellungen am Lotsenarbeitsplatz;
- Planungssysteme zur Optimierung der Anflugreihenfolge;

- Fall Back System (FBS) als Radarsystem zur Überbrückung eines eventuellen Ausfalls des Hauptsystems;
- Operational Display System (ODS) für die Darstellung von Radardaten, Flugplanlisten und Anfluginformationen, integriert auf einem 2K × 2K Farbsichtgerät in Rasterscan-Technologie;
- Keyboard Display Station (KDS) als Arbeitsplatz des Flugdatenbearbeiters;
- Database Management System (DMS) zur Festlegung und Pflege aller Adaptionsdaten wie Sektoren, Strecken und Gebiete für eine Konfliktüberwachung (STCA) sowie zur Definition der komplexen Bedingungen für den Austausch von OLDI-Koordinationsmeldungen und Kontrollstreifendruck;
- Control and Monitoring Display (CMD) für die zentrale Überwachung und Steuerung;
- Common Maintenance Monitoring and Control (CMMC) unter anderem für die Überwachung des örtlichen Netzwerkes.
- Automatische ETO Updates im Flight Modification Message Window, d. h. die mündliche Weitergage von revidierten Überflugzeiten an den Nachbarsektor ist in der Regel nicht mehr erforderlich;
- Automatische Weitergabe und Darstellung der aktuellen Flughöhe nach manueller Eingabe (Flight Level Revision) im gleichen Fenster;
- Automatische SSR Code-Verwaltung. D. h.: Manuelle Eingaben der Code/Callsign Pairs sind nicht mehr erforderlich;
- Auf einem Situation Data Display der Exit Sektoren erfolgt in einem Estimate Revision Message Window die Anzeige jener Flüge, die mit anderen Kontrollstellen koordiniert werden. Angezeigt werden die einzelnen Koordinationsstände, wodurch der Lotse erkennen kann, ob und in welchem Umfang zusätzliche manuelle Koordination erforderlich ist;
- automatische Verarbeitung von Direct Routings innerhalb des Systems. Damit ist keine Koordination mit den anderen betroffenen Kontrollsektoren erforderlich.

Ein Beispiel für die automatische Verarbeitung von Direct Routings:

Der Standardflugweg erfolgt über die Wegpunkte A, B, C nach D durch die Sektoren 1, 4 und 5. Am Koordinationspunkt mit externen Partnern (COP) verlässt das Luftfahrzeug den Kontrollluftraum. Die Sektoren 1, 4 und 5 sind mit Flugverlaufsdaten versorgt und bekommen über das Flight Modification Window Änderungen mitgeteilt. Jetzt aktiviert der Lotse im Sektor 1 mittels eines Direct Inputs (z. B. LH 123 direct Navigationsanlage COP) eine automatische Verarbeitung des Fluges (vgl. Abb. 30.3). Dadurch generiert das System folgende Reaktionen:

- Für die Sektoren 2 und 3, die bislang von dem Flug nicht betroffen waren, werden Kontrollstreifen mit der Information über die Einflugzeit in die Sektoren erstellt;
- Der Sektor 5 bekommt in Listenform die Information: LH 123 fliegt direkt nach COP, einschließlich der aktualisierten Einflugzeit in den Sektor;
- Der Flug wird im Sektor 4 abgemeldet (cancelled).

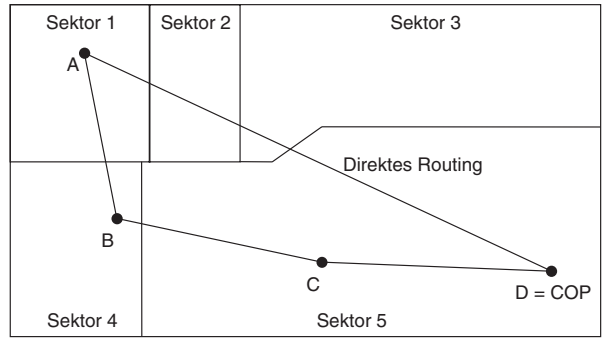


Abb. 30.3 Automatische Verarbeitung eines Direct Routings [57]

Die Kapazität der Flugplanverarbeitung im Flugsicherungs-Center Langen ACC, beträgt beispielsweise:

- Aktivierte Flugpläne 1200
- Passive Flugpläne 3000
- Dauerflugpläne 5000
- Lotsenarbeitsplätze max. 60
- Flugdatenbearbeiterpositionen max. 17
- OLDI-Partner max. 13

Die Systemumschaltzeiten betragen für das RDPS 3 Sekunden, für das FDPS 5 Sekunden.

30.4 Konfliktwarnfunktion

Basierend auf der Zielverfolgung und der daraus resultierenden Vorhersage der Zielposition der Luftfahrzeuge ist, zusammen mit der SSR-Höheninformation, frühzeitig eine mögliche Unterschreitung der Staffelungsminima, sowohl horizontal als auch vertikal erkennbar, und kann auf dem SDD zur Anzeige gebracht werden. Der dabei betrachtete zukünftige Zeitraum umfasst die jeweils nächsten zwei Minuten. Das Verfahren wird als kurzfristige Konfliktwarnung (Short Term Conflict Alert (STCA)) bezeichnet. Abbildung 30.4 zeigt beispielhaft eine Konfliktwarnung auf dem SSD.

Eine teilautomatisierte Überwachung der Staffelung eröffnet betrieblich u. a. die Möglichkeit, Staffelungswerte zu reduzieren sowie direkte Streckenführungen im Rahmen der Flächennavigation einzuführen und damit den verfügbaren Luftraum besser zu nutzen.

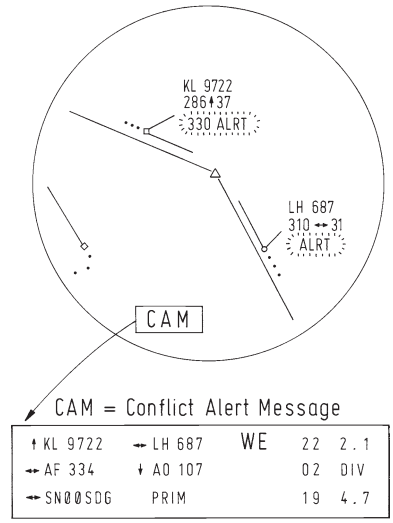


Abb. 30.4 Konfliktwarnung auf dem SSD [94]

30.5 Multiradar Tracking

Integrierte Multiradar-Tracker verarbeiten bei der Positionsberechnung der Luftfahrzeuge die Daten von bis zu vier Radarquellen gleichzeitig. Dabei werden Zielausfälle und Ungenauigkeiten wie Zielsprünge und Spiegelziele ausgeglichen. Die Positionsbestimmung ist so exakt, dass die Mindeststafflung auf 5 NM festgelegt werden kann. Im Flughafennahbereich ist eine Stafflung mit grundsätzlich 3 (2,5) NM möglich.

Technisch wird dies durch zwei parallele Kalman-Filter erreicht, die so konfiguriert sind, dass ein Filter aus den aktuellen Daten einen Gradeausflug, der andere einen Kurvenflug berechnet. Die Alternative, die das System als plausibler erkennt, stellt es auf dem Radarschirm dar. Abbildung 30.5 zeigt beispielhaft das Multiradar-Tracking.

Die Tracks auf dem Radarschirm werden alle fünf Sekunden erneuert. Zusätzlich können über eine Menüoption auch die Radarplots von bestimmten lokalen Stationen angezeigt werden. Wenn der Lotse wissen will, wo das Luftfahrzeug nach einer von ihm gewählten Anzahl von Minuten sein wird, kann er sich vom System einen auf der Basis der aktuellen Informationen errechneten „Zukunftsvektor“ einblenden und diesen mit einer Linie vergleichen, die den theoretischen Flugweg gemäß den Flugdaten darstellt. Die Trackhistorie kann bis zu acht Positionen anzeigen. Zur Unterscheidung von PSR- und SSR-Track’s und -Plots sowie PSR-/SSR- und Multiradar-Track’s werden verschiedene Anzeigesymbole verwendet.

Die Systemverfügbarkeit der Systeme liegt über 99,998 %, der Parameter „Mean Time Between Critical Failures“ bei mindestens 29.500 Stunden. Bei Ausfall des Hauptsystems oder des ODS-Rechners wird automatisch auf ein Radar-Fallback-System umgeschaltet. Die relevanten Systeme sind zweifach redundant ausgelegt. Bei einem Hardwarefehler wird bei voller Operationalität eine automatische Rekonfigurierung vorgenommen.

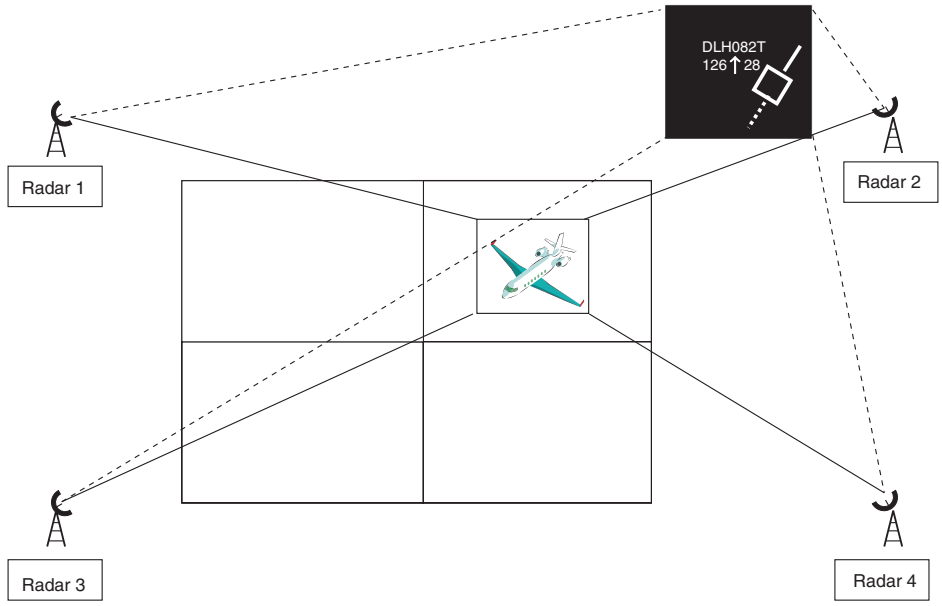


Abb. 30.5 Multiradar-Tracking [57]

30.6 Datenmanagement

Die Systeme verfügen über Datenverwaltungssysteme (Database Management System (DMS)) zur Konfigurierung der ortsabhängigen Parameter. Während der Eingabe überprüft das DMS, ob die Daten sich innerhalb definierter Grenzen bewegen. Danach nimmt es die erforderlichen Berechnungen vor und wandelt die Daten in ein geeignetes Format für die operationelle Software um. Während dieses Prozesses läuft eine Überprüfung auf Vollständigkeit und Konsistenz. Graphische Änderungen von Karteninformationen oder Sektoränderungen können beispielsweise mit Hilfe einer Maus vorgenommen werden.

Eine Data Recording Facility (DRF) zeichnet Daten über eine Dauer von 24 Stunden auf, ohne dass ein Operator eingreifen muss, und erlaubt das Abspielen von gespeicherten Informationen parallel zur Aufnahme. Folgende Daten werden registriert:

- alle Radarziele,
- alle Wetterdaten,
- Änderungen von Landkarten, Listen und Filtern,
- Änderungen von Parametereinstellungen,
- alle Operatoreingaben und Systemmeldungen an den Arbeitsplätzen,
- jede Flugplantransaktion.

Die Daten werden temporär gespeichert und längerfristig auf Speichermedien gesichert. Die Radardaten lassen sich an normalen Lotsenarbeitsplätzen abspielen, was die schnelle Analyse eines Verkehrsbildes, beispielsweise zu Schulungszwecken erleichtert.

So wie der Luftfahrzeugführer lückenlos von einem Lotsen nach dem anderen betreut wird, müssen die Daten seines Fluges zwischen verschiedenen Flugsicherungsstellen, aber auch zwischen Sektoren von Arbeitsplatz zu Arbeitsplatz übertragen werden. Die automatische Kopplung und Weitergabe dieser Informationen ist eine wesentliche Forderung an die Systeme.

Die Flugpläne werden nach Aufgabe in den zentralen Rechner der Central Flow Management Unit (CFMU) in Brüssel eingespeist. Über dieses Integrated Initial Flight Plan Processing System (IFPS) schickt die CFMU die Daten dann weiter an die von dem jeweiligen Flug betroffenen nationalen Flugdatenverarbeitungssysteme. Im Bereich des deutschen Flugsicherungsunternehmens werden die Flugplandaten über das Value Added Network (VAN) geleitet. Bei Störungen sorgt dieses Mehrwertnetz für eine Wiederholung der Sendung. Unterstützt werden diese Funktionen durch Verwendung von TCP/IP, eines Industriestandards für gesicherte Datenübertragung. Externe Systeme, die Flugplandaten verarbeiten und Datenendgeräte, sind über lokale Netzwerke an einen VAN Vermittlungsknoten angeschlossen.

In der Datenbank des Flight Data Processing Systems (FDPS) sind alle relevanten Flugpläne gespeichert. Bevor ein Luftfahrzeug z. B. in das Fluginformationsgebiet Frankfurt einfliegt, schickt der Online Data Interchange Partner eine Aktivierungsmeldung, die von den angrenzenden Partnern automatisch bestätigt wird. Sie enthält u. a. Rufzeichen, Einflugzeit, Flughöhe und Transpondercode. Das Flugdatenverarbeitungssystem veranlasst, das an den für die betroffenen Lotsenarbeitsplätze zuständigen Kontrollstreifendruckern die Daten ankommen, und leitet die erweiterte Code-/Callsign-Information an die Radarverarbeitung weiter. Flugdatenbearbeiter korrigieren fehlerhafte Flugpläne und versorgen das System mit Informationen über Flüge, für die keine Flugpläne vorlagen (z. B. militärische Flüge).

Die Radardaten werden über das RADNET übermittelt und ausgetauscht. Über einen speziell für dieses Netz entwickelten Vermittlungsknoten (RMCDE) gelangen die Radardaten über das entsprechende operationelle LAN zum Radardatenverarbeitungssystem (RDPS). Dieses übermittelt die aus den Signalen von bis zu vier Radaranlagen errechneten Flugspuren (Tracks) an die Darstellungssysteme der Lotsenarbeitsplätze sowie Tracks und Code-/Callsign-Informationen an das computergestützte Anflugplanungssystem (A-MAN). Der von diesen System errechnete Vorschlag für die Anflugreihenfolge wird in einem Fenster auf dem Sichtgerät eingeblendet. Mit den Code-/Callsign-Informationen führt das RDPS automatisch eine Korrelation zwischen Flugplan und Track durch. Dadurch können dem Lotsen mehr und vor allem aktualisierte Informationen angezeigt werden. Umgekehrt bekommt das Flugplandatenverarbeitungssystem die den Radardaten entnommenen Überflugzeiten. Durch einen ständigen Vergleich zwischen dem vorausgeplanten und dem tatsächlichen Flugweg erkennt es eventuelle Zeitdifferenzen und zeigt die revidierten Überflugzeiten automatisch den betroffenen Kontrollsektoren an.

30.7 Systemüberwachung und Kontrolle

Eine zentrale Einheit zur Überwachung und Systemkontrolle, das Control and Monitoring Display (CMD) ermöglicht systemabhängig folgende Funktionen:

- Systemkontrolle und Startup,
- Überwachung des Systemstatus,
- Automatische und manuelle Neukonfiguration des Systems,
- Kontrolle externer Datenverbindungen,
- Qualitätskontrolle der Radardaten in Realzeit,
- Kontrolle und Ausdrucke der Systemmeldungen,
- Modifikation variabler Systemparameter,
- Unterstützung von Fehlerdiagnosen,
- Kontrolle der Aufzeichnungs- und Wiedergabesysteme,
- Steuerung der Sektorisierung.

Jedes Subsystem verfügt normalerweise über ein eigenes Programm zur Überwachung der Hardware (Rechner, Speicher, Festplatten und Peripherie) sowie Software für Online Diagnosen, Fehlerstatistik, Anzeige bei Überschreiten der Fehlertolleranzen und zur Übermittlung von Fehlermeldungen an das CMD. Das CMD identifiziert außerdem jene Subsysteme, die keinen Statusbericht abgeben. Die zentrale Software analysiert die Statusinformationen und entscheidet, ob eine automatische Rekonfiguration sinnvoll ist.

Teil VI

Volks- und betriebswirtschaftliche Aspekte der Luftverkehrswirtschaft

Grundbegriffe der Wirtschaftstheorie

31

Im folgenden wird auf die nötigen wesentlichsten Grundbegriffe der Wirtschaftstheorie, (vgl. auch [181]) die auch für die Verkehrswirtschaft gelten, eingegangen. Unter dem Begriff des „Wirtschaftens“ versteht man:

- die auf die Verminderung des Ausmaßes der Knappheit der Güter ausgerichtete Tätigkeit der Menschen;
- das „Beschaffen“ von Gütern und das „Haushalten“ mit den erworbenen Gütern;
- das Treffen von Wahlentscheidungen nach bestimmten wirtschaftlichen Kriterien;
- die Verwendung von Mitteln, die im Verhältnis zu den von ihnen abhängigen Zwecken „knapp“ sind, derart, dass ihr Einsatz für bestimmte Zwecke den Verzicht auf ihre Verwendung für andere Zwecke bedingt (Boden, Kapital);
- ein geordnetes, planmäßiges Entscheiden darüber, wie knappe Mittel verwendet werden sollen, um ein Maximum an Bedürfnisbefriedigung zu erzielen.

Das wirtschaftliche Prinzip besagt:

- mit gegebenen Mitteln zu versuchen, einen möglichst großen Ertrag zu erhalten (Maximalprinzip);
- einen gegebenen Ertrag mit möglichst geringen Mitteln anzustreben (Minimalprinzip);
- oder allgemein: das Verhältnis zwischen Ertrag und Einsatz zu maximieren.

Unter „Wirtschaft“ ist zu verstehen:

- die Gesamtheit der Dispositionen über die verfügbaren Güter zum Zwecke einer möglichst weitgehenden Befriedigung der Bedürfnisse, oder
- die Gesamtheit der Einrichtungen und Maßnahmen zur planvollen Deckung des menschlichen Bedarfs an Gütern.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_31,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Der Begriff Bedürfnis lässt sich wie folgt erklären:

Bedürfnis ist das Gefühl oder die Empfindung eines Mangels verbunden mit dem Streben, diesen Mangel zu beseitigen. Das Spannungsverhältnis zwischen der Unbegrenztheit der Bedürfnisse und der Knappheit der Mittel, mit denen die Bedürfnisse befriedigt werden können, bedingt die Notwendigkeit des Wirtschaftens. Bedürfnisarten sind beispielsweise:

- Individual- und Kollektivbedürfnisse,
- Elastische und unelastische Bedürfnisse,
- Kontinuierliche, periodische und aperiodische Bedürfnisse,
- Gegenwärtige und zukünftige Bedürfnisse,
- Offene und latente Bedürfnisse, wobei latente Bedürfnisse auch verborgene Bedürfnisse sind, die mittels geeigneter Werbemaßnahmen zu offenen Bedürfnissen werden können.

Der Bedarf lässt sich von den Bedürfnissen wie folgt abgrenzen:

Es handelt sich hierbei um die objektivierte Summe der Bedürfnisse, bezogen auf ein Gut oder eine Gütergruppe, eine Bevölkerungsschicht oder einen Wirtschaftszweig.

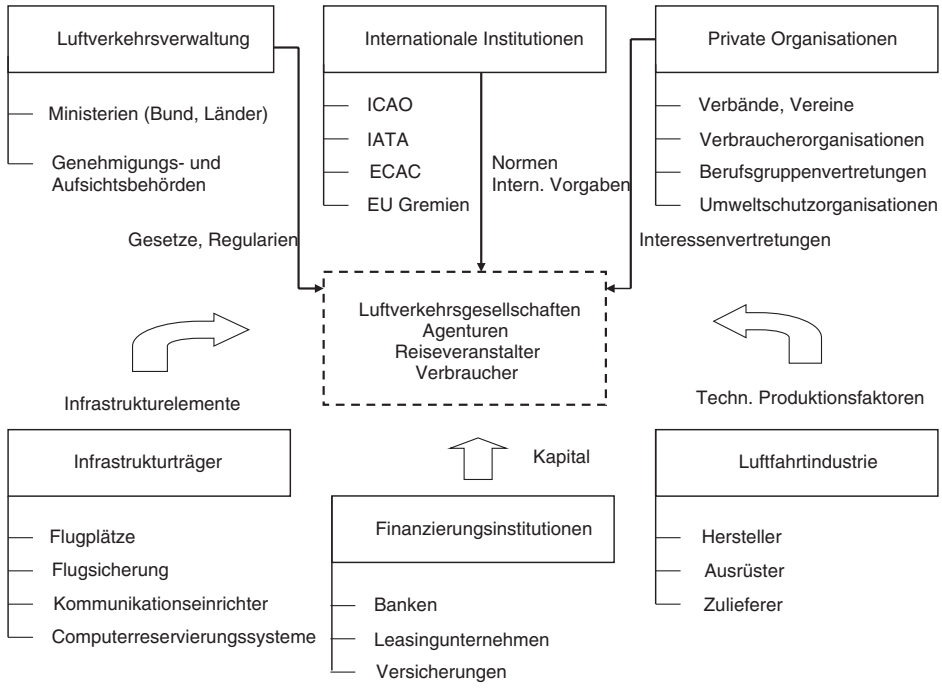


Abb. 31.1 Entscheidungseinheiten (Entscheidungsträger) der Transport-/Verkehrswirtschaft [167]

Unter wirtschaftlichen Gütern versteht man dagegen Mittel der menschlichen Bedürfnisbefriedigung (Sachgüter und Dienstleistungen). Güterarten sind demzufolge:

- freie und wirtschaftliche Güter,
- Konsum- und Produktivgüter,
- Verbrauchs- und Gebrauchsgüter,
- Homogene und heterogene Güter.

Heterogene Güter sind sachlich ungleichartige Güter, die miteinander konkurrieren, da sie in gewissem Maße substituierbar sind (Beispiel: Fluglinienverkehr und Anforderungsverkehr).

Homogene Güter dagegen sind sachlich gleichartige Güter, die vollständig substituierbar sind. (Beispiel: Der Anforderungsverkehr gleicht trotz gesetzlicher Abgrenzung immer mehr dem Fluglinienverkehr, so dass beide Güter homogener werden).

Weiterhin wird unterschieden zwischen komplementären und substituierbaren Gütern sowie teilbaren und nicht teilbaren Gütern.

Die ökonomischen Entscheidungseinheiten (Entscheidungsträger) sind letztendlich die private Haushalte, die Unternehmungen, die Staats- und Gebietskörperschaften, Verbände und supranationale Institutionen. Abbildung 31.1 zeigt die Entscheidungseinheiten (Entscheidungsträger) der Transport-/Verkehrswirtschaft.

Verkehrsleistungserstellung

32

32.1 Begriff der Verkehrsleistung

Unter dem Begriff Verkehrsleistung ist der Transport von Gütern sowie die Beförderung von Personen und Nachrichten zwischen verschiedenen Orten, einschließlich aller für den Transport (die Beförderung) notwendigen Nebenleistungen (Dienstleistungen), die dem Betreiber eines Transportunternehmens (Verkehrsunternehmens) obliegen, zu verstehen.

32.1.1 Verkehrsleistungen nach institutionellen Kriterien

Eine Einteilung der Verkehrsleistung basierend auf institutionellen Kriterien kann erfolgen nach:

- Transportmedien: Wasser, Luft, Raum, Schiene, Straße,
- zu transportierenden Objekten: Personen, Gütern, Nachrichten,
- Transportmitteln: Schiff, Luftfahrzeug, Raumfahrzeug, Bahn, Auto.

32.1.2 Verkehrsleistungen nach funktionalen Kriterien

Eine Einteilung der Verkehrsleistung basierend auf funktionalen Kriterien kann erfolgen nach:

- dem Anteil der Beförderungsaufgabe,
- dem Anteil der Abfertigungsaufgabe,
- dem Anteil der Wegsicherungsaufgabe,
- dem Anteil der Unterstützungsaufgaben (Hilfsfunktionen).

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_32,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

32.1.3 Struktur der Verkehrsleistungen nach Funktionsträgern

32.1.3.1 Verkehrsleistungen der Flugplätze

- Anzahl der gestarteten und gelandeten Luftfahrzeuge pro Zeiteinheit,
- Anzahl der abgefertigten Passagiere pro Zeiteinheit,
- Menge der abgefertigten Fracht pro Zeiteinheit,
- Menge der abgefertigten Poststücke pro Zeiteinheit.

32.1.3.2 Verkehrsleistungen der Flugsicherung

- Anzahl der sicher geführten Überflüge pro Zeiteinheit,
- Anzahl der sicher geführten Starts/Landungen an Flugplätzen,
- Anzahl der durchgeführten Flugberatungen.

32.1.3.3 Verkehrsleistungen der Luftverkehrsunternehmen

Bei der Bemessung der Verkehrsleistungen von Luftfahrtunternehmen die Passagiere, Fracht und Post befördern, ist zwischen angebotener und verkaufter Verkehrsleistung zu unterscheiden. In der angebotenen Verkehrsleistung ist die verfügbare Kapazität des Luftfahrtunternehmens zu sehen (z. B. Anzahl der Sitze pro Flugzeug). Sie wird auch als Betriebsleistung bezeichnet. Die verkaufte Verkehrsleistung ist die am Luftverkehrsmarkt tatsächlich abgesetzte Beförderungsleistung (z. B. Anzahl der verkauften Sitze pro Flugzeug) [45].

Angebotene Verkehrsleistung

Es wird unterschieden zwischen:

- angebotenen Sitzkilometern pro Zeiteinheit (Passagiere),
- angebotenen Tonnenkilometern pro Zeiteinheit (Fracht, Post).

Unter angebotener Passageleistung (Beförderungsleistung von Passagieren) versteht man die maximal verfügbaren Sitze multipliziert mit der Transportdistanz. Als Einheit dient die Bezeichnung SKO (Seat Kilometres Offered) oder ASK (Available Seat Kilometres). Zur Umrechnung in TKO wird eine Passagiermasse (incl. Gepäck) von derzeit 98 Kg/Passagier (Passagier = PAX) für interkontinentale Flüge, und 92 Kg/Passagier für kontinentale Flüge zugrundegelegt.

$$\mathbf{SKO_{max} = Sitze_{max}(t) \times Entfernung\,(km)} \tag{32.1}$$

Die Verkehrsleistung/Beförderungsleistung wird erfasst in transportierter Masse multipliziert mit der Transportdistanz. Bei der angebotenen Verkehrsleistung/Beförder ungsleistung wird die maximal verfügbare Masse zugrundegelegt. Als Einheit dient die

Bezeichnung TKO (Ton Kilometres Offered) oder ATK (Available Ton Kilometres). Die Transportdistanz wird auf der Basis der Großkreisentfernungen festgelegt.

$$\mathbf{TKO_{max} = Nutzlast_{max}(t) \times Entfernung\,(km)} \tag{32.2}$$

Verkaufte Verkehrsleistung (Marktleistung)

Es wird unterschieden zwischen:

- verkauften Sitzkilometern pro Zeiteinheit (Passagiere);
- verkauften Tonnenkilometern pro Zeiteinheit (Übergepäck, Fracht, Post).

Unter der am Luftverkehrsmarkt abgesetzten, verkauften Passageleistung (bezahlte Beförderungsleistung von Passagieren) versteht man die verkauften Sitze multipliziert mit der Transportdistanz. Als Einheit dient die Bezeichnung PKT (Passenger Kilometres Transfered) oder RPK (Revenue Passenger Kilometres).

$$\mathbf{PKT = Sitze_{verkauft}(t) \times Entfernung\,(km)} \tag{32.3}$$

Unter der am Luftverkehrsmarkt abgesetzten, verkauften Frachttonnage versteht man die verkaufte Nutzlast multipliziert mit der Transportdistanz. Als Einheit dient die Bezeichnung FTKT (Freight Ton Kilometres Transfered).

$$\mathbf{FTKT = Nutzlast_{verkauft}(t) \times Entfernung\,(km)} \tag{32.4}$$

Auslastung

Das Verhältnis zwischen der verkauften Verkehrsleistung (Marktleistung) und der angebotenen Verkehrsleistung (Betriebsleistung) wird als Auslastung bezeichnet.

Der Unterscheidung zwischen der Auslastung bei der reinen Personenbeförderung und der Auslastung bei gemischter Personen-, Fracht- und Postbeförderung dienen die Begriffe Sitzladefaktor (SLF) und Nutzladefaktor (NLF) (vgl. Gl. 1.5 und 1.6).

$$\mathbf{Sitzladefaktor\ (SLF)} = \frac{\mathbf{Verkaufte\ Sitzkilometer\ (PKT)}}{\mathbf{Angebotene\ Sitzkilometer\ (SKO)}} \times \mathbf{100} \tag{32.5}$$

$$\mathbf{Nutzladefaktor\ (NLF)} = \frac{\mathbf{Verkaufte\ Tonnenkilometer\ (TKT)}}{\mathbf{Angebotene\ Tonnenkilometer\ (TKO)}} \times \mathbf{100} \tag{32.6}$$

Ein wichtiger Begriff in der Verkehrswirtschaft ist auch der „break even load factor". Er gibt an, bei welcher Nutzlast (bei welchem Nutzladefaktor) die Gewinnschwelle erreicht wird. Der „break even load factor" variiert von Luftverkehrsgesellschaft zu Luftverkehrsgesellschaft, da er in hohem Maße von der Kostenstruktur der jeweiligen Luftverkehrsgesellschaft abhängig ist.

Allgemeine Verkehrsleistungsgrößen

Weitere Verkehrsleistungsgrößen, die als Ausgangsgrößen für die Verkehrsleistungserstellung zu sehen sind, oder zur vergleichenden Betrachtung von Luftverkehrsunternehmen dienen, sind:

- Anzahl der Flüge pro Zeiteinheit,
- Flugkilometer pro Zeiteinheit,
- Blockstunden[a] pro Zeiteinheit,
- beförderte Passagiere pro Zeiteinheit,
- beförderte Fracht (t) pro Zeiteinheit,
- beförderte Post (t) pro Zeiteinheit.

[a]Die Blockzeit entspricht dem Zeitraum zwischen dem Anlassen der Triebwerke und dem Abschalten der Triebwerke nach Beendigung der Mission eines Luftfahrzeuges. Die Anzahl der Blockstunden pro Luftfahrzeug wird als Ausnutzung (Beschäftigung) des Luftfahrzeuges bezeichnet. (Zeiteinheit = Jahr, Monat, Tag, oder Stunde).

Nachfragestrukturen nach Verkehrsleistungen

33

33.1 Charakterisierung des Luftverkehrsmarktes

Die nach außen gerichteten Transaktionen von Luftverkehrsgesellschaften finden auf Märkten statt. Der Marktbegriff lässt sich aus volkswirtschaftlicher, betriebswirtschaftlicher und systemtheoretischer Sicht präzisieren. Aus wirtschaftswissenschaftlicher Sicht versteht man hierunter „den ökonomischen Ort des Tausches, an dem sich durch Zusammentreffen von Angebot und Nachfrage die Preisbildung vollzieht". Angebot und Nachfrage beziehen sich dabei auf ein Produkt oder eine Dienstleistung.

Aus systemtheoretischer Sicht ist der Markt als Zwischensystem aufzufassen. Die Funktion dieses Systems ist die Herbeiführung eines Konsenses über die Bedingungen für Transaktionen (Käufe und Verkäufe) zwischen Anbietern und Nachfragern

Die Abgrenzung dieses Zwischensystems ist dabei variabel. Luftverkehrsmärkte können z. B. nach räumlichen oder zeitlichen Kriterien gegliedert werden. Systemtheoretisch interessant ist lediglich die Tatsache, dass zwischen den Marktpartnern Kommunikationsprozesse ablaufen, in deren Mittelpunkt Vertragsabschlüsse über Transaktionsbedingungen stehen (z. B. der Ticketpreis für die Beförderung von A nach B).

33.2 Marktzugang

Der Zugang zu Märkten kann faktisch oder juristisch beschränkt sein. Man spricht von offenen oder geschlossenen Märkten. Geschlossene Märkte sind oft das Resultat einer mengenmäßigen Kontingentierung oder einer Konzessionierung. Der Luftverkehrsmarkt ist beispielsweise durch die Genehmigungspflicht für den gewerblichen Luftverkehr kontingentierbar. Die Marktzugangsregulierungen nach deutschem Luftrecht sind nachfolgend aufgezeigt:

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_33,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Im § 20 LuftVG ist zunächst die Betriebsgenehmigung geregelt, d. h.

(1) Juristische oder natürliche Personen sowie Personenhandelsgesellschaften bedürfen für:
   1. gewerbsmäßige Rundflüge in Luftfahrzeugen, mit denen eine Beförderung nicht zwischen verschiedenen Punkten verbunden ist,
   2. die gewerbsmäßige Beförderung von Personen und Sachen mit Ballonen einer Betriebsgenehmigung (Luftfahrtunternehmen). Der Genehmigungspflicht unterliegt auch die nichtgewerbsmäßige Beförderung von Fluggästen, Post u./o. Fracht mit Luftfahrzeugen gegen Entgelt; ausgenommen hiervon sind Flüge zum Absetzen von Fallschirmspringern und mit Luftfahrzeugen, die für höchstens vier Personen zugelassen sind. Satz 1 Nr. 1 und Satz 2 gelten nicht für Luftsportgeräte.

(2) Die Genehmigung kann mit Nebenbestimmungen versehen werden. Die Genehmigung ist zu versagen, wenn Tatsachen die Annahme rechtfertigen, dass die öffentliche Sicherheit oder Ordnung gefährdet werden kann, insbesondere wenn der Antragsteller oder andere für die Beförderung verantwortliche Personen nicht zuverlässig sind. Die Genehmigung ist zu versagen, wenn die für den sicheren Luftverkehrsbetrieb erforderlichen finanziellen Mittel oder entsprechende Sicherheiten nicht nachgewiesen werden. Die Genehmigung kann versagt werden, wenn Luftfahrzeuge verwendet werden sollen, die nicht in der deutschen Luftfahrzeugrolle eingetragen sind oder nicht im ausschließlichen Eigentum des Antragstellers stehen. Der deutschen Luftfahrzeugrolle gleichgestellt sind Eintragungsregister von Staaten im Geltungsbereich des Luftverkehrsrechts der Europäischen Gemeinschaft.

(3) Die Genehmigung ist zu widerrufen, wenn die Voraussetzungen für ihre Erteilung nachträglich nicht nur vorübergehend entfallen sind. Die Genehmigung kann widerrufen werden, wenn die erteilten Auflagen nicht eingehalten werden. Sie ist zurückzunehmen, wenn die Voraussetzungen für ihre Erteilung nicht vorgelegen haben. Das Ruhen der Genehmigung auf Zeit kann angeordnet werden, wenn dies ausreicht, um die Sicherheit und Ordnung des Luftverkehrs aufrechtzuerhalten. Die Genehmigung erlischt, wenn von ihr länger als sechs Monate kein Gebrauch gemacht worden ist.

(4) Luftfahrtunternehmen, die dem Luftverkehrsrecht der Europäischen Gemeinschaft unterliegen, bedürfen zur Beförderung von Fluggästen, Post oder Fracht im gewerblichen Flugverkehr einer Betriebsgenehmigung gemäß Artikel 3 Absatz 1 der Verordnung (EG) Nr. 1008/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. September 2008 über gemeinsame Vorschriften für die Durchführung von Luftverkehrsdiensten in der Gemeinschaft (ABl. L 293 vom 31.10.2008, S. 3). Die Absätze 2 und 3 gelten entsprechend, soweit dem nicht die in Satz 1 genannte Verordnung der Europäischen Gemeinschaft entgegensteht.

§ 21 LuftVG regelt die Flugliniengenehmigung und die Streckengenehmigung, d. h.:

(1) Luftfahrtunternehmen, die Personen oder Sachen gewerbsmäßig durch Luftfahrzeuge auf bestimmten Linien öffentlich und regelmäßig befördern (Fluglinienverkehr), bedürfen

dafür außer der Genehmigung nach § 20 Abs. 1 einer besonderen Genehmigung (Flugliniengenehmigung). Die Flugliniengenehmigung soll die Bedingungen berücksichtigen, die in den Vereinbarungen zwischen der Bundesrepublik Deutschland und anderen Staaten, in denen der Fluglinienverkehr durchgeführt wird, festgelegt sind. § 20 Abs. 2 Satz 1 und Abs. 3 findet entsprechende Anwendung. Die Flugliniengenehmigung kann versagt werden, wenn durch den beantragten Fluglinienverkehr öffentliche Interessen beeinträchtigt werden.

(2) Flugpläne, Beförderungsentgelte und Beförderungsbedingungen sind der Öffentlichkeit zugänglich zu machen und der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen. Die Anwendung von Flugplänen, Beförderungsentgelten und Beförderungsbedingungen kann ganz oder teilweise untersagt werden, wenn dadurch die öffentlichen Verkehrsinteressen nachhaltig beeinträchtigt werden. Luftfahrtunternehmen, die Fluglinienverkehr betreiben, sind außer im Falle der Unzumutbarkeit jedermann gegenüber verpflichtet, Beförderungsverträge abzuschließen und ihn im Rahmen des veröffentlichten Flugplanes zu befördern. Den Beförderungsverträgen sind die veröffentlichten Beförderungsentgelte und Beförderungsbedingungen zu Grunde zu legen, soweit sie nicht nach Satz 2 ganz oder teilweise untersagt sind. Im Übrigen werden Beförderungsentgelte und Beförderungsbedingungen von den Parteien des Beförderungsvertrages frei vereinbart. Von den der Öffentlichkeit bekannt gemachten Beförderungsentgelten und Beförderungsbedingungen kann zugunsten der Vertragspartner der Luftfahrtunternehmen abgewichen werden.

(3) Beförderungsverpflichtungen aufgrund anderweitiger gesetzlicher Vorschriften bleiben unberührt.

§ 21a LuftVG regelt die Betriebsgenehmigung zur Durchführung von Fluglinienverkehr, d. h. Luftfahrtunternehmen, die ihren Hauptsitz nicht im Geltungsbereich des Luftverkehrsrechts der Europäischen Gemeinschaft haben, bedürfen einer Betriebsgenehmigung zur Durchführung von Fluglinienverkehr von und nach der Bundesrepublik Deutschland. § 2 Abs. 9 und § 21 Abs. 1 Satz 2 bis 4 und Abs. 2 und 3 finden entsprechende Anwendung.

§ 22 LuftVG regelt den Gelegenheitsverkehr. Im gewerblichen Luftverkehr, der nicht Fluglinienverkehr ist (Gelegenheitsverkehr), kann die Genehmigungsbehörde Bedingungen und Auflagen festsetzen oder Beförderungen untersagen, soweit durch diesen Luftverkehr die öffentlichen Verkehrsinteressen nachhaltig beeinträchtigt werden. Die Genehmigung von Gelegenheitsverkehr durch Luftfahrtunternehmen mit Sitz außerhalb des Geltungsbereichs des Luftverkehrsrechts der Europäischen Gemeinschaft kann vom Bestehen der Gegenseitigkeit abhängig gemacht werden. Der Luftverkehr durch die in Satz 2 und die in § 23a Satz 2 genannten Luftfahrtunternehmen mit anderen Staaten kann untersagt werden oder mit Nebenbestimmungen versehen werden, sofern dies zum Schutze vor nachteiligen Auswirkungen für Luftfahrtunternehmen mit Sitz im Geltungsbereich dieses Gesetzes erforderlich ist.

§ 23 LuftVG regelt den Inlandsverkehr. Vorbehaltlich des Luftverkehrsrechts der Europäischen Gemeinschaft kann die gewerbsmäßige Beförderung von Personen und

Sachen durch Luftfahrzeuge zwischen Orten des Inlands deutschen Luftfahrtunternehmen vorbehalten werden.

§ 23a LuftVG sieht Beschränkungen für ausländische Luftfahrtunternehmen vor. Für den Betrieb der Luftfahrtunternehmen, die ihren Hauptsitz außerhalb des Geltungsbereichs des Luftverkehrsrechts der Europäischen Gemeinschaft haben, kann die Genehmigungsbehörde zur Herstellung und Gewährleistung der Gegenseitigkeit über die Vorschriften der §§ 20—23 hinaus der Art und Wirkung nach gleiche Beschränkungen festsetzen, denen Luftfahrtunternehmen, die ihren Hauptsitz im Geltungsbereich dieses Gesetzes haben, im Heimatstaat jener Unternehmen unterliegen. Gleiches gilt vorbehaltlich des Luftverkehrsrechts der Europäischen Gemeinschaft für Luftfahrtunternehmen, die ihren Hauptsitz innerhalb des Geltungsbereichs des Gemeinschaftsrechts haben, soweit sie Luftverkehr zwischen der Bundesrepublik Deutschland und Staaten außerhalb des Geltungsbereichs des Gemeinschaftsrechts durchführen.

§ 23b LuftVG regelt die Ermittlungen der Genehmigungsbehörde.

(1) Soweit dies zur vorherigen Prüfung und zur ständigen Kontrolle der Einhaltung der Genehmigungsvoraussetzungen erforderlich ist, kann die Genehmigungsbehörde:
   1. Ermittlungen anstellen, auch Einsicht in die Bücher und Geschäftspapiere einschließlich der Unterlagen über den Einsatz von Luftfahrzeugen nehmen, und zwar bei
      a) Haltern von Luftfahrzeugen anlässlich gewerblicher Beförderung,
      b) allen an der Beförderung Beteiligten,
      c) den Beteiligten an Verträgen über gewerbliche Beförderungen und
      d) den Betreibern von Platzreservierungssystemen;
   2. von den in Nummer 1 genannten Beteiligten und den in deren Geschäftsbereichen tätigen Personen Auskunft über alle Tatsachen verlangen, die für die Durchführung der Prüfung und der Kontrolle von Bedeutung sind. Der um Auskunft Ersuchte kann die Auskunft auf solche Fragen verweigern, deren Beantwortung ihn selbst oder einen der in § 383 Abs. 1 Nr. 1—3 der Zivilprozessordnung bezeichneten Angehörigen der Gefahr strafrechtlicher Verfolgung oder eines Verfahrens nach dem Gesetz über Ordnungswidrigkeiten aussetzen würde;
   3. den Start von Luftfahrzeugen solange untersagen, bis sie ihre Kontrollen beendet hat
(2) Die Inhaber der Genehmigungen oder ihre Vertreter, bei juristischen Personen, Gesellschaften und nichtrechtsfähigen Vereinen die nach Gesetz oder Satzung zur Vertretung berufenen Personen, sind verpflichtet, die verlangten Auskünfte zu erteilen, die geschäftlichen Unterlagen vorzulegen und die Prüfung dieser geschäftlichen Unterlagen sowie das Betreten von Geschäftsräumen und -grundstücken zu dulden.

Die Anbieter- und Nachfragerstruktur (Zahl der am Markt beteiligten Anbieter und Nachfrager) bestimmt das Marktgeschehen maßgeblich. Luftverkehrsmärkte stellen in der Regel Anbieteroligopole oder -monopole und Nachfragerpolypole dar.

33.3 Vollkommenheitsgrad des Marktes

Es wird zwischen vollkommenen oder unvollkommenen Märkten unterschieden. Ein vollkommener Markt gehorcht dem Gesetz der Unterschiedslosigkeit, d. h. er unterliegt folgenden Bedingungen (ein unvollkommener Markt verletzt eine oder mehrere dieser Bedingungen):

- Homogenität (Gleichartigkeit) der gehandelten Wirtschaftsgüter, Präferenzlosigkeit aller Marktteilnehmer;
- Unendlich schnelle Reaktionsgeschwindigkeiten aller Marktteilnehmer auf Veränderungen einzelner Marktgrößen (Angebotspreis, -menge, Kaufkraft und Dringlichkeit der Nachfrage);
- Punktförmigkeit des Marktes (absolute Markttransparenz);
- Alle Marktteilnehmer handeln nach dem erwerbswirtschaftlichen Prinzip.

33.4 Arten von Luftverkehrsmärkten

Allgemein definiert ist ein Markt der ökonomische Ort des Tausches, an dem sich durch Zusammentreffen von Angebot und Nachfrage Preise bilden. Angebot und Nachfrage beziehen sich dabei auf ein Produkt oder eine Dienstleistung.

Ein Luftverkehrsmarkt ist nach dieser Definition der ökonomische Ort, an dem luftverkehrliche Beförderungsleistungen angeboten und nachgefragt werden. Unter den Gesetzmäßigkeiten der freien Marktwirtschaft bilden sich durch Angebot und Nachfrage Preise für die Beförderungsleistungen.

33.4.1 Isolierte Märkte (City-Pairs)

Die einfachste räumliche Beschreibung von isolierten Luftverkehrsmärkten (City-Pairs) zeigt die Abb. 33.1

In der Abb. 33.1 werden vier verschiedene City-Pair Märkte dargestellt:

M_1: Markt A–B; Nachfrage nach Beförderungsleistungen von A nach B und zurück.
M_2: Markt B–A; Nachfrage nach Beförderungsleistungen von B nach A und zurück.
M_3: Markt A–C; Nachfrage nach Beförderungsleistungen von A nach C und zurück.
M_4: Markt C–A; Nachfrage nach Beförderungsleistungen von C nach A und zurück.

Es wird ersichtlich, dass ein Markt für Beförderungsleistungen von A nach B und zurück existiert. Die Region B kann größer, aber auch kleiner als die Region A sein. Die räumliche Abgrenzung der Marktregionen hängt vom Reisezweck ab. Für Geschäftsreisende kann B

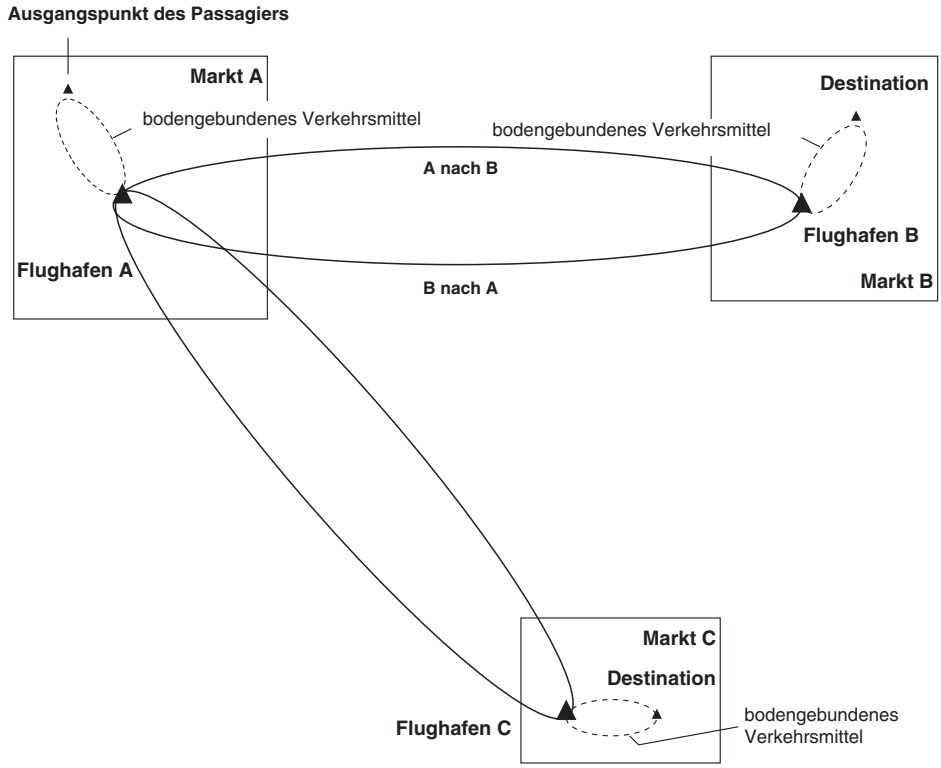


Abb. 33.1 City Pairs

so z. B. aufgrund bestimmter Bedingungen eine kleinere räumliche Ausdehnung haben als für Freizeitreisende (Touristen).

Ein weiterer Markt für Beförderungsleistungen ist die Verkehrsrelation A–C. Dieser Luftverkehrsmarkt ist von A–B ökonomisch unabhängig. Die Preise für Beförderungsleistungen des Marktes A–B haben also keinen Einfluss auf die Preise und Mengen des Marktes A–C und umgekehrt. Das Maß der Abhängigkeit der Nachfrage eines Gutes vom Preis eines anderen Gutes bezeichnet man als Kreuzpreiselastizität der Nachfrage. Die Kreuzpreiselastizität zwischen beiden Produkten ist hier gleich null. Die Märkte M_1 und M_2 bzw. M_3 und M_4 werden als „entgegengesetzte Märkte" bezeichnet. Das Markvolumen dieser entgegengesetzten Märkte muss nicht identisch sein. Die Märkte sind nicht symmetrisch. Ebenso können unpaarige Verkehrsströme auf einem Markt, z. B. M_1, auftreten. Zu beachten ist weiterhin, dass ein Luftverkehrsmarkt sich nach dieser Definition aus zwei verschiedenen Produkten zusammensetzt, z. B. A–B und B–A. Diese Produkte sind für Rundreisende komplementär.

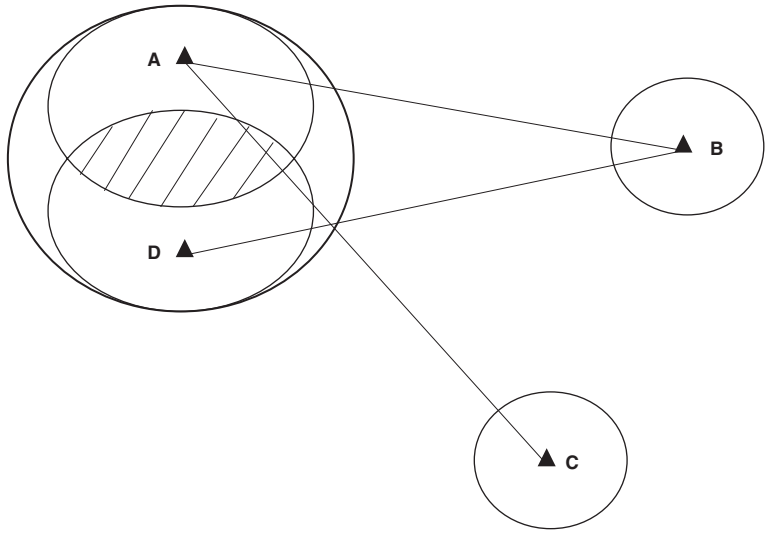


Abb. 33.2 Ökonomisch abhängige Märkte

33.4.2 Ökonomisch abhängige Märkte

Für den Fall, dass eine Region mehrere gleichwertige Flughäfen besitzt, stehen mehrere Luftverkehrsmärkte in Konkurrenz miteinander. Die räumliche Beziehung zwischen diesen Märkten zeigt die Abb. 33.2.

Die angebotenen Beförderungsleistungen A–B und D–B und zurück konkurrieren miteinander. In diesem Fall kann nicht mehr von unabhängigen, isolierten Märkten gesprochen werden, da Preisänderungen auf der Verkehrsrelation A–B zu Mengenänderungen auf der Verkehrsrelation D–B und umgekehrt führen. Die Kreuzpreiselastizität ist hier größer als Null.

Durch Preisänderungen auf einer Verkehrsrelation werden insbesondere Passagiere in dem schraffiert dargestellten Bereich angesprochen. In diesem Bereich besteht offensichtlich kein relevanter Zeitvorteil bei der Auswahl eines bestimmten Flugplatzes. Mengenänderungen auf einer bestimmten Verkehrsrelation werden aber nicht nur durch den Preis hervorgerufen. Einen Einfluss auf das Nachfragevolumen haben auch:

- Frequenzangebot,
- Kapazität des Flugplatzes,
- Serviceleistungen des Flugplatzes,
- Anfahrtszeiten zum Flugplatz.

33.4.3 Verbundene Luftverkehrsmärkte

Diese Art von Luftverkehrsmärkten ist typisch für Hub-and-Spoke Systeme. Die Abb. 33.3 zeigt die Interrelation von Markt A–B (Direktverbindung) und A–C bzw. A–C–B (indirekte Verbindung).

Offensichtlich ist die Anzahl der beförderten Passagiere auf der indirekten Verbindung (A–C–B) von A nach B größer als bei einer direkten Verbindung von A nach B. Die Reisenden von A nach B werden zusammen mit den Reisenden von A nach C transportiert. Hierdurch werden Betriebsgrößeneffekte (Economies-of-Scale) durch den Einsatz größeren Fluggerätes realisiert. Die damit verbundenen (Stück-) Kostenvorteile können zu Preissenkungen führen.

Auf diese Weise könnte die teurere, aber zeitgünstigere Direktverbindung entfallen. Wie hoch der Preisunterschied sein muss, hängt von der Höhe des Zeitnachteils der indirekten Verbindung ab.

Die Reaktion von Preisänderungen auf A–C–B auf Mengenänderungen auf A–B wird durch die entsprechende Kreuzpreiselastizität ausgedrückt.

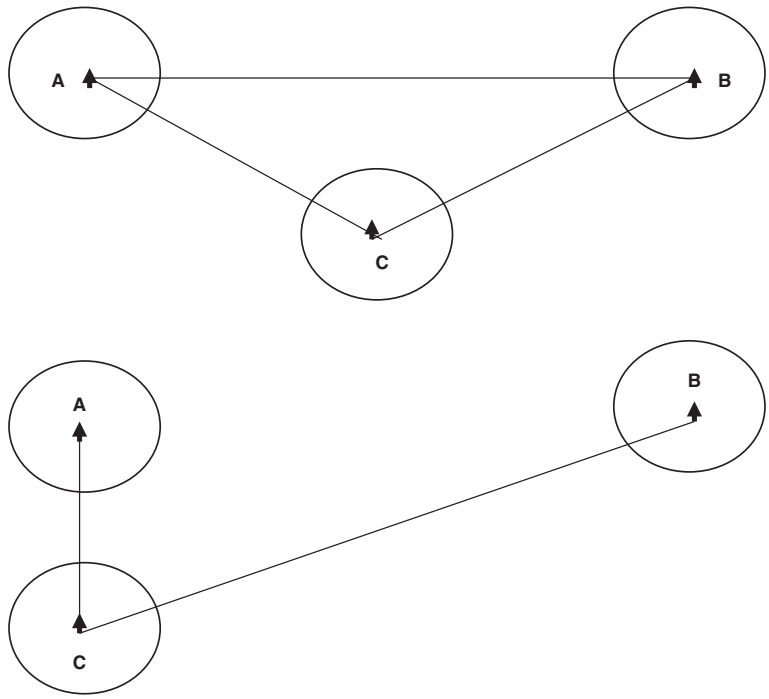


Abb. 33.3 Verbundene Luftverkehrsmärkte

33.5 Segmentierung der Luftverkehrsmärkte

33.5.1 Zielsetzung einer Marktsegmentierung

Bei der Marktsegmentierung handelt es sich um die Aufteilung des Gesamtmarktes in homogene Käufergruppen bzw. -segmente. Die einzelnen Segmente sollen dabei möglichst homogen in sich und heterogen untereinander sein.

Hauptziel der Marktsegmentierung ist es dabei, die Unterschiede zwischen den Käufern darzulegen, um daraus Schlussfolgerungen im Hinblick auf eine differenzierte Marktbearbeitung zu ziehen (Identifikation von Zielgruppen). Hieraus ableitbare Zielsetzungen sind:

- die Erreichung eines hohen Grades an Attraktivität der angebotenen Marktleistung gegenüber einer bestimmten Menge von Käufern,
- die Durchführung der differenzierten Marktbearbeitung.

Gesichtspunkte, anhand derer eine Marktsegmentierung durchgeführt werden kann, sind demographische, psychographische oder soziographische Merkmale. Für den Luftverkehr relevant sind Unterscheidungen bezüglich des Reiseanlasses oder der Länge der Reise, da die Luftverkehrsnachfrage als derivate Größe angesehen werden kann. Gemäß dieser Betrachtungsweise erscheint eine Segmentierung des Luftverkehrsmarktes nach dem Reisezweck, d. h. nach dem kaufverhaltensorientierten Anlass sinnvoll. Die beiden Segmente Fracht- und Passagierluftverkehr lassen sich in weitere, bezüglich der Anforderungen an die Verkehre, homogene Gruppen einteilen.

33.5.2 Der Passagiermarkt

Innerhalb des Passagiermarktes lassen sich wiederum die Segmente Geschäfts- und Privatreisen unterscheiden. Zu den Geschäftsreisen, die betrieblich veranlasst sind und deren Kosten vom Arbeitgeber getragen werden, gehören außer den Geschäftsreisen im engeren Sinne, das sind Reisen zu Besprechungen, Konferenzen, Verkaufverhandlungen, temporären Arbeitsstellen etc., auch Incentive-, Messe- und Kongressreisen sowie kombinierte Geschäfts- und Privatreisen.

Die Privatreisen sind wiederum unterteilbar in Urlaubsreisen und das Personal Travel Segment. Das Personal Travel Segment, auch VFR-Reisen (Visiting Friends and Relatives*)* genannt, besitzt als wichtige Untergruppe die Reisen, die in dringenden Familienangelegenheiten durchgeführt werden. Dazu gehören beispielsweise nicht verschiebbare Familienangelegenheiten oder auch die sonstigen Besuchsreisen zu Verwandten und Freunden. Ebenfalls zum Bereich des Personal Travel zählen die Reisen von Gastarbeitern, Auslandsstudenten, Auswanderern, Pilgern sowie Reisen, die aus Gesundheitsgründen durchgeführt werden.

33.5.2.1 Der Geschäftsreisemarkt

Das Geschäftsreisesegment umfasst Reisen, die direkt mit dem Beruf einer Person verbunden sind und die nicht aus dem persönlichen Einkommen bezahlt werden. Für die Flugliniengesellschaften bilden die Geschäftsreisen hinsichtlich Flugplan und Erträgen mit die wichtigste Kundengruppe. Weitere Charakteristika von Geschäftsreisen sind:

- Die Reisen werden aufgrund von Anlässen unternommen, die den Ticketpreis relativ unwichtig erscheinen lassen (schnellstmögliche Beförderung vor dem Hintergrund des Verhältnisses „Reisekosten“ zu „Zweck der Reise“);
- Höhere Ausgabebereitschaft bei gleichzeitig geringerer Reaktion auf Preisänderungen der Geschäftsreisenden aufgrund der Verkehrswertigkeit des Luftverkehrs. Das ist insbesondere die hohe Transportgeschwindigkeit, d. h. des Zeitvorteils (Verschiebung des Verhältnisses „Kosten“ zu „Aufwand“ zugunsten des Transportmittel Flugzeug trotz höherer Preise);
- Die Reisekosten werden nicht aus dem persönlichen disponiblen Einkommen bezahlt d. h. der Geschäftsreisende reist in seiner Funktion als Arbeitnehmer;
- Es finden sowohl vorausgeplante Reisen als auch ad-hoc-Verkehre statt, wobei zu erstgenannten Reisen Konferenzen, Kongresse u. a. zählen, zu letztgenannten beispielsweise kurzfristige Geschäftstermine wie Verhandlungsgespräche oder Kundenbesuche;
- Die Nachfrage korreliert sehr stark mit dem internationalen Handelsvolumen und mit dem Grad der internationalen Arbeitsteilung;
- Es sind keine saisonalen Abhängigkeiten zu verzeichnen.

Geschäftsreisende sind als Vielflieger potentielle Dauerkunden. Annähernd zwei Drittel der Geschäftsreisenden unternehmen dabei mehr als fünf internationale Flugreisen pro Jahr. Der Fluglinienverkehr wird von dieser Personengruppe auch für private Besuchs- oder Urlaubsreisen dem Charterverkehr vorgezogen. Oberste Priorität der Luftverkehrsgesellschaften ist es daher, die vielfliegenden Vollzahler an das eigene Unternehmen zu binden, z. B. mit Hilfe von Vielfliegerprogrammen.

33.5.2.2 Der Privatreisemarkt

Im Privatreisemarkt unterscheidet man zwischen Urlaubsreisen und dem Personal Travel Segment.

Das Urlaubsreisesegment umfasst Konsumenten, die ihre Reise aus ihrem persönlichen Einkommen bezahlen. Die Urlaubsreise wird in der Regel im voraus geplant und findet nicht während der Arbeitszeit statt. Weitere Charakteristika von Urlaubsreisen sind:

- Es besteht in der Regel kein unmittelbarer wirtschaftlicher oder zeitlicher Zwang zur Benutzung des Flugzeuges;
- Längerfristige Vorausplanung und frühe Buchung der Reise;
- Die Reise wird voll aus dem disponiblen Einkommen und den Ersparnissen bezahlt und kann nicht steuerlich abgesetzt werden;
- Serviceanforderungen, Sitzverfügbarkeit, Flexibilität oder Flugfrequenz haben eine im Vergleich zu anderen Marktsegmenten geringere Bedeutung als ein günstiger Flugpreis;

- Die Nachfrage korreliert sehr stark mit dem verfügbaren Haushaltseinkommen, der Ausgabebereitschaft sind individuelle und absolute Grenzen gesetzt;
- Bei einem Teil der Urlaubsziele besteht die Möglichkeit, das Flugzeug durch preiswertere bodengebundene Verkehrsmittel bzw. weiter entfernte Urlaubsgebiete durch nähergelegene zu ersetzen.

Unter das Personal Travel Segment fallen arbeitsplatzbedingte Reisen, die aus der räumlichen Trennung von Wohnort und Arbeitsstelle resultieren und Besuchsreisen zu Freunden und Verwandten (auch „ethnische Verkehre" genannt). Weitere Charakteristika von Personal Travel Reisen sind:

- Es finden sowohl Ad-hoc-Verkehre im Falle dringender Familienangelegenheiten als auch geplante Verkehre (zu Besuchszwecken) statt;
- Das Reisemotiv stellt größtenteils hohe Anforderungen an die Reisezeit;
- Die Reise wird voll aus dem disponiblen Einkommen bezahlt und kann steuerlich nicht abgesetzt werden;
- Es besteht zum Teil ein gewisser Zwang zur Reise;
- In Bezug auf Produktanforderungen stehen hier in der Regel Preiskriterien vor qualitativen Ansprüchen.

Aus diesen unterschiedlichen Untergliederungen des Segments Passagiermarkt lassen sich unterschiedliche Anforderungen der jeweiligen Nachfrager an das Produkt „Flugreise" ableiten. Dieses erfordert von den Luftverkehrsgesellschaften im Rahmen ihrer Marketingstrategien einen differenzierten Einsatz ihrer produkt- und preispolitischen Instrumentarien. In der Vergangenheit führte dieser Einsatz zu:

- der Entwicklung der beiden Verkehrsarten Fluglinienverkehr und Charterflug (mit derzeit stattfindender Angleichung beider Produkte),
- zur Einrichtung von verschiedenen Beförderungsklassen, und
- zu einer Preisdifferenzierung im Fluglinienverkehr, bei der das gleiche Produkt „Lufttransport einer Person von einem Ort A zu einem Ort B" zu unterschiedlichen Preisen verkauft wurde (heute verstärkter Einsatz von Produktdifferenzierungen).

Die Bedürfnisstrukturen der Passagiere (Kunden) sind beispielhaft der Tab. 33.1 zu entnehmen.

Die unterschiedlichen Ansprüche zwischen Geschäftsreisenden und Privatreisenden zeigen sich in unterschiedlichen Ausprägungen der angeführten Parameter.

Um den unterschiedlichen Wünschen der Passagiere nachzukommen, bieten die meisten Luftverkehrsgesellschaften mehrere Klassen (Produkte) an. So zielt die First- und Business-Class (je nach Luftverkehrsgesellschaft gibt es verschiedene Bezeichnungen) auf die Bedürfnisse der Geschäftsreisenden ab.

Es zeigt sich allerdings, dass auch Geschäftsreisen in zunehmendem Maße preisbewusst durchgeführt werden. Viele Konzerne werden kostenbewusster und ändern ihre

Tab. 33.1 Beispielhafte Bedürfnisstrukturen der Passagiere (Kunden)

Transportspezifische qualitative Bedürfnisse	Persönliche Bedürfnisse
Streckennetz, Zielauswahl	Reiseberatung, Reisepaket
Frequenzen, Abflugtage, Abflugzeiten	Betreuung v. d. Boarding (Lounges)
Pünktlichkeit, Sicherheit, Zuverlässigkeit	Betreuung während des Fluges
Sitzkomfort	Informationen über den Flugverlauf
Flugzeugmuster, Ausgestaltung des Flugzeugs	Infos zum Zielort oder Weiterflug
Bordservice (Essen, Getränke)	
Unterhaltungsprogramme, Informationen	
Möglichkeiten des Arbeitens oder Entspannens	
Ergänzende Dienstleistungen (Mietwagen etc.)	

Reiseordnungen. Geschäftsreisende reisen in vielen Ländern nicht mehr in der Business-, sondern in der Economy-Class.

Privatreisende orientierten sich fast ausschließlich am Preis. Sie sind auf der Suche nach dem „best buy“ und differenzieren kaum zwischen einer „Qualitäts“-Fluggesellschaft und einer „no-name“ – Fluggesellschaft. Im europäischen Luftverkehr ist festzustellen, dass das Segment der Privatreisenden schneller wächst als das Segment der Geschäftsreisenden.

33.5.3 Der Luftfrachtmarkt

Die heutige Luftfracht umfasst eine große Vielfalt von Transportgütern. Die Luftfrachtfähigkeit befindet sich aus Kostengründen im Bereich der Massengüter mit niedriger Masse pro Masseeinheit oder im Bereich hochwertiger Güter.

Zu Beginn des Luftfrachttransportes verstand man unter dem Begriff Luftfracht zeitkritische Güter und verderbliche Güter. Im engeren Sinne waren dies Blumen, Nahrungsmittel etc, im weiteren Sinne Zeitungen und Zeitschriften (Aktualität!) und beispielsweise transportempfindliche Tiere, wie Eintagesküken, tropische Tiere etc. Heute machen diese Sendungen lediglich einen gewissen Prozentsatz des Gesamtfrachtaufkommens aus. Die Vorteile der Luftfrachtbeförderung liegen in:

- der Schnelligkeit, d.h. nahezu jedes Gut ist innerhalb von 2–3 Tagen auf allen Märkten der Welt verfügbar;
- den Einsparmöglichkeiten bei der Verpackung, d.h. anstelle umfangreicher und schwerer Verpackungen (wie beim Land- oder Seetransport) ist oft keine oder eine nur leichte Verpackung erforderlich;
- den Lagerkosten, d. h. Reduzierung oder Wegfall der Bestände;

- den niedrigen Versicherungsprämien, d. h. kurze Transportzeit, weniger Umladungen, beschränktes Transportrisiko;
- dem schnelleren Kapitalumschlag und daraus folgend z. B. ein Zinsgewinn;
- der Flexibilität in der Disposition und schnelle Präsenz auf den Weltmärkten;
- der vereinfachten Dokumentation durch Ausstellung eines einzigen Beförderungs-Dokuments (Air Waybill (Luftfrachtbrief)).

Der heutige Versender von Luftfracht hat ein komplettes weltweites Luftfracht-Streckennetz zu seiner Disposition. Die Luftverkehrsgesellschaften bieten wesentlich mehr an als nur Frachtraum. Neben dem eigentlichen Lufttransport fallen weitere Dienstleistungen an, darunter:

- Versand-Vorbereitungen, Transferierung an andere Luftverkehrsgesellschaften;
- Zollabfertigung;
- Abfertigung am Empfangsflughafen;
- Transport vom Flughafen zum Empfänger etc. (z. B. „door to door service“).

Für einen Großteil dieser Dienste stehen jedoch u. a. die Luftfrachtagenten (Spediteure) und Sammellader (Consolidator's) zur Verfügung.

Die Voraussetzung für ein reibungsloses Funktionieren des globalen Luftfrachtsystems ist die Standardisierung der Vorgänge (Abfertigung, Verrechnungsprozeduren, Vorschriften, Verantwortung, Haftung u. a.). Die wichtigsten Grundlagen dazu sind:

- Das Interline Agreement Cargo (multilateral über die IATA oder bilateral);
- Einheitliche Haftung laut Warschauer Abkommen und Folgeabkommen;
- Erleichterung der Formalitäten für Luftfrachtsendungen (Empfehlungen im ICAO Annex 9);
- standardisierter Luftfrachtbrief (Air Waybill).

Innerhalb des Frachtmarktes unterscheidet man die Segmente Emergency-Traffic, Routine-Perishable-Traffic und General Cargo.

Das Marktsegment Emergency-Traffic umfasst Frachtgüter, die kurzfristig aufgrund einer Notlage transportiert werden müssen, z. B. dringend benötigte Medikamente oder Anlagen / Ersatzteile. Weitere Charakteristika des Emergency-Traffic sind:

- es besteht ein unbedingter Zwang zur Reise oder zum Lufttransport;
- es treten Ad-hoc-Verkehre sowie geplante Verkehre auf;
- die Reisekosten sind in der Regel betrieblicher Aufwand;
- es bestehen hohe Anforderungen an die Transportqualität;
- es existiert ein hohes Maß an Abhängigkeit vom Grad internationaler Arbeitsteilung.

Beim Routine-Perishable-Traffic handelt es sich um Frachtgüter mit zeitlicher oder wirtschaftlicher Verderblichkeit (physische oder zeitliche Verderblichkeit). In die erste

Kategorie fallen beispielsweise verderbliche Nahrungsmittel, z. B. tropische Früchte oder auch Blumen, in die zweite Kategorie z. B. Zeitungen oder Zeitschriften. Weitere Charakteristika des Routine-Perishable-Traffic sind:

- in Europa existiert eine starke Substitutionskonkurrenz von Oberflächenverkehren;
- es handelt sich hauptsächlich um geplante Verkehre;
- die Versandpreise sind betrieblicher Aufwand;
- in der Regel bestehen hohe Anforderungen an die Transportqualität (z. B. Kühleinrichtungen).

In das Marktsegment General Cargo werden alle diejenigen Frachtgüter einbezogen, die nicht in die Segmente Emergency-Traffic oder verderbliche Frachtgüter einzuordnen sind. Die Charakteristika des General Cargo sind u. a.:

- es besteht eine sehr starke Substitutionskonkurrenz von Oberflächenverkehren, insbesondere auf innereuropäischen Strecken;
- es treten sowohl Ad-hoc-Verkehre als auch geplante Verkehre auf;
- die Versandpreise sind als betrieblicher Aufwand absetzbar;
- transportiert werden u. a. Güter, bei denen die Transportkosten gering im Vergleich zu den Herstellungskosten sind.

Aus diesen unterschiedlichen Untergliederungen des Segmentes Frachtmarkt lassen sich unterschiedliche Anforderungen der jeweiligen Nachfrager, die Versender, an das Produkt „Lufttransport“ ableiten.

33.5.4 Tarife in Luftverkehrsmärkten

In der Verkehrswirtschaft versteht man unter Flugtarifen die veröffentlichten Flugpreise und die damit zusammenhängenden Bedingungen, für die charakteristisch ist, dass sie:

- für eine gleichwertige Leistung festgelegt sind,
- für eine längere Zeit Gültigkeit haben,
- sich auf einen nicht erfassbaren Personenkreis beziehen, und
- von den Luftfahrtbehörden genehmigt werden.

In der formalen Tarifgestaltung erfolgt dabei die Entscheidung darüber, welche Preisgruppen gebildet werden. Im Fluglinienverkehr existieren neben dem Normaltarif weitere Tarifarten, z. B. die „ermäßigten Flugpreise“ für bestimmte Personengruppen, „Sonderflugpreise“ für spezielle Reisearten, „Gruppentarife“ für zusammengehörende Reiseteilnehmer sowie Tarife für unterschiedliche Beförderungsklassen.

Außerdem existieren „Kombinationstarife“, z. B. für Luft-/Seereisen. Zuschläge existieren für besondere Leistungen wie beispielsweise die Beförderung von Übergepäck.

Während in der Vergangenheit die Tarife durch staatliche Aufsichtsbehörde oder die IATA genehmigt werden mussten oder festgelegt wurden, ist nach der Liberalisierung des Luftverkehrs nur noch eine Anzeige der Tarife erforderlich.

33.5.5 Der europäische Luftverkehrsmarkt

Der europäische Luftverkehrsmarkt umfasst mehrere nationale Flugliniengesellschaften, die im Wettbewerb miteinander stehen. Der europäische Luftverkehrsmarkt war in der Vergangenheit stark fragmentiert, d. h. die Wettbewerber besaßen nicht genügend Markanteile um eine eigenständige Manipulation des Branchenergebnisses herbeizuführen.

Während in den USA wenige Gesellschaften einen Marktanteil von über 90 % auf sich vereinigen können, waren es in Europa die nationalen Gesellschaften, die zusammen ungefähr 90 % Marktanteil unter sich aufteilten. Die vier größten europäischen Luftverkehrsgesellschaften, British Airways (BA), Lufthansa (LH), Air France (AF) und KLM (KL) hoben sich mit ihren Marktanteilen allerdings von den anderen Luftverkehrsgesellschaften ab.

Im Vergleich zum US-amerikanischen Luftverkehrsmarkt wurde in Europa ein vergleichsweise geringeres Beförderungspotential von einer größeren Anzahl von Anbietern bedient. Skaleneffekte in der Produktion, Logistik und im Einkauf konnten in Europa nur in einem vergleichsweise geringen Umfang realisiert werden.

Stark fragmentierte Branchen zeichnen sich auch dadurch aus, dass die Wettbewerber in diesen Branchen nur eine schwache Position gegenüber den Lieferanten und Abnehmern besitzen. Dies wiederum führt zu vergleichsweise geringen Rentabilitäten (Rentabilität ist hier das Verhältnis von Gewinn einer Rechnungsperiode zum eingesetztem Kapital). Die Luftverkehrsbranche in Europa bot somit ein großes Potential für Fusionen, Kooperationen und strategische Allianzen.

Die Konzentrationstendenzen begründeten sich zum einen in dem generellen Globalisierungstrend des Luftverkehrs und zum anderen in dem Bestreben der Ausnutzung von Größenvorteilen.

Die mit dem Konzentrationsprozess verbundenen Kostenvorteile und die Verbesserung der Wettbewerbsposition gegenüber Lieferanten und Abnehmern führte in den USA nach der Deregulierung zu starken Konzentrationsprozessen mit der Folge der Oligopolisierung des Marktes.

Ähnliche, den Wettbewerb beeinflussende Fusionen sollten in Europa zunächst durch einen entsprechenden rechtlichen Rahmen verhindert werden (Kartellgesetze Art. 63 und 64 Römische Verträge).

Die europäischen Luftverkehrsgesellschaften versuchten daher durch die Bildung von strategischen Allianzen gezielt Wettbewerbsvorteile, Synergieeffekte und Betriebsgrößenersparnisse zu nutzen (z. B. Star Alliance, One World etc.).

Der Prozess der Konzentration der Luftverkehrsgesellschaften in Europa dauert an und ist noch nicht endgültig abgeschlossen.

Instrumentarien der Preispolitik in Luftverkehrsmärkten

34

34.1 Unternehmensspezifische Kriterien zur Preisbildung

Aus der Sicht des Luftverkehrsunternehmens gibt es sechs verschiedene Einflussfaktoren auf die Preisbildung:

- Produktionskosten,
- Marktpotential,
- Wettbewerbsstrategie auf der betrachteten Strecke,
- Wettbewerbssituation,
- Luftverkehrspolitische Ziele des Staates,
- Interessenslage anderer Luftverkehrsgesellschaften.

Es wird deutlich, dass der Flugpreis zum einen von angebotsseitigen, unternehmensinternen Kriterien wie z. B. Produktionskosten, zum anderen von nachfrageseitigen, marktorientierten Kriterien, wie z. B. Marktpotential und Nachfrage, bestimmt wird.

Dem gemäß kann ein Luftverkehrsunternehmen im Extremfall bei der Preisbildung eine rein kostenorientierte Strategie verfolgen (wie in der Vergangenheit üblich), oder andererseits eine marktorientierte Preisbildung betreiben. In einem marktwirtschaftlich orientierten Ordnungsgefüge lassen sich beide Preisbildungsstrategien in ihrer extremen Ausprägung nicht realisieren.

Eine rein kostenorientierte Preisbildungsstrategie berücksichtigt nicht die Preiselastizität der Nachfrage und vernachlässigt somit die Wirkungen von Preisveränderungen auf den Absatz und damit Umsatz. Eine rein marktorientierte Preisbildungsstrategie kann dagegen unter Umständen zu nicht kostendeckenden Preisen führen.

Die Preisbildung im Luftverkehr vollzieht sich somit nach kostenorientierten und marktorientierten Gesichtspunkten. Im Zuge der Liberalisierung des europäischen Luftverkehrs wurde deutlich, dass die Preisbildung zukünftig in starkem

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_34,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

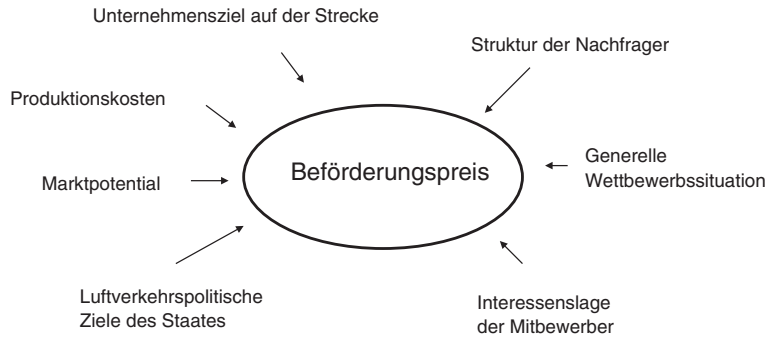


Abb. 34.1 Parameter der Flugpreisbildung

Maße von marktorientierten Kriterien geprägt sein wird. In diesem Fall ist der Preis in erster Linie ein Instrument des Marketing (im Rahmen der marktorientierten Unternehmensführung). Kosten und Kostenplanung richten sich an den auf den Märkten zu erzielenden Preisen aus und nicht umgekehrt. Abbildung 34.1 zeigt die prinzipiellen Parameter der Flugpreisbildung.

34.2 Preisbildung auf Märkten

34.2.1 Marktformen, Triffin'scher Koeffizient und Elastizitäten

Im Rahmen der nun folgenden Ausführungen soll aus Vereinfachungsgründen auf die klassische Preistheorie eingegangen werden. Ziel der klassischen Preistheorie ist die stark vereinfachte Abbildung der wirtschaftlichen Wirklichkeit in einem Modell [181].

Eine besondere Rolle spielt in diesem Zusammenhang die Hypothese des vollkommenen Marktes. Basierend auf der volkswirtschaftlichen Mikrotheorie zeigt die Preistheorie auf anschauliche Weise, dass ein einzelner Anbieter unter den Bedingungen des vollkommenen Marktes keine Möglichkeit zu eigenständiger Preispolitik hat.

Erst auf unvollkommenen Märkten kann sich der einzelne Anbieter dem Diktat des einheitlichen Konkurrenzpreises entziehen und eine aktive Preispolitik betreiben.

Die klassische Preistheorie geht von der Vorstellung aus, dass ein (homogenes) Gut auf einem vollkommenen Markt alternativ, also nicht gleichzeitig, zum Preis p_1, p_2, p_3 usw. angeboten werden kann, wobei die entsprechenden Alternativmengen m_1, m_2, m_3 usw. abgesetzt werden können. Es gilt nun die Preisalternative p_i ausfindig zu machen, bei der der Gewinn G_i den maximalen Wert erreicht.

$$\mathbf{G_i = m_i * p_i - K} \qquad \text{(K = Kosten)} \tag{34.1}$$

Preispolitische Modelle basieren auf einer vereinfachten Darstellung der Wirklichkeit. Zu den modellmäßigen Vereinfachungen gehört, dass:

- sich Anbieter und Nachfrager auf einem vollkommenen Markt begegnen;
- nur der Preis als Aktionsparameter eingesetzt wird, somit alle übrigen absatzpolitischen Instrumentarien als konstant vorausgesetzt werden;
- die Wirkung einer Preisänderung sich nur auf eine Periode beschränkt, und dass
- vollkommene Sicherheit bzgl. der angenommenen Erlöse und Kosten herrscht.

Die Vereinfachung und die Schematisierung sind das gemeinsame Kennzeichen aller preispolitischen Modelle. Daraus hat man je ein preispolitisches Modell für das (Angebots-) Monopol, das (Angebots-) Oligopol und die vollkommene Konkurrenz, die oft auch atomistische Konkurrenz genannt wird, entwickelt. Für die Diskussion der Preisbildung auf Märkten werden folgende Marktformen betrachtet:

1) **Polypol:**
   Die einzelnen Markteilnehmer haben keinen Einfluss auf das Marktgeschehen. Der Preis wird auf dem Markt durch Angebot und Nachfrage anonym gebildet und ist für die Einzelnen ein Datum.
2) **Monopol:**
   Der Monopolist kann frei den Preis bestimmen und kann sich nach der Reaktion der Marktgegenseite richten.
3) **Oligopol:**
   Jeder Marktteilnehmer weiss, dass er mit seinen absatzpolitischen Instrumentarien im Reaktionsbereich der Konkurrenten liegt und berücksichtigt dies in seiner Preisbildungsstrategie (sog. zirkuläre Interdependenz).

Auch das Marktverhalten der Konkurrenten wird in preispolitischen Modellen berücksichtigt. Die Intensität der Konkurrenzbeziehung zwischen zwei Anbietern ist anhand des sog. Triffin'schen Koeffizienten messbar. Triffin geht hier von der Fragestellung aus, in welchem Maße die relative Preisänderung des agierenden Anbieters A bei einem beliebigen Konkurrenten B zu einer relativen Veränderung der Absatzmenge führt.

$$\text{Preisänderung durch A (Aktion):} \qquad \frac{\Delta p_A}{p_A} \tag{34.2}$$

$$\text{Mengenänderung durch B (Reaktion):} \qquad \frac{\Delta m_B}{m_B} \tag{34.3}$$

$$\text{Triffin}'\text{scher Koeffizient:} \qquad T = \frac{\Delta m_B}{m_B} \div \frac{\Delta p_A}{p_A} = \frac{p_A \times \Delta m_B}{m_B \times \Delta p_A} \tag{34.4}$$

Anmerkung Definition des Triffinschen Koeffizienten T (p = Preis, m = Menge)

Ausgehend von diesen Koeffizienten leitet Triffin folgende Formen der Konkurrenzbeziehung ab:

1) **keine Konkurrenzbeziehung:** $(\mathbf{T = 0})$
2) **homogene Konkurrenz:**
   Im Extremfall sorgt eine infinitesimal kleine Preissenkung (Preiserhöhung) durch A dafür, dass es bei B zu einem starken Einbruch (Anwachsen) der Absatzmenge kommt, d. h.:

$$(\mathbf{T \to \infty})$$

3) **heterogene Konkurrenz:**
   Sie befindet sich zwischen den beiden vorher genannten Extremen. Je stärker die Heterogenität des Gutes, desto geringer ist die Konkurrenzbeziehung, und es gilt:

$$(\mathbf{0 < T < \infty}).$$

Bei der Bestimmung des gewinnmaximalen Absatzpreises muss der Anbieter letztlich das Marktverhalten der Nachfrager in Betracht ziehen. Hierbei ist die Frage interessant, wie die Nachfrager oder bestimmte Nachfragergruppen auf Änderungen des Angebotspreises reagieren. Hierzu wird der Begriff der Elastizität eingeführt.

Die Elastizität ($\boldsymbol{\varepsilon}$) ist definiert als Quotient aus der relativen (prozentualen) Veränderung einer abhängigen Variablen und der relativen (prozentualen) Veränderung der unabhängigen Variablen.

Es gilt:

$$\varepsilon = \frac{\text{Prozentuale Veränderung der abhängigen Variablen}}{\text{Prozentuale Veränderung der unabhängigen Variablen}} \tag{34.5}$$

Elastizitäten lassen sich für das Angebot und die Nachfrage auf dem Markt bestimmen.

Die Preiselastizität des Angebotes gibt das Verhältnis zwischen der relativen Veränderung des mengenmäßigen Angebotes (X) eines Gutes und der sie bewirkenden relativen Veränderung des Preises (p) dieses Gutes an.

Die Nachfrageelastizität macht die Abhängigkeit der Nachfrage sichtbar. Allgemein sieht man die Nachfrage eines Gutes X_1 als vom Preis p_1 abhängig an, außerdem vom Preis der anderen Güter, für die stellvertretend Gut X_2 stehen mag, und vom Einkommen e der Haushalte.

Es gilt also für die Nachfrageelastizität die Beziehung

$$m = f\left(\mathbf{p_1}, \mathbf{p_2}, \mathbf{e}\right). \tag{34.6}$$

Daraus leiten sich verschiedene Formen der Nachfrageelastizität ab, nämlich die direkte Preiselastizität, die Kreuzpreiselastizität und die Einkommenselastizität.

Die **Kreuzpreiselastizität** gibt das Verhältnis zwischen der relativen Veränderung der mengenmäßigen Nachfrage (X_2) nach dem Gut 2 und der sie bewirkenden relativen Veränderung des Preises (p_1) des Gutes 1 an.

$$\text{Es gilt:} \qquad \varepsilon_{X_2/p_1} = -\frac{dX_2}{X_2} \div \frac{dp_1}{p_1} = -\frac{p_1}{X_2} \times \frac{dX_2}{dp_1} \tag{34.7}$$

Die Kreuzpreiselastizität ist positiv bei substituierbaren Gütern. Zum Beispiel führt eine Erhöhung des Flugpreises auf einer bestimmten Destination (Gut 1) zu einer vermehrten mengenmäßigen Nachfrage nach Oberflächenverkehren (Gut 2). Die Kreuzpreiselastizität ist bei komplementären Gütern negativ.

Die Einkommenselastizität gibt das Verhältnis der relativen Veränderung der mengenmäßigen Nachfrage (X) nach einem Gut und der sie bewirkenden Veränderung des Einkommens (Y) an.

Die Elastizität der Nachfrage $\boldsymbol{\varepsilon_{Np}}$ in Bezug auf den Preis (die Preiselastizität der Nachfrage) ist wie folgt definiert:

$$\varepsilon_{Np} = \frac{\text{Prozentuale Veränderung der nachgefragten Menge}}{\text{Prozentuale Veränderung des Preises}} \tag{34.8}$$

Die Preiselastizität ist im Normalfall negativ (Preissteigerung und Mengenrückgang und umgekehrt). Sie gibt Auskunft auf die Frage, wie sich die nachgefragte Menge prozentual ändert, wenn der Preis um 1 % variiert wird.

Man kann die Preiselastizität der Nachfrage entweder mathematisch oder graphisch bestimmen. Mathematisch gilt:

$$\varepsilon = \frac{\frac{\Delta X_N}{X_N} \times 100}{\frac{\Delta p_N}{p} \times 100} = \frac{\Delta X_N}{\Delta p_N X_N} \times \frac{p}{X_N} \tag{34.9}$$

wobei $\mathbf{X_N}$ die nachgefragte Menge und $\mathbf{p}$ der Preis ist.

Der Term $\pm x/\pm p$ ist die erste Ableitung der Nachfragekurve $X = f(p)$. Man multipliziert diesen dann mit p/x, wobei p die unabhängige und X die abhängige Größe ist.

Da die Steigung der Nachfragekurve (1. Ableitung) negativ ist, wird der gesamte Ausdruck mit (-1) multipliziert, woraus positive Werte für die Elastizität resultieren, was ihrer Anschaulichkeit hilft. Es folgt:

$$\varepsilon = \frac{\Delta X_N}{\Delta p_N X_N} \times \frac{p}{X_N} \tag{34.10}$$

Die Werte des Elastizitätskoeffizienten können liegen bei:

$\varepsilon = 0$	:	vollkommen unelastische Nachfrage,
$0 < \varepsilon < 1$	:	unelastische Nachfrage (starre Nachfrage),
$\varepsilon = 1$	:	proportionalelastische Nachfrage,

$1 < \varepsilon < \infty$: elastische Nachfrage,
$\varepsilon \to \infty$: vollkommen elastische Nachfrage.

Graphisch gilt:

Man kann die Elastizität eines bestimmten Punktes (einer bestimmten Preishöhe) der Nachfragekurve feststellen, indem man – sofern es sich um eine linear fallende Nachfragekurve handelt, den Kurvenabschnitt, der unterhalb des Preises liegt (PT), durch den Kurvenabschnitt oberhalb des Preises (SP) dividiert (vgl. Abb. 34.2).

Im Halbierungspunkt der linearen Nachfragekurve ist $\varepsilon = 1$. Lässt man den Punkt P nach oben wandern, so steigt die Elastizität gegen unendlich; verschiebt man den Punkt P nach unten, so sinkt die Elastizität gegen Null ab.

Ist die Absatzkurve gekrümmt, und soll hier die Elastizität für den Punkt P ermittelt werden, so legt man die Tangente im Punkt P an die Absatzkurve. Die Elastizität ergibt sich dann aus dem Verhältnis der Tangentenabschnitte.

Die Einkommenselastizität ist positiv bei superioren Gütern und negativ bei inferioren Gütern. Sie ist normalerweise kleiner als eins. Nur bei Luxusgütern ist ihr Wert größer 1.

$$\text{Es gilt:} \qquad \varepsilon_{x/y} = \frac{dx}{y} \div \frac{dy}{y} = \frac{y}{x} \times \frac{dx}{dy} \tag{34.11}$$

Die Nachfragefunktion wird auch als Preis-Absatz-Funktion bezeichnet. Sie gibt an, in welchen Mengen sich ein homogenes Gut auf einem Gesamtmarkt bei

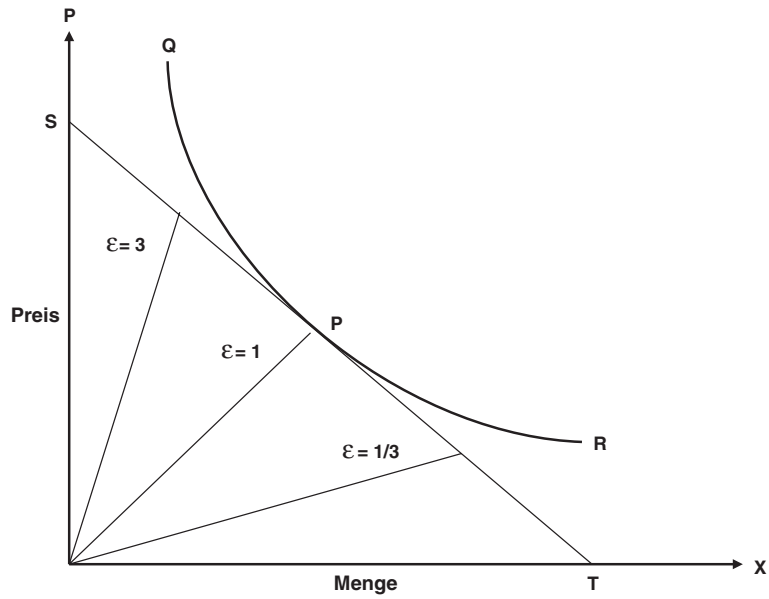


Abb. 34.2 Elastizitäten [181]

Tab. 34.1 Elastizitäten bei Preisänderungen [181]

		Elastizität		
		$\infty > \varepsilon > 1$	$\varepsilon = 1$	$1 > \varepsilon > 0$
Preisänderung	Preiserhöhung	Umsatz sinkt	Umsatz konstant	Umsatz steigt
	Preissenkung	Umsatz steigt	Umsatz konstant	Umsatz sinkt

alternativen Preisforderungen absetzen lässt. Die Preis-Absatz-Funktion ist eine Marktreaktions-funktion, die angibt, mit welchen Mengenänderungen die Nachfrager auf eine Preisänderung der Anbieter reagieren, während alle übrigen absatzpolitischen Instrumente unverändert bleiben („Ceteris-Paribus-Klausel“).

Die Preiselastizität ist immer eine Punktelastizität, d. h. sie gilt nur für einen Punkt der Absatzkurve. An jedem anderen Punkt weist sie einen anderen Wert auf, da das Verhältnis PT/SP sich laufend verschiebt. Eine Ausnahme bildet hier die gleichseitige Hyperbel, deren Elastizität in jedem Punkt gleich 1 ist.

Ob sich infolge einer Preisänderung der Umsatz erhöht oder verringert, hängt von der Elastizität der Nachfrage ab. Allgemein gelten die Abhängigkeiten, wie in Tab. 34.1 gezeigt.

34.2.2 Der Gleichgewichtspreis als Modellanalyse

34.2.2.1 Die Preisbildung im Polypol

Mit Hilfe üblicher Angebots- und Nachfragekurven soll zunächst in aller Kürze das Marktgleichgewicht bei vollständiger Konkurrenz bestimmt werden. Marktgleichgewicht bedeutet hierbei, dass sich bei einem bestimmten Preis Angebot und Nachfrage mengenmäßig gleich groß sind. Ein Markt, der von atomistischer Konkurrenz geprägt ist, zeichnet sich dadurch aus, dass eine atomistische Marktstruktur und ein vollkommener Markt existieren.

Atomistische Marktstruktur bedeutet hier, dass es eine so große Anzahl von Anbietern und Nachfragern gibt, dass die Marktanteile eines jeden Einzelnen aber so klein sind, als dass der Preis durch einen Einzelnen beeinflussbar wäre. Der Preis ist damit für die Marktteilnehmer Plandatum, ihr Aktionsparameter ist die Menge.

Vollkommener Markt:
Hier gilt:

- **Keine räumlichen Präferenzen:**
  Die Entfernung zwischen Anbieter und Nachfrager fällt nicht ins Gewicht
  (Vorstellung eines sog. „Punktmarktes“);
- **Keine zeitlichen Präferenzen:**
  Anbietern und Nachfragern ist es gleichgültig, zu welchem Zeitpunkt sie auf dem Markt aktiv werden;

- **Keine persönlichen Präferenzen:**
  Es existieren keine persönlichen Beziehungen zwischen Anbietern und Nachfragern (z. B. aufgrund alter Geschäftsbeziehungen);
- **Keine sachlichen Präferenzen:**
  Es gibt keine Qualitätsunterschiede, d. h. es existiert nur ein homogenes Gut auf dem Markt;
- **Vollständige Markttransparenz:**
  Anbieter und Nachfrager sind über die Preise informiert, es liegen vollständige Preisinformationen vor.
- **Unendliche Reaktionsgeschwindigkeit der Anpassungsmaßnahmen:**
  Die Marktteilnehmer verhalten sich nach dem Rationalprinzip. Es liegt demnach Nutzenmaximierung der Nachfrager und Gewinnmaximierung der Anbieter vor.

Weitere Prämissen sind:

- rationales Handeln,
- freier Zutritt zum Markt,
- gleicher technischer Fortschritt,
- ausreichende Beweglichkeit der Produktionsfaktoren.

Abbildung 34.3 zeigt den Preismechanismus bei statischer Betrachtungsweise.

Das Ergebnis ist ein einheitlicher Preis (Gleichgewichtspreis, P_G) für ein bestimmtes Gut zu einem bestimmten Zeitpunkt auf einem vollkommenen Markt. Dieser Preis kann sich im Zeitablauf ändern, aber die Marktteilnehmer passen sich mit unendlicher Reaktionsgeschwindigkeit an (sog. Gesetz der Unterschiedslosigkeit des Preises).

Im folgenden soll nun dargestellt werden, wie unter genannten idealtypischen Bedingungen das Gesetz von Angebot und Nachfrage zum Marktgleichgewicht führt. Die Abb. 34.3 stellt zunächst eine rein statische Beziehung zwischen Preisen und angebotenen/nachgefragten Mengen auf dem Markt dar.

Nimmt man in der folgenden Abbildung in einem ersten Schritt an, dass der Marktpreis P_1 über dem Gleichgewichtspreis P_G liegt, so können die Anbieter die Menge M_{A1} nicht zu diesem Preis absetzen. Dadurch, dass sie sich gegenseitig unterbieten,

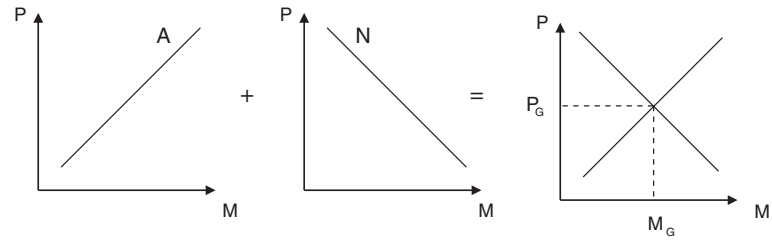


Abb. 34.3 Preismechanismus bei statischer Betrachtungsweise

ergibt sich eine sinkende Preistendenz (Selektionsfunktion). Bei sinkenden Preisen erhöht sich die Nachfrage (Motivationsfunktion), vgl. Abb. 34.4.

Im entgegengesetzten Fall liegt der Marktpreis P_2 unter dem Gleichgewichtspreis P_G, es ergibt sich ein Nachfrageüberhang. Die Nachfrager konkurrieren um das Gut und treiben dadurch den Preis in die Höhe. Infolge jeder Preiserhöhung sinkt jedoch die Zahl (kaufkräftiger) Nachfrager (Selektionsfunktion), wohingegen die Zahl der Anbieter gleichzeitig steigt (Motivationsfunktion), vgl. Abb. 34.5.

Aufgrund dieses Anpassungsmechanismus bildet sich ein Gleichgewichtspreis P_G bei einer Gleichgewichtsmenge M_G.

Dieser kurzfristige Gleichgewichtspreis besitzt zwei Eigenschaften oder kurzfristige Funktionen:

1. Er reguliert den Markt. Nur bei einem Preis P_G sind angebotenen und nachgefragte Mengen gleich. Bei jedem anderen Preis kommt es zu Diskrepanzen, d. h. Angebots- oder Nachfrageüberhängen;
2. Er maximiert die Umsatzmenge M_G. Bei P_1 wird nur die Menge MN_1 abgesetzt, bei P_2 die Menge MN_2. Das Umsatzmaximum liegt bei P_G/M_G.

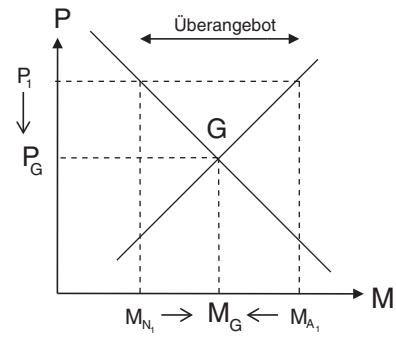


Abb. 34.4 Überangebot im Polypol

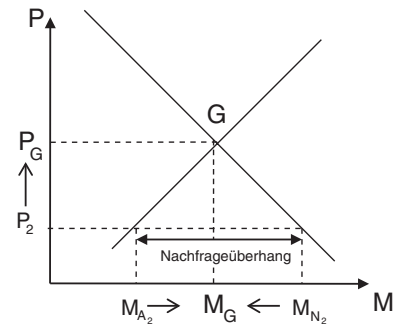


Abb. 34.5 Nachfrageüberhang im Polypol

Bei vollkommener Konkurrenz verhält sich die Erlösfunktion E proportional zur abgesetzten Menge, weil der einzelne Anbieter zum Marktpreis P innerhalb seiner begrenzten Kapazität jede beliebige Menge absetzen kann.

34.2.2.2 Die Preisbildung im Monopol

Unterstellt wird zunächst wieder ein vereinfachtes Modell. Als einziger Anbieter beherrscht der Monopolist den Markt. Erhöht der Monopolist seinen Angebotspreis, können die Nachfrager nicht auf andere Anbieter ausweichen. Angenommen wird, dass der Monopolist keine Kosten hat und dass die Preis-Absatz-Funktion linear verläuft. Es gilt dann:

$$\textbf{Gesamterlös} = \textbf{Preis} \times \textbf{abgesetzter Menge} = \textbf{Gewinn} \tag{34.12}$$

Bei einer linearen Nachfragekurve ist der Gesamterlös = Gesamtgewinn, am höchsten beim Preis P_1 und der Menge M_1 = Fläche des Rechtecks 0–P_1–G–M_1. Bei höheren Preisen verringert sich die Fläche des Erlösrechtecks und wird Null beim Preis P_n. Bei niedrigeren Preisen verringert sich ebenfalls die Fläche des Erlösrechtecks und wird Null beim Preis P_0. Abbildung 34.6 zeigt die Erlös- und Grenzerlösfunktion des Monopolisten.

Wird der Gesamterlös als Kurve betrachtet, so ergibt sich bei einer linearen Nachfragekurve eine Parabel, deren Maximum in der Verlängerung von M_1–G liegt. Aus der Gesamterlöskurve lässt sich die Grenzerlöskurve ableiten. (Grenzerlös = Erlös für die letzte auf dem Markt verkaufte Einheit).

Mathematisch handelt es sich beim Grenzerlös um die erste Ableitung der Gesamterlöskurve. Grenzerlös = 0 in M_1, da bei dieser Menge die Gesamterlöskurve ihr

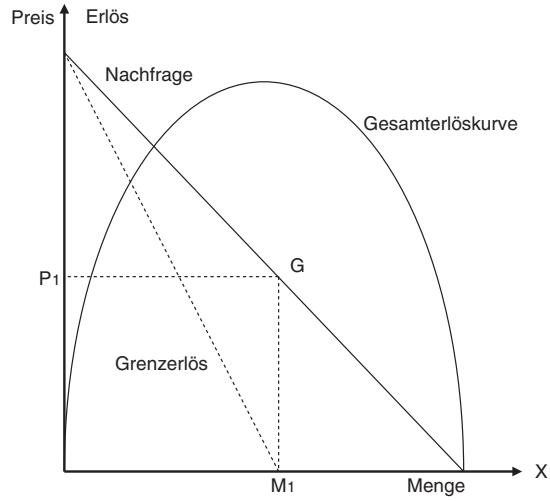


Abb. 34.6 Erlös- und Grenzerlösfunktion des Monopolisten [181]

Maximum hat. Wenn der Monopolist im Ausbringungsbereich 0–M_1 seine Absatzmenge (durch Preissenkung) erhöht, steigt sein Gesamterlös E an, der Grenzerlös G–E ist also positiv. Erhöht er die Absatzmenge über M_1 hinaus, ist der Gesamterlös E rückgängig, der Grenzerlös G–E wird negativ.

34.2.2.3 Die Preisbildung im Oligopol

Jeder Anbieter weiss in diesem Falle, dass er mit seinen absatzpolitischen Maßnahmen im Reaktionsbereich der anderen Anbieter liegt. Dies bedeutet, dass sein Absatz, sein Erlös und sein Gewinn nicht nur von seinen Grenzkosten und vom Verhalten der Nachfrager abhängen, sondern auch vom Verhalten der anderen Oligopolisten (vgl. Abb. 34.7). Mögliche Verhaltensweisen auf Anbieteroligopolen sind:

- Kämpferisches Verhalten (Ruinöse Konkurrenz),
- Friedliches Verhalten (Absprachen oder Preisführerschaft),
- Verhalten bei Preisstarrheit (geknickte Absatzkurve des Oligopolisten).

Ausgangslage sei der Preis P_1, wobei der Oligopolist die Menge M_1 absetzt, vgl. Abb. 34.7.

Fall 1: Preiserhöhung Wenn der Preis auf P_2 erhöht wird, wird die Reaktion der Konkurrenten darin bestehen, ihren Preis zu belassen, da sie annehmen können, dass sie die Nachfrager gewinnen, die der preiserhöhende Anbieter verliert. (Menge M_1, M_2). Aus der graphischen Darstellung ist ersichtlich, dass die Erlösminderung durch geringeren Absatz größer ist als die Erlössteigerung durch höheren Preis. Es ist also nicht wahrscheinlich, dass der Oligopolanbieter allein den Preis über P_1 hinaus erhöht. Die Nachfragekurve des Oligopolisten oberhalb des Punktes K hat einen flachen Verlauf.

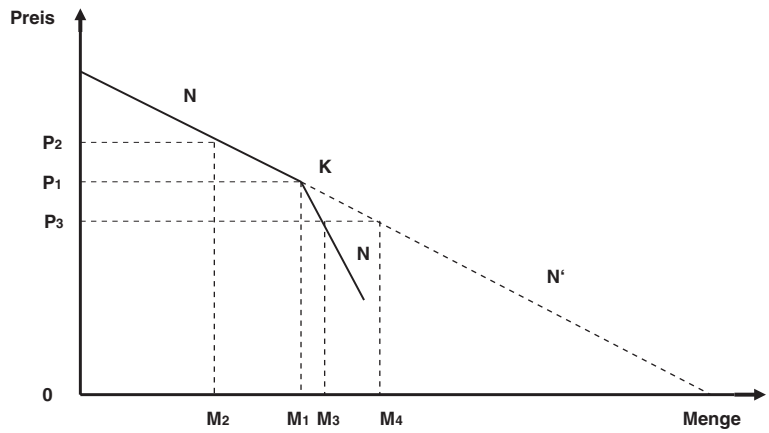


Abb. 34.7 Preisänderung im Oligopol [181]

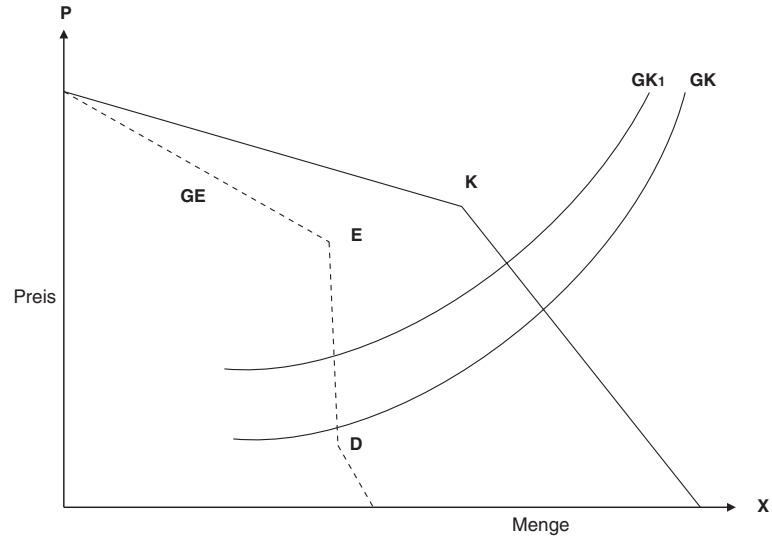


Abb. 34.8 Individuelle Absatzkurve eines Oligopolisten [181]

Fall 2: Preissenkung Es wird angenommen, dass bei einer Preissenkung, z. B. auf P_3, die anderen Oligopolisten ihre Preise auf der alten Höhe belassen, (in diesem Falle würde die Nachfragekurve des preissenkenden Oligopolisten unterhalb des Punktes K einen flachen Verlauf haben (vgl. gestrichelte Linie N′, Abb. 34.7), dann wird die Nachfrage von M_1 auf M_4 anwachsen.

Diese Zusatznachfrage würde aber den anderen Oligopolisten verloren gehen, so dass die Annahme des Nichtreagierens der anderen Oligopolisten unrealistisch ist. In Wirklichkeit werden sie reagieren, d. h. sie sind gezwungen, ebenfalls ihre Preise zu senken. In diesem Falle hat die Nachfragekurve unterhalb des Punktes K für den Oligopolisten einen steilen Verlauf, und er verkauft beim Preis P_3 nur die Menge M_3. Dabei wird ersichtlich, dass für den preissenkenden Oligopolisten die Erlösminderung durch die Preissenkung größer ist als die Erlössteigerung durch den in diesem Falle nur geringfügig gestiegenen Absatz.

Die individuelle Absatzkurve eines Oligopolisten hat also einen Knick. Leitet man aus dieser Absatzkurve die Grenzerlöskurve ab, so hat diese einen Unbestimmtheitsbereich ED (doppelter Knick), vgl. Abb. 34.8.

Marktforschung im System Luftverkehr

35

35.1 Begriffe und Grundlagen der Marktforschung

Mit Hilfe der Marktforschung soll eine größere Transparenz von Märkten hergestellt werden, damit Unternehmensentscheidungen auf eine solide Informationsgrundlage gestellt werden können und die Wahrscheinlichkeit von Fehlentscheidungen minimiert wird. Eine Luftverkehrsgesellschaft muss nicht nur die Bedürfnisstruktur der umworbenen Kundengruppen kennen, sie muss auch die Situation der Mitbewerber kennen, gegen deren Angebote sie sich durchzusetzen hat.

„Marktforschung dient dazu, über beide Seiten des Marktes, die Nachfrage und das Angebot, detaillierte Kenntnisse zu gewinnen".

Daten zur Analyse der Nachfrage- und Wettbewerbssituation sind teilweise im Unternehmen selbst vorhanden bzw. können dort aufbereitet werden, zum anderen beziehen sie sich auf das Umfeld, in dem das Unternehmen tätig ist.

Je besser die Kenntnisse über den Markt und vergangene Entwicklungen sind desto besser werden in der Regel auch die Entscheidungen über Einsatz und Wirkung der marketingpolitischen Instrumente sein können.

35.2 Einteilung der Marktforschung

Die Marktforschung lässt sich unterteilen in:

- **Marktanalyse**

Die Marktanalyse ermittelt einmalig oder in bestimmten lntervallen alle einen Markt kennzeichnenden Faktoren.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_35,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

- **Marktbeobachtung**

Bei der Marktbeobachtung steht die Entwicklung eines Marktes im Zeitablauf im Vordergrund.

- **Marktprognose**

Die Marktprognose versucht zu ermitteln, wie die Marktsituationen in Zukunft sein werden. Sie baut auf der Marktanalyse und der Marktbeobachtung auf.

Der Prozess der Marktforschung lässt sich in die vier Phasen durchführen:

1. Festlegung der Erhebungsziele und Problemdefinition,
2. Planung der Datengewinnung,
3. Durchführung der Datengewinnung, sowie die
4. Auswertung und Interpretation der Daten.

Als Sekundärerhebung bezeichnet man die Auswertung bereits vorhandener Daten.

Die Quellen der **Sekundärforschung** können aus betriebsinternem Datenmaterial, wie etwa Belegen, Absatzstatistiken, Kundenkarteien und Zahlenmaterial aus der Buchhaltung bestehen. Als externe Quellen können insbesondere Daten statistischer Ämter, der Banken oder Fachzeitschriften herangezogen werden. Das Internet ist zu einer der wichtigsten Daten- und Informationsquellen unserer Zeit geworden. Viele Daten zum Luftverkehrsmarkt und dessen Entwicklung werden von nationalen und internationalen Organisationen erhoben und publiziert (z. B. IATA).

Die Vorteile der Sekundärforschung liegen in der Zeit- und Kostenersparnis. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass das vorliegende Datenmaterial zeitlich überholt sein kann, die unterschiedliche Qualität des Materials ist jeweils zu berücksichtigen.

Unter **Primärforschung** versteht man die Beschaffung originärer Daten für einen bestimmten Zweck mit Hilfe von Befragungen oder Beobachtungen. Welche dieser Methoden eingesetzt wird, hängt von der jeweiligen Fragestellung und vom Ziel der Untersuchung ab.

Befragungen können schriftlich (Fragebögen), mündlich oder telefonisch stattfinden. Bei der Beobachtung beschränkt sich der Statistiker darauf, Fakten oder Sachverhalte zu erfragen oder zu beobachten, und aufzuzeichnen.

Größere Luftverkehrsgesellschaften betreiben teilweise in einem großen Ausmaß Primärforschung. In Primärforschungen wird versucht, die Gründe der Nachfrager für die Wahl verschiedener Verkehrsträger oder bestimmter Mitbewerber in einem Marktsegment zu ermitteln.

In anderen Untersuchungen wird versucht, die häufig sehr komplexe Reisemotivation (Reiseverhalten, Kundenzufriedenheit etc.) der Passagiere zu ermitteln.

In unregelmäßigen Abständen durchgeführte Bordbefragungen sind bei nahezu allen Luftverkehrsgesellschaften üblich. Informationen z. B. über die Erwartungen der

Passagiere an das Produkt, die Serviceansprüche und den Bedarf an Zusatzleistungen können erhoben werden.

An Bord der Flugzeuge werden von den Flugbegleitern Fragebogen verteilt und die Passagiere um das Ausfüllen der Fragebogen gebeten. Die ausgefüllten Fragebogen werden von den Flugbegleitern eingesammelt und an die Marktforschung zurückgeschickt.

Der Vorteil der Primärforschung liegt in der exakten Übereinstimmung der Begriffe des Untersuchungszieles mit den Merkmalen der Gesamtheit. Der Nachteil liegt im Kosten- und Zeitaufwand.

Die Auswertungen und Interpretation der Daten der Marktforschung bilden die Grundlage zur Festlegung von Zielen und Strategien im Marketing. Es ist zu entscheiden, durch welche Marketing-Instrumente die festgelegten Unternehmensziele erreicht werden sollen.

Vertriebsformen von Verkehrsleistungen

36

36.1 Einführung

Im Luftverkehr werden keine materiellen Güter vertrieben. Vielmehr erwirbt der Nachfrager mit dem Flugschein (Ticket) eine Option auf eine Beförderungsleistung. Diese Option ist de facto ein vertraglich gesicherter Anspruch auf Beförderung.

Aufgrund der Immaterialität des zu vertreibenden Gutes spielen neben den eigentlichen Distributionskanälen computergestützte Reservierungssysteme (CRSe) eine große Rolle.

36.2 Distributionswege

Den Luftverkehrsgesellschaften stehen prinzipiell zwei Vertriebswege offen, nämlich der direkte Vertrieb über eigene Verkaufseinrichtungen oder der indirekte Vertrieb über unternehmensfremde Mittler. Abbildung 36.1 zeigt die möglichen Distributionswege einer Luftverkehrsgesellschaft.

Im **Direktvertrieb** werden Flugpassagen ohne Zuhilfenahme eines unternehmensfremden Mittlers direkt an den Passagier bzw. an Unternehmen verkauft.

Im Gelegenheitsluftverkehr gemäß § 22 LuftVG ist der direkte Vertrieb von Flugscheinen für die meisten Charterkategorien rechtlich nicht zulässig. Ausnahmen sind Ad hoc-Charterflüge aus einem einmaligen Reiseanlass von Vereinen, Verbänden oder Unternehmen (Charter eines ganzen Flugzeuges). Im Hinblick auf den Fluglinienverkehr existieren in der Bundesrepublik Deutschland keine Einschränkungen.

Die Verkaufsbüros von Flugliniengesellschaften (die sog. Stadtbüros) finden sich aus Kostengesichtspunkten meist in Ballungszentren der Nachfrage, und besitzen neben der direkten Absatzfunktion hauptsächlich Servicefunktionen für Passagiere, Agenturen und Firmenkunden sowie Repräsentationsfunktionen.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_36,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

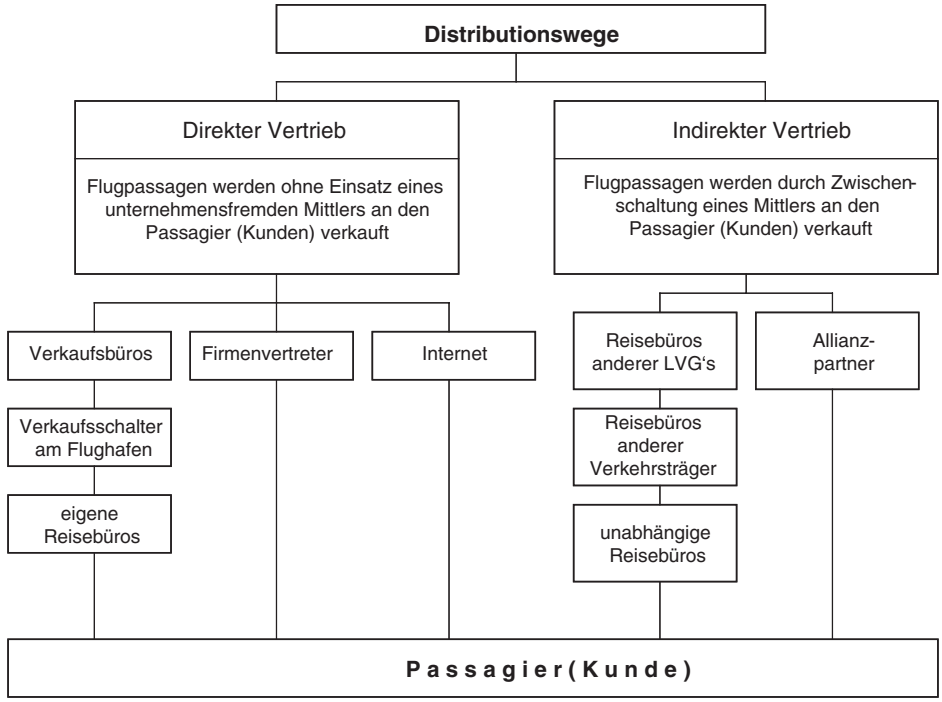


Abb. 36.1 Distributionswege

Der Direktvertrieb über das Internet hat mittlerweile einen hohen Stellenwert.

Der Direktvertrieb über Firmenreisestellen hat einerseits zur Folge, dass das Reisevolumen dieser Firmen stärker an die eigene Luftverkehrsgesellschaft gebunden wird und die Agenturprovision entfällt (und somit an den Kunden weitergegeben werden kann), andererseits diese Umsätze den Reisevermittlern – den wichtigsten Vertriebspartnern – entzogen werden. Aufgrund unterschiedlicher nationaler Gewerberechte, Vereinbarungen zwischen den Luftverkehrsgesellschaften und den Dachorganisationen der Reisevermittler, ist diese Form des Direktvertriebes von Land zu Land verschieden.

So dürfen Luftverkehrsgesellschaften in den USA eigene Verkaufsstellen unterhalten oder die jeweiligen Unternehmen mit Tickets versorgen, während es in der Bundesrepublik nicht möglich ist, über Firmenreisestellen Direktbuchungen vorzunehmen. Möglich ist jedoch, dass in der Firmenreisestelle eines Unternehmens ein so genannter Satelliten-Drucker (Satellite Ticket Printer) und ein Terminal aufgestellt werden, die über ein externes Reisebüro mit einem Reservierungssystem verbunden sind, so dass auf diesem Wege Buchungen über Firmenreisestellen getätigt werden können.

Luftverkehrsgesellschaften als Reiseveranstalter sind eine weitere Form des direkten Vertriebes. Obwohl heftigem Widerstand der deutschen Reisebüroverbände ausgesetzt,

wird diese Vertriebsform aufgrund der wachsenden Bedeutung der Privatreisen für die Fluggesellschaften in Zukunft eine noch größere Rolle spielen. Produkte sind beispielsweise „Stop-over-Programme“ der Flugliniengesellschaften oder die Zusammenarbeit mit eigenen Reiseveranstaltern.

Der **indirekte Vertrieb**, das ist das Zwischenschalten eines Reisebüros oder Reiseveranstalters, stellt für die Flugliniengesellschaften den wichtigsten Vertriebsweg dar. Auf dem deutschen Markt werden heute noch in hohem Maße Veranstalter- und Linienflüge über Reisebüros abgewickelt. Individuelle Buchungen über das Internet werden allerdings immer attraktiver.

Aufgrund der weltweiten Beförderungsnetze der Luftverkehrsgesellschaften und der Unmöglichkeit des Unterhalts eines flächendeckenden Angebots an Verkaufsbüros, entschloss man sich im Rahmen der IATA zum Aufbau eines gemeinsamen Agenturnetzes. Durch die hohe Zahl von IATA-Agenturen war in der Vergangenheit somit ein kundennaher Service gegeben, wobei neben Flügen auch die Vermittlung von Reiseveranstaltungen, Bahnfahrscheinen, Hotels, Mietwagen, Reiseversicherungen, Theaterkarten und Reiseliteratur mit zur Angebotspalette gehören.

Der Kunde muss demnach nur ein Reisebüro aufsuchen, um optimale Buchungsentscheidungen bezüglich aller Luftverkehrsgesellschaften treffen zu können. Durch den Anschluss der Mehrzahl von Reisebüros an ein Computerreservierungssystem ergibt sich in Bezug auf die Markttransparenz und die oft nicht überschaubare Angebotsbreite eine teilweise widersprüchliche Situation. Zum einen besitzt der Reisebüromitarbeiter die Möglichkeit, sämtliche Informationen der beteiligten Leistungsträger abzufragen, zum anderen wird von der Option einer umfassenden Kundenberatung aus Zeitmangel kaum Gebrauch gemacht.

Linienflüge werden von Reiseveranstaltern im Rahmen von IT-Reisen, d. h. von Einzel- oder Gruppenpauschalreisen, angeboten. Dies geschieht entweder als Buchung eines einzelnen Reisetermins oder als Option fester Kontingente zu regelmäßigen Terminen während einer ganzen Saison. Der Reiseveranstalter trägt dabei kein Auslastungsrisiko, da nur die jeweils gebuchten Flüge bezahlt werden müssen, die restlichen werden zurückgegeben.

Durch die Schaffung spezieller Sondertarife besitzen die Flugliniengesellschaften die Möglichkeit, Teilkapazitäten einer als Linie beflogenen Strecke einem Reiseveranstalter mit Auslastungsrisiko zu überlassen. Unter verkehrsrechtlichen Gesichtspunkten handelt es sich dabei um Charterflüge (Part-Charter), nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten um eine Auslastungssteigerung durch eine neue Angebotskategorie.

Die Zusammenarbeit mit anderen Luftverkehrsgesellschaften geschieht auf der Grundlage von Interline- oder General Sales Agency Agreements. Im Rahmen einer Interline-Vereinbarung darf ein Flug der eigenen Gesellschaft durch die Buchungsstellen anderer Fluggesellschaften verkauft werden.

Bei General Sales Agency Agreement’s übt eine Luftverkehrsgesellschaft die Verkaufsinteressen der Partner-Luftverkehrsgesellschaft für ein regional begrenztes Gebiet aus. Hierzu gehören neben dem eigentlichen Flugscheinverkauf auch Werbung

und Verkaufsförderung, Reservierung, Ticketumschreibung und z. T. auch die Organisation der Passagier- und Flugzeugabfertigung. Der General Sales Agent erhält dafür und für alle im Vertretungsgebiet durch ihn selbst und durch die Agenturen erzielten Verkäufe eine Provision.

Die Generalvertretung kann entweder einseitig oder bilateral (gegenseitig im jeweiligen Land) erfolgen und ist oft mit einem Pool-Abkommen verknüpft.

Der Verkauf von Flugscheinen über Ticketautomaten ist für weniger beratungsaufwendige Standardflüge möglich. Die Automaten stehen dabei sowohl in Flughäfen, in großen Kaufhäusern oder auch in reisebranchenfremden Unternehmen.

Eine Mischform des „klassischen Charterbetriebs" besteht darin, dass ein Teil der Kapazität als Split-Charter angeboten wird, die verbleibenden Plätze den Reiseveranstaltern aber zur Einzelplatzeinbuchung zur Verfügung gestellt werden. Die Fluggesellschaft nimmt in diesem Fall die Funktion eines „Consolidators" wahr, die so auch kleinen und Ad-hoc-Veranstaltern die Durchführung von Pauschalreisen möglich macht und auf diese Weise ihre Restkapazitäten verwertet.

Als letztes sei noch angemerkt, dass Luftverkehrsgesellschaften im Rahmen der Reduzierung ihrer Abhängigkeit von unternehmensfremden Buchungsstellen Beteiligungen an Reisebüros und Reiseveranstaltern erwerben.

Individuelle Buchungen über das Internet haben die geschilderten Strukturen weitgehend verdrängt.

36.3 Computer-Reservierungssysteme

In den 50er Jahren war die Buchung einer Flugreise noch Handarbeit. Der Kunde kam zum Agenten (Travel Agency), um eine Reise zu buchen. Der Agent rief im Stadtbüro der Luftverkehrsgesellschaft an und fragte nach der Verfügbarkeit von Plätzen. Arbeitsgruppen im Stadtbüro wachten mit Reservierungstafeln über den Verkauf der Flüge.

Mit steigendem Wohlstand stieg in den 60er Jahren die Nachfrage nach Flugreisen sehr schnell an. Dies erforderte flexiblere und weltweite Kommunikationssysteme. Mitte der 60er Jahre begann dann der Einsatz des Computers im Luftverkehr (u. a. bei AA, UA). Die eigentliche Penetrierung des Luftverkehrsmarktes erfolgte letztlich aber erst im Rahmen der US-amerikanischen Deregulierung in den Jahren 1977/1978.

Eine Ursache für die Existenz von Computer-Reservierungssystemen liegt in der globalen Vernetzung der Vertriebsagenturen und in der erforderlichen Flexibilität gegenüber Geschäftsreisenden begründet, woraus sich die Abrufbarkeit einer Buchungsanfrage für einen beliebigen Flug auf einem anderen Kontinent, die Abfrage der gewünschten Anzahl an Sitzplätzen und – bei einer Realisierung der Buchung – die Verkaufsmeldung an die Zentrale ergeben.

Ein weiterer gewichtiger Grund für das Vorhalten eines global ausgerichteten CRSe war die Liberalisierung wichtiger Märkte des Weltluftverkehrs, wodurch der Preis als Wettbewerbsparameter an Bedeutung gewann und die Fluggesellschaften die Option

zur Änderung oder Wiederherstellung von Marktverhältnissen über preistaktische Maßnahmen hatten. Tarifänderungen und neue Tarifarten können heutzutage meist ohne staatliche Umwege realisiert werden. Ähnliches gilt für die Produktgestaltung bezüglich Strecken planen und Frequenzen.

Die praktische Durchführung erfordert in beiden Fällen, dass die neuen Angebote den Agenturen und damit den Kunden unverzüglich mitgeteilt werden.

Moderne CRSe enthalten Tarifinformations- und Berechnungssysteme. Durch die Kombination aller im Luftverkehr angebotenen Strecken, Flugpläne, Buchungsdaten, Tarife, zeitlichen Gültigkeitsregelungen, rechtlichen Bestimmungen und sonstigen mit der Dienstleistung im Zusammenhang stehenden Informationen entsteht eine große Anzahl zu speichernder Tarifinformationen. Aus diesem Grunde ist der Einsatz computergesteuerter Buchungssysteme mit hohen Investitions- und Entwicklungskosten verbunden. Anbieter sind meist große Luftverkehrsgesellschaften oder von ihnen gegründete Betreibergesellschaften.

Die in Computer-Reservierungssystemen gespeicherten Daten werden periodisch überprüft, gegebenenfalls verändert und in einer zentralen Datenbank verwaltet. Teile dieser Datenbank stehen den angeschlossenen Reiseagenturen sowie den Stadtbüros der Luftverkehrsgesellschaften zur Verfügung.

Zum Funktionsumfang eines CRSe gehört dabei nicht nur, dass es Tausende von Streckenverbindungen mit den dazugehörigen Preisen auflisten oder komplizierte Reiserouten zusammensetzen kann, sondern auch, dass es sämtliche Daten, die nicht direkt mit dem Flug in Verbindung stehen, zur Abfrage bereit hält und gegebenenfalls die Reservierungen und Buchungen anderer Dienstleistungen vornehmen kann.

Vor dem Hintergrund des zunehmend vertriebstechnisch orientierten Konkurrenzkampfes der Leistungsträger im Luftverkehrsmarkt und anderen touristischen Märkten zählen CRSe somit mittlerweile zu den wichtigsten Marketinginstrumenten der Luftverkehrsgesellschaften. Die Standardfunktionen eines CRSe sind wie folgt:

- Auskunft über Abflug- und Ankunftszeiten sowie über die Routenführung und die Zwischenlandungen auf einem gewünschten Flug;
- Für den gebuchten Flug ist die jeweilige Sitzverteilung abrufbar und gleichzeitig die Buchung eines bestimmten Sitzplatzes möglich;
- Ausgabe von Flugscheinen, Reiseverlaufsplänen und Rechnungen;
- Ausgabe von Preisinformationen und Berechnungen auch komplizierter und umfangreicher Streckenkombinationen (Einfach- und Mehrfachsegmente) auch in unterschiedlichen Beförderungsklassen;
- Sortieren der Flugverbindungen auf dem Bildschirm nach bestimmten Kriterien, beispielsweise nach einer Luftverkehrsgesellschaft, nach Flugpreisen („best-buy“ oder „fare-shopper“-Funktion), nach kürzester Flugdauer oder nach Verbindungen mit den wenigsten Umsteigepunkten;
- Reservierung und Buchung anderer Dienstleistungen, wie z. B. Hotel-Voucher, Mietwagen-Bestätigung, Eintrittskarten etc.;

- Ausgabe von Bordkarten, Gepäckanhängern und Informationen zur Erstellung der Ladepapiere im Rahmen des Departure-Control-Verfahrens beim Check-in auf der Basis;
- Vorhalten von Informationen über Einreisebestimmungen, Visa etc.;
- Detaillierte Marktanalysen zur effizienten Nutzung des Yield-Management;
- Flexible Handhabung von No-Shows (Passagiere, die einen reservierten Flug ohne Benachrichtigung der Fluggesellschaft nicht antreten), mit sofortiger Stornierung auf allen Anschlussflügen.

Die Vorteile von Computer-Reservierungssystemen liegen damit vor allem in folgenden Bereichen:

- Rationalisierung des Vertriebs, womit vorwiegend die Zeitersparnis durch die automatisierten Vorgänge gemeint ist. Sowohl für Luftverkehrsgesellschaften als auch für Agenturen entfallen zeitaufwendige Arbeiten, wie beispielsweise telefonische Anfragen oder schriftliche Buchungen.
- Verbesserungen des Kundenservices, welches sich vorwiegend auf die Vermeidung von Übermittlungs- und Kommunikationsfehlern bezieht (Qualität der CRSe-Informationen). Beratungsgespräche können so intensiver geführt und Kundenwünsche besser berücksichtigt werden.
- Lenkung der Nachfrage, welches im Zusammenhang mit dem Yield-Management zu sehen ist. Die Steuerung der Nachfrage zur Erreichung einer optimalen Auslastung der Kapazitätseinheiten erfordert hierbei, dass für jeden einzelnen Flug das Ausmaß der einzelnen Beförderungs- und Buchungsklassen an der entsprechenden Nachfrage, d. h. am jeweils aktuellen Buchungsstand, ausgerichtet wird.

  Dieses hat unter der Prämisse zu erfolgen, dass die Kapazität des gesamten Flugzeugs möglichst vollständig und so teuer wie möglich (möglichst hoher Anteil an vollzahlenden Passagieren) verkauft wird. Im Rahmen des Yield-Managements werden unter Zuhilfenahme von Prognosemethoden Hochrechnungen erstellt, so dass das jeweilige Angebot pro Flug durch unterschiedliche Preisstufen variiert, d. h. jederzeit der Nachfrage angepasst und ertragsorientiert vermarktet werden kann.

  Überbuchungen einzelner Flüge können so genau analysiert und Mehrfachbelegungen eher aufgedeckt werden. Das Erreichen dieser Zielsetzung setzt allerdings den Zugriff auf aktuelle Daten und Buchungszahlen voraus. Dieses bedeutet zum einen die schnelle und zuverlässige Übermittlung aller relevanten Daten durch die Verkaufsstellen an die Luftverkehrsgesellschaften, zum anderen die baldmöglichste Abrufbarkeit der aktualisierten Verfügbarkeitsdaten von Seiten der Agenturen.

Finanzschwächere Luftverkehrsgesellschaften, für die die Entwicklung eines eigenen CRSe nicht in Frage kommt, können unter Entrichtung von Nutzungsgebühren die Systemleistungen anderer CRSe-Anbieter in Anspruch nehmen.

Die Größe vorhandener Systeme führt genau dann zu Benachteiligungen, wenn der Endverbraucher und die teilnehmende Luftverkehrsgesellschaft diskriminierenden bzw. wettbewerbswidrigen Vorgehensweisen der CRSe-Anbieter ausgesetzt sind, z. B.:

- Bevorzugte Darstellung (auf der ersten Seite des Bildschirms oder an einer besseren Position) der Flugverbindungen der systemanbietenden Luftverkehrsgesellschaft, da ca. 85 % der Buchungen von Reisebüros von der ersten Bildschirmseite des Computers erfolgen.
- Fehlen einzelner Flugverbindungen von Konkurrenten bzw. Vorenthalten günstigerer Flugverbindungen, die objektiv den Kundenwünschen eher entsprechen sollten, da sie näher bei der erwünschten Abflugzeit liegen oder insgesamt eine kürzere Reisezeit beanspruchen. Verspätete Aktualisierung der Flugverbindungen u./o. Flugpreise von Mitanbietern.

Die systemanbietende Luftverkehrsgesellschaft hat darüber hinaus die Möglichkeit, Reservierungsdaten (z. B. Rabatt- und Provisionsgewährung an große Firmenkunden) teilnehmender Luftverkehrsgesellschaften zu analysieren sowie deren Geschäftspraktiken durch wirksame Gegenstrategien entgegenzuwirken, während diese Daten den anderen systemteilnehmenden Luftverkehrsgesellschaften nicht in gleichem Umfang zur Verfügung stehen. Teilnehmende Luftverkehrsgesellschaften können zudem über unterschiedlich hohe, am Umfang ihres im Vergleich zur systemanbietenden Luftverkehrsgesellschaft konkurrierenden Streckenangebots festgemachte Nutzungsgebühren belastet, und so gegenüber Mitbewerbern benachteiligt werden.

Manipulationen, wie die oben aufgeführten, wirken sich nicht nur negativ auf den Umsatz umsatzschwächerer Luftverkehrsgesellschaften aus. Der Passagier wird ebenso benachteiligt. Ihm wird nicht der volle Umfang des bestehenden, seinen Wünschen entsprechenden Angebots unterbreitet.

Zur Vermeidung dieser Manipulationen führten die USA bereits im November 1984 nationale Bestimmungen gegen einen Mißbrauch von Computer-Reservierungssystemen ein (Rules Against Biased Display). Nachdem die ECAC einen Verhaltenskodex (ECAC Code of Conduct for Computer Reservation Systems) für europäische CRSe erarbeitet hatte, erließ 1989 der EG-Rat eine Verordnung über einen Verhaltenskodex im Zusammenhang mit computergesteuerten Buchungssystemen zur Verhinderung einer Diskriminierung und für eine Entzerrung des Wettbewerbs zwischen Luftverkehrsgesellschaften und zwischen computergesteuerten Buchungssystemen.

Konzipiert sind Computer-Reservierungssysteme als unternehmensübergreifende Kommunikationssysteme, die durch Verknüpfung mit weiteren Reservierungssystemen weltweit neue Märkte für den Vertrieb von Reise- und Transportleistungen eröffnen sollen.

Heutige Computer-Reservierungssysteme sind Multi-Access-Systeme, d. h. Rechnerverbünde, die den Nutzern direkten Zugriff auf die Reservierungssysteme weiterer

Leistungsträger, z. B. von Reiseveranstaltern, Hotelketten und Autovermietungen gewähren.

Die meisten Computer-Reservierungssysteme sind darüber hinaus als Multi-Host-Systeme ausgelegt, d. h., sie werden von mehreren Luftverkehrsgesellschaften gemeinschaftlich angeboten.

Die Luftverkehrsgesellschaft als Dienstleistungsunternehmen

37

37.1 Unternehmens- und Rechtsformen

Zunächst ist der Begriff „Betrieb“ von dem Begriff der „Unternehmung (Unternehmen)“ abzugrenzen. Der Betrieb ist eine örtliche, technische und organisatorische Einheit zum Zwecke der Erstellung von Gütern u./o. Dienstleistungen. Der Betrieb ist charakterisiert durch einen räumlichen Zusammenhang und eine Organisation.

Unter einer Unternehmung versteht man ein wirtschaftlich/rechtlich organisiertes Gebilde, in dem die ertragbringende Leistung im Mittelpunkt der Betrachtung steht. Je nach Art der Unternehmung wird nach dem Prinzip der Gewinnmaximierung oder dem Angemessenheitsprinzip gehandelt. In diesem Sinne kann eine Unternehmung aus mehreren Betrieben bestehen (Beispiel: Holding).

Im Rahmen der vom Gesetzgeber vorgegebenen Rechtsformen sind eine Vielzahl von Varianten möglich, die sich an den Bedürfnissen oder Rahmenbedingungen der Unternehmen ausrichten. Unter den Flugliniengesellschaften, die den Status einer Kapitalgesellschaft haben, sind die Aktiengesellschaft und die Gesellschaft mit beschränkter Haftung häufig vertreten. Abbildung 37.1 gilt einen Überblick über Rechtsformen von Unternehmen.

37.2 Organisation einer Luftverkehrsgesellschaft

37.2.1 Einführung

Jedes Unternehmen hat eine Mission zu erfüllen und beschreibt diese durch Unternehmensziele. Die Unternehmensziele können wirtschaftlich u./o. sozial ausgerichtet sein. Um diese Ziele zu erreichen, durchläuft das Unternehmen folgende Phasen:

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_37,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

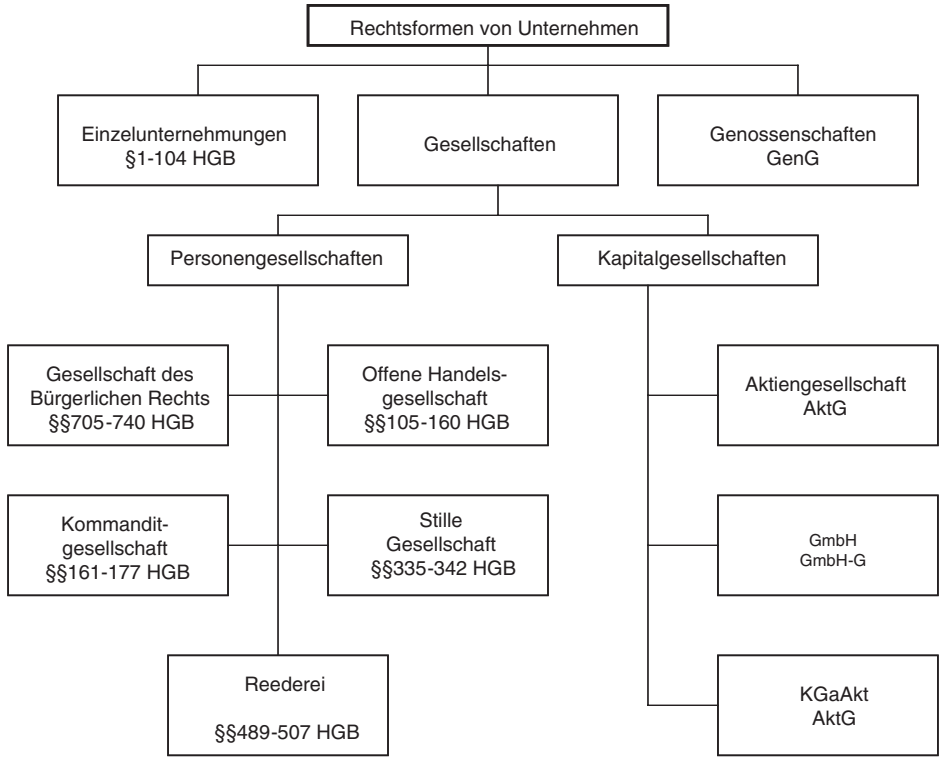


Abb. 37.1 Rechtsformen von Unternehmen

- Planung: vorausblickende Gestaltung der Leistungserstellung;
- Organisation: Regelsysteme zur Umsetzung der Planung;
- Kontrolle und Revision: Überwachung der Planumsetzung und Kontrolle der Resultate.

Die Aufgabe der Organisation besteht nun darin, ein Informationsnetz zwischen diesen Instanzen aufzubauen, um den notwendigen Informationsaustausch zu gewährleisten. Grundlegende Voraussetzungen für die Anwendbarkeit einer jeden Organisationsform sind zum einen die personelle, bzw. zeitliche Aufteilbarkeit der anfallenden Aufgaben, zum anderen das sich regelmäßig wiederholende Auftreten gleicher Aufgabentypen, ohne das eine langfristige Regelung nicht möglich wäre.

37.2.2 Grundsätze der Organisation

Eine Organisation muss ein Gleichgewicht schaffen zwischen:

- der Elastizität, ausgedrückt durch eventuelle Improvisation (= außerplanmäßige Regelung für individuelle Vorgänge) und Disposition (= planmäßige Regelung für individuelle Vorgänge), und

- der Stabilität, d. h. der Organisationsplanung, die eine planmäßige Regelung vieler gleichartiger Vorgänge gewährleistet.

Dieses Gleichgewicht bezeichnet man als organisatorisches Gleichgewicht, dessen Extremfälle „Überorganisation" (zu unbeweglichen Strukturen und Bürokratie führend) und „Unterorganisation" (unbegrenzte Handlungsspielräume mit ihren Folgen wie organisatorisches Chaos) unter allen Umständen zu vermeiden sind.

Alle zu ergreifenden organisatorischen Maßnahmen müssen sinnvoll aufeinander abgestimmt sein. Dieses muss zeitlich (zu einem Zeitpunkt/in einem Zeitraum/in einer Zeitfolge), räumlich (reibungsloser Durchfluss von Material, Schriftgut) und personell (Fähigkeiten, Charakter) gewährleistet sein.

Die maximale Wirtschaftlichkeit eines Unternehmens muss jederzeit durch die Organisation gegeben sein. Konkret bedeutet dies, dass eine anfallende Aufgabe durch den Einsatz von Arbeit, Material, Zeit, Weg und Raum mit größtmöglicher Genauigkeit gelöst wird. Die Organisation hat hier die Funktion eines Regelkreises, der gewährleistet, dass die geforderte Genauigkeit erreicht wird.

Anzustreben ist die dynamische flexible Organisation, die sich konform zur wirtschaftlichen Situation des Unternehmens entwickelt.

37.2.3 Aufbauorganisation

Die Aufbauorganisation lässt sich durch folgende Merkmalsausprägungen charakterisieren:

- sie dient der Gliederung betrieblicher Aufgaben in Aufgabenbereiche;
- sie legt organisatorische Grundelemente wie Abteilungen, Stellen sowie deren Verknüpfung fest;
- sie befasst sich mit den Aufgaben-, Kompetenz- und Verantwortungsbereichen von Personen und Personengruppen;
- sie stellt das Ergebnis eines Strukturierungsprozesses dar, der aus den Teilprozessen Aufgabenanalyse und Aufgabensynthese besteht.

Ausgangspunkt der Aufgabenanalyse ist die Gesamtaufgabe des Unternehmens, d. h. der jeweilige Unternehmenszweck. Diese Aufgabe ist in der Regel so global formuliert, dass sie unmittelbar nicht erfüllt werden kann. Deshalb zerlegt man sie in Teilaufgaben bis hin zu Elementaraufgaben, um den zu organisierenden Sachverhalt überschaubar zu machen. Die Darstellung der Teilaufgaben sowie die ihrer Zusammenhänge erfolgt in einem Aufgabengliederungsplan.

Die Aufgabensynthese erfolgt zeitlich gesehen nach der Festlegung der Gesamtaufgabe. Ihr Zweck besteht darin, einzelne Teil- oder Elementaraufgaben logisch zu Aufgabenkomplexen zusammenzufassen. Hierbei ist zu beachten, dass eine Zusammenfassung gleichartiger

Aufgaben zwar zu leichter überschaubaren Aufgabenprofilen führt, jedoch monotone Arbeitsabläufe hervorrufen kann. Eine zu große Aufgabenvielfalt kann hingegen zu Überforderung führen. Das Ergebnis dieser Zusammenfassung nennt man Stelle.

Die Stelle ist die kleinste organisatorische Einheit in einem Unternehmen. Die Zusammenfassung von Stellen ergibt Abteilungen, die wiederum in Instanzen, Objekte oder Funktionen gegliedert werden können.

Bei der Verantwortung z. B. für die Geschäftsfelder oder Sparten „Passage" und „Luftfracht" ergeben sich in einem rein funktionalen System, bei der jede untergebene Stelle nur von einer vorgesetzten Instanz Anweisungen erhalten darf, Probleme (Schwerfälligkeit, lange Kommunikationswege), die klassisch mit dem Aufbau einer Matrixorganisation umgangen werden können.

Aufbauend auf funktionsorientierten Instanzen, z. B. den Hauptabteilungen Produktion, Absatz, Finanzierung und Rechnungswesen, werden objektorientierte Instanzen, beispielsweise nach Produktgruppen, Sparten oder Absatzmärkten getrennt, zusätzlich geschaffen, um gleichzeitig und gleichberechtigt an der Lösung eines Problems mitzuwirken.

Vorteilhaft sind die Berücksichtigung sowohl von funktionsorientierten als auch von objektorientierten Gesichtpunkten.

Nachteilig ist die Mehrfachunterstellung untergeordneter Matrixstellen, wodurch Konflikte zwischen den beiden übergeordneten Instanzen (funktions- und objektorientiert) nicht ausgeschlossen werden können.

37.2.4 Ablauforganisation

Die Aufgabe der Ablauforganisation besteht darin, die während der Aufgabenanalyse und -synthese festgelegten einzelnen Teilaufgaben derart miteinander zu verknüpfen, dass ein bestmögliches Erreichen des verfolgten Unternehmenszieles möglich ist. Das bedeutet auch, Arbeitsabläufe im Unternehmen rationell und wirtschaftlich zu gestalten. In allen Bereichen eines Unternehmens (wie Beschaffung, Vertrieb, Verwaltung) werden hierzu die folgenden Aufgaben vollzogen:

- Erhaltung eines reibungslosen Ablaufs zur Vermeidung von Engpässen oder Leerlauf;
- Qualitätssicherung durch ständige Kontrolle der Güte der geleisteten Arbeit;
- Terminsicherung durch Erstellen von Terminplänen (Überwachung);
- Erhalt der Arbeitsmoral durch Schaffung und Aufrechterhaltung eines guten Be- triebsklimas, d. h. Berücksichtigung von arbeitsrechtlichen Bestimmungen und Erkenntnissen aus den Arbeitswissenschaften.

In der Ablauforganisation von Arbeitsprozessen geht es beispielsweise um die Bestimmung von Arbeitsgängen, z. B. Maßnahmen der Takt- und Rhythmenabstimmung von Arbeitsgängen sowie Reihenfolge-, Terminierungs- und innerbetriebliche Standortfragen.

37.2.5 Prozessorganisation

Bei der prozessorientierten Organisation steht der Prozess selbst, der Fertigungsprozess oder der Dienstleistungsprozess (z. B. der Transportprozess einer Luftverkehrsgesellschaft, der Abfertigungsprozess eines Verkehrsflugzeuges durch eine Flughafenbetriebsgesellschaft oder der Wegsicherungsprozess durch die Flugsicherungsorganisation) im Mittelpunkt der Betrachtung. Das Unternehmen wird um den oder die Kernprozesse (Geschäftsfelder) herum organisiert. Die „Zulieferer", die technischen, betriebswirtschaftlichen und personalpolitischen Einheiten des Unternehmens erbringen ihre Dienstleistungen im Rahmen von Unterstützungsprozessen. Die Leitungsfunktionen werden in Managementprozessen abgebildet.

37.3 Kooperationen und Formen der Zusammenarbeit zwischen Luftverkehrsgesellschaften

37.3.1 Einführung

Zahlreiche Formen der Zusammenarbeit ergänzen heute die von staatlicher Seite vorgesehene Regulierung der Luftverkehrsmärkte. Zur gemeinsamen Erfüllung der Unternehmensaufgabe schließen sich im allgemeinen zwei oder mehrere Unternehmungen zusammen, die im Einklang miteinander die anstehenden Probleme zu lösen versuchen.

Schon zu Beginn der zivilen Luftfahrt gab es aufgrund fehlender technischer Reife des Fluggerätes und nur ungenügend vorhandener Erfahrungen auf dem Gebiet der Navigation und der Meteorologie die Notwendigkeit der Zusammenarbeit einzelner Luftverkehrsgesellschaften. So wurden Erkenntnisse aus Probeflügen auf neuen Routen untereinander ausgetauscht und „Feuer" (heute Navigationsanlagen) organisiert, um Nachtflüge durchzuführen.

Diese frühen Formen der Zusammenarbeit befassten sich auch mit Fragen der Klassifizierung, Registrierung, Standardisierung sowie mit Rechts- und Versicherungsaspekten. Durch sich verändernde Marktbedingungen, denen sich die Luftverkehrsgesellschaften heute gegenübersehen, wie z. B.:

- Integrationsbemühungen der EU, Freigabe von Strecken, Kapazitäten und Preisen;
- Engpassproblemen bei der Infrastruktur, im Flughafenbereich und im Luftraum;
- Machtverlust der IATA und anderer luftfahrtpolitischer Verbände;
- verstärktem Konkurrenz- und allgemeinem Kostendruck;

Entsprechend sehen sich die Luftverkehrsgesellschaften zur Zusammenarbeit gezwungen. Eine Art der intensiven Zusammenarbeit ist das Eingehen von Kooperationen und Allianzen mit Mitbewerbern in gleichen Marktsegmenten.

37.3.2 Grundformen von Kooperationen

Eine Kooperation kann aufgrund ausdrücklicher oder stillschweigender Vereinbarungen zustande kommen. Sie kann auf eine kurz andauernde Projektaufgabe bezogen oder auf langfristige Zusammenarbeit in einer bestimmten Sparte (Geschäftsfeld) der Unternehmung ausgerichtet sein. Durch die Zusammenschlüsse sollen Engpässe gemildert, aber auch positive Synergieeffekte erzielt werden. Synergien können führen zu:

1. Kosteneinsparungen, Preisvorteile:	– Verbesserung der Position bei Herstellern Ausrüstern;
2. Erlösverbesserungen	– zunehmende Marktmacht (Marktanteile);
	– Verbesserung der Kundenbindung;
3. Zeiteinsparungen	– Beschleunigung von Projekten;
	– Reduzierung von Kapitalbindungsdauern;

Unter Synergie versteht man hierbei die Form des Zusammenwirkens, die dadurch gekennzeichnet ist, das sich die Gesamtwirkung von der additiven Zusammenfassung der Einzelwirkungen unterscheidet (entweder im positiven oder im negativen Sinne). Abbildung 37.2 zeigt den Beförderungsprozess im Rahmen von Allianzen.

Die Kooperation konkurriert mit der Fähigkeit der Unternehmen, Ziele ohne Partner, d. h. im Alleingang oder durch andere Formen der Zusammenarbeit zu erreichen. Eine Kooperation hat also erst dann eine ökonomische oder betriebswirtschaftliche Berechtigung, wenn der Zielerreichungsgrad durch die Kooperation dem des Alleingangs oder anderer Zusammenarbeitsformen überlegen ist.

Bezüglich der Grundformen der Kooperation unterscheidet man zwischen betrieblichen und verkehrlichen Kooperation.

Zur betrieblichen Kooperation gehören beispielsweise:

- gemeinsames Personal für die Bodenabfertigung der Flugzeuge;
- gemeinsame Geräte zur Bodenabfertigung der Flugzeuge;
- gemeinsames Personal und gemeinsame Werkstätten für die Flugzeugwartung und Flugzeuginstandhaltung;
- gegenseitige Nutzung der Flugzeuge;
- gemeinsame Ausbildung des Bord- und Bodenpersonals.

Zur verkehrlichen Kooperation zählen:

- gegenseitige Anerkennung der Abfertigungsdokumente;
- Verwendung ähnlicher oder gleicher Flugscheine;

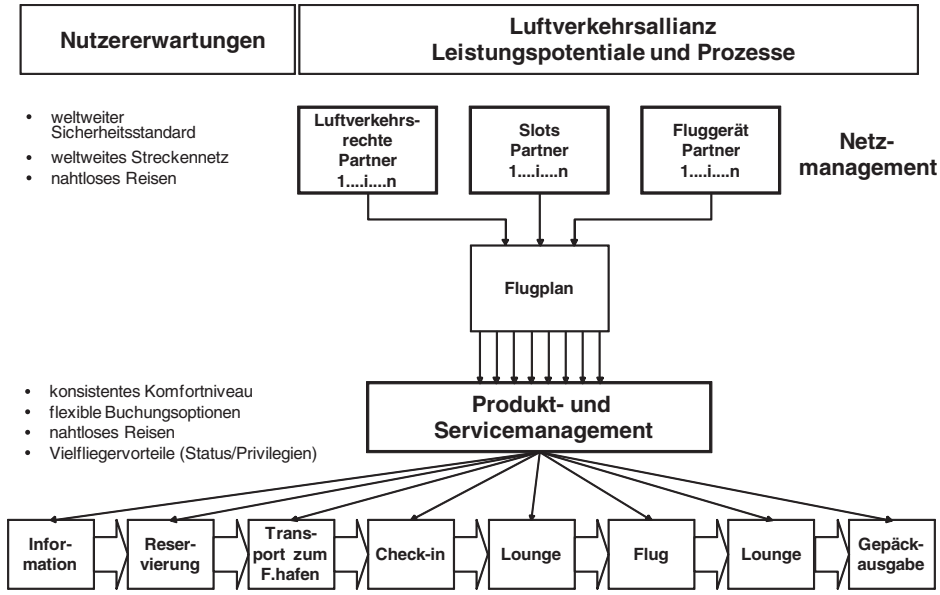


Abb. 37.2 Der Beförderungsprozess im Rahmen von Allianzen

- Übernahme des Transitgepäcks ohne große Formalitäten;
- gegenseitige Mitbenutzung der Verkaufsagenturen für Passagier- und Frachtverkehr;
- Zugriff auf Computerreservierungssysteme.

Beispiele für mögliche Synergieeffekte im Rahmen von Kooperation sind:

1. Verbesserung der Marktstellung im Außenverhältnis:
   Im Nachfrageverhältnis:
   - größere Abnahmemengen;
   - günstigere Bezugskombinationen;
   - Durchsetzung von Industriestandards;
   - Erhalt günstigerer Preise, Bedingungen und Lieferfristen;

   Als Anbieter:
   - Absprachen und Glättungen in den Bereichen Preis, Qualität und Menge;

   Im allgemeinen Umfeld Beeinflussung von:
   - staatlichen Organen;
   - internationalen Organisationen;
   - Verbrauchern, Nutzern und Kunden.
2. Eröffnung von Zugangsmöglichkeiten zu Märkten, Ressourcen oder Technologien:
   - Überwindung von Zugangsbeschränkungen (z. B. rechtlicher Art);
   - Selbst wenn ein Markteintritt ohne Kooperationspartner möglich ist, können durch Kooperationen mit Unternehmen, die über entsprechende Ressourcen

oder Technologien verfügen bzw. die auf den entsprechenden Zielmärkten etabliert sind, signifikante Vorteile erzielt werden (Voraussetzung: der Zugang ist durch die Kooperation dauerhaft und zu günstigeren Konditionen als den übli- chen Marktkonditionen möglich);
- gemeinsame Nutzung kapitalintensiver Technologien, z. B. Flugsimulationseinrichtungen, Computerreservierungssystemen u. a.,
- gemeinsame Nutzung von Ressourcen zur Bewältigung von Engpassproblemen, z. B. im Rahmen der Bodeninfrastruktur, der Slotvergabe, der Gates oder des Personals.

37.3.3 Spezielle Formen von Kooperationen

Die Abb. 37.3 zeigt die Struktur der heute in der Luftverkehrsindustrie gängigsten Formen von Kooperationen, Tab. 37.1 die Charakteristika alternativer Kooperationen.

37.3.3.1 Interline Abkommen

Hierbei handelt es sich um Abkommen über die gegenseitige Annahme und Honorierung von Flugdokumenten. Das Interline-System beruht auf der von der IATA aufgebauten und organisierten Zusammenarbeit über die gegenseitige Anerkennung von

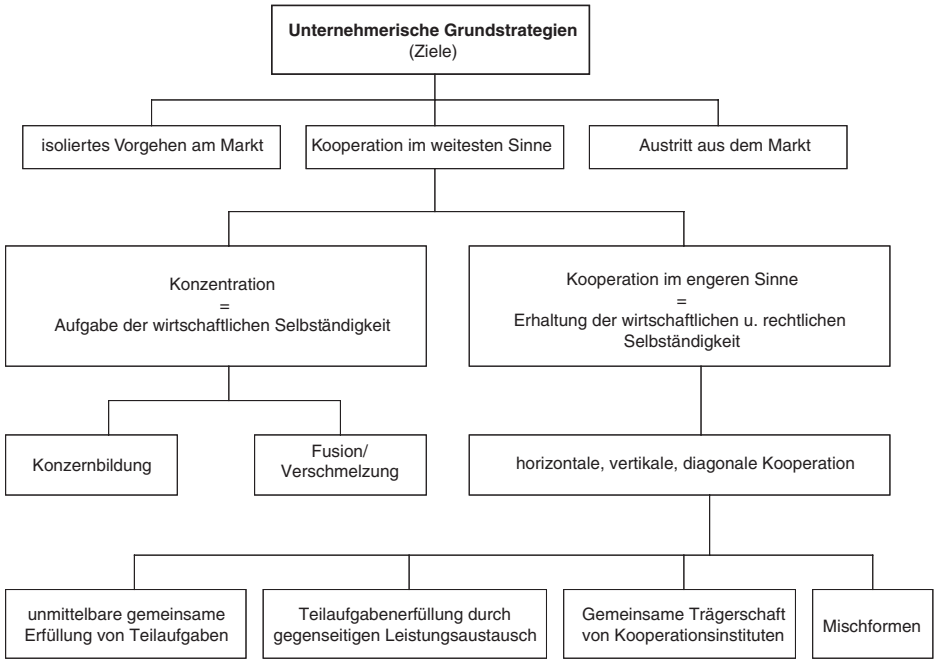


Abb. 37.3 Alternative Kooperationsformen

Tab. 37.1 Charakteristika verschiedener Kooperationsformen im Luftverkehr

Art der Kooperation	Charakteristika	Beispiele
Horizontale Kooperation	beschränkt auf gleiche Wirtschaftsstufe im gleichen Markt	Interlining, Code-Sharing, Pools, gemeinsame Bodenabfertigung
Branchenkooperation	Dieser Kooperation gehört ein Großteil der sich am Markt befindlichen Teilnehmer an	Zugehörigkeit einer Luftverkehrsgesellschaft zur IATA, AEA, BARIG etc.
Gruppenkooperation	Dieser Kooperation gehören nur wenige Marktteilnehmer an	Zusammenarbeit von Luftverkehrsgesellschaften im Rahmen des Betreibens von CRSe
Vertikale Kooperation	Einbeziehung vor- oder nachgelagerter Wirtschaftsstufen im gleichen Markt	Kooperation einer Luftverkehrsgesellschaft mit einem externen Wartungsbetrieb oder einem Reiseveranstalter
Diagonale Kooperation	Einbeziehung nicht vor- oder nachgelagerter oder Vorhandensein gleicher Wirtschaftsstufe aber keine gemeinsame Marktzugehörigkeit	Kooperation einer Luftverkehrsgesellschaft mit einem Kreditunternehmen, einer Mietwagenfirma oder einer Versicherungsgesellschaft

Beförderungsdokumenten, Verkaufs- und Beförderungsbedingungen sowie Abrechnungsmodalitäten für den Transport von Passagieren und Fracht.

Diese Form der Zusammenarbeit dient dazu, dem Passagier einen direkten Zugang zum weltweiten Luftverkehrsnetz und eine große Flexibilität bei Flügen, die über mehrere Sektoren und von verschiedenen Fluggesellschaften durchgeführt werden, zu geben.

Es ist nur ein einziger Flugschein erforderlich, der sowohl streckenmäßig (ein kostenloser Wechsel der Luftverkehrsgesellschaft ist möglich) als auch wertmäßig (nachträgliche Streckenänderungen bei gleichzeitigem Wechsel der Luftverkehrsgesellschaft sowie Erstattungen für nicht genutzte Flüge) von den Interline Partnern anerkannt wird. Ein anderer Vorteil für den Passagier ist die Möglichkeit der Konstruktion von Durchgangsflugpreisen, wodurch eine entfernungsabhängige Preisdegression trotz Flugunterbrechungen möglich wird.

Der Vorteil für die Luftverkehrsgesellschaften besteht darin, dass das eigene Streckennetz in Kombination mit den Netzen der beteiligten Luftverkehrsgesellschaften angeboten wird, somit Reiseziele im kombinierten Netz erreicht werden können, die eine einzelne Luftverkehrsgesellschaft nicht anbieten könnte.

Interline-Abkommen werden zwischen einzelnen Luftverkehrsgesellschaften abgeschlossen und über die IATA abgewickelt. Die IATA ist sowohl in die Vertragsverhältnisse, die Erstellung einheitlicher Beförderungsdokumente und die Abrechnungs-Modalitäten involviert.

Im Rahmen des wachsenden Wettbewerbs sind die Wettbewerber heute gezwungen, sich immer stärker mit eigenen Produkten am Markt zu profilieren. Zugleich schwindet insbesondere das Interesse der großen Luftverkehrsgesellschaften und der strategischen Allianzen

mit einem umfassenden Streckennetz daran, die Beförderung im Wege des Interlining abzugeben. Es ist die Intention, die Beförderung möglichst eigenverantwortlich vorzunehmen. Dort, wo dies nicht möglich ist, werden gezielt Abkommen mit Partnern vereinbart, die das jeweilige Streckennetz der Luftverkehrsgesellschaft in entsprechendem Maße ergänzen.

37.3.3.2 On-Behalf-Flüge

Bei On-Behalf-Flügen oder Code-Sharing führt eine Luftverkehrsgesellschaft im Auftrag einer anderen Luftverkehrsgesellschaft Flüge durch. Das wirtschaftliche Risiko liegt bei dem fliegenden Unternehmen, während der Auftraggeber seine Infrastruktur, z. B. Flugabfertigung und Reservierungssystem, entgeltlich zur Verfügung stellt. Anzutreffen ist diese Form der Zusammenarbeit maßgeblich im regionalen Ergänzungsverkehr (Zubringerdienste) oder im Umfeld strategischer Allianzen.

37.3.3.3 Pool-Agreements

Poolabkommen sind klassische Formen der Zusammenarbeit. Sie dienen der Festlegung der Flugzeiten (Tageszeiten, Wochentage), der anzubietenden Kapazitäten und der Aufteilung der Erträge. Sie können sich sowohl auf den technischen als auch auf den kommerziellen Bereich beziehen.

Technische Pools dienen der Zusammenarbeit von Luftverkehrsgesellschaften im technischen Bereich, wobei hauptsächlich Wartungs- und Instandhaltungsaufgaben zwecks Rationalisierung und Standardisierung gemeinsam wahrgenommen werden. Einer der bekanntesten technischen Pools war der Atlas-Kooperationsvertrag zwischen der Air France, Alitalia, Lufthansa, Sabena und lberia, der sich vor allem auf die gemeinsame Instandhaltung und Überholung von Großraumflugzeugen bezog.

Kommerzielle Pools stellen Vereinbarungen zwischen zwei oder mehreren Luftverkehrsgesellschaften über den gemeinsamen Betrieb des Fluglinienverkehrs auf einer Strecke und über die Teilung der Erträge auf dieser Strecke nach festgelegten Schlüsselwerten dar (Ertragspool). Bei Berücksichtigung der Kosten und deren Aufteilung auf die Pool-Partner spricht man von einem Kosten-Ertragspool.

Man unterscheidet weiterhin zwischen offenen und limitierten Pools, wobei bei ersteren die Erträge nach Angebot (Flüge, Sitzplätze) ohne Zahlungslimitierung geteilt werden. Bei limitierten Pools sind die Ausgleichszahlungen auf einen bestimmten Prozentsatz des Ertrages des erfolgreicheren Partners beschränkt. Die Auswirkungen der Poolabkommen sind unterschiedlicher Natur:

Die Kunden profitieren von einer ausgeglicheneren zeitlichen Verteilung der Flüge, eine Konzentration von Abflugterminen in den Verkehrsspitzen wird eingeschränkt. In den USA und seit dem 1. Januar 1993 auch in der EU wird dieser Effekt jedoch als Einschränkung des Wettbewerbs gewertet.

Die Luftverkehrsgesellschaften erzielen insbesondere durch technische Poolabkommen bedeutende Kostenvorteile. Die kommerziellen Pools erleichtern kleineren Luftverkehrsgesellschaften die Teilnahme am Fluglinienluftverkehr und sind oft Grundlage und Voraussetzung bilateraler Luftverkehrsabkommen.

Ein weiterer Vorteil von Poolabkommen für die betreffende Luftverkehrsgesellschaft ist die Möglichkeit, die Flugverbindungen des Partners in das eigene Verkehrsnetz zu integrieren, so dass Ziele im Flugplan einer Gesellschaft angegeben werden können, die diese nicht mit eigenem Fluggerät und Personal bedient.

Dies ist besonders wichtig im Hinblick auf den Einsatz moderner Buchungssysteme, in denen man durch eine Vielzahl von angebotenen Flugverbindungen eine Konkurrenzgesellschaft mit ihrem Angebot aus Platzgründen von der ersten Seite des Reservierungssystems verdrängen kann und auf diese Weise einen verkaufsstrategischen Vorteil erhält.

37.3.3.4 Royalty-Agreements

Royalties sind Zahlungen einer Luftverkehrsgesellschaft an eine andere, um im Heimatland dieser Luftverkehrsgesellschaft Verkehrsrechte zu erhalten, die es nach den bestehenden bilateralen Luftverkehrsabkommen nicht ausüben kann.

Meist handelt es sich dabei um Rechte der 5. Freiheit, d. h. um das Recht, Passagiere, Fracht und Post zwischen diesem und einem Drittstaat befördern zu dürfen. Unter Royalties versteht man demnach Kompensationsleistungen für die entstehenden Umsatzverluste der Luftverkehrsgesellschaften der betroffenen Drittstaaten. Berechnet werden Royalties in Prozent der auf dieser Strecke erzielten Erträge oder als fester Betrag pro Passagier.

37.3.3.5 Strategische Allianzen

Der Begriff der strategischen Allianz ist nicht eindeutig definiert. Im Gegensatz zur Fusion, bei der die Unternehmenspartner sich so zusammenschließen, dass sie rechtlich und wirtschaftlich eine Einheit bilden, ist eine strategische Allianz am besten durch die Zusammenarbeit zweier oder mehrerer Unternehmen beschrieben, bei der die Partner ihre rechtliche Selbstständigkeit behalten.

Gleichzeitig wird darauf geachtet, dass die wirtschaftliche Selbständigkeit größtenteils gewahrt bleibt. Der Zusammenschluss der Unternehmungen kann mündlich vereinbart, vertraglich gefestigt, oder anhand von gegenseitigen Minderheitsbeteiligungen festgelegt werden.

Durch die gemeinsame Verfolgung von Unternehmensinteressen entsteht eine Art Interessengemeinschaft. Jede Partei unterstützt den Zusammenschluss dadurch, dass sie einen Teil des Know-hows ihrer Firmenaktivitäten zur Erfüllung der gemeinsamen Ziele beisteuert. Hierbei können aufgrund der individuellen Stärken und Schwächen der einzelnen Unternehmungen Synergieeffekte realisiert werden.

Strategische Allianzen können nach zwei Gesichtspunkten unterteilt werden. Sie können nach der geographischen Ausbreitung und nach ihrer finanziellen Struktur gesehen werden. Luftverkehrsallianzen werden gegründet, um in bestimmten strategischen Bereichen Verbesserungen zu erzielen.

Die vier Hauptkategorien sind Marktanteile, Zusammenlegung von Kapazitäten (Verkauf, Fluggerät, Stationsbetrieb, etc.), Zugriff auf neue Märkte und verbesserte

Tab. 37.2 Parameter und Inhalte Strategischer Allianzen

Parameter	Inhalte
Symmetrie der Parameter	Machtverhältnis
	Kontrolle der Schlüsselfaktoren
	Übersicht über einen längeren Zeitraum
Ähnlichkeit der Partner	Inoffizielle Abkommen
	Ähnlichkeit der Kultur des Managements
Zeiträume	Genauer Zeitplan
	Zeitliche Begrenzung
Bereitstellung von Aktiva	Abordnung von Personen/Anlagen für das
	Gemeinschaftsunternehmen
Management	Risiken der Schaffung einer unabhängigen Einheit
	Möglichkeit des Transfers von Fähigkeiten nach außen
Exklusivität	Exklusive Partnerschaften
Beteiligungsbegriffe	Gleichmäßige Verteilung der Gewinne
	Veräußerung des Anteils in Gegenwart und Zukunft

Kapazitätsausnutzung. Entscheidend für die Funktionsfähigkeit der Allianz ist die Machtverteilung. Hierbei unterscheidet man drei Fälle:

1. Die geteilte Vision (Shared Vision), bei der gleich starke Partner die Stärken des einen nutzen, um die Schwächen des anderen auszugleichen;
2. Das Machtspiel (Power Play), bei dem der stärkere Partner versucht, mit seiner Marktmacht die Kontrolle über die Allianz zu erlangen;
3. Das Prozentspiel (Percentage Game), bei dem der schwächere Partner versucht, seine Marktposition durch Kooperation mit einem stärkeren Partner zu verbessern.

Parameter, die einen entscheidenden Einfluss auf die Verwirklichung von Allianzen haben, sind der Tab. 37.2 zu entnehmen.

37.3.3.6 Joint Ventures

Bei einem Joint Venture können in unternehmensinternen Rechnungslegungen sowohl die Kosten als auch die Einnahmen nach vorab vereinbarten Schlüsseln abgerechnet werden.

Bei dieser intensivsten Form der Zusammenarbeit zwischen den Luftverkehrsgesellschaften ist Code-Sharing nur ein Teil der Gesamtkooperation, die gewöhnlich auf ein Verschmelzen der beiden Gesellschaften zielt, wenn es die nationalen Gesetze erlauben.

37.3.3.7 Beteiligungen

Eine Beteiligung dient vorrangig dem Zweck, ein Kooperationsabkommen zu festigen. Unter dem Aspekt der strategischen Allianzen sind nur Minderheitsbeteiligungen von Bedeutung, da Mehrheitsbeteiligungen dazu dienen, die Kooperation zu kontrollieren (z. B. Konzern). Sinn einer Allianz aber ist die beiderseitige verantwortliche und gemeinsame Zusammenarbeit der Partner.

37.3.3.8 Franchising

Eine in einigen Handelsbereichen weit verbreitete und auch in der Luftfahrt zunehmend angewandte Absatzform ist das Franchising.

Sie ähnelt sehr stark dem WetLeasing, weist hier aber einen entscheidenden Unterschied auf. Beim Franchising liegt das wirtschaftliche Risiko für im Auftrage des Franchise-Gebers durchgeführte Dienste beim Franchise-Nehmer. Dieser bekommt von seinem Partner, der in aller Regel eine größere Luftverkehrsgesellschaft ist, das Recht, in dessen Namen und Farben die vereinbarten Dienste mit eigenem Fluggerät und eigenem Personal durchzuführen.

Dabei wird die Vermarktung in der Regel vom größeren Unternehmen übernommen. Der Franchise-Nehmer verpflichtet sich vertraglich, die gleiche Produktqualität anzubieten wie der Franchise-Geber. Ein im Rahmen einer Franchise-Vereinbarung durchgeführter Flug trägt nur den Designator Code des Franchise-Gebers, der Franchise-Nehmer tritt nicht als eigenständiger Anbieter am Markt auf.

37.4 Unternehmensplanung einer Luftverkehrsgesellschaft

Luftverkehrsgesellschaften sind kapital- und personalintensive Unternehmen, die für die Bereitstellung ihrer Ressourcen (Flugzeuge und Betriebseinrichtungen, hochqualifiziertes Personal mit den erforderlichen Lizenzen) eine Vorlaufzeit von mehreren Jahren benötigen. Während des Betriebs sind kontinuierliche Anpassungsprozesse an die Märkte (Passagier- und Frachtmarkt) und damit auch an den Flugbetrieb (Fluggerät, Streckennetz) und die Betriebseinrichtungen (Stationen, Stationsdienste) vorzunehmen.

Einer effizienten Unternehmensplanung kommt deshalb große Bedeutung zu. Dies gilt insbesondere für Luftverkehrsgesellschaften, da diese auch auf unvorhergesehene Entwicklungen hinreichend flexibel reagieren können müssen.

37.4.1 Der strategische Planungsprozess

Es wird der ganzheitliche Planungsprozess als formales Konzept zugrunde gelegt. Er beinhaltet:

Diagnostik: Entdeckung von Problemen und Identifizierung von Chancen und Risiken.

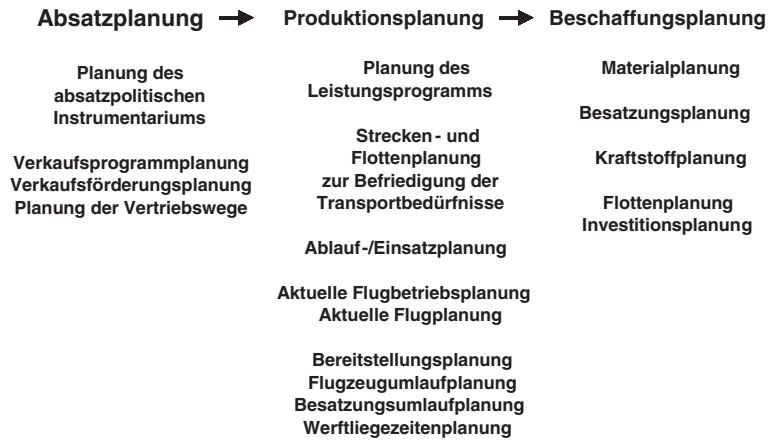


Abb. 37.4 Primäre Planungsprozesse einer Luftverkehrsgesellschaft

Strategien: Entwicklung konkreter Handlungsalternativen oder Strategien, die den jeweiligen Chancen oder Risiken gerecht werden.

Evaluierung: Ermittlung der potentiellen Folgen der Handlungsalternativen für verschiedene Szenarien. Vergleich mit den Unternehmenszielen.

Auswahl: Auswahl einer bestimmten Handlungsalternative.

Der Planungsprozess ist dabei als rollende Planung konzipiert, so dass im Rahmen von ein- bis fünfjährigen oder darüber hinausgehenden Planungszeiträumen die einzeln zu planenden Elemente und Zeitabschnitte in regelmäßigem Turnus, unter Berücksichtigung neuster Erkenntnisse und Marktentwicklungen, überarbeitet und geplant werden können.

Abbildung 37.4 zeigt die primären Planungsprozesse einer Luftverkehrsgesellschaft.

37.4.2 Die Phasen des Planungsprozesses

Die Problemanalyse mit ihren Komponenten „Zustandsanalyse“ und „Problemdefinition“ dient der Bestimmung des Ist-Zustandes, bezogen auf die Wettbewerbssituation, Ressourcen, und der derzeitigen Strategien des Unternehmens. Es folgt die Festlegung der relevanten betriebswirtschaftlichen Unternehmensziele und des Soll-Zustandes des Unternehmens, sowie die Bearbeitung der daraus resultierenden Problemstellungen zur Realisierung der Sollsituation im Planungszeitraum.

Hierzu gliedert sich die Problemanalyse in die Bestimmung systemrelevanter Umfeldgrößen und die Analyse der Unternehmenssituation in den Märkten. Die Bestimmung der systemrelevanten Umfeldgrößen untergliedert sich weiter in die Ermittlung der globalen systemrelevanten Umfeldgrößen und die Bestimmung der spezifischen

systemrelevanten Umfeldgrößen, wobei externe Elemente, die für den Zustand eines Systems nicht relevant sind, auch nicht zu seinem Umfeld gezählt werden. Hauptaufgabe der Problemanalyse ist die Ermittlung der kritischen Erfolgsfaktoren.

Nach der Untersuchung der Unternehmenssituation wird diese den Ressourcenprofilen des Unternehmens gegenübergestellt, woraus die Stärken und Schwächen des Unternehmens ersichtlich werden. Ein Vergleich mit Unternehmensdaten der Mitbewerber (Konkurrenz- oder Wettbewerbsanalyse) liefert die Grundlage für die eigene Unternehmensplanung.

37.4.3 Produktionsplanung einer Luftverkehrsgesellschaft

Unter Produktionsplanung wird im allgemeinen ein systematischer (organisatorischer) Prozess zur Entwicklung eines Handlungsrahmens (Planes) für das effiziente Zusammenwirken von Produktionsfaktoren (allgemein: Menschen, Maschinen, Vorprodukte bzw. Rohstoffe) zur Hervorbringung von Produkten (Dienstleistungen) unter Berücksichtigung von gesellschaftlichen, ökonomischen und technischen Bedingungen verstanden.

Aus der Sicht des Kunden ist das Produkt einer Luftverkehrsgesellschaft ein Flug auf einer von ihm gewählten Strecke zu einem bestimmten Bestimmungsort mit einem bestimmten Service. Die Flugplan einer Luftverkehrsgesellschaft stellt ein Angebot dar, dass dieser Flug zu einer bestimmten Zeit zum gewählten Bestimmungsort (Destination) durchgeführt wird. Das heißt, aus der Sicht des Produzenten (der Luftverkehrsgesellschaft) sind die Produkte zunächst als Absichtserklärungen zu sehen, innerhalb eines Kalenderzeitraumes (Flugplanperiode), an bestimmten Wochentagen (Verkehrstagen), zu gegebenen Zeiten (Start- und Lande-Zeiten), auf definierten Strecken und mit der, der zu erwartenden Nachfrage entsprechenden Flugzeugmustern, Transportleistungen durchzuführen.

Die operative Planung der Produktion, die sich aus der strategischen Planung ableitet, lässt sich in die Teilbereiche Produktplanung und Produktionsplanung untergliedern. Bei der Produktionsplanung sind die Teilbereiche Produktionsprogrammplanung und Produktionsprozessplanung (Kapazitätsbereitstellungsplanung) zu unterscheiden.

Unter der Produktplanung versteht man die Netzplanung (Streckenplanung) auf der Grundlage von Markt- und Wettbewerbsanalysen. Produktideen werden aus Überlegungen über in der Zukunft zu bedienende Strecken entwickelt. Hierin berücksichtigt werden marktstrategische Aspekte sowie das erwartete wirtschaftliche Ergebnis.

Die Prämissen der operativen Planung resultieren aus der strategischen Planungsstufe und umfassen Projektionen unternehmenspolitisch wichtiger Kennzahlen, z. B. Wachstumsraten (nach Märkten und Verkehrsgebieten), die Flottenentwicklung, Strukturdaten (Geschäftsreiseanteil, Frachtanteil etc.) sowie die relevanten luftverkehrsspezifischen betriebswirtschaftlichen und finanzwirtschaftlichen Kennzahlen.

Schließlich geht die Planung in die Steuerung des Produktionsablaufes über, d. h. in den Bereich der taktischen Planung, bei dem u. a. Anpassungsentscheidungen zu treffen

sind, wenn beispielsweise ein für den Einsatz eingeplantes Flugzeug durch einen technischen Defekt ausfällt, oder die Nachfrage die Sitzplatzkapazität des Flugzeuges übersteigt.

Je nach Größe und Operationsgebiet einer Luftverkehrsgesellschaft unterscheidet man im Rahmen der operativen Produktionsplanung folgende Programme:

1. Das Verkehrsprogramm enthält Prognosen über die Gesamtluftverkehre, wie Passagiere, Fracht und Post nach Verkehrsgebieten, und die daraus resultierende Festlegung der geplanten, realisierbaren Markt- oder Verkehrsanteile;
2. Das Streckenprogramm enthält die für den Planungszeitraum ausgewählten und zu bedienenden Streckenführungen mit Angabe der Flugzeugtypen, Wochenfrequenzen und der Zeitenlage der einzelnen Flüge;
3. Das Flottenprogramm enthält eine Auflistung über die vorhandenen und benötigten Flugzeuge nach Typ und Anzahl, Beschaffungsvorschläge, Konsistenz der weiteren Flottenentwicklung;
4. Das Flugprogramm enthält die mit den technischen und operationellen Stellen erarbeiteten Daten nach dem letzten Stand der Flugplanung. Insbesondere Nutzung der Flotte, Flugzeugrotation, Wartungszeiten, Übernachtungsstationen sowie für Liegezeiten, Schulung und als Reserve vorgehaltene Flugzeuge;
5. Das Produktions- und Leistungsprogramm enthält Plandaten des Angebots, der Auslastung sowie der Kosten und Erträge;
6. Das Investitionsprogramm enthält die erforderlichen Investitionen und Vorschläge zur Finanzierung, Ertrags- und Kostenpläne nach Verantwortungsbereichen und das Jahresbudget, die Streckenergebnisplanung und die Produktrechnung.

Ergebnis der Produktplanung ist ein Sollprogramm, das Verkehrsprogramm, welches die Summe aller Produktideen beinhaltet. Sollprogramme werden regelmäßig für verschiedene Planzeiträume erstellt und in regelmäßigen Abständen aktualisiert (Produktionsprogrammplanung).

Die Sollprogramme sind zunächst Grundlage für die Kapazitätsbereitstellungsplanung, d. h. die Beschaffung von Produktionsfaktoren wie Fluggerät und Personal. Die genannten Produktionsfaktoren benötigen eine relativ lange Vorlaufzeit für die Beschaffung und werden deshalb entsprechend lange im voraus geplant.

Ein Teil der Kapazitätsbereitstellungsplanung ist die Flottenplanung. Aufgabe der Flottenplanung ist ein auf der Grundlage des Sollprogramms zu optimierendes Flottenprogramm, um die Flugzeugmuster und die Anzahl der benötigten Flugzeuge zu ermitteln. Aus der Flottenplanung (dem Flottenprogramm) leitet sich die langfristige Personalplanung im Cockpit- und Kabinenbereich ab.

Um eine realistische Kapazitätsbereitstellungsplanung durchführen zu können, bedarf es auch eines bereits bestehenden Flugplanes. Zumindest muss kapazitätsmäßig geklärt sein, ob ein Sollprogramm durchführbar ist oder nicht. Die Kapazitätsbereitstellungsplanung ist somit eng mit der Produktionsprogrammplanung verbunden.

Die Aufgabe der Flugplanung ist es, auf der Basis des gegebenen Flottenprogramms die Wünsche des Streckenmanagements unter Einhaltung aller internen und externen

Restriktionen möglichst optimal in einen Produktionsplan umzusetzen. Dabei sind sowohl interne als auch externe Restriktionen zu berücksichtigen.

Zu den internen Restriktionen zählen z. B. gesetzlich vorgegebene Dienstzeitregelungen für Flugzeugführer und Flugbegleiter, einzuhaltende Wartungsintervalle der Flugzeuge und unterschiedliche Abfertigungsprozeduren an den Stationen. Zu den externen Restriktionen gehören die erforderliche Verfügbarkeit von Start- und Landezeiten (Slots) auf vielen Verkehrsflughäfen, Einflug- u./o. Überfluggenehmigungen der betreffenden Staaten (bei internationalen Verkehren, falls erforderlich), Koordinationsabsprachen innerhalb internationaler Luftverkehrsorganisationen und vertragliche Absprachen mit anderen Luftverkehrsgesellschaften (z. B. Code Sharing) oder im Rahmen von Allianzen.

Der Produktionsplan, als Ergebnis der Produktionsprozessplanung, besteht aus einem Rotationsplan, in dem festgelegt wird, welche Flüge wann und mit welchen Flugzeugmustern realisiert werden sollen, und dem Flugplan, der alle realisierbaren Flüge mit ihren produktionsrelevanten Parametern erfasst. Der Flugplan ist die verbindliche Grundlage für Produktion und Verkauf und unterstützenden, bzw. begleitenden Aktivitäten im Gesamtunternehmen. Die vereinfachte Darstellung des Ablaufs der Flugplanung gestaltet sich wie folgt:

- Festlegung der zu bedienenden Strecke;
- Festlegen des Startflughafens, und der Startzeit (unter Berücksichtigung von Anschlussflügen);
- Festlegung des Zielflughafens;
- Angabe der erwarteten Abflugzeit am Startflughafen;
- Angabe der erwarteten Ankunftszeit am Zielflughafen;
- Festlegen der nächsten Destination.

Der Prozess der Flugplanung ist als iterativer Prozess zu verstehen und muss ggf. mehrfach durchlaufen werden. Aspekte wie Umsteigemöglichkeiten, Austauschbarkeit der Flugzeugmuster, Einsatzprofil des Cockpit- und Kabinenpersonals, Tageszeiten an denen bestimmte Strecken bedient werden sollten etc., sind bei der Iteration zu berücksichtigen. Für den Kunden ist das endgültige Ergebnis der Planung einer Luftverkehrsgesellschaft der Flugplan und die Angebotspalette aller Leistungen, die in veröffentlichter Form dem Fluggast zeigen, welches Produkt diese Gesellschaft zu welchen Preisen anzubieten hat.

Während die Flugplanung bei der Erstellung ihrer Rotationen (längerfristiger Aspekt) nur davon ausgeht, dass ein bestimmtes Flugzeugmuster in der Flotte der Luftverkehrsgesellschaft existiert, müssen der Flugzeugeinsatz- und Liegezeitenplanung den Rotationen physische Flugzeuge zugeordnet werden, um die Instandhaltungserfordernisse dieser Flugzeuge zu berücksichtigen.

Dazu werden sie an bestimmten Punkten der Rotation, an denen sich die Instandhaltung durchführen lässt, aus dem Produktionsprogramm herausgenommen und durch ein anderes Flugzeug ersetzt. Dies beginnt drei bis sieben Tage (Kurzstrecke) bzw.

drei bis vier Wochen (Langstrecke) vor dem Verkehrstag (kurzfristiger Aspekt) und erfordert freie Kapazitäten sowohl in der Flotte als auch in der Instandhaltungsfirma vor Ort. Der Gesetzgeber schreibt Wartungsintervalle vor, die von den Luftfahrzeugbetreibern einzuhalten sind. Diese Vorschriften werden für jeden Luftfahrzeugtyp in Zusammenarbeit mit dem Hersteller und den Genehmigungsbehörden der jeweiligen Staaten ausgearbeitet und dienen dem Erhalt der Lufttüchtigkeit und Betriebssicherheit eines jeden Luftfahrzeuges. Folgende Aspekte sind bei der Instandhaltung zu berücksichtigen:

- möglichst hohe Ausnutzung der erlaubten Starts und Landungen sowie der zulässigen Flugzeit zwischen den Instandhaltungsereignissen unter Einhaltung der Instandhaltungsintervalle (90–95 % des maximal Möglichen werden angestrebt);
- das Luftfahrzeug muss sich für die Durchführung eines Checks an einem hierfür geeigneten Ort befinden, d. h. entsprechende Werkstätten müssen vorhanden sein;
- länger dauernde Checks sollten in Zeiten stattfinden, in denen das Luftfahrzeug am ehesten entbehrlich ist;
- die Bodenzeiten sollten generell möglichst kurz gehalten werden;
- möglichst hohe und homogene Auslastung des Instandhaltungspersonals ist anzustreben;
- die Entscheidung, ob die Instandhaltung eigenständig oder von einer Fremdfirma durchgeführt werden soll, ist von Fall zu Fall zu entscheiden.

Soll die Instandhaltung in eigener Regie durchgeführt werden, so muss das Unternehmen an jeder Station entsprechendes Personal vorhalten und sich eine eigene Instandhaltungsbasis aufbauen. In dieser müssen alle benötigten Ersatzteile vorrätig sein, es müssen auch größere Wartungsarbeiten durchgeführt werden können.

Ein ähnliches Prinzip liegt der Cockpit- und Kabineneinsatzplanung zugrunde. Hier sind insbesondere die gesetzlichen und betrieblichen Vorschriften über Arbeitszeiten, Ruhepausen, Urlaub etc. zu berücksichtigen. Die Vorgaben der Creweinsatzplanung an die Flugplanung betreffen deshalb hauptsächlich Hinweise zur Vermeidung besonders kritischer Arbeitszeitsituationen, die den Einsatz doppelter Crews wegen zu langer Flugzeiten bedingen könnten, unnötige Übernachtungen und „Dead-Head-Flüge“ (Flugzeugführer und Kabinenpersonal als Passagiere zu ihrem Einsatzort) zu selten angeflogenen Destinationen. Üblicherweise wird wie folgt verfahren:

In der kurzfristigen Planung mit dem Ziel der Maximierung des Betriebsergebnisses erfolgt eine nochmalige Überarbeitung des Flugprogramms. Diese geht dann als Arbeitsgrundlage an die „Flugzeugeinsatzplanung“.

In der Monatseinsatzplanung werden, in Verbindung mit der Creweinsatzplanung, die Tagesrotationen der gesamten Flotte je Monat aufgestellt. Hierunter versteht man je Wochentag die Sequenzen von Flügen, die von demselben Flugzeug bedient werden sollen.

Die Planung des Tageseinsatzes beginnt drei bis sieben Tage (Kurzstrecke) bzw. drei bis vier Wochen (Langstrecke) vorher. Zu diesem Zeitpunkt wird auch die Personaleinsatzplanung abgeschlossen. Noch am Tage der Durchführung können, in

Abhängigkeit der Flottengröße und des Flugprogramms, Flugplankorrekturen durchgeführt werden, wenn sie aufgrund unvorhergesehener Ereignisse erforderlich werden.

Der gesetzliche Rahmen wird durch die 2. DVO zur Betriebsordnung für Luftfahrtgerät gebildet. Der Gesetzgeber definiert auch die verwendeten und nachfolgend erläuterten Begriffe.

Die Flugzeit wird bei Luftfahrzeugen über zwei Tonnen zugelassener Höchstmasse aus der Blockzeit berechnet. Diese erfasst den Zeitraum zwischen dem Anlassen der Triebwerke und dem Abrollen von der Parkposition („off block“) bis zum Stillstand des Luftfahrzeuges an der Parkposition („on block“) und dem Abschalten der Triebwerke, also einschließlich der Rollzeit.

Die „Dead-Head-Zeit“ wird als die Zeit festgelegt, die ein Besatzungsmitglied auf Anordnung des Unternehmens, ohne eigene Arbeiten zu verrichten, an Bord eines Luftfahrzeuges verbringt, um zum Antritt seines Flugdienstes zu einem anderen als dem Flugplatz, an dem der vorhergehende Flugdienst beendet wurde, zu gelangen und seinen Dienst aufzunehmen. Gleiches gilt für eine entsprechende Beförderung mit einem anderen Verkehrsmittel.

Die Bereitschaftszeit ist diejenige Zeit, in der sich ein Besatzungsmitglied auf Anordnung des Unternehmens zum Flugdienst bereitzuhalten hat.

Die Ruhezeit ist ein Zeitraum von mindestens zehn Stunden, während der ein Besatzungsmitglied von Diensten jeder Art befreit ist.

Die Flugdienstzeit setzt sich aus folgenden Bestandteilen zusammen:

1. Zeit für Vorarbeiten vor Antritt des Fluges (mindestens eine halbe Stunde);
2. Die tatsächliche Flugzeit;
3. Zeit für Anschlussarbeiten nach dem Ende der Flugzeit (mindestens 15 Min);
4. Zeiten im Flugsimulator (inkl. Vorbereitungs- und Nachbereitungszeiten) und
5. Die anzurechnenden Beförderungs- und Bereitschaftszeiten.

Weiteren Aspekte bei der Creweinsatzplanung sind:

- Typenlizenzen der Besatzungen;
- „Zeitkontostand“ (Flug-, Flugdienst-, Ruhezeiten) der Besatzungsmitglieder;
- Abwesenheit wegen Krankheit, Urlaub, Schulungen usw.;
- Saisonale Schwankungen des Personalbedarfs;
- Transport der Besatzungen zum Einsatzort;
- Berücksichtigung der Besatzungswohnorte und eventuelle Hotelunterbringung der nicht am Heimatort übernachtenden Besatzungsmitglieder.

Darüber hinaus ist die Planung für den Stationsbetrieb der abzufertigenden Flugzeuge durchzuführen. Für die anfallenden Arbeiten, z. B. Entladung, Reinigung, Betankung, Catering, werden je nach Größe des Flugzeugmusters und technischer Ausstattung der Station Standardbodenzeiten ausgearbeitet.

Der Produktionsplan enthält somit die mit den technischen und operationellen Stellen erarbeiteten Daten nach dem letzten Stand der Flugplanung. Hier wird die Nutzung der Flotte, die Flugzeugrotationen, Instandhaltungs- und Standzeiten sowie vorzuhaltende Flugzeuge für Liegezeiten, Schulung und Reserven berücksichtigt. Problematisch gestaltet sich die Arbeits- bzw. Einsatzplanung bei zeitlich ungleichmäßigen Verkehren, d. h. wenn sich zwischen den Verkehren größere Zeiträume ergeben. Aufgrund von nichtplanbaren Vorkommnissen, Störungen etc., die sich während des laufenden Flugbetriebes ergeben können, sind die aufgestellten Produktionspläne relativ selten in der geplanten Weise umsetzbar. Alle kurzfristig erforderlichen Änderungen der Planungen fallen in den Aufgabenbereich der Einsatzsteuerung. Ursachen, die zu betrieblichen Problemen führen sind beispielsweise durch hohes Verkehrsaufkommen verspätete Flüge, krankheitsbedingte Personalausfälle, technische Defekte am Fluggerät oder technische/personelle Probleme im Abfertigungsbereich.

Die einzelnen Teilaufgaben der Produktionsplanung sind bei den Luftverkehrsgesellschaften über das gesamte Unternehmen verteilt. Bei der Flugplanung müssen daher die unterschiedlichsten unternehmensinternen und -externen Interessen berücksichtigt werden. Abbildung 37.5 zeigt die Komplexität der Flugplangestaltung.

Die Probleme bei der Koordination wachsen generell sehr mit stark steigender Komplexität der Organisation. So ist beispielsweise die Aufgliederung des Marktes in einzelne Segmente, die von eigenverantwortlichen Produktmanagern geführt werden problematisch, wenn von der Flugplanung alle Vorgaben mit einer einzigen Flotte erfüllt werden müssen. Eine Aufteilung der eigentlichen Flugplanung in Bezug auf verschiedene Märkte ist nur dann sinnvoll, wenn dafür separate Teilflotten zur Verfügung

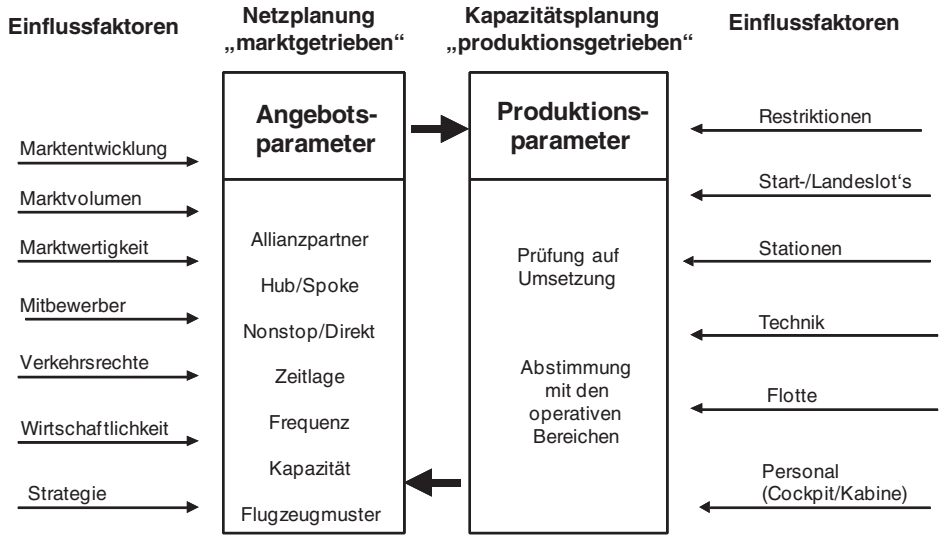


Abb. 37.5 Komplexität bei der Flugplangestaltung

stehen. Dies bedeutet aber einen erhöhten Ressourcenbedarf (Flugzeuge) aufgrund der mangelnden Teilbarkeit. Beispielsweise wird die Aufteilung zwischen kontinentalem und interkontinentalem Flugverkehr zunehmend problematischer, da immer häufiger für die Langstrecke ausgerüstete Flugzeuge auch auf Kurz-/Mittelstrecken eingesetzt werden.

Auch die Aufteilung nach den Produktarten Passage und Fracht ist nicht frei von Problemen, da der größte Frachtanteil als Beifracht in den Unterflurfrachträumen der Großraumflugzeuge mitgeführt wird, also ein Kuppelprodukt ist.

Des weiteren kommt es bei der Kurz- und Langfristplanung zu Schnittstellenproblemen, da die Planungsparameter unterschiedlich sind. So spielt bei der Langfristplanung die Optimierung der Kapazitätsauslastung eine besondere Rolle, während bei der Kurzfristplanung beispielsweise besonders auf die Slotverfügbarkeit geachtet werden muss. Die operative Produktionsplanung ist bei den meisten Luftverkehrsgesellschaften eine rollende Planung mit jährlichem oder halbjährlichem Zyklus und einem mehrjährigen Planungshorizont.

Je näher ein Plan an den Zeitpunkt seiner Realisierung kommt, um so feiner und verbindlicher erfolgt die Feinplanung. Für das jeweils nächste Jahr mündet die operative Planung immer in einen Flugplan und ein verbindliches Jahresbudget. Für das darauffolgende Jahr erscheint noch eine Budgetvorschau zweckmäßig, während es ab dem dritten Jahr in aller Regel genügt, aus der Planung die für eine Beurteilung notwendigen Eckdaten und Kennziffern zu ermitteln, um weitere Optimierungen vornehmen zu können. Ein zu hoher Detaillierungsgrad hat sich in diesem Stadium als nachteilig erwiesen, weil er unter hohem Aufwand nur zu Scheingenauigkeiten führt, die nicht nachvollziehbar sind. Die Langfristplanung dient vor diesem Hintergrund hauptsächlich der Abschätzung der Marktentwicklung und der Beschaffung der Produktionsmittel mit längeren Vorlaufzeiten.

Abb. 37.6 Ablauf der Produktionsplanung

Bei der Kurzfristplanung werden in der bereits dargestellten Weise die Rotationsumläufe für das folgende Flugplanjahr, aufgeteilt in einen Sommer- und einen Winterproduktionsplan, erarbeitet. Darauf aufbauend werden IATA-Drafts, d. h. vorläufige Flugpläne, die die gewünschten Start-/Landezeiten (Slot's) enthalten, erstellt. Sie werden auf den IATA-Flugplankonferenzen vorgelegt und international abgeglichen. Aus dem IATA-Draft wird durch die Einarbeitung der Abstimmungsergebnisse die Vorausgabe für die interne Planung der Luftverkehrsgesellschaft erarbeitet. Neben diesen regelmäßigen Abläufen bei der Entwicklung der Flugpläne werden in bestehende Pläne häufig Änderungen eingearbeitet bis hin zum gültigen und veröffentlichten Flugplan. Abbildung 37.6 zeigt den Ablauf der Produktionsplanung.

37.5 Betriebliches Rechnungswesen einer Luftverkehrsgesellschaft

37.5.1 Grundlagen des betrieblichen Rechnungswesens

Als betriebliches Rechnungswesen [182] kann man die systematische, regelmäßig und oder fallweise durchgeführte Erfassung, Aufbereitung, Auswertung und Übermittlung der das Betriebsgeschehen betreffenden quantitativen Daten (Mengen- und Wertgrößen) bezeichnen. Es ist ein Instrument zur zahlenmäßigen Erfassung sowohl volkswirtschaftlicher als auch betriebswirtschaftlicher Sachverhalte. Die Methoden des betrieblichen Rechnungswesens dienen nicht nur der Dokumentation, sondern vor allem der Kontrolle wirtschaftlicher Zustände und Abläufe. Ziel ist es, die gewonnenen Informationen für Planungs-, Steuerungs- und Kontrollzwecke innerhalb des Betriebes sowie zur Information und Beeinflussung Außenstehender (z. B. Eigenkapitalgeber, Gläubiger, Gewerkschaften, Staat) zu verwenden.

Das Gesamtsystem des betrieblichen Rechnungswesens kann in das Interne und Externe Rechnungswesen unterteilt werden, wobei der Unterschied hauptsächlich im Informationsgegenstand und im Informationsempfänger liegt. Die Charakteristika des Internen und Externen Rechnungswesens zeigt Tab. 37.3.

Die Hauptaufgabe des Internen Rechnungswesens besteht darin, innerhalb des Unternehmens den Verzehr von Produktionsfaktoren und die damit verbundene Entstehung von Leistungen (Produkten) mengen- und wertmäßig zu erfassen und die Wirtschaftlichkeit der Leistungserstellung zu überwachen.

Die Kosten- und Leistungsrechnung ist deshalb Bestandteil des internen Rechnungswesens. Sie berichtet über den innerbetrieblichen Prozess der eingesetzten Produktionsfaktoren. Des weiteren erfasst sie mengen- und wertmäßig den Verzehr oder die Inanspruchnahme von Produktionsfaktoren sowie die damit gekoppelte Erstellung und Verwertung von Leistungen.

Tab. 37.3 Charakteristika des Internen und Externen Rechnungswesens

	Internes Rechnungswesen	*Externes Rechnungswesen*
positive Bestandsänderung	– Betriebsangehörige leitender Positionen (Management)	– Staat – Kapitalgeber (Gesellschafter) – Kapitalempfänger – Lieferanten – Kunden – allgemeine Öffentlichkeit
Informationsgegenstand	– betriebliche Leistungserstellung und -verwertung (Produktionsprozeß)	– Ströme der leistungs- und finanzwirtschaftlichen Sphäre
Aufgaben	– Kontrolle der Wirtschaftlichkeit und Rentabilität – Disposition (Grundlage für Planung und Steuerung des Produktionsprozesses)	– Dokumentation – Rechenschaftslegung – Information
Teilbereiche	– Kosten- und Leistungsrechnung – Statistik und Vergleichsrechnung – Planungsrechnung – Investitionsrechnung	– Buchhaltung – Inventar – Jahresabschluss – Sonderbilanzen – Zwischenbilanzen
Zeitliche Orientierung	– Vergangenheit und Zukunft	– Vergangenheit
Gesetzliche Grundlagen	– keine (Gestaltung nach den spezifischen Gegebenheiten des Betriebes)	– Handelsgesetz (HGB) Aktiengesetz (AktG) Steuergesetze (EstG) GOB

Eine Gegenüberstellung des Wertes der erstellten Leistung(en) und des Wertes der verbrauchten Produktionsfaktoren ermittelt den kalkulatorischen Erfolg einzelner Produkte oder des gesamten Sortiments. Die zahlenmäßigen Ergebnisse der Kosten- und Leistungsrechnung werden unter anderem zur Vorbereitung von Entscheidungen vor allem im Produktions- und Absatzbereich der Unternehmung sowie zur Kontrolle der Wirtschaftlichkeit verwendet.

Wie bereits in der Doppelbezeichnung Kosten- und Leistungsrechnung zum Ausdruck kommt, kann man zwischen der Kostenrechnung und der Leistungsrechnung unterscheiden. In der Kostenrechnung geht es um die Ermittlung der Kosten, d. h. des in Geldgrößen ausgedrückten Verbrauchs an Produktionsfaktoren zum Zwecke der Leistungserstellung. Die Kostenrechnung erfasst gewissermaßen die Einsatz- oder Verbrauchseite des Produktionsprozesses.

Ihr steht die Leistungsrechnung gegenüber, welche den Produktionsausstoß (den Wert bzw. Erlös der hervorgebrachten u./o. abgesetzten Produkte) monetär abbildet. Beide Rechnungen münden in die kurzfristige Erfolgsrechnung. In ihr wird durch die Gegenüberstellung von Kosten und Leistungen der Erfolg für einzelne Produkteinheiten, für Produktarten, für Geschäftsbereiche oder für die gesamte betriebliche Tätigkeit während einer kurzen Periode ermittelt.

Fragen des Inhaltes und des Aufbaus der Leistungsrechnung wurden bisher in der Literatur nur wenig erörtert. Demgegenüber hat sich für die Kostenrechnung, dem tatsächlichen Abrechnungsgang folgend, eine Einteilung in die drei Stufen Kostenartenrechnung, Kostenstellenrechnung und Kostenträgerrechnung ergeben. Dieser dreistufigen Kostenrechnung wird eine Abgrenzungsrechnung vorangestellt, um neutrale Aufwendungen nicht in die Kostenrechnung einfließen zu lassen. Abbildung 37.7 zeigt die Güter- und Geldströme innerhalb eines Unternehmens.

Das externe Rechnungswesen bildet die Vorgänge finanzieller Art ab, die zwischen der Unternehmung und ihrem Umfeld ablaufen. Zum Umfeld zählen vor allem die Partner auf den verschiedener Beschaffungs- und Absatzmärkten, die Kapitalgeber und Kapitalempfänger sowie der Staat.

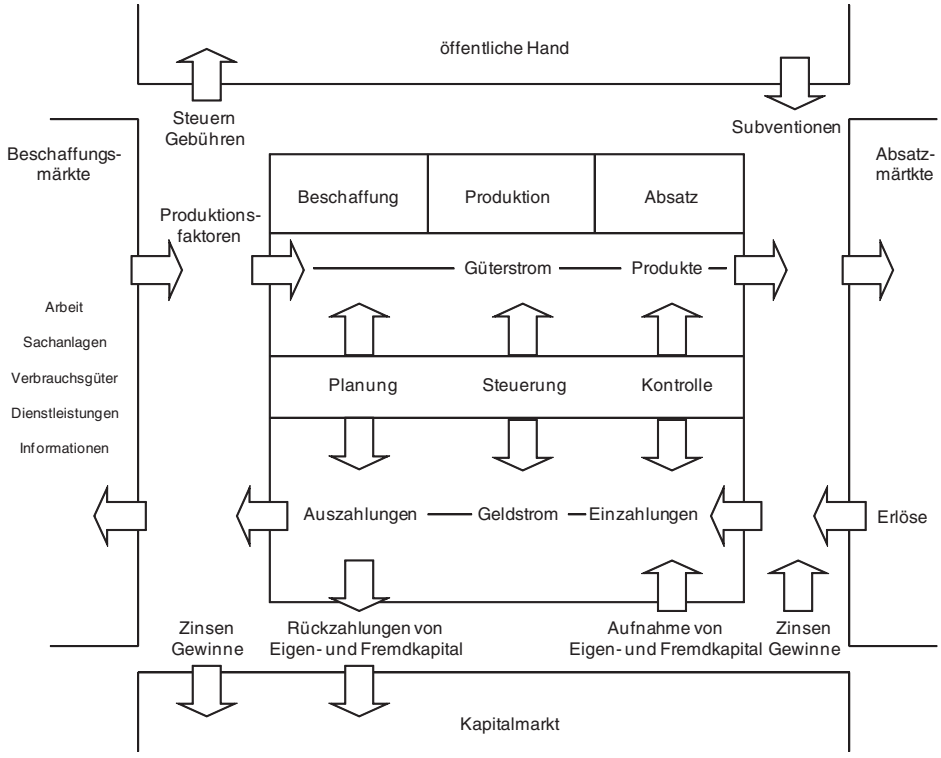


Abb. 37.7 Güter- und Geldströme innerhalb eines Unternehmens

37.5.2 Internes Rechnungswesen

37.5.2.1 Begriffe des Internen Rechnungswesens

Im Rahmen des betrieblichen Rechnungswesens werden folgende Begriffspaare einander gegenübergestellt und gegeneinander abgegrenzt:

- Einzahlung/Auszahlung;
- Einnahme/Ausgabe;
- Ertrag/Aufwand;
- Erlös/Leistung/Kosten.

Die Tab. 37.4 zeigt die Ebenen der Finanzbuchhaltung.

Die Begriffe und Zusammenhänge sind nachfolgend erläutert:

- Einzahlung/Auszahlung:
  Hier ändert sich der Zahlungsmittelbestand (Kasse/Bankguthaben). Die wirtschaftliche „Bewegung" erfolgt auf der Zahlungsmittelebene (vgl. Abb. 37.8 und 37.9).
- Einnahme/Erträge:
  In diesem Falle verändern sich der Zahlungsmittelbestand und das Geldvermögen (Forderungen/Verbindlichkeiten). Die wirtschaftliche „Bewegung" erfolgt auf der Geldvermögensebene (vgl. Abb. 37.10 und 37.11).
- Ertrag/Leistung:
  Hierunter versteht man eine Veränderung des Nettovermögens des Unternehmens. Diese Veränderung muss nicht leistungsbezogen sein (vgl. Abb. 37.12 und 37.13).
- Kosten:
  Hierunter versteht man den bewerteten Verzehr von Gütern u./o. Dienstleistungen zur Erstellung und zum Absatz von Sach- u./o. Dienstleistungen und zur Aufrechterhaltung bzw. Bereitstellung der dafür notwendigen Kapazitäten. Der bewertete Verzehr von Güter- oder Dienstleistungsmengen bedeutet dabei nicht die

Tab. 37.4 Die Ebenen der Finanzbuchhaltung

Bestände und Komponenten	positive Bestandsänderung	negative Bestandsänderung
Kassenbestand + jederzeit verfügbares Bankguthaben = Zahlungsmittelbestand	Einzahlungen	Auszahlungen
Zahlungsmittelbestand + alle übrigen Forderungen − alle übrigen Verbindlichk. = Geldvermögensbestand	Einnahmen	Ausgaben
Geldvermögen + Sachvermögen = Netto- oder Reinvermögen	Ertrag	Aufwand

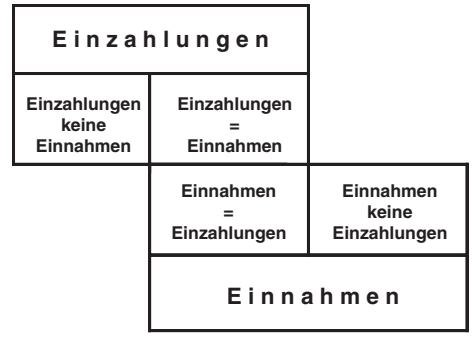


Abb. 37.8 Einzahlungen/Einnahmen

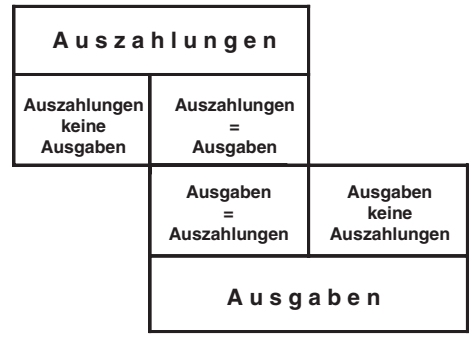


Abb. 37.9 Auszahlungen/Ausgaben

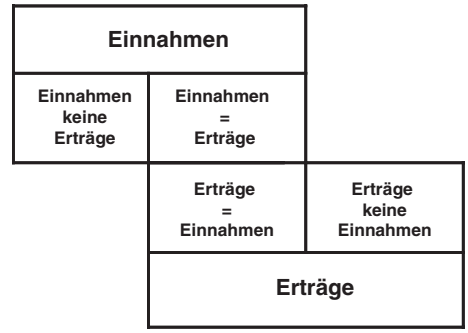


Abb. 37.10 Einnahmen/Erträge

Vernichtung der Güter, sondern eine Umformung bzw. ein Eingehen in andere Güter oder Dienstleistungen.

- Erlös:
  Dies ist der Wert, der in der Periode als Folge der eigentlichen Betriebstätigkeit hervorgebrachten Güter und Dienste. Leistung dient hier als mengenmäßiger Begriff für diesen Sachverhalt. Abbildung 37.14 zeigt Aufwandsarten und Kostenarten nach ihrer Entstehung.

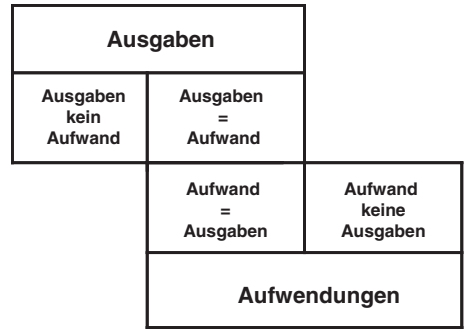


Abb. 37.11 Ausgaben/Aufwendungen

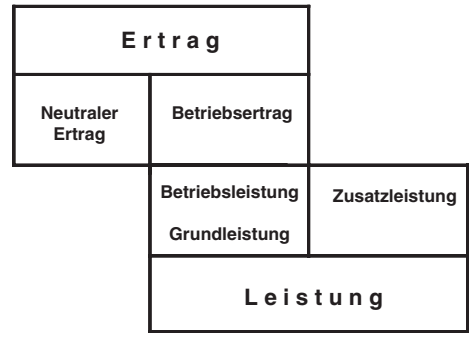


Abb. 37.12 Ertrag/Leistung

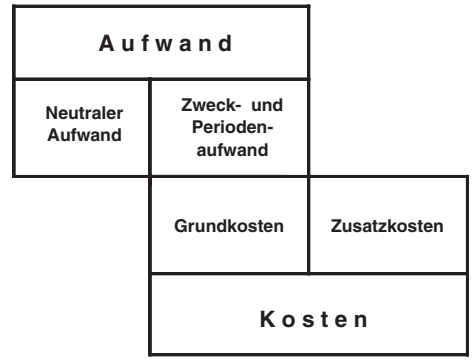


Abb. 37.13 Aufwand/Kosten

- Gesamtkosten:
  Hierbei handelt es sich um den gesamten Kostenbetrag einer bestimmten Zeitperiode.
- Stückkosten:
  Diese auch als Einheits- oder Durchschnittskosten benannten Kosten werden ermittelt, indem die Gesamtkosten oder bestimmte Kostengruppen durch die Ausbringungsmenge dividiert werden (Beispiel: Direkte Betriebskosten/Paxkm).

Aufwand						
Neutraler Aufwand			Zweckaufwand			
1	2	3				
			Grundkosten	Zusatzkosten		
				4	5	6
			Kosten			

1 Betriebsfremder Aufwand;
2 Außerordentlicher Aufwand;
3 Bewertungsbedingter neutraler Aufwand;
4 Kalkulatorische Kostenarten, denen keine Aufwandsarten entsprechen (z. B. kalkulatorischer Unternehmerlohn);
5 Kalkulatorische Kostenarten, deren Aufgabe die Periodisierung aperiodisch eintretenden Wertverzehrs ist (z. B. Kalkulatorische Wagnisse);
6 Kalkulatorische Kostenarten, soweit sie entsprechende Aufwandsarten übersteigen (z. B. kalkulatorische Abschreibungen).

Abb. 37.14 Aufwandsarten und Kostenarten nach ihrer Entstehung

- Grenzkosten:
  Unter Grenzkosten versteht man die zur Ausbringung einer zusätzlichen Einheit erforderlichen Kosten. Bei einer differenzierbaren Gesamtkostenfunktion ist die Grenzkostenfunktion gleich der ersten Ableitung der Gesamtkostenfunktion.
- Fixe Kosten
  Fixe Kosten sind Kosten, die von der jeweils betrachteten Einflussgröße unabhängig sind, d. h. Kosten, die sich nicht automatisch mit der jeweils betrachteten Einflussgröße ändern (Beispiele für Einflussgrößen sind: Flugzeit, Entfernung, Anzahl der Flüge, Pax-km). Beispiele für fixe Kosten bezüglich der Flugzeit sind die Besatzungskosten für Cockpit und Kabine, Versicherungskosten und die Kosten für Abschreibungen des eingesetzten Fluggerätes.
- Variable Kosten:
  Als variable Kosten wird der Teil der Gesamtkosten bezeichnet, der vom Beschäftigungsgrad des Betriebes abhängig ist. Beispiele für variable Kosten: (mit den Kosteneinflussgrößen wie Anzahl der Flüge = variable, zyklusabängige Kosten) sind: Kraftstoffkosten, Kosten für die zyklusabhängige Instandhaltung, Kosten für Lande-, Flugsicherungs- und Abfertigungsgebühren.
- Einzelkosten:
  Hierbei handelt es sich um Kosten, die dem Kalkulationsobjekt ohne Schlüsselung zugerechnet werden können. Beispiel hierfür sind Flugsicherungs-Gebühren für einen Flug unter Zugrundelegung des Kalkulationsobjekts Flug.

- Gemeinkosten:
  Unter Gemeinkosten versteht man Kosten, die nicht unmittelbar für ein einzelnes Endprodukt anfallen. Sie betreffen vielmehr mehrere Endprodukte oder den gesamten Betrieb. Ein Beispiel hierfür sind zeitabhängige Instandhaltungskosten, die nicht einer Strecke direkt zugerechnet werden können.
- Relevante Kosten:
  Angesichts eines konkreten, wie auch immer gearteten Wahlproblems, gibt es immer zwei Kategorien von Kosten, nämlich betroffene oder nicht betroffene Kosten bzw. entscheidungsrelevante oder -irrelevante Kosten. Ein Beispiel für die erstere Kategorie mit der Entscheidungssituation Flugdurchführung sind die Kraftstoffkosten, die entscheidungsrelevant und damit relevant sind, da ihre Entstehung von der Entscheidungssituation abhängig ist. Für die zweite Kategorie sind es die Kosten für die Flugzeugversicherung, die entscheidungsirrelevant sind, da sie unabhängig von der Anzahl der Flüge sind.
- Nutzkosten und Leerkosten:
  Diese Unterscheidung ist insbesondere bei fehlender Teilbarkeit der Produktionsfaktoren sinnvoll. In diesem Fall ist eine Anpassung der Kosten an Beschäftigungsänderungen nur als Sprungfunktion möglich. Feste Kabinengrößen (Anzahl der Sitze) lassen Kapazitätsanpassungen nur in größeren Schritten zu.
  Es gilt daher für die fixen Kosten ($\mathbf{K_f}$) folgende Beziehung:

$$\mathbf{K_f} = \mathbf{K_n} + \mathbf{K_e} \tag{37.1}$$

  wobei $\mathbf{K_n}$ den Nutzkosten entspricht, also dem Teil der Produktion zurechenbar, der genutzt wird, und $\mathbf{K_e}$ gleich den Leerkosten ist, somit dem Teil der Produktion zugerechnet wird, der nicht genutzt wird.
- Opportunitätskosten:
  Opportunitätskosten stellen einen Spezialfall relevanter Kosten dar, der immer dann auftritt, wenn Produktionsfaktoren zum Engpass werden. Der Verbrauch eines knappen Produktionsfaktors bedeutet zwangsläufig, dass er einer alternativen Verwendung entzogen wird. Opportunitätskosten stellen in diesem Zusammenhang den quantifizierten Nutzenentgang aus der besten aller nicht realisierten Alternativen dar.

37.5.2.2 Kostenrechnungssysteme

Zur Erfüllung der verschiedenartigen Aufgaben der Kostenrechnung sind Angaben darüber notwendig, welche Kosten in welcher Weise erfasst und weiterverrechnet werden sollen. Kostenrechnungssysteme sind das Ergebnis der systematischen Festlegung solcher Erfassungs- und Weiterverarbeitungsvorschriften. Beschreibungsmerkmale für Kostenrechnungssysteme sind:

1) der Zeitbezug der Kosten oder der Grad der Kostennormierung:
   Nach dem Zeitbezug der Kosten werden vergangenheitsorientierte oder Istkosten, gegenwartsorientierte oder Normalkosten und zukunftsbezogene oder Plankosten unterschieden.

Es folgen die Kostenrechnungssysteme Istkostenrechnung, Normalkosten-Rechnung und Plankosten-Rechnung.
Bzgl. des Merkmals der Kostennormierung weist die Istkostenrechnung den geringsten und die Plankostenrechnung den höchsten Grad der Kostennormierung auf. Bereits im Rahmen der Istkostenrechnung weisen manche Kostenarten Durchschnittscharakter (z. B. verrechnete kalkulatorische Wagnisse) oder Plancharakter (z. B. planmäßige Abschreibungen bei unbekannter Nutzungsdauer der Abschreibungsobjekte) auf.

2) der Sachumfang der Kosten:
Nach dem Sachumfang der Kosten wird unterschieden zwischen der Vollkostenrechnung und der Teilkostenrechnung. Die Vollkostenrechnung ist dadurch gekennzeichnet, dass sie die gesamten Kosten einer Periode auf die Kostenträger, d. h. alle in dieser Periode produzierten Erzeugnisse, umlegt. Für die Verteilung der Kosten auf die Kostenträger stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung, die sich hinsichtlich Genauigkeit, Einfachheit, Rechenaufwand und Mehrstufigkeit unterscheiden. Genannt seien hier das Divisionsverfahren, die Äquivalenzziffernkalkulation, die Betriebs-/ Zuschlagskalku-lation und die Kostenstellenzuschlagskalkulation.
Für viele Vorgänge und Entscheidungen im Unternehmen bietet die Vollkostenrechnung keine oder nur unzureichende Informationen. Eine korrekte Abbildung des Unternehmensprozesses wäre nur möglich, wenn die Fixkosten und die Gemeinkosten verursachungsgerecht zugerechnet werden könnten. Die hierzu verwendeten Kostenschlüssel sind jedoch immer angreifbar. Zusätzlich orientieren sich die Fixkosten am langfristigen Produktionsprozess und sind bei kurzfristigen Beschäftigungsänderungen konstant. Die Vollkostenrechnung kann somit für die Preisplanung falsche Informationen liefern. Geht z. B. die Produktion zurück, steigt der Preis und der Absatz sinkt weiter. Aus diesen Gründen wurden Teilkostenrechnungssysteme entwickelt bei denen zwar ebenfalls alle Kosten einer Periode erfasst, diese aber mit Ausnahme der relevanten Kosten nicht mehr auf die Kostenträger verrechnet werden. Zur Kombination der Vorteile und zur Vermeidung der Nachteile wurde die kombinierte Voll- und Teilkostenrechnung entwickelt. Tabelle 37.5 zeigt die Kostenrechnungssysteme.

Vollkostenrechnung (Traditionelle Kostenrechnung) Bei der traditionellen Kostenrechnung handelt es sich um eine Vollkostenrechnung auf Istkostenbasis, d. h., es werden sämtliche Kosten einer Abrechnungsperiode erfasst und weiterverrechnet. Erfasste Kosten sind vergangenheitsorientierte oder hinsichtlich des Grades der Kostennormierung nur in Ausnahmefällen normierte, d. h. geplante Kosten.

Ziel ist die Zurechnung der angefallenen Kosten auf die einzelnen Produkte, um eine kostengerechte Preisfestsetzung zu gewährleisten. Die Produkte sollen über die Erlöse, die sie erzielen, die für ihre Herstellung aufgewandten Kosten wieder in das Unternehmen zurückbringen. Die eigentliche Kostenrechnung ist aufgebaut aus der Abgrenzungsrechnung, der Kostenartenrechnung, der Kostenstellenrechnung und der Kostenträgerrechnung. Abbildung 37.15 zeigt das Schema der Abgrenzungsrechnung.

Zwischen der Buchhaltung und der Kostenrechnung erfolgt die sachliche Abgrenzung zur Absonderung der betrieblichen Aufwendungen und Erträge von den

Tab. 37.5 Kostenrechnungssysteme

Zeitbezug der Kosten (Kostennormierung)	Istkostenrechnung	Normalkostenrechnung	Plankostenrechnung
Sachumfang der Kosten			
Vollkostenrechnung	traditionelle Kostenrechnung	Berechnung mit durchschnittlichen Kosten	Starre Plankostenrechnung
			Flexible Plankostenrechnung auf Vollkostenbasis
Teilkostenrechnung	Direct Costing		Flexible Plankostenrechnung auf Teilkostenbasis
	stufenweise Fixkostendeckungsrechn ng		Grenzplankostenrechnug
	Rechnung mit relevanten Einzelkosten und Deckungsbeiträgen		

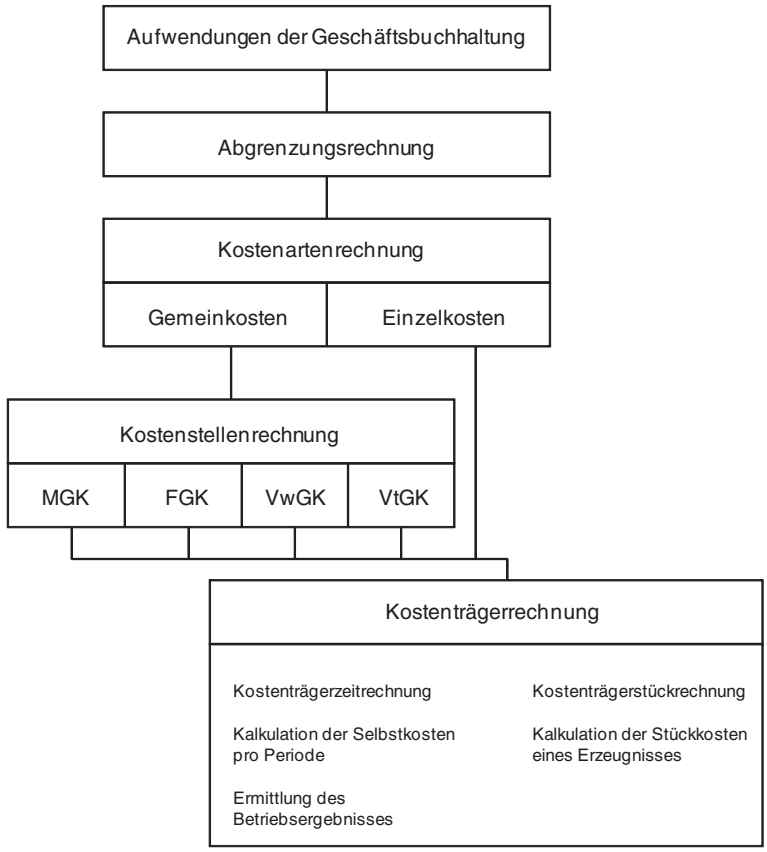


Abb. 37.15 Schema der Abgrenzungsrechnung

außerbetrieblichen oder neutralen Aufwendungen oder Erträgen. Im dem Falle, dass sich Kosten und Aufwendungen nicht decken, werden unterschieden:

- Aufwendungen, die keine Kosten sind (neutrale Aufwendungen);
- Kosten, denen ein Aufwand in anderer Höhe gegenübersteht (Anderskosten);
- Kosten, die keine Aufwendungen sind (Zusatzkosten), und natürlich
- Kosten, die gleichzeitig Aufwendungen (aufwandsgleiche Kosten) bzw. kostengleiche Aufwendungen (Grundkosten) sind.

Die sachliche Abgrenzungsrechnung basiert auf dem traditionellen wertmäßigen Kosten-Begriff der Vollkostenrechnung. Abbildung 37.16 zeigt den Ablauf der Kosten- und Leistungsrechnung.

Die Kostenartenrechnung ist der Ausgangspunkt für die gesamte Kosten- und Leistungsrechnung und dient der systematischen Erfassung sämtlicher bei der Erstellung und Verwertung betrieblicher Leistungen innerhalb einer Periode anfallender Kosten, dies unter Abgrenzung gegenüber den Aufwendungen (vgl. Abb. 37.17).

Das Ziel ist hier die Beantwortung der Frage: „Welche Kosten sind in welcher Höhe innerhalb eines bestimmten Zeitraumes angefallen?“ Dadurch stellt die Kostenartenrechnung die Basisinformation für die Kostenstellen- und Kostenträgerrechnung dar.

Die Gesamtkosten eines Unternehmens kann man nach verschiedenen Kriterien untergliedern, wodurch auch unterschiedliche Erscheinungsformen von Kostenarten

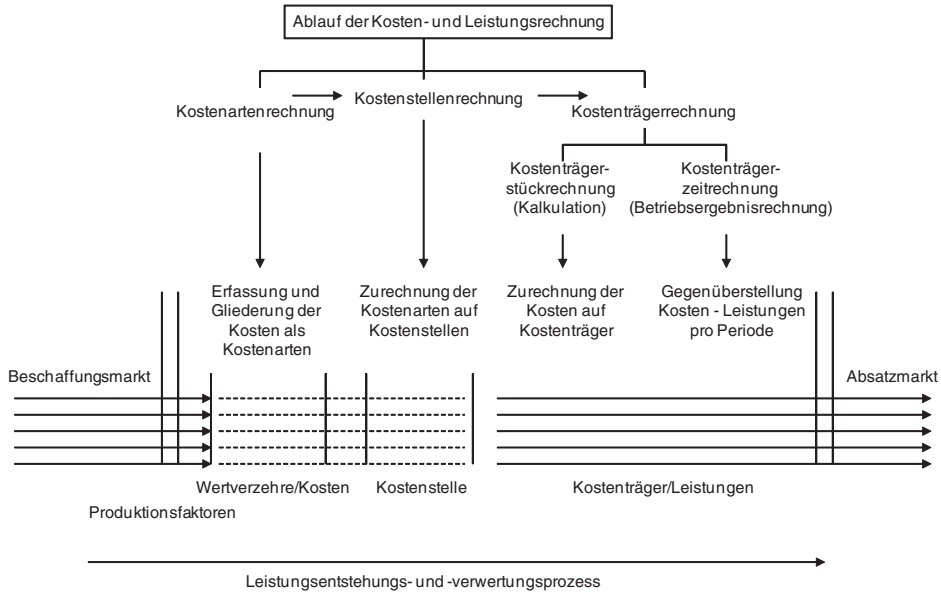
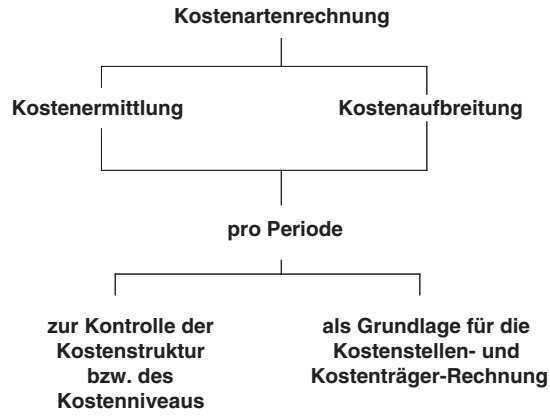


Abb. 37.16 Ablauf der Kosten- und Leistungsrechnung

Abb. 37.17 Kostenartenrechnung



entstehen. Eine Unterscheidung nach der Herkunft der Kostengüter in primäre und sekundäre Kostenarten ist möglich. Primäre (einfache, ursprüngliche) Kosten fallen beim Verzehr von Gütern und Leistungen an, die von außen (von den Beschaffungsmärkten) bezogen wurden, z. B. Löhne, Fremdreparaturen u. a.. Sekundäre (zusammengesetzte, abgeleitete) Kosten entstehen dagegen beim Verbrauch innerbetrieblicher Leistungen, z. B. Kosten für eigenerzeugte Energie, Eigenreparaturen etc.. Sie setzen sich aus mehreren primären und u. U. auch aus sekundären Kostenarten zusammen, wie dies etwa bei den Eigenreparaturkosten, bestehend aus den primären Kostenarten Löhne, Stoffkosten, Abschreibungen usw., der Fall ist.

In der Kostenartenrechnung werden nur die primären Kostenarten erfasst. Die sekundären Kostenarten treten abrechnungstechnisch erst innerhalb der Kostenstellenrechnung auf.

Ein anschauliches Beispiel für eine sekundäre Kostenart sind die angesichts der fortschreitenden Mechanisierung und Automatisierung in den meisten Wirtschaftszweigen eine immer größere Bedeutung erlangenden Anlagekosten, hier verstanden als die Kosten für die Bereithaltung von Anlagen.

Im Luftverkehr sind darunter beispielsweise die Kosten für die selbsterbrachte Wartung und Instandhaltung am Fluggerät zu verstehen. Diese sekundären Kosten setzen sich allerdings ihrerseits wiederum aus mehreren primären Kostenarten, z. B. Kosten für Personal, Ersatzteile usw., zusammen.

Ein weiteres Gliederungsmerkmal ist der funktionale Entstehungsbereich der Kosten, d. h. Beschaffung, Lagerhaltung, Fertigung, Vertrieb, Verwaltung. Diese Aufteilung der Kosten wird erst in der Kostenstellenrechnung relevant.

Nach der Wertkomponente der Kosten kann man aufwandsgleiche und kalkulatorische Kosten unterscheiden. Aufwandsgleiche Kosten sind der Finanzbuchhaltung zu entnehmen. Sie leiten sich von Ausgaben ab und machen den größten Teil der Kosten aus.

Die ausschließlich für die Zwecke der internen Kostenrechnung ermittelten kalkulatorischen Kosten, z. B. kalkulatorischer Unternehmerlohn, kalkulatorische Mieten oder

kalkulatorische Abschreibungen, werden in der Finanzbuchhaltung überhaupt nicht oder in anderer Höhe verrechnet.

Weiterhin wird unterschieden zwischen Gemein- und Einzelkosten. Einzelkosten sind Kosten, die dem Produkt oder Kostenträger direkt zuzuordnen sind, z. B. Kerosinverbrauch für einen Flug von A nach B. Gemeinkosten sind nicht direkt zurechenbar (Beispiel: Verwaltungskosten). Die Beurteilung, ob es sich um Einzel- oder Gemeinkosten handelt, hängt von der Zurechnung auf den Kostenträger ab. Beispielsweise kann je nach Zurechnung auf Flug oder Flugzeug der Mechaniker in der Wartungshalle Einzel- oder Gemeinkosten verursachen.

Für bestimmte Fragestellungen kann eine Differenzierung der Kosten nach ihrer Liquiditätswirksamkeit in ausgabenwirksame und nicht-ausgabenwirksame Kosten sinnvoll sein, so z. B. für die Vorbereitung der Finanzplanung oder für die Festlegung liquiditätsorientierter Preisuntergrenzen.

Eine letzte Unterscheidung führt zu der Gliederung der Kosten nach dem Charakter des Verzehrs der Produktionsfaktoren und der Teilbarkeit des in ihnen steckenden „Nutzenvorrates". Man unterscheidet demgemäß Kosten des Verbrauchs von Repetierfaktoren und Kosten des Gebrauchs von Potentialfaktoren.

Bei einem Repetierfaktor handelt es sich um ein Kostengut, das beim Einsatz im Produktionsprozess jeweils vollständig verbraucht wird. Hierzu gehören vor allem die Roh- und Hilfsstoffe sowie die Energien. Bei den Potentialfaktoren handelt es sich um nicht beliebig teilbare Kostengüter, die bei ihrem Einsatz im Produktionsprozess gebraucht bzw. benutzt (d. h. nicht verbraucht!) werden. Hierzu zählen insbesondere die Anlagen und Aggregate (z. B. Flugzeuge), im weitesten Sinne aber auch der Produktionsfaktor „menschliche Arbeit".

Bei der Erstellung eines Kostenartenplanes sollten folgende Grundsätze der Kostenartenrechnung beachtet werden:

Nach dem Grundsatz der Eindeutigkeit müssen sämtliche Kostenarten klar definiert werden, damit über ihren Inhalt keine Zweifel aufkommen können. Es müssen Überschneidungen der Kostenarten vermieden werden, so dass die anfallenden Kosten jederzeit zweifelsfrei einer Kostenart zugeordnet werden können (Grundsatz der Überschneidungsfreiheit). So ergeben sich z. B. beim gleichzeitigen Auftreten der Kostenarten „Lohnkosten" und „Instandhaltungskosten" Schwierigkeiten bei der Zuordnung der Instandhaltungslöhne. Die Kostenartengliederung darf keine Lücken aufweisen, sie darf nicht unvollständig sein (Grundsatz der Vollständigkeit).

Ausdruck finden diese Grundsätze in den Gemeinschafts-Kontenrahmen der Industrie, die in Beispielform von der Industrie erstellt wurden und den potentiellen Nutzern anempfohlen sind. Im Rahmen dieser Systematisierung existieren für die unterschiedlichen Branchen die entsprechenden Modifikationen, wobei das Grundschema identisch ist.

Probleme der Erfassung und Zurechenbarkeit der Kosten im Luftverkehr Jedes Unternehmen muss zunächst, bevor es mit der Leistungserstellung beginnt, eine

Betriebsbereitschaft aufbauen. Dadurch werden die institutionellen und technischen Voraussetzungen für die Realisierung des Leistungsprogramms geschaffen. Auf Luftverkehrsgesellschaften übertragen bedingt dies zunächst die Anschaffung bzw. Anmietung (Leasing) der Flugzeuge sowie der Grundstücke zur Errichtung von Hallen, Verkaufsvertretungen und Verwaltungsgebäuden. Beabsichtigt man ferner den Aufbau einer eigenen Werft, so werden Ersatzteile, Maschinen und Werkzeuge benötigt. Zusätzlich werden Flugzeugführer, Flugbegleiter, Mechaniker und das Verwaltungspersonal benötigt. Diese gilt es einzustellen und ggf. auszubilden.

Neben den hierfür anfallenden Kosten, den Bereitschaftskosten, fallen mit der Leistungserstellung weitere Kosten an, die Leistungskosten. Diese fallen auch bei der Durchführung eines Fluges bei den entsprechenden Luftverkehrsgesellschaften an. Man unterscheidet in diesem Zusammenhang beispielsweise Stations- und Streckenkosten. Abbildung 37.18 zeigt die maßgeblichen Kostenverursacher einer Luftverkehrsgesellschaft.

Die Erfassung und Verrechnung der Kosten einer Luftverkehrsgesellschaft, die eine Relation mit ausschließlicher Passagierbeförderung bedient, sei nachfolgend erläutert.

Es wird zunächst unterstellt, dass die Luftverkehrsgesellschaft nur ein Passagierflugzeug besitzt, mit dem sie täglich einen Hin- und Rückflug auf der Relation A-B durchführt. Die Luftverkehrsgesellschaft verfügt über kein eigenes Personal zur Passagierabfertigung und für die Durchführung der Wartungsarbeiten. In diesem einfachen Beispiel hängen sämtliche im Unternehmen anfallenden Kosten mit der

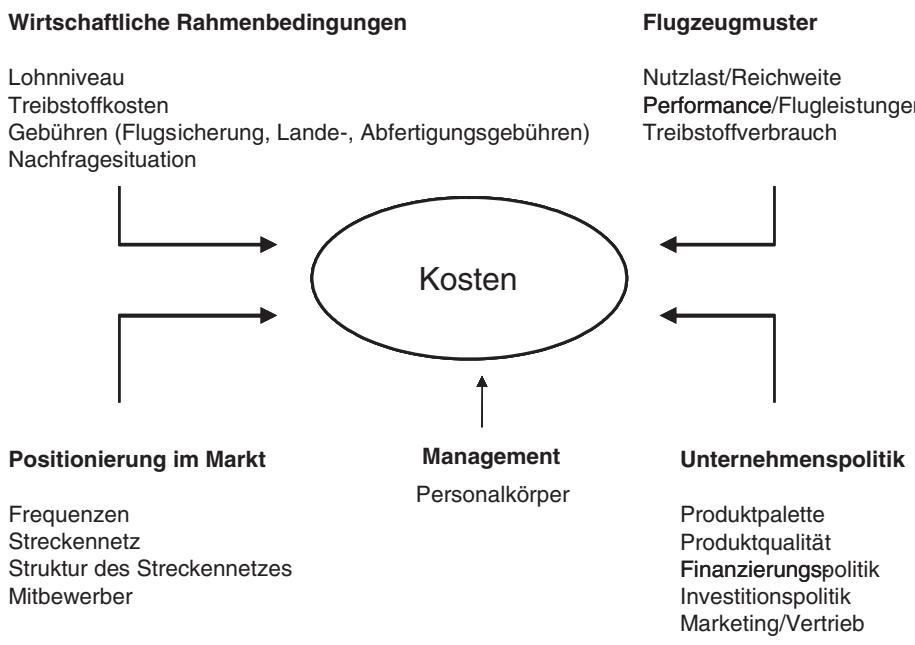


Abb. 37.18 Maßgebliche Kostenverursacher einer Luftverkehrsgesellschaft

Entscheidung zusammen, die Relation A-B zu bedienen. Folglich könnten dort alle Kosten relationsbezogen ausgewiesen werden.

Dadurch würde man allerdings gegen das Prinzip der Einzelkostenrechnung verstoßen, nach der in der Grundrechnung alle Rechengrößen bei dem jeweils speziellsten Bezugsobjekt auszuweisen sind, für das man sie gerade noch direkt disponieren und erfassen kann. Deshalb muss überprüft werden, ob die Kosten nicht auf die jeweilige Strecke oder sogar den einzelnen Flügen zurechenbar sind.

Die Durchführung des Fluges von A nach B geschieht mit dem Wissen, dass im Anschluss daran der Rückflug nach A stattfinden wird. Durch diesen engen Entscheidungszusammenhang sind beide Flüge miteinander verbunden, und es stellt sich die Frage, für welche flugabhängigen Kosten es sich um Einzelkosten der Flüge A-B bzw. B-A handelt.

Entschließt sich die Luftverkehrsgesellschaft dazu, den Linienflug A-B nicht durchzuführen, so muss sie entweder gleichzeitig auf den Flug von B nach A verzichten oder einen Überführungsflug von A nach B durchführen. Dem Linienflug B-A können dementsprechend nur solche Kosten zugerechnet werden, die im Vergleich zum Überführungsflug zusätzlich anfallen (Marginalprinzip).

Bei den auf die einzelnen Flüge zurechenbaren Kosten handelt es sich um Leistungskosten, da sie vom tatsächlich realisierten Leistungsprogramm abhängen und automatisch mit Art und Menge der erstellten Leistung variieren.

Die Kosten für den Überführungsflug zählen zu den Bereitschaftskosten, da die Luftverkehrsgesellschaft im Rahmen ihrer Betriebsgenehmigung dazu verpflichtet ist, den Betrieb aufrechtzuerhalten. Es handelt sich um die Pflicht, den Luftverkehr auf den genehmigten Fluglinien zu den veröffentlichten Zeiten durchzuführen. Da die Luftverkehrsgesellschaft immer für die Dauer einer Flugplanperiode an die Einhaltung der veröffentlichten Verkehrstage und der Abflugszeiten gebunden ist, zählen die Kosten der Überführungsflüge zu den Einzelkosten der jeweiligen Flugplanperiode und müssen in unserem Beispiel der Relation A-B zugerechnet werden. Des weiteren gilt:

Die am Startflughafen anfallenden Gebühren der Passagierabfertigung werden nur für einen Passagierflug in Rechnung gestellt und sind somit ohne Dispositionsbeschränkung dem einzelnen Linienflug zurechenbar.

Zu den Bodenverkehrsdiensten zählt neben der Vorfeldabfertigung noch die Bereitstellung z. B. einer Fluggastbrücke oder eines Flughafenbusses. Diese Kosten fallen nur bei einem Passagierflug an und sind daher dem einzelnen Flug zurechenbar.

Abstellgebühren sind von der Art des anschließenden Fluges unabhängig, wodurch es sich hierbei nicht um Einzelkosten und somit auch nicht um Einzelkosten des Linienfluges A-B handelt (Bereitschaftskosten).

Die Höhe der Flugsicherungsgebühren ist von der Anzahl der an Bord befindlichen Passagiere unabhängig und somit für die gesamte Flugplanperiode der Relation A-B zurechenbar. Die Flugsicherungsgebühren werden nach der Eurocontrol-Gebührenformel berechnet. Aus der Formel wird deutlich, dass die Flugsicherungsgebühren von der Streckenlänge und der maximalen Flugzeugstartmasse (MTOM) abhängig sind.

Die Flugsicherungsgebühren sind somit variable Einzelkosten der Strecke A-B, die mit zunehmender Entfernung (also mit zunehmender Beschäftigung des Flugzeugs) wachsen, d. h. sie sind variable Einzelkosten bzgl. der Flugzeit und somit des Fluges.

Die Höhe der Landegebühren ist abhängig von der Startmasse des Flugzeuges (MTOM) und der Anzahl der beförderten Passagiere. Auf dem Zielflughafen ist im Rahmen des Ausgangsmodells noch die Zurechenbarkeit der Landegebühren zu überprüfen, die sich aus einem variablen und einem fixen Teil zusammensetzen. Die variable Landegebühr muss für jeden Passagier entrichtet werden. Der fixe Teil der Landegebühr wird dagegen von mehreren Faktoren beeinflusst, und zwar vom Ort der Landung, der Startmasse des Flugzeuges, der Art des Antriebs, der Tageszeit der Landung, der Lärmemission des Flugzeuges und der Art des Fluges. Die Landegebühren sind somit zyklusabhängige, variable, entfernungsunabhängige Einzelkosten der Strecke A-B.

Die Abfertigungsgebühren (z. B. für Betankung, Catering, Beladung etc.) sind ausschließlich abhängig vom Flugzeugmuster. Die Berechnungsgrundlage stellt allerdings nicht das MTOM, sondern die maximale Nettonutzlast (Maximum Payload*)* dar. Die Abfertigungsgebühren sind für Passagierflugzeuge höher als für reine Frachtflugzeuge, da Passagiere eine höhere Abfertigungsleistung erfordern – z. B. Passenger-Handling, Catering, Fluggastbrücken, Beanspruchung der Terminaleinrichtungen etc.. Bei den Abfertigungsgebühren handelt es sich um entfernungsunabhängige, variable Einzelkosten des Fluges A-B, d. h. variable Kosten bzgl. der Strecke.

Im Gegensatz hierzu werden die Kraftstoffkosten auch durch die Zuladung beeinflusst, da der Kraftstoffverbrauch mit der Flugzeugmasse steigt. Demnach zählt der durch die Zuladung verursachte Verbrauch (Grenzverbrauch) zu den Leistungskosten, während der davon unabhängige Teil zu den Bereitschaftskosten der Relation A-B zählt.

Neben der Schwierigkeit der wertmäßigen Zuordnung des Kraftstoffverbrauchs ist es kaum möglich, eine korrekte Aussage über den Preis der für einen Flug verbrauchten Menge Kraftstoff zu treffen, da sich die zu meist unterschiedlichen Preisen eingekauften Kraftstoffmengen vermischen. In der Kalkulation der Kraftstoffkosten muss somit auf Durchschnittspreise zurückgegriffen werden. Des weiteren ist der Kraftstoffverbrauch eines Fluges auch vom Flugprofil abhängig. Wettereinflüsse und ggf. durchzuführende Warteverfahren (Holdings) im Luftraum haben einen Einfluss auf den Kraftstoffverbrauch. Auch hier müssen im Rahmen der Kalkulation Annahmen gemacht werden. Das Prinzip der Kostenstellenrechnung zeigt Abb. 37.19.

Bei der Unterscheidung Kostenstelle – Kostenträger ist die Frage zu beantworten: „Wo sind welche Kosten in welcher Höhe angefallen?“

Kostenstellen sollen verstanden werden als die Orte der Kostenentstehung. Die Kostenstellenrechnung verbindet die Kostenarten- mit der Kostenträgerrechnung. Durch die Bildung von Kostenstellen und die im Anschluss daran erfolgende Bestimmung von Kostensätzen für die Inanspruchnahme der einzelnen Kostenstellen will man eine indirekte Weiterwälzung der Kostenträgergemeinkosten von der Kostenartenrechnung über die Kostenstellenrechnung auf die Kostenträgerrechnung erreichen.

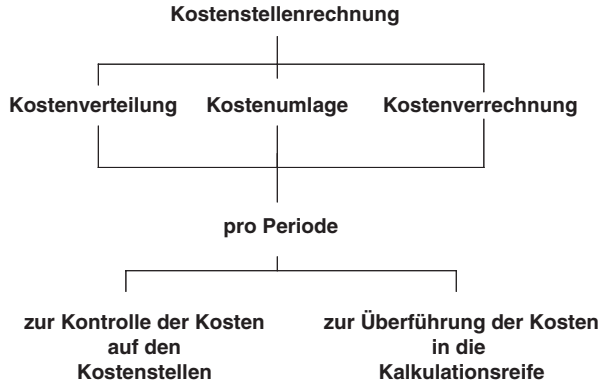


Abb. 37.19 Kostenstellenrechnung

Kostenträger können Flugzeuge, Strecken, Streckenbündel oder Verkehrsgebiete sein. Unter einer Kostenstelle wird ein kostenrechnerisch selbstständig abzurechnender betrieblicher Teilbereich verstanden, der nicht unbedingt mit einer Einheit entsprechend der räumlichen, organisatorischen oder funktionalen Gliederung des Unternehmens überein stimmen muss. In der Praxis werden die Kostenstellen am häufigsten nach verschiedenen Funktionsbereichen des Betriebes untergliedert.

Im wesentlichen differenziert man dabei zwischen Materialstellen (z. B. Einkauf, Materiallager), Fertigungsstellen (z. B. in der Industrie die Gießerei, Dreherei), Vertriebsstellen (z. B. Verkauf, Werbung), Verwaltungsstellen (z. B. Geschäftsführung, Buchhaltung), falls vorhanden in Forschungs- und Entwicklungsstellen (z. B. Versuchslabor, Patentstelle), und allgemeine Kostenstellen (z. B. Stromversorgung, Betriebsfeuerwehr, Instandhaltung).

Die Kriterien, nach denen Kostenstellen im konkreten Fall gebildet werden und wie tief man den Betrieb in einzelne Kostenstellen untergliedert, hängt von den jeweils vorrangig verfolgten Kostenrechnungszwecken sowie von den besonderen strukturellen Betriebsverhältnissen, d. h. der Betriebsgröße, Betriebsorganisation, Branche etc., und der angestrebten Erfassungs- und Verrechnungsgenauigkeit ab.

Eine Kostenstellenbildung nach Verantwortungsbereichen ist unter dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeitskontrolle vorteilhaft. Sie deckt sich häufig mit der Einteilung nach Funktionsbereichen. Die Einteilung von Kostenstellen nach räumlichen Gesichtspunkten kann den Zwecken der Kostenstellenrechnung in der Regel nicht gerecht werden, weil in räumlich abgegrenzten Betriebsteilen meist sehr unterschiedliche Tätigkeiten durchgeführt werden.

Abrechnungstechnische Gesichtspunkte führen zur Unterscheidung zwischen Vor- und Endkostenstellen. Während Endkostenstellen ihre Kosten unmittelbar auf die Kostenträger verrechnen, geben die Vorkostenstellen ihre Kosten an die folgende Kostenstelle weiter und stellen somit nur unselbstständige Zwischenglieder der Weiterwälzung von Kosten innerhalb der Kostenstellenrechnung dar (vgl. z. B. Werkstatt, Instandhaltung).

Unter leistungstechnischen Gesichtspunkten kann schließlich zwischen Haupt-, Neben- und Hilfskostenstellen unterschieden werden.

Die Hauptkostenstellen führen Be- oder Verarbeitungen unmittelbar an den zum eigentlichen Produktionsprogramm des Unternehmens gehörenden Produkten durch. In Nebenkostenstellen werden dagegen jene Produkte bearbeitet, die nicht zum eigentlich geplanten Produktionsprogramm gehören. Hilfskostenstellen dienen nur mittelbar der Herstellung absatzfähiger Endprodukte (z. B. die Lohnabrechnung, die Stromerzeugung u. a.).

Üblicherweise werden Kostenstellen bei Luftverkehrsgesellschaften numerisch verschlüsselt und im Kostenstellenverzeichnis veröffentlicht. Ihre Bildung erfolgt nach organisatorischen Gesichtspunkten, ausgenommen die Kostenstelle Fluggerät. Es gibt Endkostenstellen (Hauptkostenstellen), bei denen direkt eine Leistungsabgabe erfolgt (z. B. das Flugzeug), und Hilfskostenstellen, die ihre Leistungen nicht am Markt anbieten, sondern diese für die Hauptkostenstellen erbringen (z. B. EDV, Werkstätten). Bei den Hilfskostenstellen entsteht das Problem der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung, da die Hauptkostenstellen mit den für sie erbrachten Leistungen belastet werden müssen.

Unter den Grundsätzen der Kostenstellenrechnung versteht man folgende Aussagen:

Es sollten möglichst solche Kostenstellen gebildet werden, bei denen eindeutige (proportionale) Beziehungen zwischen den anfallenden Kosten und den in der Kostenstelle erstellten Leistungen feststellbar sind. Es sollte möglichst eine Identität zwischen Kostenstelle und Verantwortungsbereich herbeigeführt werden. Die Kostenstellen sollen klar voneinander abgegrenzt sein, so dass jederzeit eine zweifelsfreie Zuordnung aller Kosten auf die jeweilige Kostenstelle erfolgen kann (Grundsatz der Eindeutigkeit). Die Aufteilung des Unternehmens in einzelne Kostenstellen sollte nur soweit differenziert werden, wie dies wirtschaftlich gerechtfertigt erscheint und die Übersichtlichkeit nicht gefährdet. Der mit jeder Intensivierung des Differenzierungsgrades verbundene zusätzliche Aufwand muss in einer ökonomisch vertretbaren Relation zu der dadurch zusätzlich erzielbaren Aussagefähigkeit der Kostenstellenbildung stehen (Grundsatz der Wirtschaftlichkeit und Aussagefähigkeit). Die Kostenstellenrechnung kann in Form der kontenmäßigen oder tabellarischen Betriebsabrechnung durchgeführt werden.

Die kontenmäßige Betriebsabrechnung sieht für jede Kostenstelle ein entsprechendes Konto vor, auf dem die für die einzelnen Stellen erfassbaren Kostenarten verbucht werden. Da diese kontenmäßige Verbuchung der Kostenstellenrechnung einen großen Buchungsaufwand mit sich bringt, wird in der Praxis weitgehend die tabellarische (statistische) Betriebsabrechnung bevorzugt. Dieses Verfahren erfasst die während einer Periode angefallenen Kosten außerhalb der Buchführung statistisch im Betriebsabrechnungsbogen (BAB) für die einzelnen Kostenstellen. Der BAB ist das eigentliche organisatorische Hilfsmittel zur Durchführung der Kostenstellenrechnung.

Erfassung der den Kostenträgern nicht direkt zurechenbaren primären Kostenarten für die einzelnen Kostenstellen: In der Kostenstellenrechnung werden nur jene Kosten erfasst, die nicht unmittelbar bestimmten Endleistungen des Betriebes als Einzelkosten zugerechnet werden können.

Diese Kostenträgergemeinkosten sollen jenen Kostenstellen zugerechnet werden, in denen (bzw. für die) der jeweilige Güter- oder Dienstleistungsverzehr entstanden ist.

Eine solche direkte Zurechnung ist bei jenen primären Kostenarten möglich, die sich separat für die einzelnen Kostenstellen erfassen lassen. Beispiele für solche Kostenstelleneinzelkosten sind etwa die Löhne oder die Gehälter für jenes Personal, das ständig in ein und derselben Kostenstelle des Betriebs tätig ist.

Je nach Kostenarten- und Kostenstellenstruktur des Betriebes treten neben Kostenstelleneinzelkosten in mehr oder weniger großem Umfang auch Kostenstellengemeinkosten auf.

Hierbei handelt es sich um solche Kostenelemente, die sich auch bei Anwendung äußerst verfeinerter Erfassungstechniken keiner der für die Betriebsabrechnung gebildeten Kostenstellen direkt zurechnen lassen, sondern vielmehr für mehrere Kostenstellen gemeinsam anfallen.

So gibt es z. B. Kosten, die für das Unternehmen als Ganzes anfallen, wie etwa die Kosten für die oberste Betriebs- und Geschäftsleitung oder das Gehalt eines Pförtners.

Neben echten Kostenstellengemeinkosten gibt es auch „unechte" Kostenstellengemeinkosten, die eigentlich für einzelne Kostenstellen direkt erfasst werden könnten, jedoch wegen des zu hohen Erfassungsaufwandes (also aus Wirtschaftlichkeitsgründen) nicht direkt für diese Kostenstellen ermittelt, sondern ihnen nur mit Hilfe von Schlüsseln zugerechnet werden.

Das erklärte Ziel der Kostenstellenrechnung ist es, sämtliche Kosten, die zunächst als primäre Kosten in Vorkostenstellen erfasst wurden, auf die Endkostenstellen des Betriebes weiter zu verrechnen, da diese die abrechnungstechnischen Verbindungspunkte zur Kostenträgerrechnung sind, in der dann die Kosten weiter den einzelnen, für den Absatz bestimmten Produkten zugerechnet werden.

Maßgeblich hierfür ist, dass jede Vorkostenstelle als Hilfskostenstelle an bestimmte Hauptkostenstellen, teilweise allerdings auch an andere Hilfskostenstellen, innerbetriebliche Leistungen weitergibt, die an anderen Orten des Betriebes erneut als Produktionsfaktoren eingesetzt werden, also nicht für den Absatz bestimmt sind. Im engeren Sinne handelt es sich dabei um das Erstellen und Verfügbarmachen von Leistungen entweder materieller Art (wie Stoffe, Anlagen etc.) oder immaterieller Art (z. B. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten), im weiteren Sinne auch um das zur Verfügung stellen bestimmter Formen der betrieblichen Leistungsbereitschaft, wie etwa das Überlassen von Räumlichkeiten.

Je nachdem, welches System der Kosten- und Leistungsrechnung der Betriebsabrechnung zugrunde liegt, welche Genauigkeit angestrebt wird, welcher Art die innerbetrieblichen Leistungen sind, ob bzw. inwieweit und wie exakt sich diese Leistungen messen lassen, inwieweit zwischen den einzelnen Vor- bzw. Hilfskostenstellen gegenseitige Leistungsverflechtungen bestehen, und ob Teile der selbst erstellten Leistungen zu aktivieren sind, werden unterschiedliche Verfahren der Kostenumlage bzw. der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung angewandt.

Mit Hilfe der Kostenstellenrechnung werden für einzelne Kostenstellen Zuschlagsätze bzw. Kostenschlüssel ermittelt (Mengen- oder Wertschlüssel). Hiermit können die Gemeinkosten auf die Kostenträger, die diese Kostenstellen beansprucht haben,

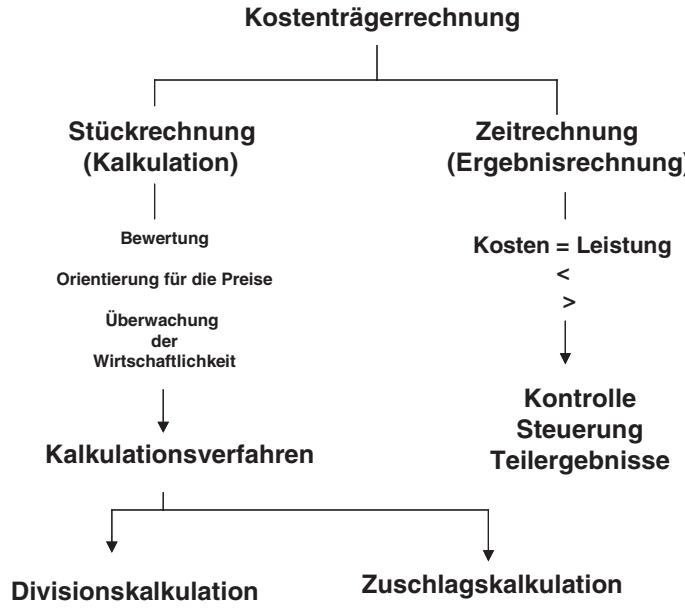


Abb. 37.20 Schema der Kostenträgerrechnung

verursachungsgerecht aufgeschlüsselt werden. Abbildung 37.20 zeigt das Schema der Kostenträgerrechnung.

Bei der Kostenträgerrechnung geht es um die Beantwortung der Frage: „Wofür sind die Kosten innerhalb eines bestimmten Zeitraumes in welcher Höhe angefallen?“

Als letzte Stufe der Kostenrechnung verrechnet die Kostenträgerrechnung die zunächst in der Kostenartenrechnung erfassten und dann in der Kostenstellenrechnung auf Endkostenstellen weiter gewälzten (Gemein-) Kosten auf die verschiedenen Kostenträger des Betriebes (die Einzelkosten aus der Kostenartenrechnung sind bereits ohne Umweg über die Kostenstellenrechnung verrechnet worden). So soll gezeigt werden, wozu die einzelnen, in den verschiedenen Kostenstellen angefallenen Kosten aufgewendet wurden.

Kostenträger sind dabei jene betrieblichen Leistungen, welche den Güter- und Dienstleistungsverkehr ausgelöst haben und somit auch die Kosten „tragen“ sollen. Die wichtigsten Kostenträger sind die Absatzleistungen als „Endkostenträger“, auf die letztendlich sämtliche Kosten des Unternehmens verrechnet werden. Art und Anzahl der in der Kostenrechnung separat ausgewiesenen Kostenträger werden stark vom Leistungsprogramm und den Produktionsverfahren des Betriebes beeinflusst. Eine Luftverkehrsgesellschaft, die mehrere Strecken befliegt, kann jede Strecke als Kostenträger ausweisen. Bei anderen Luftverkehrsgesellschaften sind dies Flugzeuge, einzelne Strecken oder auch Streckenbündel, Verkehrsgebiete oder bediente Netze.

Die Kostenträgerrechnung wird als stückbezogene und zeitbezogene Rechnung durchgeführt.

Die Kostenträgerstückrechnung (Selbstkostenrechnung, Kalkulation) ermittelt die Kosten einer Abrechnungsperiode für die einzelnen Leistungseinheiten, d. h., sie ermittelt die Selbstkosten und schafft damit die Grundlage für die kurzfristige Erfolgsrechnung, die Verkaufssteuerung und die Preispolitik. Sie existiert als Nachrechnung durchgeführte Istkalkulation (Nachkalkulation), als Vorkalkulation mit zukünftigen Kostensätzen oder auch als Zwischenkalkulation (Nachrechnung im engeren Sinne).

Die Kostenträgerzeitrechnung erfasst als Periodenrechnung die Kosten eines Abgrenzungszeitraums (Monat, Quartal, Halbjahr) differenziert nach einzelnen Kostenträgerarten. Sie bedient sich dabei grundsätzlich derselben Verfahren wie die Kalkulation. Sie wendet diese lediglich auf die von einer Produktart insgesamt erzeugte bzw. abgesetzte Menge an.

Durch Gegenüberstellung der für eine Kostenträgerart auf diese Weise ermittelten Periodenkosten mit den jeweils um die Erlösschmälerungen verminderten Erlöse wird anschließend der Erfolg der verschiedenartigen Kostenträger bestimmt. Diese Erfolgsermittlung erfolgt in der Regel monatlich, teilweise auch für noch kürzere Zeitabschnitte. Die Kostenträgerzeitrechnung soll eine laufende, nach Erzeugnisarten differenzierende Kontrolle des Betriebserfolges gewährleisten und Informationen für kurzfristige Dispositionen (z. B. für die Programmpolitik) zur Verfügung stellen.

Eine solche kurzfristige primär auf betriebsinterne Rechnungszwecke abstellende „Betriebsergebnisrechnung“ ist allein deshalb erforderlich, weil der innerhalb der Gewinn- und Verlustrechnung ermittelte Jahreserfolg für kurzfristige Dispositionen viel zu spät feststeht. Im traditionellen System der Vollkostenrechnung dient die Kostenträgerrechnung demnach nicht nur der auf das einzelne Stück abstellenden Kalkulation, sondern auch der periodenbezogenen Ermittlung der Herstell- bzw. Selbstkosten.

In der Praxis der des Rechnungswesens von Luftverkehrsgesellschaften wird die Kostenträgerzeitrechnung regelmäßig durch Gegenüberstellung mit den in der Kostenrechnungsperiode erzielten Erlösen zu einer kurzfristigen Erfolgsrechnung (d. h. eine nach Kostenträgern gegliederte Betriebsergebnisrechnung, wie beispielsweise die Streckenergebnisrechnung). Abbildung 37.21 zeigt den Kostendurchlauf in Vollkostenrechnungen.

Kurzfristige Erfolgsrechnung Aufgabe der kurzfristigen Erfolgsrechnung ist die laufende Kontrolle des betrieblichen Erfolges (der das Ergebnis der eigentlichen, typischen Leistungserstellung und Verwertung wiedergibt) in Richtung auf das verfolgte Unternehmensziel und die Informationsversorgung des Managements für seine dispositiven Zwecke.

Im Hinblick auf die Vorgehensweise bei der kurzfristigen Erfolgsrechnung können zwei grundlegende Verfahren, das Gesamtkostenverfahren und das Umsatzkostenverfahren, unterschieden werden.

Beim Gesamtkostenverfahren auf Vollkostenbasis werden die Gesamtkosten (Selbstkosten) einer Periode den Umsatzerlösen gegenübergestellt, wobei zusätzlich die Bestandsveränderungen an Halb- und Fertigprodukten (zu Einstandspreisen) berücksichtigt werden. Es gilt die Beziehung:

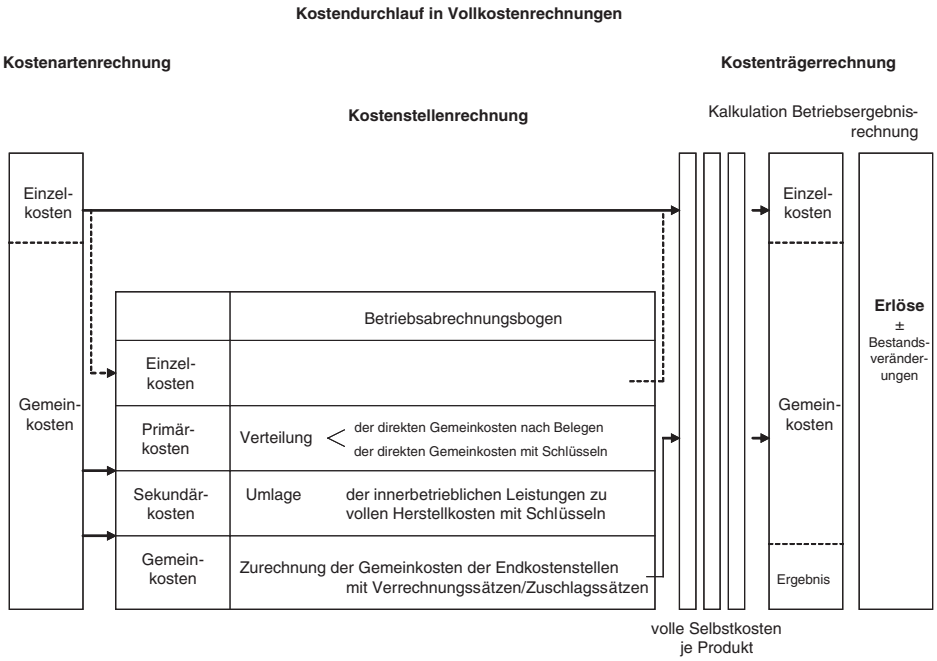


Abb. 37.21 Kostendurchlauf in Vollkostenrechnungen

Betriebsergebnis = Umsatzerlöse − Gesamtkosten + Bestandszunahmen − Bestandsabnahmen. Die Vorteile des Verfahrens liegen in seinem rechnerisch einfachen Aufbau (ähnlich der Gliederung der Gewinn- und Verlustrechnung im Rahmen des Jahresabschlusses) und in dem geringen Organisationsaufwand.

Größter Nachteil des Verfahrens ist das Fehlen einer Aussage über die Erfolgsquelle. Es wird lediglich eine Aussage über den kurzfristigen Erfolg der „eigentlichen" betrieblichen Tätigkeit insgesamt gemacht. Zusätzlich stört, dass die Bestandsveränderungen zu Gewinn oder Verlust führen, z. B. resultiert aus dem „Produzieren auf Lager" zusätzlicher Gewinn, was de facto nicht der Fall ist.

Beim Umsatzkostenverfahren auf Vollkostenbasis werden nur die Kosten der umgesetzten Produkte den Erlösen gegenübergestellt. Was zwar produziert, aber noch nicht verkauft ist, tritt überhaupt nicht in Erscheinung. Dieses Verfahren ist somit sehr kostenorientiert. Das Ergebnis ist der Erfolgsbeitrag jedes Kostenträgers. Es gilt hier die Beziehung:

Betriebsergebnis = Umsatzerlöse – Selbstkosten der umgesetzten Produkte. Es entsteht nach dem Umsatzkostenverfahren ein echtes Ergebnis aus Umsatz und Umsatzkosten, welches durchaus dem Betriebsergebnis nach dem Gesamtkostenverfahren entspricht. Nachteilig ist, dass diese Rechnung schwer in die Finanzbuchhaltung zu integrieren und ein erhöhter Aufwand im Rechnungswesen nötig ist. Des weiteren wird nicht

ausgewiesen, welche Kosten wirklich entstanden sind und was den Produktions-, Verwaltungs- und Vertriebsapparat des Unternehmens tatsächlich belastet hat.

Die beiden genannten Verfahren stellen keine Informationsbasis für dispositive Zwecke zur Verfügung, so dass im folgenden auf die hierfür eher nutzbare Deckungsbeitragsrechnung eingegangen wird.

Teilkostenrechnung/Deckungsbeitragsrechnung Im Folgenden soll nun auf Abwandlungen des Umsatzkostenverfahrens, nämlich auf das Umsatzkostenverfahren auf Teilkostenbasis oder die Deckungsbeitragsrechnung/Teilkostenrechnung näher eingegangen werden.

Diese Verfahren wurden entwickelt, um dem großen Nachteil des Umsatzkostenverfahrens auf Vollkostenbasis, der darin besteht, dass die gesamten Kosten der Abrechnungsperiode nach bestimmten, i.d. Regel nicht einwandfrei begründbaren Kriterien auf die jeweiligen Bezugsobjekte in Form von einzelnen Leistungsarten oder -gruppen verteilt werden, zu kompensieren. Abbildung 37.22 zeigt die Merkmale der Teilkostenrechnungen.

Deckungsbeitragsrechnungen beziehen also neben den Kostenkomponenten auch die Erlöskomponenten mit ein und zählen zu den Verfahren der Kurzfristigen Erfolgsrechnung. Die verschiedenen Verfahren der Deckungsbeitragsrechnung lassen sich einteilen in:

1. die, die durch die Unterscheidung von variablen und fixen Kosten begründet werden (variabel bedeutet hier abhängig von der Beschäftigung, fix bedeutet beschäftigungsunabhängig). Das Ausmaß der Kostenänderung bei Variation

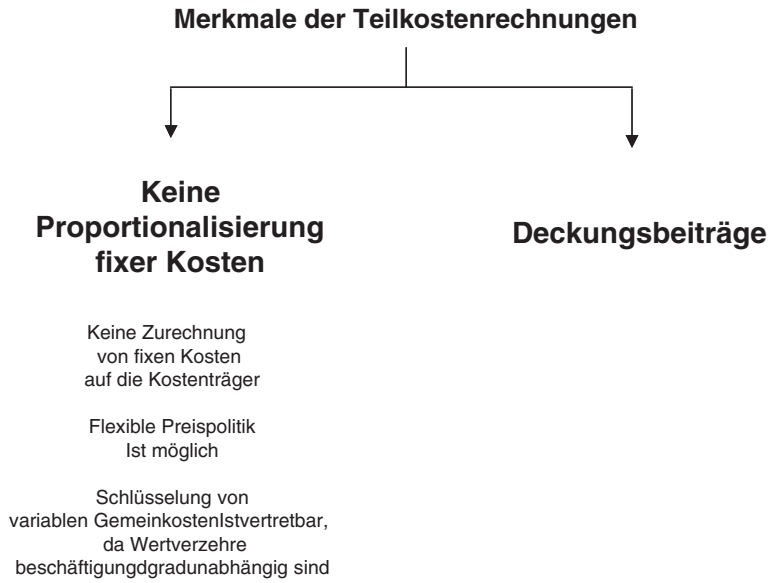


Abb. 37.22 Merkmale der Teilkostenrechnungen

der Beschäftigung wird als Grenzkosten bezeichnet. Grenzkosten geben bei einer Gesamtkostenbetrachtung an, um welchen Betrag sich die Gesamtkosten bei (infinitesimal) kleiner Variation der Kosteneinflussgröße verändern.
Bei kurzfristiger Betrachtung werden die Fixkosten als konstant angesehen und gehen in die Teilkostenrechnung nicht mehr ein. Die Kosten, die bei der Teilkostenrechnung nicht auf die Kostenträger verteilt wurden, dürfen jedoch nicht unberücksichtigt bleiben und gehen in die Betriebsergebnisrechnung ein.

2. die welche Kosten nach Einzel- und Gemeinkosten differenzieren (Einzelkosten sind einzelnen Bezugsobjekten, z. B. Leistungsarten oder Leistungsartengruppen, eindeutig und zweifelsfrei zurechenbar).

zu 1. Es gibt zwei grundsätzliche Varianten:
Die Deckungsbeitragsrechnung auf der Basis von variablen Kosten mit globaler Fixkostenbehandlung = Direct Costing. Beim Direct Costing werden vom Periodenerlös (Absatzmenge × Stückpreis) die variablen Kosten als Summe oder differenziert nach Kostenträgern abgezogen. Die Differenz zwischen Erlösen und variablen Kosten wird als Deckungsbeitrag bezeichnet. Er dient zur Deckung der Fixkosten, die bisher noch gar nicht in die Berechnung einbezogen wurden und zur Erzielung eines Überschusses, d. h. des Gewinns. Die Summe der Erzeugungsdeckungsbeiträge (= Bruttoerfolge) nennt man Unternehmensdeckungsbeitrag. Von ihm werden nun die Unternehmensfixkosten abgezogen, und man erhält den Unternehmensgewinn oder -verlust. Verwendung finden Deckungsbeiträge bei der:

a) Prüfung eines Einzelauftrages,
b) Ermittlung von Preisuntergrenzen,
c) Bestimmung von Förderungspräferenzen innerhalb des Produktprogramms.

Deckungsbeitragsrechnung mit differenzierter Fixkostenbehandlung/stufenweise Fixkostendeckungsrechnung:

Zunächst werden Deckungsbeiträge als Differenzen zwischen Umsatzerlösen und variablen Kosten gebildet (ähnlich dem Direct-Costing).

Die Fixkosten werden jedoch nicht als Block diesen Deckungsbeiträgen gegenübergestellt, sondern die Fixkosten werden nach ihrer Zurechenbarkeit gegliedert (z. B. in Erzeugnisfixkosten, Erzeugnisgruppenfixkosten, Bereichsfixkosten, Unterneh mensfixkosten).

Die weitere Vorgehensweise besteht darin, die zuvor ermittelten Deckungsbeiträge stufenweise zu aggregieren, um die der Stufe zugehörigen anteiligen Fixkosten abzuziehen und so neue Deckungsbeiträge zu bilden. Diese werden anschließend auf der nächsten Stufe in derselben Weise unter Verwendung der anteiligen Fixkosten dieser Stufe weiterverarbeitet, bis auf der letzten Stufe von den dort aggregierten Deckungsbeiträgen die Unternehmensfixkosten abgezogen werden und damit der Betriebserfolg der Periode ermittelt ist (Streckenergebnisrechnung).

zu 2. Hierunter versteht man in zunächst die Teilkostenrechnung auf Basis relativer Einzelkosten:

Die Deckungsbeitragsrechnung mit relativen Einzelkosten verzichtet in konsequenter Beachtung des Verursacherprinzips auf jegliche schlüsselmäßige Verteilung von Gemeinkosten.

Es werden nur die Einzelkosten einzelner Leistungseinheiten direkt zugerechnet. Die Gesamtheit der Gemeinkosten wird so zerlegt, dass man die Teilbeträge ohne Schlüsselung bestimmten Bezugsbasen (Produktart oder -gruppe, Kostenstelle, Betriebsbereich o.ä.) direkt zuordnen kann. Die Begriffe Einzelkosten und Gemeinkosten werden relativiert. Jede Kostenart lässt sich nun im Hinblick auf irgendeine Bezugsbasis als Einzelkosten erfassen. Der untergeordneten Bezugsgröße könnte man diese Kosten wieder nur als Gemeinkosten zurechnen. Beispielsweise sind Beleuchtungskosten einer Fertigungskostenstelle für diese Kostenstelle Einzelkosten, für ihre Produktarten jedoch nur Gemeinkosten, da sie über einen Schlüssel verteilt werden müssten.

In der Grundrechnung wird die Differenz aus Erlösen und relativen Einzelkosten errechnet und als „relativer Deckungsbeitrag“ bezeichnet. Diese Rechnung kann je nach Aufgabenstellung der kurzfristigen Erfolgsrechnung vereinfacht oder weiter differenziert werden.

37.5.2.3 Streckenergebnisrechnung

Grundlagen der Streckenergebnisrechnung Die Streckenergebnisrechnung (SER) kann definiert werden als die systematische Erfassung sowie verursachungsgerechte Zuordnung aller quantitativen und monetären Leistungsdaten und Kosten auf die einzelnen Strecken, die eine Luftverkehrsgesellschaft bedient. Abbildung 37.23 zeigt die Funktionen der Streckenergebnisrechnung.

Die Einbettung der Streckenergebnisrechnung in das betriebliche Rechnungswesen zeigt Abb. 37.24.

Abbildung 37.25 zeigt die Determinanten der Streckenergebnisse.

Zu den quantitativen Leistungsdaten gehören die Anzahl der Flüge, die Blockstunden, TKO, TKT, SKO, PKT, beförderte Fracht, beförderte Passagiere etc.

Monetäre Leistungsdaten sind Bruttoerlöse der Passage, Fracht, Post, Erlösschmälerungen von Passage und Fracht, Poolsalden, Teilkapazitätserlöse und sonstige Verkehrserlöse.

Zu den Kosten zählen bei großen Luftverkehrsgesellschaften alle Kostenpositionen, die in direkt variable, direkt fixe und indirekte Kostengruppen zusammengefasst werden können.

Die Strecke kann definiert werden durch die Flugnummer und geographisch aggregiert werden nach Städtepaaren, Streckenbündeln, Ländern, oder Verkehrsgebieten.

Systematik und Aufbau der Streckenergebnisrechnung Abbildung 37.26 zeigt beispielhaft das Kalkulationsschema einer Streckenergebnisrechnung (SER).

Die einzelnen Deckungsbeiträge werden bei der SER nach der Rangfolge der Beeinflussbarkeit zugeordnet. Dabei werden zuerst die variablen Einzelkosten von den

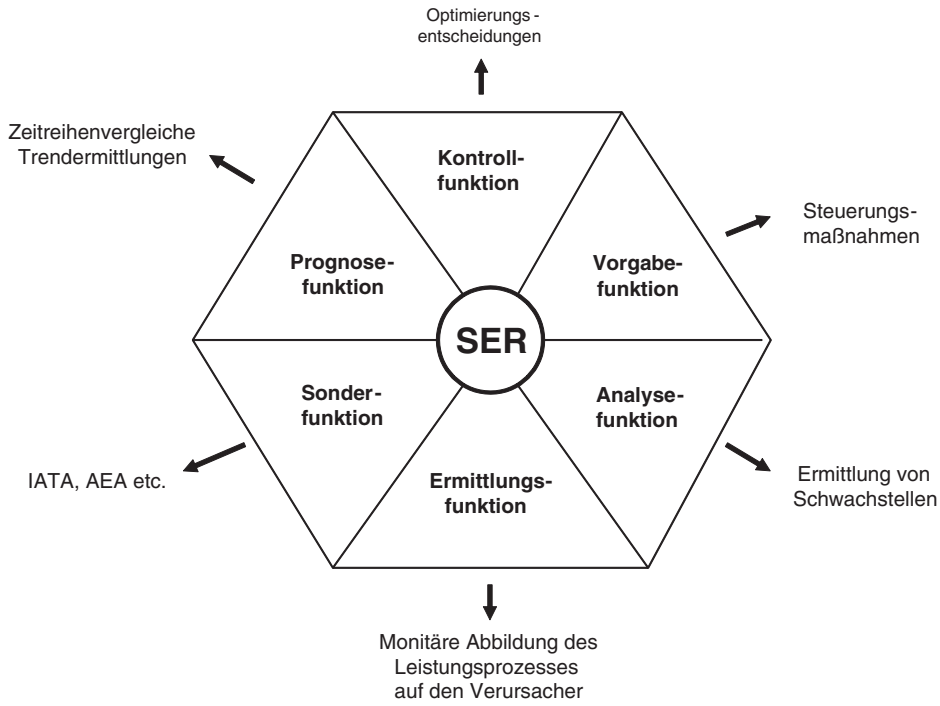


Abb. 37.23 Funktionen der Streckenergebnisrechnung

Erlösen abgezogen. Sie werden im Luftverkehr auch flugabhängige und beförderungsabhängige Kosten genannt. Der daraus entwickelte Deckungsbeitrag I (DB l) ist ein Entscheidungskriterium für alle Kurzfristbetrachtungen, wie z. B. Charterflüge oder der Einsatz von alternativem Fluggerät auf einer Strecke. Voraussetzung ist dabei, dass freie Kapazitäten vorhanden sind.

Bei der nächsten Stufe, dem DB II, werden weiterhin alle direkten Fixkosten abgezogen. Das so ermittelte Ergebnis ist ein Kriterium für die Änderung der Bedienungshäufigkeit. Durch eine Frequenzaufstockung werden zusätzliches Fluggerät und zusätzliche Besatzungen notwendig, wohingegen eine Zunahme anderer Kosten (Station, Verwaltung) vernachlässigbar klein ist. Insofern wird in diesem Falle zumindest ein positiver DB II gefordert.

In den nächsten beiden Schritten werden verschiedene Fixkosten subtrahiert. Zuerst sind dies die Kosten der einzelnen Stationen.

Beim DB IV werden weiterhin die Verkaufs- und Werbungskosten abgezogen. Benutzt werden diese Deckungsbeiträge als Entscheidungskriterium für große Veränderungen der Streckenstruktur. Bei der Aufnahme neuer Strecken sind Ausgaben für den Aufbau einer eigenen Station vor Ort notwendig. Diese müssen durch die Erlöse auf der neuen Strecke ebenfalls gedeckt werden. Ähnlich ist es bei den Kosten für Verkauf und Werbung für eine neue Strecke, wobei hier aber meistens schon eine organisatorische Einheit für den Verkauf besteht.

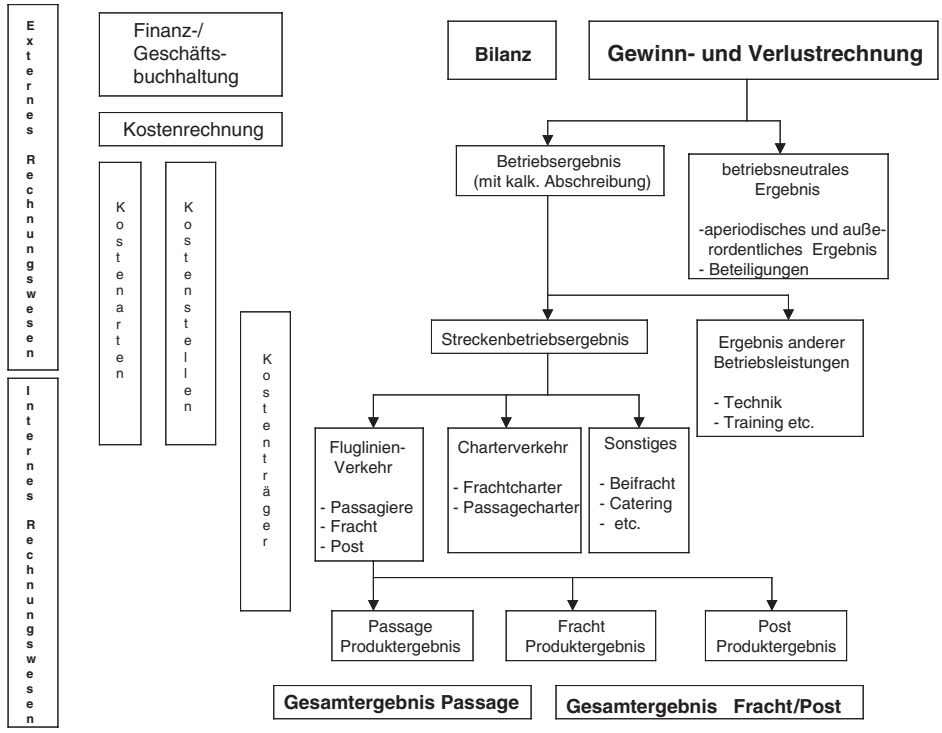


Abb. 37.24 Determinanten der Streckenergebnisse

Das Streckenergebnis ergibt sich schließlich durch den Abzug der Administrationskosten. Es dient zur Darstellung der Streckenwirtschaftlichkeit und zum Vergleich von Strecken und von Perioden mit- und untereinander.

Streckenergebnisrechnung als Steuerungsinstrument Die SER wird der kurzfristigen Erfolgsrechnung zugerechnet. Zum einen wird sie als Planungsrechnung (Erfolgsplanung) verwendet, zum anderen dient sie der Erfolgskontrolle in Form von Soll/Ist oder Vorjahresvergleichen. Die SER ist somit ein wichtiges Steuerungsinstrument für das Management. Sie liefert die für eine effiziente Unternehmensführung notwendigen Informationen über die Wirtschaftlichkeit für jedes Teilprodukt und für die Gesamtproduktion. Je nach Frage- bzw. Problemstellung sind die verschiedenen Deckungsbeiträge zur Entscheidungsfindung heranzuziehen.

Der DB I ist ein Entscheidungsparameter für alle Kurzfristbetrachtungen wie durchzuführende zusätzliche Einzelflüge, Charterflüge oder den alternativen Einsatz von vorhandenem Gerät. Bei Kurzfristbetrachtungen sind alle anderen Faktoren (Anzahl der Flugzeuge, Crews, etc) als konstant anzusehen.

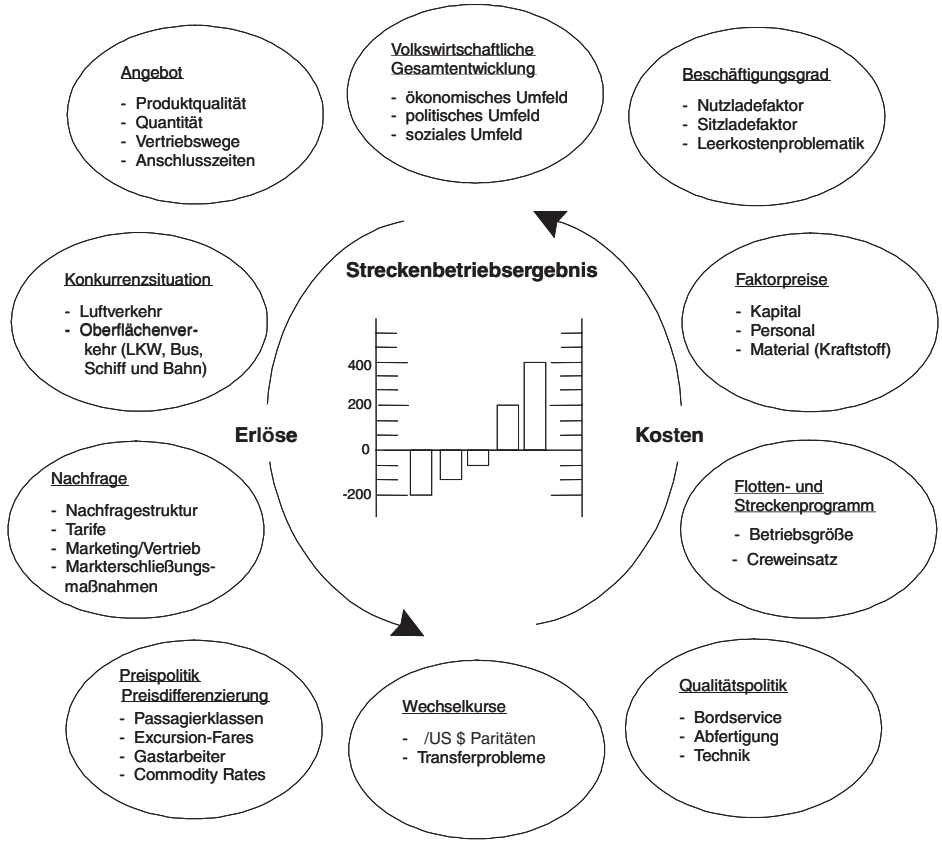


Abb. 37.25 Determinanten der Streckenergebnisse

Fixkosten sind immer nur mittel- bis langfristig zu beeinflussen. Aus diesem Grunde kann man bei den genannten Entscheidungsproblemen eine Grenzkostenbetrachtung durchführen. Das kurzfristige Projekt sollte durchgeführt werden, wenn der DB I positiv ist, da dann alle direkten variablen Kosten (flug- und beförderungsabhängige Kosten) gedeckt sind.

Bei einer Einzelflugbetrachtung oder Charteranfrage ist, Standkapazität vorausgesetzt, bei positivem Deckungsbeitrag I zuzustimmen, da das ansonsten nicht beschäftigte Flugzeug nach Deckung der direkten variablen Kosten noch einen Überschuss erwirtschaftet, der zur Deckung der verbleibenden Kosten dient.

Beim alternativen Einsatz von Fluggerät wird eine Vollauslastung der Flugzeuge unterstellt, d. h. es sind alle Flugzeuge verplant und beschäftigt. Hierbei ist nun diejenige Alternative zu wählen, die den höheren Deckungsbeitrag I erwirtschaftet, da diese, insgesamt den Unternehmensdeckungsbeitrag verbessert.

Der Deckungsbeitrag II hilft bei Entscheidungen bezüglich Kapazitätsveränderungen und lässt Aussagen über Auswirkungen bei Crews und Fluggerät und bei Änderung der Bedienungshäufigkeit zu.

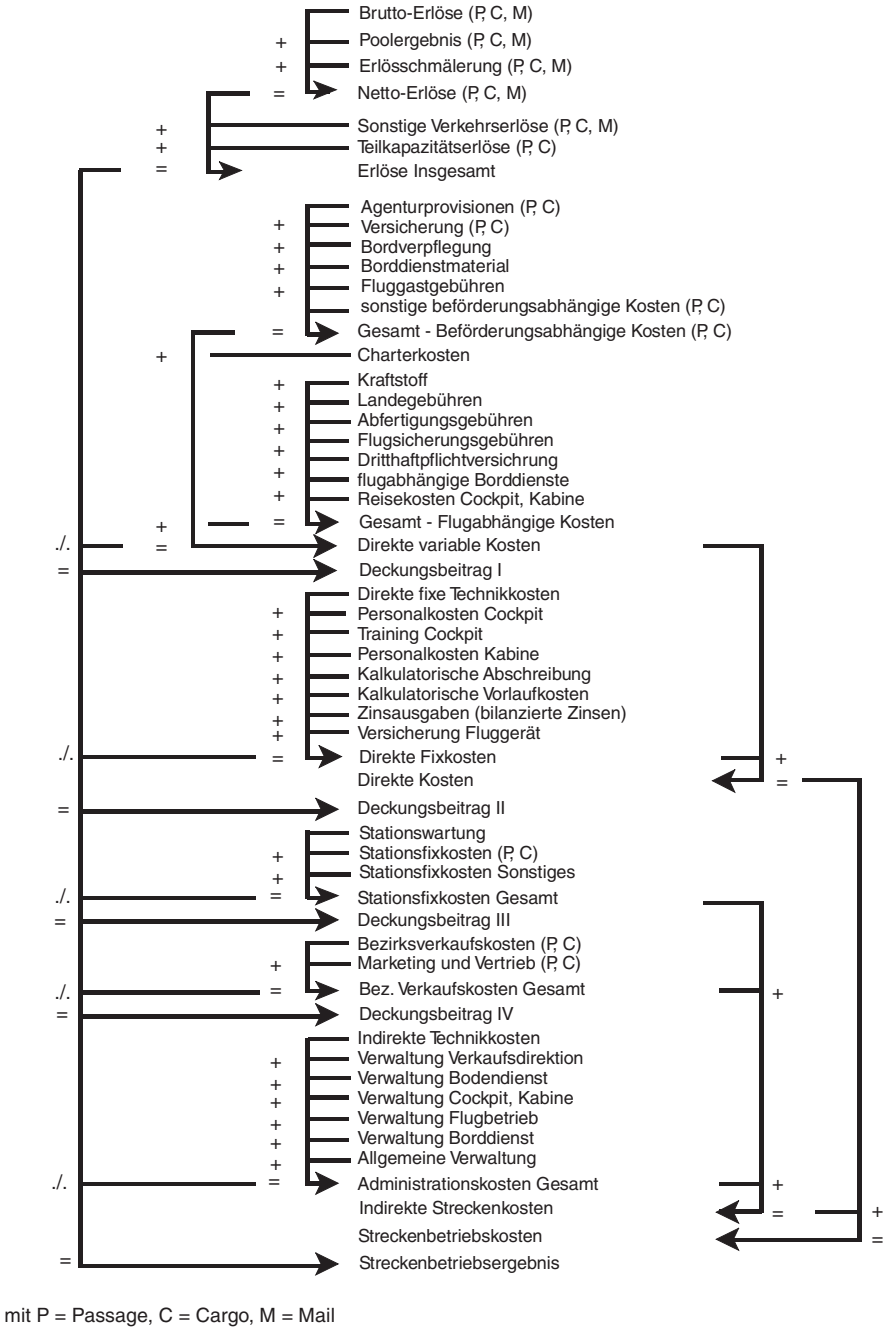


Abb. 37.26 Beispielhaftes Kalkulationsschema einer Streckenergebnisrechnung

Der Deckungsbeitrag II beinhaltet die direkten Fixkosten von Fluggerät und Besatzung. Durch eine Frequenzerhöhung wird zusätzliches Fluggerät mit Besatzungen notwendig, die zusätzliche Kosten verursachen, während der Mehraufwand auf der angeflogenen Station in der Regel zu vernachlässigen ist. Für solche Entscheidungen ist ein positiver Deckungsbeitrag II erforderlich.

Die Deckungsbeiträge III und IV sind relevant für alle größeren Veränderungen der Streckenstruktur, wie die Erweiterung oder Reduzierung des Streckennetzes. Bei einer Erweiterung des Streckennetzes sind für das erforderliche zusätzliche Fluggerät und das Personal sowie für das Errichten einer Station am Zielflughafen Investitionen erforderlich. Bei der positiven projektseitigen Bewertung der Erweiterung des Streckennetzes wird ein positiver DB III gefordert.

Die zusätzlichen Verkaufskosten einer z. B. Bezirksdirektion werden vom Deckungsbeitrag IV erfasst. Ein negativer Deckungsbeitrag IV würde jedoch die Erweiterung des Streckennetzes nicht verhindern, da die Bezirksdirektionen innerhalb ihrer eigenen Zuständigkeiten eine Art „interne Subventionierung" durchführen können, d. h. vorhandene Ressourcen (Personal, Geldmittel, Verkaufsförderungsmaßnahmen, etc.) können in einer Anfangsphase die Erweiterungsmaßnahmen des Streckennetzes mittragen.

Das Streckenbetriebsergebnis (SBE) dient zur Beurteilung der Streckenwirtschaftlichkeit (insgesamt), d. h. der Ergebnisdarstellung, dem Vergleich von Verkehrsgebieten/Strecken und dem Periodenvergleich.

Eine Luftverkehrsgesellschaft interessiert sich für die Wirtschaftlichkeit des Unternehmens in einer hoch aggregierten Form, in diesem Fall für die Verkehrsgebiete oder Streckenbündel, um Tendenzen, Soll-Ist-Abweichungen oder Risiken rechtzeitig erkennen und entsprechend reagieren zu können. Gleichzeitig stellt die Veränderung des Streckenbetriebsergebnisses über die Perioden einen Bewertungsmaßstab für die Effizienz des Netzmanagements dar, da sich alle streckenspezifischen Entscheidungen kosten- und erlösmäßig im Streckenbetriebsergebnis niederschlagen. Das Netzmanagement, das normalerweise im Marketingbereich einer Luftverkehrsgesellschaft angesiedelt und für die Wirtschaftlichkeit der Strecken verantwortlich ist, kann den Deckungsbeiträgen und dem Streckenbetriebsergebnis wichtige Informationen entnehmen. Bei der Kalkulation der Flugpreise kann der Deckungsbeitrag I bzw. können die beförderungsabhängigen und die flugabhängigen Kosten zum Auffinden von kurzfristigen Preisuntergrenzen dienen.

Für Marketing und Vertrieb, wie Verkaufsförderung und Werbung, gibt der DB IV den verbleibenden Spielraum an.

Produktrechnung Neben der Deckungsbeitragsrechnung kann die Produktrechnung durchgeführt werden. Die Produktrechnung dient der Beurteilung der wirtschaftlichen Qualität der Teilprodukte, d. h. der Ermittlung der Produktwirtschaftlichkeit, der Ermittlung von Orientierungshilfen zur Beurteilung der Marktpreise durch das Auffinden absoluter Preisuntergrenzen sowie relativer Preismargen. Das Kalkulationsschema der Produktrechnung zeigt beispielhaft Abb. 37.27.

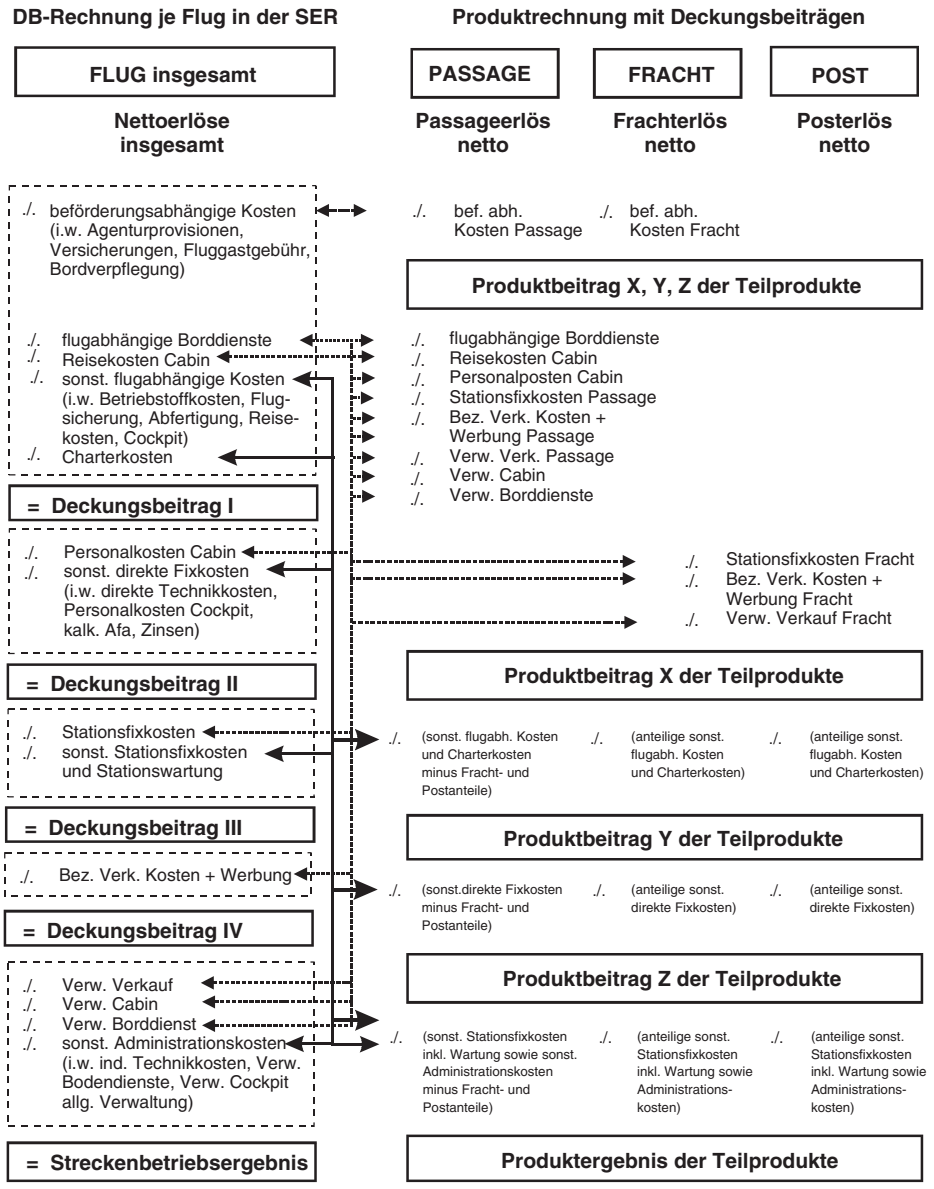


Abb. 37.27 Beispielhaftes Kalkulationsschema einer Produktrechnung

Zu den ***Stärken der Streckenbetriebsergebnisrechnung*** in der heutigen Form zählen:

1. Hoher Detaillierungsgrad bei Inhalt und Umfang. Inhaltlich stark differenzierte Erlös- und Kostendispositionen, umfangreiches Mengengerüst, Umfang bis zum einzelnen Flugzeugmuster auf einer einzelnen Flugnummer, Zeitenlage, beliebige regionale Aggregationen;

2. Flexible Auswertungsmöglichkeiten wie beliebige Kennzahlenrechnungen, Vergleichsrechnungen (IST/IST, Budget/IST), Rangfolgeauswertungen, Schwellwertanalysen;
3. Erfüllung der externen Prüfungsverpflichtungen des Gesetzgebers.

Zu den ***Schwächen der Streckenbetriebsergebnisrechnung*** zählen:

1. Starre Abhängigkeit von der Finanzbuchhaltung und damit zu späte Kenntnis der einzelnen Daten;
2. Die Streckenbetriebsergebnisrechnung ist nur sinnvoll, wenn ein direkter Bezug zur Flugplanperiode besteht (monatliche Rechnung erforderlich);
3. Vermischung kalkulatorischer und bilanzieller Wertansätze;
4. Schlüsselung der Gemeinkosten.

37.5.3 Direkte und Indirekte Betriebskosten

In der Luftverkehrswirtschaft wird weiterhin bei der Aufteilung und Zuordnung der Kosten für eine Flugaufgabe zwischen direkten und indirekten Kosten unterschieden (Abkürzungen: DOC = Direct Operating Cost's, IOC = Indirect Operating Cost's, TOC = Total Operating Cost's = Gesamtbetriebskosten).

Die direkten Betriebskosten eines zivilen Verkehrsflugzeuges beinhalten die unmittelbar mit dem Betrieb des Luftfahrzeuges verbundenen Kosten. Diese unterteilt man weiterhin in fixe und variable Kosten. Das Unterscheidungskriterium für die Einteilung der Kosten in beschäftigungsfixe und -variable Kosten, also die Kosteneinflussgröße ist für die verschiedenen Berechnungsverfahren unterschiedlich. Damit ergibt sich die Einteilung in der Abb. 37.28.

Grundlage für die Ableitung der Stückkosten ist das bereits beschriebene Nutzlast-Reichweite-Diagramm. Im Nutzlast-Reichweite Diagramm ist der mögliche Leistungsrahmen des Flugzeuges im betriebswirtschaftlichen Sinne abgesteckt. Das Nutzlast-Reichweite-Diagramm umschließt alle mit dem betrachteten Verkehrsflugzeug erfüllbaren Transportaufgaben. Bezogen auf die Flugdurchführung sind folgende Kennzahlen üblich:

DOC/Flugstunde (**DOC/Fh**): Diese Kennzahl zeigt die Veränderung der Stückkosten mit zunehmender Flugzeit. Der Kostenverlauf folgt typischer Weise zunächst einer fallenden Funktion, da während der Start- und Steigphase des Fluges die Kraftstoffproduktivität relativ gering ist. Mit zunehmender Fortdauer des Reisefluges, der durch eine hohe Produktivität des Kraftstoffes charakterisiert ist, nimmt der Anteil der unproduktiven Flugphasen gegenüber den produktiveren Flugphasen ab.

DOC/Kilometer (**DOC/km**): Der Kostenverlauf ist qualitativ vergleichbar mit dem Kostenverlauf DOC/Fh, da sich Flugzeit und Entfernung proportional zueinander verhalten.

DOC/Passagierkilometer (**DOC/Pax-Km**): Kennzeichnend für diesen Kostenverlauf ist, dass ein Minimum zwischen der minimal und maximal betrachteten Einsatzentfernung existiert. Zunächst sinken die Stückkosten, beginnend mit der

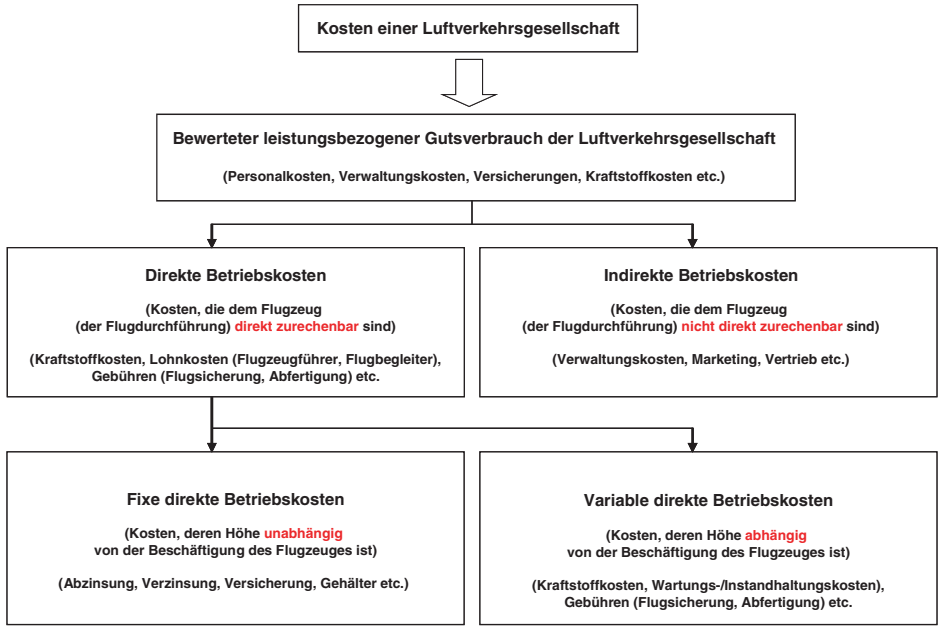


Abb. 37.28 Systematik der DOC-Berechnung

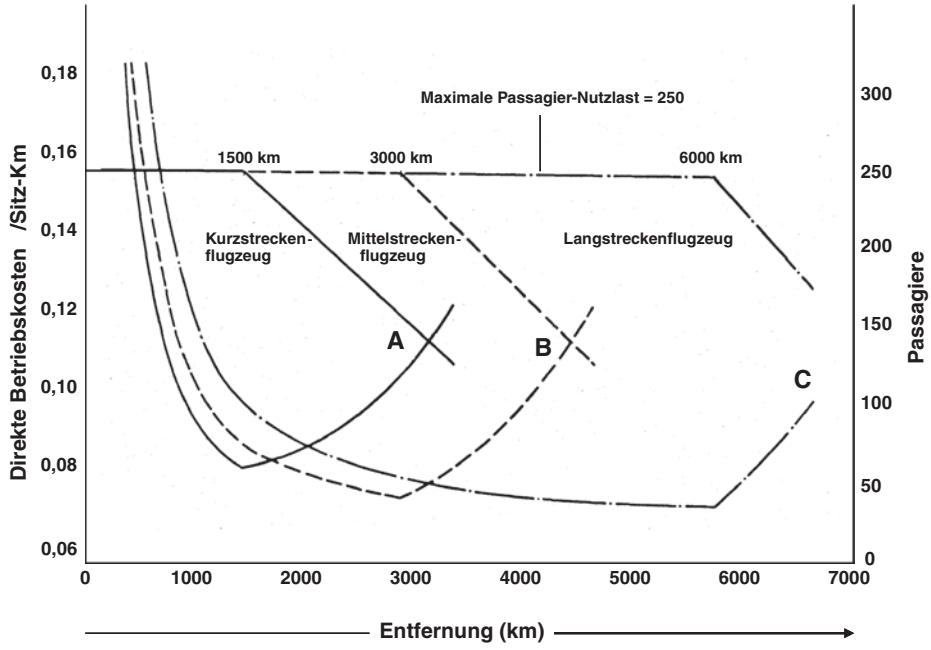


Abb. 37.29 Direkte Betriebskosten in Abhängigkeit der Auslegungsreichweite (Beispiel)

minimalen Einsatzentfernung. Das Absinken der Stückkosten bis zur MTOM-Begrenzung ist entsprechend der Begründung für den zunächst fallenden Verlauf der Stückkosten bei der Kennzahl DOC/Fh zu sehen. Das weitere Absinken bis zum Erreichen der Grenze, von der aus potentiell mitzunehmende Passagiere durch Kraftstoff ersetzt werden, erklärt sich dadurch, dass die mögliche Nutzlast nicht voll berücksichtigt wird und im Frachtraum noch Fracht und Post mitgenommen werden kann. Der erneute Anstieg der Stückkosten, liegt in einer Abnahme der Produktivität des Reisefluges bei Entfernungen mit MTOM-Begrenzungen begründet. In diesem Substitutionsbereich kommt es aufgrund der dort vorherrschenden negativen Grenzproduktivität, (positive Grenzverbräuche, negative Grenzleistung), zu einem Ansteigen der Stückkosten (DOC/Pax-km). Gleiches gilt schließlich für den Bereich der „Maximum Fuel Capacity", bei der, um Reichweite zu gewinnen, die Nutzlast reduziert werden muss, bis schließlich bei der Überführungsreichweite (Ferry Range) keine Nutzlast mehr transportiert werden kann.

Abbildung 37.29 zeigt beispielsweise die direkten Betriebskosten in Abhängigkeit der Auslegungsreichweite im Nutzlast-Reichweite Diagramm. Die Buchstaben A, B, C kennzeichnen die relevanten Bereiche für Kurzstrecken-, Mittelstrecken-, und Langstreckenflugzeuge.

37.5.3.1 Methoden zur Ermittlung der Direkten Betriebskosten

Neben europäischen Luftverkehrsgesellschaften haben die Air Transport Association (ATA), die National Aeronautics and Space Administration (NASA), American Airlines (AA), Airbus Industries (AI), Boeing und die Association of European Airlines (AEA) jeweils eine eigene DOC-Methode entwickelt. Aufgrund der teilweise unterschiedlichen methodischen Ansätze, unterschiedlicher Annahmen und Genauigkeiten der Parameter, sind die Ergebnisse der Abschätzungen in der Regel unterschiedlich. Man kann aber prinzipiell zwischen luftverkehrsgesellschaftspezifischen, herstellerspezifischen und allgemeinen DOC-Methoden unterscheiden. Die luftverkehrsgesellschaftspezifischen DOC-Methoden sind aufgrund der unternehmensspezifischen Rahmenbedingungen nur im jeweiligen Unternehmen gültig und nutzbar.

Allen existierenden DOC-Methoden ermitteln aber, wenn auch auf unterschiedliche Weise, die direkten Betriebskosten, die aus dem operativen Einsatz eines Flugzeuges resultieren. Die Kosten werden in Abhängigkeit der jährlichen Beschäftigung und des Einsatzprofils bestimmt. Ausgangspunkte der Ermittlung der direkten Betriebskosten bilden die unterschiedlichen Anschaffungspreise der Flugzeugmuster sowie deren technische Standards. Standardmäßig werden in den Methoden die Kostenelemente Kraftstoffverbrauch, Instandhaltungskosten, Abschreibung, Zinsen, Versicherung, Personalkosten (Besatzung) sowie Flugsicherungs-, Lande- und Abfertigungsgebühren berücksichtigt. Dabei werden im Kostenszenario die mittleren operationellen Parameter des Flugprofils hinsichtlich Streckenlänge und Flugzeit zugrunde gelegt. Für eine vergleichende Bewertung unterschiedlicher Flugzeugmuster ist die Betrachtung der mittleren operationellen Parameter ausreichend. Qualitative Unterschiede zwischen zwei Flugzeugmustern hinsichtlich Qualität oder Technik werden nicht erfasst. Für die Praxis ist es erforderlich, die ermittelten absoluten Kostengrößen mit betriebswirtschaftlich

relevanten Bezugsgrößen ins Verhältnis zu setzen. Dazu werden international folgende Bezugs-/Basisgrößen verwendet:

- DOC pro Flugstunde (US $ oder €/Fh),
- DOC pro Flugkilometer (US $ oder €/Fkm),
- DOC pro Blockstunde (US $ oder €/Bh),
- DOC pro Sitzkilometer (US $ oder €/Skm),
- DOC pro Tonnenkilometer (US $ oder €/Tkm).

Da eine Entscheidung für ein bestimmtes Flugzeugmuster aber nicht nur von rein wirtschaftlichen Kriterien abhängt, werden im Rahmen der Analyse zusätzlich weitere qualitative Parameter, wie Flottenkommunalität, Kabinenlayout, Wartbarkeit, oder heutzutage auch die Umweltverträglichkeit (Emissionen) bewertet. Im Gegensatz zu quantitativen Parametern/Faktoren werden qualitative Parameter/Faktoren nach unternehmensspezifischen Kriterien bewertet. Die wichtigsten qualitativen Parameter/Faktoren lassen sich global wiederum in die Bereiche Flugbetrieb, unternehmerisches Risiko, Marketing/Vertrieb und Umweltverträglichkeit einteilen.

Für den Bereich Flugbetrieb sind die maximale Reichweite und die maximaler Nutzlast, die ökonomische Machzahl, die benötigten Start- und Landebahnlängen bei maximaler Startmasse, die Dienstgipfelhöhe, Steig- und Reiseflugprofile, sowie die Nutzlast insgesamt (mögliche Passagierbestuhlung, Beifrachtkapazität, ggf. ETOPS Zulassung) von Bedeutung.

Die technischen Risiken liegen, gerade bei Erstbestellern (Launching Customers), im technischen Reifegrad des Flugzeugmusters, maßgeblich bei Verwendung neuer Technologien und Materialien, sowie der Verfügbarkeit des Flugzeugmusters im Flugbetrieb, bei zunächst noch zu spezifizierendem Wartungs- und Instandhaltungsprogramm.

Für die Technik selbst, wie auch für einen wirtschaftlichen Flugbetrieb, sind Flottenkommunalität, Kompatibilität mit der vorherrschenden Infrastruktur der Luftverkehrsgesellschaft, sowie die generellen Möglichkeiten zur Bewirtschaftung des Flugzeugmusters wie Catering, Frachtladesysteme etc. von Bedeutung.

Im Marketing/Vertrieb spielen Kabinenkomfort, Sitzabstand, Kabinengeräuschniveau Ablagemöglichkeiten, Entertainmentsysteme, Kommunikation (Internet, Telefon) etc. eine Rolle.

Letztendlich ist die Umweltverträglichkeit des Flugzeugmusters mit den Parametern Geräuschemissionen und Schadstoffemissionen zu berücksichtigen.

Das Flugzeugmuster, das nach der Durchführung einer vergleichenden Flugzeugbewertung letztendlich ausgewählt wird, stellt in der Realität oftmals einen Kompromiss aus quantitativen und qualitativen Parametern/Faktoren, sowie den unternehmenspolitischen Vorgaben einer Luftverkehrsgesellschaft dar.

Eine mögliche Unterteilung der variablen und fixen Anteile der direkten Betriebskosten zeigt Abb. 37.30.

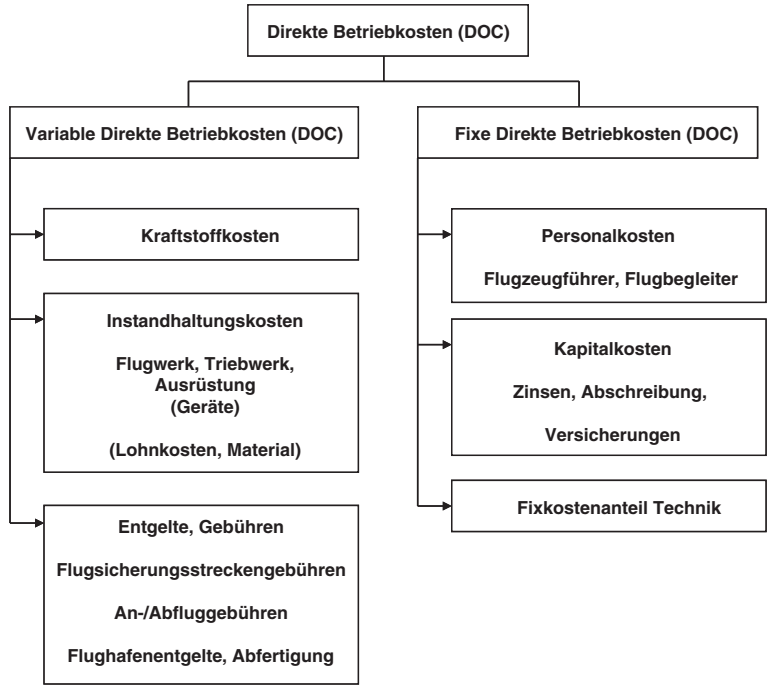


Abb. 37.30 Mögliche Unterteilung der variablen und fixen Anteile der direkten Betriebskosten

37.5.3.2 Methodenspezifische Parameter/Faktoren

Für die Ermittlung der Direkten Betriebskosten einer Luftverkehrsgesellschaft ist die Kenntnis folgender **Basisparameter** erforderlich:

- Flotte (Flottengröße, Flugzeugmuster, Anzahl der Ersatztriebwerke),
- Kraftstoffkosten (Art des Kraftstoffes, Kraftstoffdichte),
- Durchschnittliche Passagiermasse (Annahme),
- Versicherungsprämien,
- Jährliche Beschäftigung der Flugzeugmuster,
- Eskalation der Lohnkosten der Flugzeugführer,
- Eskalation der Lohnkosten der Flugbegleiter,
- Anzahl der Cockpitcrews pro Flugzeugmuster,
- Anzahl der Kabinencrews pro Flugzeugmuster,
- Abschreibungsverfahren,
- Abschreibungszeitraum,
- Kalkulatorischer Zins,
- Restbuchwert.

Die Ermittlung der Direkten Betriebskosten einer Luftverkehrsgesellschaft ist durch langjährige Erfahrungswerte gekennzeichnet, die im betriebswirtschaftlichen Rechnungswesen berücksichtigt werden. In der DOC Methode schlagen sich diese Erfahrungen faktorisiert nieder, oder werden als rein betriebliche Parameter berücksichtigt. Das entsprechende Formelwerk differiert dementsprechend von Luftverkehrsgesellschaft zu Luftverkehrsgesellschaft. Eine direkte Vergleichbarkeit ist, abgesehen von Grundannahmen, nicht, oder nur beschränkt gegeben.

Die im Flugzeug mitzuführenden **Kraftstoffanteile**, richten sich zunächst nach der Flugaufgabe. Die Kraftstoffreserven sind vom Gesetzgeber vorgeschrieben (Abweichende Kraftstoffkalkulationen einzelner Betreiber sind bei den zuständigen Behörden zu beantrage) Vereinfacht unterscheidet man generell zwischen dem Reiseflugkraftstoff (Trip Fuel), der auch die Anteile Rollen, Starten und Landen enthält, und dem Reservekraftstoff (Contingency Fuel), der den Flug zu einem Ausweichflughafen, sowie das Fliegen von Warteverfahren (Holding Pattern) beinhaltet. Im Detail ergibt sich folgende zu berücksichtigende, dem Flugverlauf entsprechende Kraftstoffanteile:

- Engine Start/Idle:
  Anlassen und Leerlauf der TW vor dem Verlassen der Parkposition;
- Taxi-out (Taxi-out):
  Rollen von der Parkposition zum Punkt auf der Startbahn, an dem der Startlauf beginnt (Brake Release Point);
- Take-off (T/O):
  Startlauf und Steigflug bis zu einer Höhe von 1.500 ft mit Startschub;
- Climb (Climb):
  Steigflug von 1.500 ft bis zur ersten Reiseflughöhe mit Steigflugschub;
- Cruise (Cruise):
  Reiseflug unter der Prämisse einer konstanten Reiseflugfläche während des gesamten Reisefluges;
- Descent (Descent):
  Sinkflug aus der Reiseflughöhe bis zum Beginn des Endanfluges;
- Approach & Landing:
  Endanflug, Landeanflug;
- Taxi-in:
  Rollvorgang von der Landebahn zur Parkposition;
- Missed Approach (M/A):
  Fehlanflug
- Alternate (Alt):
  Gesetzlich vorgeschriebener Kraftstoffanteil (Steigflug nach Fehlanflug auf die Ausweichflughöhe, Ausweichflug und Landung auf dem Ausweichflughafen)
- Holding (Hold):
  Gesetzlich vorgeschriebener Kraftstoffanteil (Warteflug am Ausweichflughafen in einer Warteflughöhe von 1.500 ft, 30 Min für Strahlverkehrsflugzeuge, 45 Min für Propellerflugzeuge)

Somit ergibt sich *vereinfacht* die Kraftstoffbilanz pro Flugaufgabe:

Takeoff Fuel
+ Climb Fuel
+ Cruise Fuel
+ Descent Fuel
+ Approach & Landing Fuel
= Trip Fuel Netto

Zusätzlich mit dem gesetzlich vorgeschriebenen Reservekraftstoff (Contingency Fuel = 5 % Trip Fuel Netto) ergibt sich der Trip Fuel Brutto.

Trip Fuel Netto
+ Contingency Fuel
= Trip Fuel Brutto

Der Trip Fuel Brutto entspricht somit 105 % des Trip Fuel Netto (Block Fuel) und schließt alle Kraftstoffanteile vom „off block", bis zum „on block" ein. Die korrespondierende Block-Zeit ist die von Anlassen bis zum Abschalten der Triebwerke.

Nach (EC) No 859/2008, Anlage zu OPS 1.255 „Fuel Policy" [47], kann das Luftfahrtunternehmen auf Antrag die mitzuführenden Kraftstoffmengen reduzieren, wenn die betrieblichen Gegebenheiten dies belegen.

37.5.3.3 Ermittlung der fixen direkten Betriebskosten

Die Gesamtkapitalkosten für eine Investition, auch als Capital Cost oder Primary Cost bezeichnet, werden aus den Kosten für die Abschreibung und die Verzinsung des eingesetzten Kapitals ermittelt. Die Kosten der Gesamtinvestition beinhalten den Flugzeugauslieferungspreis, die Kosten der Ersatzteile für Flugwerk und Triebwerke sowie der Ersatztriebwerke. Der Flugzeugauslieferungspreis beruht einerseits auf dem Herstellerpreis für die Standardausführung, sowie dem Preis für die vom Betreiber gewünschte Sonderausstattung. Die Kostenanteile sind nachfolgend erläutert.

Die jährliche Abschreibungssumme wird bei linearer Abschreibung gleichmäßig auf den Abschreibungszeitraum aufgeteilt, um so die jährlichen Abschreibungskosten zu ermitteln. Die Abschreibungssumme beinhaltet im Abschreibungszeitraum anteilmäßig die Kosten der Triebwerke pro Flugzeug, die Kosten für die Ersatztriebwerke pro Flugzeug, die Kosten für die Ersatzteile (ohne Ersatztriebwerksteile) pro Flugzeug, die Kosten für die Triebwerks-Ersatzteile pro Flugzeug sowie den Restbuchwert am Ende der Abschreibungsperiode. Die Abschreibungssumme setzt sich letztendlich aus der Differenz zwischen den Anschaffungskosten und Restbuchwert zusammen.

Für die Ermittlung der Kosten für die Verzinsung ist die Finanzierungsmethode von Bedeutung. Ein Flugzeugkauf kann durch Eigenkapital oder Fremdkapital finanziert werden. In beiden Fällen ist die anfallende Verzinsung im Hinblick auf die Kapitalkosten zu bestimmen. Bei einer Verzinsung mit Fremdkapital werden die Zinsen an einen Kapitalgeber abgeführt. Bei einer Finanzierung mit Eigenkapital, kann das Kapital, das durch einen Flugzeugkauf langfristig im Unternehmen gebunden ist, alternativ am

Kapitalmarkt angelegt werden. Der hierdurch „entgangene“ Gewinn, der durch die Kapitalbindung bei einem Flugzeugkauf entsteht, wird den Kapitalkosten zugerechnet. Die gleichbleibenden jährlichen Kapitalkosten werden auch als Annuitäten bezeichnet, die mit Hilfe der Annuitätenmethode unter Berücksichtigung von Zins und Zinseszins berechnet werden können. Die Annuität setzt sich wie bei einem Annuitätendarlehn aus einem Zinsanteil und der Tilgung zusammen und bleibt über die gesamte Tilgungszeit konstant. Die Zusammensetzung der Annuität ändert sich über die Zeit. Während die Tilgung zunimmt, wird der Anteil der Zinszahlungen geringer, bis das Darlehn vollständig zurück gezahlt ist. Die Gesamtzahlung (Annuität) ergibt sich aus der Summe der beiden variablen Zins- und Tilgungsanteilen. Der Betrag der Annuität bleibt unter der Prämisse gleicher Jahreszahlungen für jedes Jahr konstant und geht in die fixen direkten Betriebskosten ein.

Die Versicherungskosten pro Jahr (Haftpflicht- und Kaskoversicherung) des Flugzeuges werden anteilig von den Anschaffungskosten für das Flugzeug und dessen Ersatzteile ermittelt.

Die Personalkosten pro Jahr setzen sich aus den Lohnkosten für die Flugzeugführer und die Flugbegleiter zusammen. Berücksichtigt werden dabei das Flugzeugmuster, die Flugaufgabe (Kurz-/Mittel-/Langstrecke) und die Eskalation der Personalkosten. Auch die Anzahl der Crews ist abhängig vom Flugzeugmuster.

37.5.3.4 Ermittlung der variablen direkten Betriebskosten

Die Kosten für Gebühren und Entgelte setzen sich aus den Flugsicherungs- und Landegebühren sowie den Abfertigungsentgelten pro Flug zusammen.

Die Flugsicherungsgebühren werden anhand der Flugsicherungsgebührenformel bestimmt. Diese Formel berücksichtigt die zurückgelegte Strecke (DIST) und die maximale Abflugmasse (MTOM). Diese Formel ist allerdings nur für den Eurocontrol Luftraum gültig.

Die An- und Abfluggebühren richten sich nach der MTOM des Flugzeugmusters und den Gebührensätzen der zuständigen Flugsicherungsorganisation.

Die Landegebühren sind je nach angeflogenem Flughafen unterschiedlich hoch. Sie richten sich nach der MTOM (fixer Anteil) und der Anzahl der Passagiere an Bord (variabler Anteil).

Die Abfertigungsentgelte pro Flug werden individuell mit dem jeweiligen Flughafenbetreiber oder der Abfertigungsgesellschaft vereinbart, und entstehen durch die Be- und Entladung des Flugzeuges, der Nutzung von Terminals und Fluggaststeigen, Sicherheitskontrollen und der Inanspruchnahme der Energieversorgung des Flugzeuges auf dem Vorfeld.

Zur Berechnung der Kraftstoffkosten pro Flug muss der Kraftstoffverbrauch d. h. die Summe der Kraftstoffanteile in den relevanten Flugphasen, ermittelt werden. Hierzu sind Herstellerangaben erforderlich.

Die Instandhaltungskosten werden als Kostenarten in Material- und Arbeitskosten untergliedert (vgl. Abb. 37.31).

Die Ermittlung der Instandhaltungskosten erfolgt getrennt für das Flugwerk, die Ausrüstung sowie für die Triebwerke (TW), falls unterschiedliche Kostenträger im

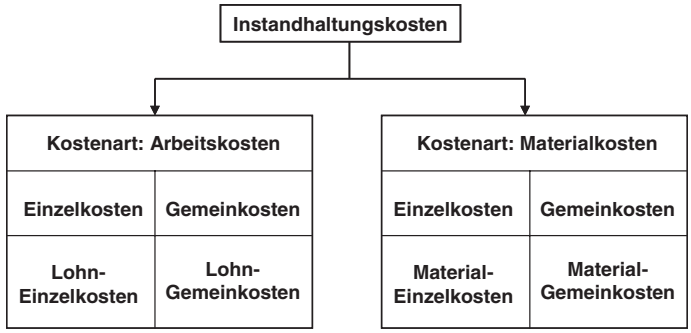


Abb. 37.31 Unterteilung der Instandhaltungskosten einer Luftverkehrsgesellschaft

Rechnungswesen vorgesehen sind. Die DOC-Methode geht von Basiswerten bei der Ermittlung der Instandhaltungskosten aus. Diese Basiswerte beziehen sich auf Erfahrungswerte von Luftverkehrsgesellschaften. Es wird zwischen flugzeitabhängigen und zyklusabhängigen Basiswerten, sowohl für die Flugzeugzelle, als auch für die Triebwerke unterschieden. Die gesamten Instandhaltungskosten ergeben sich aus den Basiswerten mit spezifischen Korrekturfaktoren.

Zu den Korrekturfaktoren zählen Alterungseffekte des Flugzeuges. Diese berücksichtigen den zunehmenden Aufwand für die Instandhaltung eines Flugzeuges, welcher durch Alterung und Verschleiß bedingt ist. Ein weiterer Faktor ist die Entwicklung der Löhne (Lohnsteigerungen). Die Löhne werden auf das Kalkulationsjahr aufgezinst. In die Teuerungsrate des Materials geht eine jährliche Inflationsrate ein. Die Arbeitsgemeinkosten resultieren aus der Bereitstellung des Faktors Arbeit durch Aufwendungen für Miete, Energie, Verwaltung und Arbeitsvorbereitung. Die Arbeitsgemeinkosten werden in der DOC-Methode für jeden Kostenträger ermittelt und ggf. auf die jeweiligen Flugzeugmuster als Kostenstellen verteilt. Die Materialgemeinkosten entstehen durch die Bereitstellung von Material durch Aufwendungen für Miete, Personal und Lagerhaltung. Diese Kosten werden in der DOC-Methode pauschal als Anteil der gesamten Materialeinzelkosten einer Flotte erfasst und ggf. auf die einzelnen Flugzeugmuster umgelegt. Um nun die gesamten Instandhaltungskosten für Flugwerk und Ausrüstung pro Flugstunde zu bestimmen, werden zunächst die Basiswerte pro Flugstunde berechnet. Die Basiswerte werden anschließend mit den Korrekturfaktoren beaufschlagt.

Zur Ermittlung der Instandhaltungskosten für die Triebwerke werden als Eingangsdaten das Bypassverhältnis, die Wellenzahl, das Verdichtungsverhältnis und die Anzahl der äquivalenten Verdichterstufen benötigt. Um die gesamten Instandhaltungskosten für die Triebwerke pro Flugstunde zu bestimmen, werden wie beim Flugwerk zunächst die Basiswerte pro Flugstunde berechnet. Die Basiswerte werden ebenfalls mit Korrekturfaktoren beaufschlagt.

Die gesamten Instandhaltungskosten pro Flugstunde ergeben sich letztendlich aus der Summe der Instandhaltungskosten für Flugwerk und die Triebwerke. Unter Berücksichtigung

der Blockzeit können die Instandhaltungskosten für die einzelne Fugdurchführung berechnet werden. Hierzu wird die Blockzeit mit den Instandhaltungskosten pro Flugstunde multipliziert.

37.5.3.5 Flugzeugbewertung aus der Sicht der Betreiber von Flugzeugen

Die Bewertung von neuen Flugzeugen wird von den potentiellen Betreibern (Käufern) vorrangig auf der Basis der direkten Betriebskosten (Direct Operating Cost (DOC)) vorgenommen.

Die Planung der Flotte einer Luftverkehrsgesellschaft erfolgt mittelfristig bis langfristig, da ein Flugzeugkauf mit einer hohen Kapitalbindung über einen längeren Zeitraum verbunden ist. Der Kauf eines bzw. mehrerer Flugzeuge ist daher durch einen Investitionsprozess hinsichtlich der Planung, Bewertung und Durchführung gekennzeichnet. Zu Beginn des Investitionsprozesses stehen die Forderungen der Flottenplaner. Die Forderungen der Flottenplaner basieren sowohl auf unternehmensinternen strategischen Vorgaben, als auch auf differenzierten Marktprognosen sowie der zu erwartenden Wettbewerbssituation. Aus diesen Untersuchungen und Marktanalysen werden Rückschlüsse auf benötigte Flugzeugmuster hinsichtlich Reichweite, Sitzplatz- u./o. Frachtkapazität gezogen. In der darauf folgenden Phase werden entsprechende Flugzeugmuster, die den Anforderungen der Flottenplanung global entsprechen, für differenziertere Untersuchungen ausgewählt.

Maßgeblich für die Begründung der Investition ist die betriebswirtschaftliche Bewertung der Investitionsalternativen. Die ausgewählten Flugzeugmuster werden anhand unternehmensspezifischer, standardisierter Parameter verglichen, wozu der direkte Vergleich der entsprechenden Parameter und Kostengrößen gehört. Diese beziehen sich auf wirtschaftliche Aspekte, aber auch Parameter wie das Flugzeugleistungsspektrum, der Kabinenkomfort und ökologische Aspekte sind von Bedeutung.

Die Wirtschaftlichkeit und der operationelle Nutzen eines Flugzeuges werden im Wesentlichen durch den Vergleich der direkten Betriebskosten (DOC) und der Bestimmung der streckenspezifischen Gewinnschwellen (Break Even Point) ermittelt.

Während die direkten Betriebskosten durch den Betrieb des Flugzeuges selbst, und somit vom eingesetzten Flugzeugmuster direkt abhängig sind, resultieren die indirekten Betriebskosten (IOC) aus den Aufwendungen für Verwaltung, Marketing und Vertrieb, sowie der Abschreibung und Verzinsung von Bodeneinrichtungen einer Luftverkehrsgesellschaft, und sind somit in hohem Maße von der Organisation und Firmenstruktur der Luftverkehrsgesellschaft abhängig. Da die indirekten Betriebskosten nicht vom Einsatz des Flugzeugmusters selbst beeinflusst werden, haben sie keine Auswirkung auf die Bewertung. Der Einfluss der indirekten Betriebskosten ist allerdings bei der Auswahl eines entsprechenden Flottenkonzeptes von Bedeutung, da für diese Betrachtung die gesamte Kostenstruktur einer Luftverkehrsgesellschaft berücksichtigt werden muss.

Da sich die direkten Betriebskosten unmittelbar aus dem Betrieb eines Flugzeuges ableiten, stellen somit die entscheidungsrelevante Basis für die Flugzeugbewertung dar. Direkte Betriebskosten entstehen durch die Beschäftigung von Flugzeugen und sind, bedingt

durch Alterung, Abnutzung und in Abhängigkeit des Einsatzspektrums, nicht konstant über die gesamte Betriebsdauer (Life Cycle). Durch die Beschäftigung des Flugzeuges fallen zunächst die „Cash Operating Cost" (COC) an, die sich aus Kraftstoffverbrauch, Wartungsereignissen, Besatzungskosten sowie Abfertigungs-, Lande- und Flugsicherungsgebühren ergeben. Die direkten Betriebskosten lassen sich weiterhin in fixe und variable Kostenanteile unterteilen. Während der Fixkostenanteil auch mit zunehmender Anzahl der Flugstunden konstant bleibt, nimmt der variable Kostenanteil in der Regel zu.

Da die jeweiligen Kostenstrukturen auch von der Flugzeit (Flugmission) und der Flugroute abhängen, somit auch Kraftstoff- und Wartungskosten, Flugsicherungs- und Abfertigungsgebühren bei jedem Flug differieren, ist durch einheitliche Rahmenbedingungen hinsichtlich des Kabinenlayouts und des Flugprofils eine einheitliche, standardisierte Grundlage festzulegen. Hierzu wurden in der Vergangenheit Direct Operating Cost Methoden (DOC-Methoden) von Luftverkehrsgesellschaften, Flugzeugherstellern und luftverkehrlichen Interessensverbänden entwickelt.

Die Bewertung eines Flugzeugmusters erfolgt in mehreren Schritten, die wie folgt durchlaufen werden.

1. Marktprognosen, Marktanalysen über potentielle Märkte,
2. Beschaffung von Flugzeugdaten über geeignete Flugzeugmuster zur Bedienung der Märkte oder als Ersatz für auslaufende unwirtschaftliche Flugzeugmuster,
3. Analyse der inneren und äußeren Einflussfaktoren auf die Beschaffung (Interessenlage der Allianzpartner, Finanzierung etc.),
4. Normierung der Untersuchungsparameter/Faktoren,
5. Festlegung der operationellen Flugzeugmassen,
6. Flugleistungsrechnung auf der Basis der operationellen Standards der Luftverkehrsgesellschaft,
7. Ermittlung der direkten Betriebskosten mit der entsprechenden DOC-Methode.

37.5.3.6 Flugzeugbewertung aus der Sicht der Hersteller von Flugzeugen

Während die Ermittlung der direkten Betriebskosten einer Luftverkehrsgesellschaft durch langjährige Erfahrungswerte und unternehmensinterne Strategien geprägt ist, ist die DOC-Methode der Hersteller darauf ausgerichtet, die Vorteilhaftigkeit neuer Flugzeugmuster für den jeweiligen Flugbetrieb potentieller Kunden nachzuweisen. So werden zwar die flugbetrieblichen Gegebenheiten des potentiellen Kunden, wie Streckennetz, Bedienhäufigkeit etc. berücksichtigt, nicht aber Kostenbestandteile, die luftverkehrsgesellschaftsspezifisch sind (z. B. Unternehmensstruktur, Lohnkosten etc.). Die Berücksichtigung solcher Werte oder Faktoren würden die Ergebnisse verfälschen. Auch luftverkehrsgesellschaftsspezifische Korrekturfaktoren finden keine Berücksichtigung. Es kann auch zu einer verschiedenen Zuordnung zwischen direkten und indirekten Kostenanteilen kommen. Hersteller bieten ihre Flugzeugmuster weltweit an,

sie sind also auf eine allgemeingültige akzeptierte Methode angewiesen. Eine direkte Vergleichbarkeit ist deshalb auch hier, abgesehen von Grundannahmen, nicht gegeben, obwohl die DOC-Methoden strukturell gleich aufgebaut sind.

37.5.4 Yield Management

37.5.4.1 Grundlagen des Yield Management

Die 1978 durchgesetzte Deregulation am amerikanischen Luftverkehrsmarkt und die Abschaffung der Preiskontrollen hatten zur Folge, dass sich viele neue, kleine, kostengünstig arbeitende Luftfahrtgesellschaften am Markt etablierten. Mit Billigtarifen lieferten sie den traditionellen Luftverkehrsgesellschaften einen erbitterten Wettkampf. Beträchtliche Marktanteilsverluste zwangen die großen Luftverkehrsgesellschaften dazu, sich den Preisen der „Discounter“ anzupassen. Der rapide Preisverfall hatte hohe finanzielle Verluste zur Folge. Es wurden Sparmaßnahmen ergriffen, die vielfach jedoch nur zu Qualitätseinbußen, Marktanteilsverlusten und Auseinandersetzungen mit den Gewerkschaften führten.

Zur Vermeidung weiterer Verluste blieb den Luftfahrtgesellschaften der Versuch, den Umsatz pro Flug sowie den Erlös insgesamt zu steigern. Es galt, betriebswirtschaftliche Steuerungskonzepte zur Auslastung der Kapazitäten zu verfeinern. Das „Yield Management“

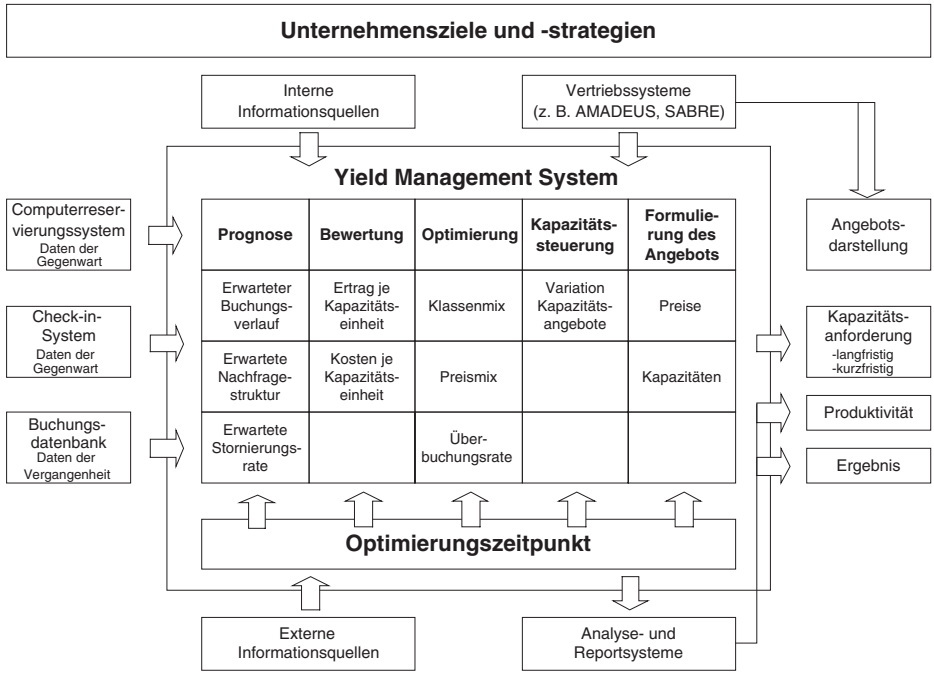


Abb. 37.32 Yield Management System

lieferte eine gute Grundlage zur Verbesserung der Ertragssituation. Die deutsche Bedeutung des Begriffs „Yield Management“ deckt sowohl das Umsatz- oder Ertragsmanagement als auch die umsatz- oder ertragsorientierte Produkt- und Preispolitik ab. Im Luftverkehr versteht man unter „Yield“ insbesondere den Umsatz pro Passagierkilometer.

„Yield Management“ wird also als ein Konzept zur Ertragsoptimierung verstanden, bei dem mit Hilfe integrierter Informationstechnologie eine dynamische Preis-Mengen-Steuerung zu einer gewinnoptimalen Nutzung der Kapazitäten führt.

Nicht die zu einem Zeitpunkt noch vorhandene Leerkapazität und ihre bald mögliche Beseitigung stehen im Mittelpunkt der Überlegungen, sondern das noch ausstehende Nachfragepotential. Grundlegender Gedanke des „Yield Management“ ist, dass der Wert einer Dienstleistung für unterschiedliche Nachfrager zu verschiedenen Zeitpunkten unterschiedlich hoch ist. Abbildung 37.32 zeigt die Struktur des Yield Management Systems.

37.5.4.2 Zielsetzungen

Das „Yield Management“ einer Luftverkehrsgesellschaft hat das Ziel, eine bestimmte Anzahl von Sitzen eines Flugzeuges einem bestimmten Kundentyp zu einem bestimmten Preis in einer Weise zuzuordnen, die zu einer Maximierung des Umsatzes führt.

Eine Verkaufspolitik, Flugzeugsitze nur zu maximal erzielbaren Preisen verkaufen zu wollen, führt teilweise zu leeren Flugzeugsitzen und Umsatzeinbußen. Umgekehrt geht ein erzielbarer Umsatz in höheren Preiskategorien verloren, wenn das Flugzeug mit Niedrigpreiskunden gefüllt wird. Es bleibt die Frage, wie lange Niedrigpreiskunden zurückzuweisen sind, in der Hoffnung, diese Kapazität später zu einem höheren Preis verkaufen zu können.

Die Überlegungen gewinnen an Gewicht unter Beachtung des Umstandes, dass sich die Nachfrage in preiselastische Ferienreisende, die meist sehr früh buchen um Spartarife in Anspruch nehmen zu können, und preisunelastische Geschäftsreisende, die meistens sehr kurzfristig Normaltarife buchen, separieren lässt.

37.5.4.3 Prämissen

Der Einsatz eines „Yield Management“ Systems ist immer dann sinnvoll und erfolgsversprechend, wenn:

1. eine eindeutige Segmentierung der Nachfrage möglich ist. Die Luftverkehrsgesellschaften unterscheiden zwischen preissensiblen Urlaubsreisenden und zeitsensiblen Geschäftsreisenden. Durch verschiedene Preise kann die unterschiedliche Zahlungsbereitschaft der Nachfragergruppen zur Nachfragesteuerung ge- nutzt werden. Sparpreise müssen durch Anknüpfung an bestimmte Konditionen für Vollzahler uninteressant bleiben, sollen Tarifaufweichungen vermieden werden;
2. die Nachfrage zeitlich verteilt auftritt. Da die gleiche Leistung im Zeitverlauf für verschiedene Kunden einen unterschiedlichen Wert hat, können für dieselbe Lei- stung unterschiedliche Preise existieren;
3. es sich bei der verkauften Leistung um ein „verderbliches Produkt“ handelt. Das Produkt verliert seinen Wert, wenn es nicht verkauft wird. Es liegt in der Natur

der Dienstleistungen begründet, dass diese nicht lagerfähig sind. Dies ist bedingt durch ihre Immaterialität und die Tatsache, weil sich Produktion und Absatz als ein Vorgang darstellt. Nicht verkaufte Kapazitäten sind nutzlos und können zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr angeboten werden;

4. das Unternehmen durch relativ fixe Kapazitäten gekennzeichnet ist. Für einen ausgebuchten Flug kann die Sitzplatzkapazität nicht kurzfristig erhöht werden, da sie durch das gewählte Flugzeugmuster vorgegeben ist. Es besteht höchstens die Möglichkeit, den potentiellen Fluggast auf einen späteren Flug zu buchen.
5. ein problemloser zeitlich kontinuierlicher Verkauf des Produktes möglich ist. Es stellt sich die Frage, ob eine frühe Reservierung eines Kunden, der einen Spar- preis wünscht, angenommen werden soll oder ob man das Auslastungsrisiko auf sich nimmt und hofft auf einen späteren Kunden, der bereit ist einen höheren Preis zu zahlen;
6. die marginalen Verkaufskosten gering und die Kapazitätserweiterungskosten hoch sind. Hohe Kapazitätsbereithaltungskosten, verbunden mit niedrigen Verkaufskosten führen dazu, dass es bei geringer Nachfrage lohnend ist, die Sitzplätze zu Niedrigpreisen auf den Markt zu bringen.

Hohe Kapazitätserweiterungskosten veranlassen die Luftverkehrsgesellschaften bei hoher Nachfrage die ertragsstarke Nachfrage auszufiltern, um den Umsatz zu maximieren. Dies geschieht, in dem Spar-, bzw. Superspartarife aus dem Markt genommen werden. Eine Auslastungssteuerung über den Preis ist somit möglich.

37.5.4.4 Voraussetzungen für das Yield Management

Die praktische Nutzung von „Yield Management“ Systemen ist ohne computergestützte Reservierungssysteme nicht möglich.

Ein großer Teil der Flugscheine werden in Reisebüros verkauft. Die Reisebüros müssen zu jedem Zeitpunkt über die noch verfügbaren Sitze je Preisklasse informiert sein. Den Reservierungssystemen kommt damit eine Schlüsselfunktion als Schnittstelle zwischen Angebot und Nachfrage zu. Nur auf dem Bildschirm eines angeschlossenen Reservierungssystems (oder im Internet bei der jeweiligen Luftverkehrsgesellschaft) ist es möglich, den jeweiligen aktuellen Stand des Angebotes, dessen Verfügbarkeit und Preisgefüge darzustellen.

Jede vorgenommene Buchung muss den Umsatzwert des dazugehörigen Flugscheins sofort registrieren und automatisch den Bestand der verfügbaren Sitze verringern. Jede Stornierung oder Umbuchung muss mit der ursprünglichen Reservierung verglichen werden, damit das Angebot auf dem neuesten Stand ist.

Der DV-gestützte Controlling Cycle eines „Yield Management“ Systems besteht prinzipiell aus folgenden Schritten:

- Übernahme der Gegenwartsdaten aus den operativen Systemen in das Be- richtswesen;
- Datenverdichtung und Durchführung von Plan-Ist-Vergleichen im Berichtssystem;

- Übernahme der verdichteten Vergangenheits- und Gegenwartsdaten in das Planungssystem;
- Durchführung von Prognoserechnungen im Planungssystem und Bewertung der Ergebnisse mit Preisen und Kosten, die in der Regel aus dem Rechnungswesen stammen;
- Durchführung von Optimierungsrechnungen und Generieren von Steuerungsparametern für die operativen Systeme;
- Übernahme der Steuerungsparameter in die operativen Systeme.

Die ersten Schritte des Controlling Cycle werden als vorbereitende Schritte betrachtet; es werden Informationen gesammelt und aufbereitet, die dem „Yield Management" als Entscheidungshilfen dienen, um die Optimierungsrechnungen durchzuführen und die Steuerungsparameter zu bestimmen. Erst wenn die Steuerungsparameter effektiv zur gewinnoptimalen Lenkung der Nachfrage eingesetzt werden, wird „Yield Management" im eigentlichen Sinne betrieben.

37.5.4.5 Techniken des Yield Management

Overbooking Als Overbooking bezeichnet man Buchungen, die nach Überschreiten der Kapazitätsgrenze akzeptiert werden. Die Festlegung einer optimalen Überbuchungsrate ist eine der schwierigsten, jedoch auch wichtigsten Aufgaben des „Yield Management".

No-Shows und Stornierungsverhalten Im Gegensatz zur Industrie und zu anderen Branchen, ist es im Luftverkehr möglich, einen Sitzplatz für einen Flug zu buchen, ohne dass eine Pflicht besteht, diesen bei Nichtgebrauch abzubestellen. Daraus können „No-Shows" resultieren, d. h. gebuchte Passagiere, die nicht zum Abflug erscheinen und dadurch den entsprechenden Auslastungsgrad des Fluges senken.

Kunden können ihre Reise unter Einhaltung von Formalitäten sowohl lang- als auch kurzfristig stornieren. Aus Sicht der Luftverkehrsgesellschaften stellen sich diese Stornierungen als angekündigte No-Shows dar.

Im Durchschnitt werden etwa die Hälfte aller getätigten Reservierungen storniert oder die Passagiere erweisen sich als No-Shows. Schätzungen ergaben, dass im Falle der Einschränkung des Reservierungsangebotes auf die Zahl der tatsächlich im Flugzeug vorhandenen Sitzplätze ca. 15 % der Sitze eines ausverkauften Fluges unbenutzt blieben.

Fehlmengenkosten und Recapture-Probability Durch Overbooking erhöht sich das Risiko von Überverkäufen. Überverkäufe entstehen, wenn mehr Kunden ihren gebuchten Platz in Anspruch nehmen wollen als an Kapazität vorhanden ist. Durch Überverkäufe entstehen Kosten, die als Fehlmengenkosten bezeichnet werden. Fehlmengenkosten äußern sich insbesondere in Form von Hotel-, Telefon- und Verpflegungskosten. Ausgleichszahlungen und weitere Kosten entstehen, wenn der Kunde schnellstmöglich an sein Endziel befördert werden möchte.

Wendet sich der Kunde aus Ärger über die Nichtbeförderung der Konkurrenz zu, entstehen dauerhaft Umsatzverluste. Im für die Luftverkehrsgesellschaft günstigsten Fall

entscheidet sich der nicht beförderte Fluggast für einen späteren Flug. Dies wird auch als „Recapture-Probability“ bezeichnet.

Festlegung der Überbuchungsrate Wird eine Überbuchungsrate zu niedrig angesetzt, d. h. es gibt mehr Stornierungen und No-Shows als erwartet, so startet das Flugzeug mit leeren Sitzplätzen, die an abgewiesene Nachfrager hätten verkauft werden können. Wird die Überbuchungsrate zu hoch angesetzt, führen Überbuchungen zu Fehlmengenkosten. Fehlmengenkosten als auch Leerkosten, die aus nicht genutzten Kapazitäten resultieren, gilt es zu minimieren. Die Überbuchungsrate richtet sich insbesondere nach den jeweiligen Prognosewerten über das Buchungsverhalten, die für jeden einzelnen Flug und jede Buchungsklasse zu ermitteln sind. Die Prognosen basieren auf der Stornierungswahrscheinlichkeit, der No-Show-Wahrscheinlichkeit, der Recapture-Wahrscheinlichkeit und der Wahrscheinlichkeit der Entstehung von Fehlmengenkosten. Die prognostizierten Werte sind im Zeitablauf durch Soll-Ist-Vergleiche zu überprüfen und wenn nötig zu aktualisieren. Aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist die optimale Überbuchungsrate dort zu finden, wo die Netto-Ertragskurve (Netto-Ertrag = Ertrag aus zusätzlich verkauften Reservierungen abzüglich der prognostizierten Fehlmengenkosten) ihr Maximum erreicht. Eine sich aus betriebswirtschaftlicher Sicht ergebende optimale Überbuchungsrate ist nicht mit den Ansprüchen eines guten Services zu vereinen. Zu häufig würden Passagiere trotz eines gültigen Flugscheins zurückbleiben. Um dies zu vermeiden, liegt in der Praxis die Überbuchungsrate meist unter ihrem theoretischen Optimum.

Preis-Mengen-Steuerung Wird eine Transportleistung zum Sparpreis verkauft, wird ein Ertrag gesichert. Es wird jedoch auf die Möglichkeit verzichtet, den Ertrag zu optimieren. Werden Buchungen zum Spartarif abgelehnt, sind zwei Entwicklungen möglich:

1) Die erhoffe Nachfrage von Vollzahlern fällt aus. Durch die Ablehnung des Kun- den der nur bereit ist einen verbilligten Flugpreis zu bezahlen, würde ein leerer Sitz erzeugt;
2) Die erhoffte Nachfrage tritt tatsächlich ein, so dass die vorhandenen Sitze mit vollzahlenden Passagieren gefüllt werden können.

Ist ein Kunde, der zum Spartarif buchen wollte, und diesen nicht erhalten hat bereit, den vollen Preis zu bezahlen, wird dies als „Sell-Up-Probability“ bezeichnet. Mit „Go-Shows“ bezeichnet man Fluggäste, die ohne Vorreservierung einen Flug in Anspruch nehmen.

Um die notwendige Preis-Mengen-Steuerung zu optimieren, wurde ins Reservierungssystem die Nesting-Struktur eingeführt. Unter Nesting versteht man im weitesten Sinne die Gesamtbetrachtung der einzelnen, preisdifferenzierten verfügbaren Kontingente innerhalb einer Buchungsklasse.

Eine Gesamtbetrachtung der einzelnen Kontingente ist notwendig, wenn vermieden werden soll, dass ein Billigticket verkauft wird und gleichzeitig der Verkauf eines Normaltarifs abgelehnt werden muss. Dies könnte der Fall sein, wenn ohne Gesamtbetrachtung der

Kontingente das Kontingent der Normaltarife erschöpft ist und das Spartarifkontingent freie Sitzplätze ausweist.

Nesting verknüpft hierarchisch die einzelnen Kontingente gemäß ihrer Ertragswertigkeit. Die Sitze einer niederwertigen Klasse werden zu den buchbaren Plätzen der höherwertigen Klassen addiert. Solange Supersparpreise angeboten werden, sind auch Spar- und Normaltarife erhältlich. Können keine Spartarife mehr verkauft werden, sind auch keine Superspartarife mehr vorhanden. Normaltarife sind nur für den Fall nicht mehr buchbar, dass die Sitzplatzkapazität eines Fluges ausgeschöpft ist bzw. das Überbuchungsniveau erreicht wurde.

Netz-(Strecken-) Management Das Streckenmanagement hat die Ertrags- und Auslastungsoptimierung für das gesamte Streckennetz einer Luftverkehrsgesellschaft durchzuführen.

Zur umfangreicheren und schnelleren Bedienung des Marktes legten die Luftverkehrsgesellschaften „Hub-Flughäfen“ fest. Die Hubs dienen als Drehscheibe zwischen Zubringer- und Anschlussflügen. Mit Einführung der Hubs stieg die Zahl der Passagiere, die einen Anschlussflug benötigen, stark an.

37.5.4.6 Yield Management als Wettbewerbsinstrument

Yield Management Systeme können zur Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit eingesetzt werden.

- Billiganbietern kann Einhalt geboten werden, indem auch kontingentierte Billigtarife von etablierten Luftverkehrsgesellschaften auf dem Markt angeboten werden;
- durch Kontingentierung kann die Beförderung ertragsstarker Kunden forciert und somit das Yield erhöht werden;
- durch ein effizientes Strecken-Management können unrentable Relationen identifiziert und aus dem Flugplan genommen werden, um die Gesamtrentabilität des Streckennetzes zu erhöhen;
- aufgrund genauer Nachfrageprognosen kann der Kapazitätseinsatz optimiert werden;
- auf der Basis von genauerer Kenntnis der Nachfragestruktur kann eine zielgerichtetere Werbung erfolgen.

37.5.5 Investitionsrechnung

37.5.5.1 Begriff und Arten der Investitionen

Eine Investition ist die langfristige Anlage von Kapital in Sachvermögen, immaterielles Vermögen (z. B. Forschungs- und Entwicklungsinvestitionen, Werbeinvestitionen, Ausbildungsinvestitionen etc. Bzgl. des Zeitpunktes oder des Zeitraumes von Investitionen unterscheidet man Gründungs- oder Erstinvestionen und Folgeinvestitionen. Unter Folgeinvestitionen werden sämtliche Investitionen verstanden, die während der Existenz eines Betriebes nach der Unternehmensgründung getätigt werden.

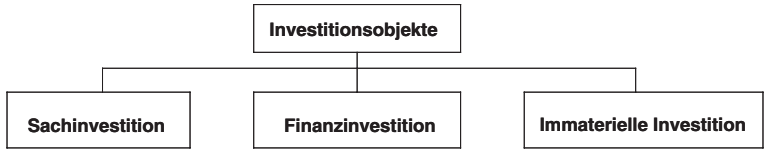


Abb. 37.33 Einteilung der Investitionen

Innerhalb der Folgeinvestitionen kann zwischen Ersatzinvestitionen, Rationalisierungsinvestitionen und Erweiterungsinvestitionen unterschieden werden. Unter einer Ersatzinvestition wird eine Investition verstanden, die den Ersatz eines im Betrieb befindlichen Investitionsobjektes durch ein gleichartiges beinhaltet. Eine Rationalisierungsinvestition stellt eine Investition dar, deren Durchführung zu einer Produktivitätserhöhung im betrieblichen Prozess führt. Als eine Erweiterungsinvestition wird eine Investition bezeichnet, durch die der Umfang des betrieblichen Leistungsvermögens (des Leistungspotentials) vergrößert wird. Der Zusammenhang zwischen Gründungsinvestitionen und Folgeinvestitionen in der Form von Ersatz-, Rationatisierungs- und Erweiterungsinvestitionen lässt sich auch in einer anderen Form darstellen.

Ausgangspunkt der Überlegungen ist hierbei das Investitionsvolumen einer Periode. Diese Summe von Zahlungsmitteln wird als Bruttoinvestition der Periode bezeichnet.

Die Bruttoinvestition einer Periode lässt sich in zwei Bestandteile zerlegen, nämlich in die Nettoinvestition und die Reinvestition. Bei der Nettoinvestition handelt es sich dabei um denjenigen Teil der Gesamtinvestition, der zu einer Vergrößerung des betrieblichen Leistungsvermögens führt. Zu ihr zählen die Erstinvestitionen und die Erweiterungsinvestitionen. Dagegen verkörpert die Reinvestition denjenigen Teil der Bruttoinvestition, der in Form von Ersatzinvestitionen lediglich auf den Ersatz verbrauchter Investitionsobjekte gerichtet ist. Problematisch gestaltet sich in dieser Einteilung die Zuordnung der Rationalisierungsinvestition. Eine Rationalisierungsinvestition kann nämlich sowohl eine Nettoinvestition in Form einer Erweiterungsinvestition als auch eine Reinvestition in Form einer Ersatzinvestition bedeuten. Im konkreten Fall wird eine Ersatzinvestition sehr häufig gleichzeitig auch zu einer Verbesserung der Leistungserstellung im betrieblichen Prozess führen und damit eine Rationalisierungsinvestition verkörpern, weiterhin aber auch eine Erhöhung des betrieblichen Leistungsvermögens beinhalten und somit eine Erweiterungsinvestition darstellen. Abbildung 37.33 zeigt die Einteilung der Investitionen.

37.5.5.2 Investitionsziele

Tabelle 37.6 zeigt die Globalziele von Investitionen

37.5.5.3 Investitionsentscheidung

Eine Investitionsentscheidung ist die Entscheidung über die Umwandlung von Zahlungsmitteln in Investitionsobjekte, wobei diese Umwandlung zu einer hohen und langfristigen Bindung in Form der Investitionsobjekte führt.

Tab. 37.6 Globale Investitionsziele

Ziele von Sachinvestitionen	Anpassung der Produktion an den technischen Fortschritt
	Beseitigung von Engpässen
	Erhaltung der Produktqualität
	neue Produkte (neue Strecken, neu definierte Klassen)
	Aufrechterhaltung der Kapazität
Ziele von Finanzinvestitionen	Kapitalverzinsung
	Liquiditätsreserve
	Ausnutzung steuerlicher Vorteile
	Ausnutzung der Marktposition
	Ausnutzung der wirtschaftlichen Stellung
Ziele immaterieller Investitionen	Vorbereitung verbesserter und neuer Produkte
	Verbesserung des Absatzes
	Erhaltung und Verbesserung der Qualifikation des Personals

„Die Investitionsrechnung soll eine rationale Beurteilung von Investitionsvorhaben ermöglichen, damit zieladäquate Investitionsentscheidungen gewährleistet sind. Dabei beschränkt sich die Investitionsrechnung als informationsverarbeitender Prozess darauf, nur einen Teil der verfügbaren Informationen, nämlich die quantifizierbaren Daten, adäquat auszuwerten. Einzelentscheidungen sind hierin dadurch gekennzeichnet, dass sich die betrachteten Investitionen als Entscheidungsalternativen gegenseitig ausschließen. In den meisten Fällen ist zwischen der Realisation eines Investitionsobjektes A_X oder der Unterlassung der Investition zu entscheiden. Auch kann eine Entscheidung zwischen mehreren Investitionsobjekten (Alternativen A_1 bis A_n) oder der Unterlassung der möglichen Investitionen nötig werden.

Wenn ausschließlich Einzelentscheidungen im Investitionsbereich betrachtet werden, lassen sich die zur Lösung der entsprechenden Entscheidungsprobleme geeigneten Verfahren der Investitionsrechnung, die auch als „klassische Methoden der Investitionsrechnung“ bezeichnet werden, global in zwei Gruppen einteilen.

1. statische oder kalkulatorische Verfahren,
2. dynamische oder finanzmathematische Verfahren.

37.5.5.4 Verfahren der Investitionsrechnung

Investitionsrechnungen sind Methoden zur Prüfung der Wirtschaftlichkeit von Investitionen. Man statische und dynamische Verfahren.

Statische Verfahren sind solche, bei denen der Zeitfaktor überhaupt nicht oder nur unvollkommen berücksichtigt wird. Innerhalb der statischen Verfahren der Investitionsrechnung werden einperiodische und mehrperiodische Verfahren unterschieden.

Zu der Gruppe der einperiodigen Verfahren gehören die Kostenvergleichsrechnung, die Gewinnvergleichsrechnung und die Rentabilitätsvergleichsrechnung.

Diese Verfahren lassen sich gemeinsam dadurch kennzeichnen, dass bei ihnen als Bezugszeitraum eine fiktive Abrechnungsperiode, in der Regel ein Jahr, wie in der Finanzbuchhaltung, zugrunde gelegt wird und anstelle der tatsächlichen Zahlungen periodisierte Erfolgsgrößen in Form kalkulatorischer Erlöse und Kosten verwendet werden.

Die dynamischen Verfahren dagegen gehen von Einzahlungs- und Auszahlungsströmen aus und betrachten diese bis zum Ende der wirtschaftlichen Nutzungsdauer des Investitionsobjekts oder bis zu einem bestimmten vorgegebenen Planungshorizont. Tabelle 37.7 zeigt eine Übersicht über die Verfahren zur Investitionsrechnung.

Statische Verfahren Bei der Kostenvergleichsrechnung werden nur die anfallenden Kosten pro Jahr für verschiedene Objekte verglichen. Bei Reinvestitionen sind dies sämtliche Kosten in einem Jahr einer beispielsweise neuen mit einer alten Anlage. Bei Neuinvestitionen sind dies die pro Jahr die anfallenden Kosten der neu zu beschaffenden Anlagen.

Wenn alle betrachteten Investitionsobjekte über dieselbe Kapazität verfügen, kann der Vergleich auf die Periodenkosten abgestellt werden. Wenn sich die Kapazitäten der einzelnen Investitionsobjekte nicht entsprechen, muss an die Stelle des Periodenkostenvergleiches ein Vergleich der Stückkosten, d. h. der auf die Leistungseinheit bezogenen Periodenkosten, treten. Es sei hier darauf hingewiesen, dass in den Kostenvergleich nicht alle Kosten einbezogen werden müssen, sondern nur die entscheidungsrelevanten Kosten, das sind diejenigen Kosten, die bei mindestens einem der betrachteten Investitionsobjekte in anderer Höhe anfallen als bei den anderen.

Der Nachteil dieses Verfahrens liegt in der Vernachlässigung der unterschiedlichen Erlösbeiträge, die mit den Investitionsobjekten voraussichtlich erwirtschaftet werden.

Bei der Gewinnvergleichsrechnung steht der erzielbare Gewinn im Mittelpunkt der Betrachtung. Der Gewinnvergleich (Erlöse pro Jahr minus Kosten pro Jahr) ist in der Hinsicht genauer, als dass er die anfallenden Erträge mit berücksichtigt. Hier werden demnach in die Vergleichsrechnung beide Erfolgskomponenten (Kosten und Erlöse) in saldierter Form als Gewinn einbezogen. Entsprechend des Vorgehens bei der Kostenvergleichsrechnung wird der Vergleich am Periodengewinn oder im Falle unterschiedlicher Kapazitäten am Stückgewinn als dem auf die Leistungseinheit bezogenen Periodengewinn vollzogen. Auszuwählen ist bei

Tab. 37.7 Übersicht über Verfahren zur Investitionsrechnung

Verfahren der Investitionsrechnung	
Statische Verfahren	Dynamische Verfahren
Kostenvergleichsrechnung	Kapitalwertmethode
Gewinnvergleichsrechnung	Methode des internen Zinsfußes
Rentabilitätsrechnung	Annuitätenmethode
Amortisationsrechnung	

Anwendung der Gewinnvergleichsrechnung dem gemäß diejenige Investitionsalternative, die den höchsten Gewinn erwarten lässt. Zur Anwendung der Gewinnvergleichsrechnung ist zu sagen, dass sie nur dann brauchbare Ergebnisse liefert, wenn die in Frage kommenden Investitionsobjekte alle dieselbe Nutzungsdauer aufweisen und mit demselben Zahlungsmitteleinsatz verbunden sind.

In der Rentabilitätsvergleichsrechnung wird im Gegensatz zur Kosten- und zur Gewinnvergleichsrechnung die Tatsache berücksichtigt, dass verschiedene Investitionsobjekte im allgemeinen verschieden hohe Beträge an Zahlungsmitteln binden, d. h. mit unterschiedlichem Kapitaleinsatz verbunden sind. Es wird für jedes Investitionsobjekt die Kenngröße „Rentabilität = Gewinn dividiert durch Kapitaleinsatz“ ermittelt, die durch die zusätzliche Einbeziehung des mit dem Investitionsobjekt verbundenen Umsatzes zu der Kenngröße Return on Investment führt. Return on Investment (ROI) bedeutet: Gewinn dividiert durch Umsatz multipliziert mit dem Faktor Umsatz dividiert durch Kapitaleinsatz, das den Umsatzerfolg und Kapitalumschlag widerspiegelt. Ausgewählt wird diejenige Alternative, die die höchste Rentabilität erwarten lässt.

Unter der Voraussetzung, dass der Kapitaleinsatz bei allen Investitionsobjekten gleich hoch ist, führt die Rentabilitätsvergleichsrechnung zu denselben Ergebnissen wie die Gewinnvergleichsrechnung. Es ist anzumerken, dass die Investitionsentscheidung zu fehlerhaften Ergebnissen führen kann, wenn sich die betrachteten Investitionsobjekte hinsichtlich ihrer Nutzungsdauern voneinander unterscheiden.

Als mehrperiodiges Verfahren der statischen Investitionsrechenverfahren ist die Amortisationsrechnung (Kapitalrückflussrechnung) zu nennen. Die Amortisationsrechnung geht von der Fragestellung aus, wie lange es dauert, bis die für die Vornahme einer Investition aus dem Betrieb abgeflossenen Zahlungsmittel aufgrund des Einsatzes des betreffenden Investitionsobjektes im Betriebsprozess wieder in das Unternehmen zurückgeflossen sind (Amortisationsdauer oder „Pay-off Period“). Unter mehreren möglichen Investitionsobjekten wird dasjenige ausgewählt, welches nach den Erwartungen des Investors mit der kürzesten Amortisationsdauer verbunden ist. Es ist zu beachten, dass die Amortisationsrechnung im Gegensatz zur Gewinnvergleichsrechnung nicht nur Erlöse und Kosten, sondern auch Einnahmen und Ausgaben berücksichtigt. Daher ist der durchschnittliche Rückfluss nicht mit dem durchschnittlichen Gewinn identisch, sondern der durchschnittliche Rückfluss ergibt sich in einer vereinfachten Betrachtung aus dem durchschnittlichen Gewinn durch Hinzufügen der kalkulatorischen Abschreibung und der kalkulatorischen Zinsen. Mit Hilfe der Amortisationsrechnung lässt sich zudem die kritische Nutzungsdauer für ein Investitionsobjekt bestimmen. Darunter versteht man diejenige Nutzungsdauer, die mindestens erreicht werden muss, damit das ursprünglich eingesetzte Kapital wieder in das Unternehmen zurückfließen kann, also ein „Überschuss“ in Höhe von Null erreicht wird.

Dynamische Verfahren Die Berücksichtigung des Zeitfaktors findet in den dynamischen Verfahren in erster Linie durch Berücksichtigung der Zinseszinsen statt. Als wichtigste dynamische Verfahren der Investitionsrechnung sind die Kapitalwertmethode, die Methode des internen Zinsfußes und die Annuitätenmethode zu nennen.

Bei der **Kapitalwertmethode** (Diskontierungsmethode) geht man davon aus, dass die Einnahmen und die Ausgaben einer Investition zeitabhängige Faktoren sind. Die Vergleichbarkeit wird dadurch erreicht, dass alle zukünftigen Einnahmen und Ausgaben auf den Zeitpunkt unmittelbar vor Beginn der Investition abgezinst finden. Der Kapitalwert einer Investition errechnet sich dann aus dem Barwert der Erlöse (abgezinste Einzahlungen) minus dem Barwert der Kosten (abgezinste Ausgaben). Es gilt folgender Zusammenhang:

$$K = \sum_{t=0}^{n} ((Et - At) \times (1 + i)^{-t}) \tag{37.2}$$

mit:
K = Kapitalwert
E_t = Einzahlung am Ende der Periode t
A_t = Auszahlung am Ende der Periode t
I = Kalkulationszinsfuß
t = Perioden (t = 0,1,2,3,…, n)
n = Nutzungsdauer der Investition.

Der Zinssatz, der für diese Diskontierung herangezogen wird, wird als Kalkulationszinsfuß bezeichnet. Seine Bestimmung ist das zentrale Problem bei der Anwendung der Kapitalwertmethode wie auch bei den anderen dynamischen Verfahren.

Die Vorteilhaftigkeit einer Investition ist gegeben, wenn sie einen Kapitalwert aufweist, der größer als Null ist. Die Null als kritischer Schwellenwert der Kapitalwertmethode ergibt sich aus der Tatsache, dass die stets in die Überlegungen mit einzubeziehende Entscheidungsalternative der Unterlassungsinvestition den Kapitalwert Null aufweist und damit immer als bessere Möglichkeit gegenüber einer Investitionsmöglichkeit mit negativem Kapitalwert zur Verfügung steht.

Bei der **Methode des internen Zinsfußes** sucht man nicht nach dem Kapitalwert, sondern man setzt diesen gleich Null und ermittelt den Diskontierungszinsfuß (interner Zinsfuß). Auf diese Weise erhält man die Effektivverzinsung eines Investitionsobjektes vor Abzug der Zinszahlungen. Ist der interne Zinsfuß größer als der Mindestzinsfuß, den sich der Investor als Vergleichszinsfuß vorgibt, ist die Investition vorteilhaft. Dieser Vergleichszinsfuß kann z. B. der Kalkulationszinsfuß, aber auch ein anderer Zinsfuß sein (Kapitalmarktzins, Geldmarktzins, Wunschrendite etc.). Bei mehreren alternativen Investitionsobjekten wird mit Hilfe der Methode des internen Zinsfußes dasjenige Investitionsobjekt ausgewählt, das die höchste interne Verzinsung aufweist.

Die **Annuitätenmethode** stellt lediglich eine Abwandlung der Kapitalwertmethode dar. Es wird zunächst für ein Investitionsvorhaben aus den erwarteten Zahlungen zu den verschiedenen Zeitpunkten innerhalb der zugrunde gelegten Nutzungsdauer der Kapitalwert ermittelt.

Dieser Kapitalwert wird dann wieder in eine Reihe von Zahlungen zurückgerechnet, wobei diese Reihe der ursprünglichen Reihe aufgrund übereinstimmender Kapitalwerte

äquivalent ist, darüber hinaus aber auch noch äquidistant (die Zahlungen erfolgen in gleichen zeitlichen Abständen) und uniform (die Zahlungen erfolgen zu allen Zeitpunkten in derselben Höhe). Die Berechnung der Annuitäten, das sind die äquidistanten und uniformen Zahlungen, erfolgt wie die Berechnung des Kapitalwertes unter Verwendung des oben genannten Kalkulationszinsfußes.

Die Vorteilhaftigkeit einer Investition liegt vor, wenn die ermittelte Annuität, die auch als Gewinnannuität bezeichnet wird, da sie sich als Differenz der Annuitäten der Einzahlungs- und der Auszahlungsreihen darstellt, einen Wert größer Null annimmt.

37.5.6 Externes Rechnungswesen

37.5.6.1 Abgrenzung

Die Aufgabe des externen Rechnungswesens ist in erster Linie die Informationsversorgung unternehmensexterner Adressaten, d. h. die Dokumentationsfunktion und hier im Wesentlichen die Rechenschaftslegung. Unternehmensexterne Adressaten sind hierbei beispielsweise der Staat als Steuergläubiger, die aktuellen und potentiellen Kapitalgeber (Eigentümer, Kreditgeber), die Lieferanten und Abnehmer, die Mitarbeiter des Unternehmens, die Gewerkschaften und die interessierte Öffentlichkeit.

Das externe Rechnungswesen bildet die Vorgänge finanzieller Art ab, die zwischen dem Unternehmen und seinem Umfeld stattfinden. Es erfasst also hauptsächlich die Einkaufs- und die Absatzmärkte des Unternehmens einschließlich der damit verbundenen Geldab- und -zuflüsse (leistungswirtschaftliche Sphäre) sowie die lediglich finanzwirtschaftlich bedingten Zahlungsmittelbewegungen (finanzwirtschaftliche Sphäre).

Hauptbestandteile des externen Rechnungswesens sind die Finanzbuchhaltung und der Jahresabschluss, bestehend aus der Bilanz, der Gewinn- und Verlustrechnung (GuV) sowie dem Geschäftsbericht.

Bei der Finanzbuchhaltung handelt es sich um eine Zeitraumrechnung. Die Durchführung der Finanzbuchhaltung beginnt mit der Gründung des Unternehmens und endet mit seiner Liquidation.

Der Jahresabschluss spiegelt mit seinen Bestandteilen Bilanz und Gewinn- und Verlustrechnung eine Zeitpunktrechnung wider. In der Jahresbilanz werden zu einem bestimmten Zeitpunkt am Ende des Geschäftsjahres, dem Bilanzstichtag, die in der Buchhaltung erfassten Bestände an Vermögen und Schulden (Kapital) saldiert (einander gegenübergestellt) um auf diese Weise den Jahresüberschuss oder -fehlbetrag zu ermitteln.

In der zugehörigen Gewinn- und Verlustrechnung werden zu einem bestimmten Zeitpunkt, der mit dem Bilanzstichtag identisch ist, die kumulierten, in der Buchhaltung erfassten Aufwendungen und Erträge eines abgelaufenen Zeitraums, d. h. des Geschäftsjahres, einander gegenübergestellt, um durch ihre Saldierung den erzielten Erfolg (Gewinn oder Verlust) festzustellen. Dieser Erfolg stimmt mit dem in der Jahresbilanz ausgewiesenen überein.

37.5.6.2 Finanzbuchhaltung

In der Finanzbuchhaltung werden alle in Zahlenwerten festgehaltenen wirtschaftlich bedeutsamen Vorgänge (Geschäftsvorfälle), die sich zwischen Betrieb und dem Umfeld oder innerhalb des Betriebes ereignen, in chronologischer Reihenfolge unter Verwendung geeigneter Buchungstechniken aufgezeichnet. Als wirtschaftlich bedeutsam werden dabei alle Geschäftsvorfälle angesehen, die zu einer Änderung der Höhe oder der Zusammensetzung des Vermögens und der Schulden eines Betriebes führen.

Das Interesse der Öffentlichkeit an der Lage des einzelnen Unternehmens hat dazu geführt, dass die Bestandteile, Formen und Inhalte des externen betrieblichen Rechnungswesens zahlreichen Vorschriften des Handelsrechts, des Gesellschaftsrechts und des Steuerrechts unterliegen.

Hierbei auftretende Lücken werden durch die „Grundsätze ordnungsgemäßer Buchführung und Bilanzierung" als nicht kodifizierte Rechtsnormen ausgefüllt.

Im Handelsgesetzbuch (HGB) sind allgemeine sowie rechtsform- und größenspezifische (als Kriterien dienen nach §276 und §257 HGB die Bilanzsumme, die Umsatzerlöse und die Anzahl der Beschäftigten) Rechnungslegungsvorschriften mit zugehörigen Regelungen über Prüfung, Offenlegung, Formblätter, Strafen, Zwangs- und Bußgelder zusammengefasst.

So müssen kleine gegenüber mittelgroßen und großen Kapitalgesellschaften Bilanz und Gewinn und Verlustrechnung nur nach stark gestrafften Gliederungsschema

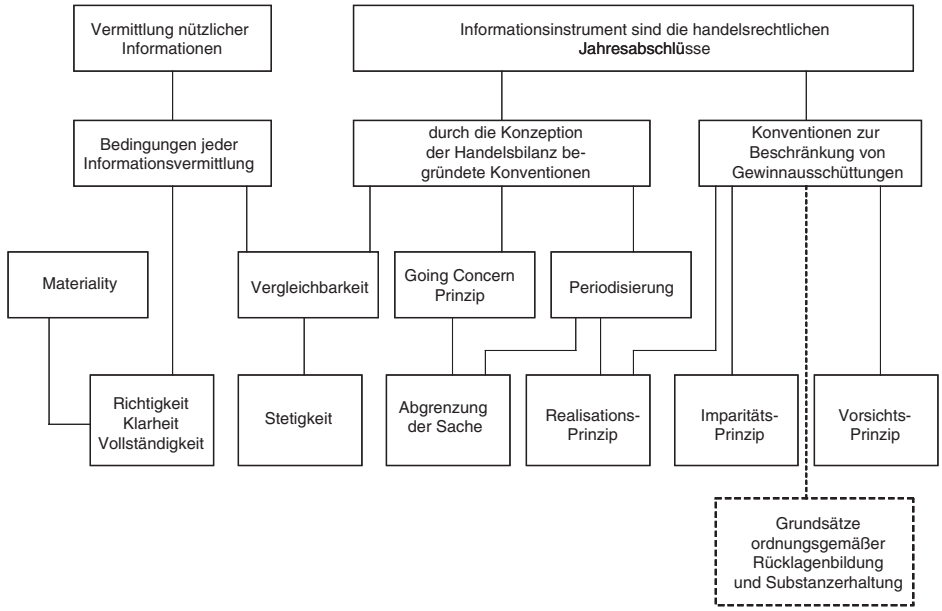


Abb. 37.34 Grundsätze ordnungsgemäßer Buchführung

aufstellen, und sie haben erheblich weniger Pflichtangaben im Anhang zu machen. Ihre Buchhaltung und ihr Jahresabschluss unterliegen nicht der Pflichtprüfung, die Aufstellungs- und Veröffentlichungsfristen sind mit sechs bzw. zwölf Monaten erheblich länger. Offenlegungspflichtig, d. h. einreichungspflichtig beim Handelsregister, sind nur die stark gestraffte Bilanz und der Anhang, der keine Angaben zur nicht publizitätspflichtigen GuV enthalten muss. Im Bundesanzeiger ist nur bekannt zu geben, bei welchem Handelsregister und unter welcher Nummer die veröffentlichten Unterlagen einzusehen sind. Abbildung 37.34 zeigt die Grundsätze ordnungsgemäßer Buchführung.

37.5.6.3 Buchhaltungsmethoden

Methodische Unterschiede bei der Durchführung der Buchhaltung ergeben sich aus der zugrunde liegenden Rechnungslogik, aus dem Umfang der ihr zugewiesenen Aufgaben, aus der Differenzierung und Gruppierung von Konten und aus dem Verfahren der Verbuchung und Verarbeitung von Geschäftsvorfällen.

Hinsichtlich des rechnungslogischen Vorgehens bei der Aufzeichnung von Wertebewegungen ist zwischen der kameralistischen und der kaufmännischen Buchhaltung zu unterscheiden. Im Rahmen dieses Kapitels soll lediglich auf die kaufmännische Buchhaltung eingegangen werden.

Die kaufmännische Buchhaltung tritt in zwei grundsätzlichen Ausprägungen auf, der einfachen und der doppelten Buchhaltung. Die einfache Buchhaltung besteht ausschließlich aus Bestandskonten, d. h. Vermögens-, Schulden- oder Eigenkapitalkonten, auf denen die eintretenden Geschäftsvorfälle nach chronologischen und sachlichen Gesichtspunkten gebucht werden. Der Reingewinn eines bestimmten Zeitraumes wird durch einen einfachen Vermögensvergleich festgestellt:

$$
\begin{aligned}
&\text{Eigenkapital am Ende des Zeitraums} - \text{Eigenkapital zu Beginn des Zeitraums}\\
&\quad + \text{Kapitalentnahmen w}\ddot{a}\text{hrend da Zeitraums}\\
&\quad - \text{Kapitaleinlagen w}\ddot{a}\text{hrend des Zeitraums}\\
&\quad = \text{Reingewinn}
\end{aligned}
$$

Die doppelte Buchhaltung weist neben den Bestandskonten der einfachen Buchhaltung eigenständige Erfolgskonten und in ihrer erweiterten Ausgestaltung innerhalb der Bestandskonten gesondert geführte Finanzkonten als Einnahme- und Ausgabekonten auf.

Das Grundprinzip dieses Buchhaltungssystems, die Doppik, besteht darin, dass jeder Geschäftsvorfall auf mindestens zwei verschiedenen Konten, also doppelt gebucht wird. Grundlage dieser Buchhaltung ist der Buchungssatz, der immer die Grundstruktur per Soll und Haben aufweist.

Im einfachsten Falle erfolgt die Buchung eines Geschäftsvorfalles auf nur zwei Konten, und zwar bei dem einen Konto im Soll, d. h. auf der linken Kontoseite, und bei dem anderen Konto im Haben, d. h. auf der rechten Kontoseite.

In komplexen Fällen können mehrere Konten im Soll und mehrere Konten im Haben angesprochen werden. Bei solchen zusammengesetzten Buchungssätzen muss, wie

bei einfachen Buchungssätzen, die Summe der Sollbuchungen der Summe der Haben-Buchungen entsprechen.

Wesentliches Element der doppelten Buchhaltung ist das Konto. Bei einem Konto handelt es sich um eine zweistellige Aufstellung, die dazu dient, die betrieblichen Wertbewegungen vorzunehmen. Abbildung 37.35 zeigt die Gliederung der Konten.

Diese Wertbewegungen sind entweder Veränderungen des Vermögens oder Veränderungen der Schulden des Betriebes. Daher hat jedes Konto eine Sollseite und eine Habenseite. Im System der doppelten Buchhaltung lassen sich zwei Gruppen von Grundkonten unterscheiden, nämlich Bestandskonten und Erfolgskonten.

Bestandskonten nehmen für jede Vermögens- und Kapitalart den Anfangsbestand einer Abrechnungsperiode auf, sammeln die Zugänge und Abgänge während der Periode, zeigen also die Bewegung der Bestände und ermöglichen am Ende der Periode durch Gegenüberstellung von Anfangsbestand und Zugängen einerseits und Abgängen andererseits die Ermittlung des Endbestandes (per Saldo).

Erfolgskonten sammeln getrennt nach Aufwands- und Ertragskonten die Aufwendungen und Erträge einer Abrechnungsperiode. Der Saldo zwischen sämtlichen Aufwendungen und Erträgen ergibt den Erfolg der Periode, der mit dem Eigenkapitalkonto verrechnet wird und als Gewinn das Eigenkapital vermehrt, als Verlust das Eigenkapital vermindert.

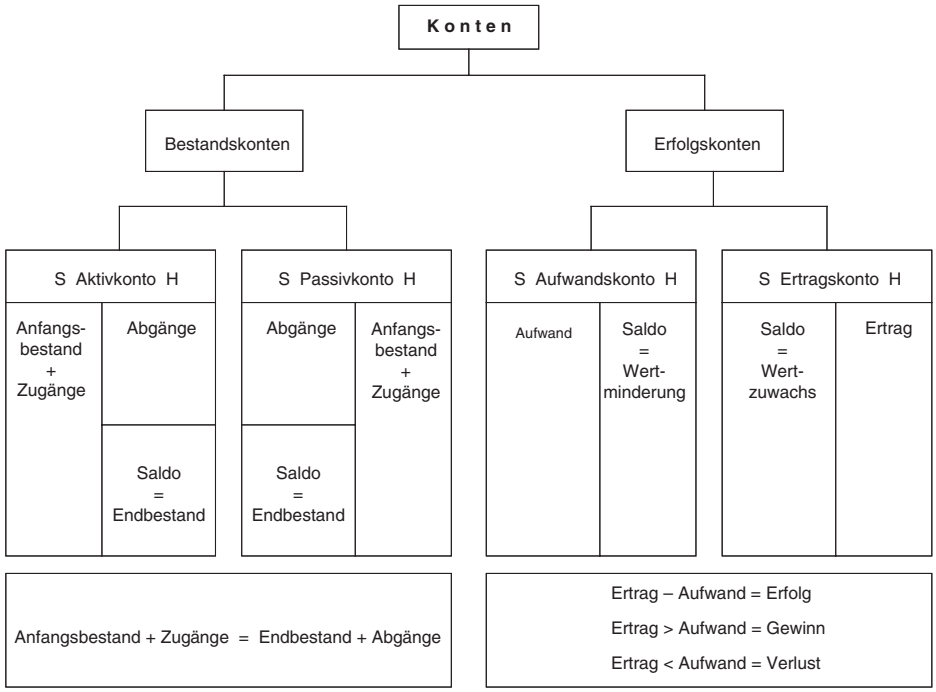


Abb. 37.35 Gliederung der Konten

Eine dritte Art von Konten sind die gemischten Konten, die eine Kombination von Bestands- und Erfolgskonten bilden. Diese Konten haben den Nachteil, dass ihr Saldo eine Mischung von Endbestandswert und Erfolg ist und man gezwungen ist, vor der Saldierung per Inventur den Endbestand festzustellen (z. B. beim Warenkonto).

Der Differenzierung und Gruppierung der Konten für die einzelnen Arten von Beständen, Aufwendungen und Erträgen des Betriebes dienen Kontenpläne.

Ein Kontenplan als Verzeichnis aller Konten eines Betriebes ermöglicht bei der großen Vielfalt von Geschäftsvorfällen deren systematische Einordnung zu den jeweils gleichen von ihnen berührten Konten. Kontenpläne entstehen in der Regel durch eine betriebsindividuelle tiefere Gliederung der Konten eines Kontenrahmens, der von Verbänden oder anderen Institutionen entwickelt wurde, um die überbetriebliche Vergleichbarkeit und Nachprüfbarkeit der Zahlen in der Buchhaltung zu erhöhen.

37.5.7 Der Jahresabschluss

Nach §242 HGB bilden Bilanz und Gewinn- und Verlustrechnung zusammen den Jahresabschluss. Kapitalgesellschaften haben in diesem Zusammenhang umfangreichere Rechnungslegungsvorschriften zu erfüllen. So haben sie den Jahresabschluss um den Anhang zu erweitern und, wenn es sich nicht um kleine Kapitalgesellschaften handelt, zusätzlich einen Lagebericht neben dem erweiterten Jahresabschluss innerhalb der ersten drei Monate des neuen Geschäftsjahres aufzustellen. Abbildung 37.36 zeigt die Bestandteile des Jahresabschlusses bei unterschiedlichen Unternehmensformen.

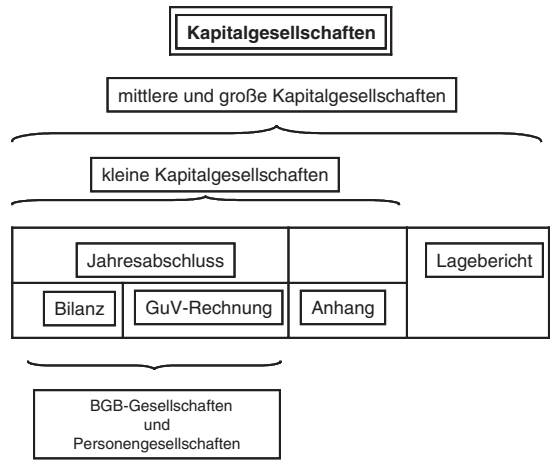


Abb. 37.36 Bestandteile des Jahresabschlusses bei unterschiedlichen Unternehmensformen

37.5.7.1 Grundlagen der Bilanz

Die wichtigsten Einteilungskriterien sind die Initiative zur Bilanzaufstellung, die Häufigkeit der Bilanzaufstellung und der Bilanzierungszeitraum. Bei den gesetzlich vorgeschriebenen Bilanzen unterscheidet man die Steuer- und die Handelsbilanz als regelmäßig zu erstellende und damit ordentliche Bilanzen.

Die Steuerbilanz ist in jährlichem Abstand für die staatliche Finanzverwaltung als Adressaten zum Zwecke der Ermittlung der Bemessungsgrundlagen für Vermögens- und erfolgsabhängige Steuern aufzustellen, die der Betrieb oder seine Eigentümer aufgrund der entsprechenden Steuergesetze als Steuerschuldner an den Fiskus zu entrichten haben.

Im Gegensatz hierzu wird die Handelsbilanz zur Befriedigung von Informationsbedürfnissen solcher Adressaten wie Unternehmer, geschäftsführende Organe, Gesellschafter, Gläubiger, Belegschaft, potentielle Anleger oder Kreditgeber, Konkurrenten, staatliche und wissenschaftliche Unternehmen, Wirtschaftspresse und anderer erstellt. Es erfolgt eine Gegenüberstellung des in Geld ausgedrückten betrieblichen Vermögens und der Schulden des Betriebes gegenüber Gläubigern und Beteiligten zu einem bestimmten Zeitpunkt (Bestandsrechnung).

Die Bestände werden aus den Bestandskonten der Buchhaltung, die als Zeitraumrechnung alle Geschäftsvorfälle in chronologischer Reihenfolge aufzeichnet, entnommen. Durch die Inventur werden die Differenzen zwischen den sich aus den Konten buchmäßig ergebenden und tatsächlich vorhandenen Beständen aufgedeckt und korrigiert.

Die ausgewiesenen Vermögensteile werden auch als Aktiva, die Schulden oder das Kapital auch als Passiva bezeichnet. Aktiva und Passiva sind Ausdruck für ein und dasselbe Wertgesamt.

Die Passivseite zeigt die Herkunft der finanziellen Mittel, die Aktivseite die Verwendung dieser finanziellen Mittel. Das geforderte Gleichgewicht zwischen Aktiva und Passiva wird durch Einbeziehung des Saldos zwischen den in der Regel nicht übereinstimmenden Größen Vermögen und Schulden erreicht. Übersteigt am Bilanzstichtag das Vermögen die Schulden, so ergibt sich als Saldo ein Gewinn, andernfalls ein Verlust. Formal ist damit ein Bilanzgewinn unter den Passiva, ein Bilanzverlust unter den Aktiva des Betriebes in der Bilanz auszuweisen.

Die zweite Aufgabe der Bilanz ist das Aufzeigen des Bilanzgewinns oder -verlustes als Erfolg der betrieblichen Tätigkeit in der Abrechnungsperiode zwischen den Bilanzstichtagen. Sie gibt aber keine Auskunft über die Entstehung des Erfolges; dazu wird eine getrennte Erfolgsrechnung (die Gewinn- und Verlustrechnung) aufgestellt, wo Erträge und Aufwendungen der Periode einander gegenübergestellt werden.

Aufgaben der Bilanz Als allgemeine Aufgaben der Bilanz sind die Wirtschaftsübersicht, die Wirtschaftsergebnisfeststellung, die Wirtschaftsüberwachung und die Rechenschaftslegung zu sehen.

Als grundlegende Aufgaben ergeben sich die Erfolgsermittlung, der Nachweis der Kapitalerhaltung, die Vermögensfeststellung, die Darstellung der Vermögensstruktur, die Darstellung der Kapitalstruktur sowie der Investitions- und Finanzierungsausweis.

Als spezielle Aufgaben, die eine weitere Spezifizierung der in den ersten beiden Gruppen genannten Aufgaben darstellen, sind in Bezug auf Aufgabe der Erfolgsermittlung die Gewinnfeststellung, die Umsatz- und Erfolgsspaltung (mit Hilfe der GuV), die Feststellung des ausschüttungsfähigen Gewinns und die Feststellung des zu versteuernden Gewinns zu nennen.

Dem Gläubigerschutz dient der Dokumentationszwang für Geschäftsvorfälle, der Zwang zur periodischen Selbstinformation, die gesetzlichen Gliederungs- und Bewertungsvorschriften, das Ausschüttungsverbot von bestimmten Eigenkapitalanteilen und die Publizitätspflicht für Aktiengesellschaften und Großunternehmen.

Für den Gesellschafterschutz gelten zusätzliche gesetzliche Vorschriften über Gewinnermittlung und -verwendung. Weiterhin dient die Bilanz dem Finanzbehördenschutz, dem Schutz der am Betrieb interessierten Öffentlichkeit und dem Schutz des Betriebes vor plötzlichem wirtschaftlichen Zusammenbruch im Interesse der Belegschaft

Aufbau der Bilanz Die Forderungen an die Bilanzstruktur (Detaillierungsgrad in Abhängigkeit von Rechtsform und Betriebsgröße) dienen der Informationsversorgung der genannten externen Adressaten in angemessenem Umfang sowie der Vergleichbarkeit der Bilanzen unterschiedlicher Unternehmen. Neben der Einhaltung der Mindestgliederungsvorschriften haben alle Kapitalgesellschaften zusätzlich für das Anlagevermögen und für die Ingangsetzungs- und Erweiterungsaufwendungen einen Anlagenspiegel wahlweise in der Bilanz oder im Anhang aufzustellen. Tabelle 37.8 zeigt den Formalaufbau einer Bilanz.

Tab. 37.8 Formalaufbau einer Bilanz

Aktiva	Passiva
Anlagevermögen:	Eigenkapital:
– Immaterielle Vermögensgegenstände	– Gezeichnetes Kapital
– Sachanlagen	– Kapitalrücklage
– Finanzanlagen	–Gewinnrücklagen Bilanzgewinn
Umlaufvermögen:	Fremdkapital:
– Vorräte	– Langfristige Bindung
– Forderungen	– Kurzfristige Bindung
– Wertpapiere	
– Zahlungsmittel	
Rechnungsabgrenzungsposten	Rechnungsabgrenzungsposten
Bilanzsumme	Bilanzsumme

Die einzelnen Posten sind nachfolgend erläutert.

AKTIVA

A. *Ausstehende Einlagen auf das gezeichnete Kapital, davon eingefordert*
B. *Aufwendungen für die Ingangsetzung und Erweiterung des Geschäftsbetriebes*
C. Anlagevermögen
   I. Immaterielle Vermögensgegenstände
      1. Konzessionen, gewerbliche Schutzrechte und ähnliche Rechte und Werte sowie Lizenzen an solchen Rechten und Werten; Geschäfts- oder Firmenwert; Geleistete Anzahlungen.
   II. Sachanlagen
      1. Grundstücke, grundstücksgleiche Rechte und Bauten einschließlich der Bauten auf fremden Grundstücken;
      2. Technische Anlagen und Maschinen;
      3. Andere Anlagen, Betriebs- und Geschäftsausstattung;
      4. Geleistete Anzahlungen und Anlagen im Bau.
   III. Finanzanlagen
      1. Anteile an verbundenen Unternehmen;
      2. Ausleihungen an verbundene Unternehmen,
         davon mit einer Restlaufzeit von mehr als 1 Jahr
      3. Beteiligungen;
      4. Ausleihungen an Unternehmen, mit denen ein Beteiligungsverhältnis besteht,
         davon mit einer Restlaufzeit von mehr als 1 Jahr;
      5. Wertpapiere des Anlagevermögens;
      6. Sonstige Ausleihungen, *davon mit einer Restlaufzeit von mehr als 1 Jahr;*
D. Umlaufvermögen;
   I. Vorräte
      1. Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe;
      2. Unfertige Erzeugnisse, unfertige Leistungen;
      3. Fertige Erzeugnisse und Waren;
      4. Geleistete Anzahlungen.
   II. Forderungen und sonstige vermögensgegenstände
      1. Forderungen aus Lieferungen und Leistungen,
         davon mit einer Restlaufzeit von mehr als 1 Jahr;
      2. Forderungen gegen verbundene Unternehmen,
         davon mit einer Restlaufzeit von mehr als 1 Jahr;
      3. Forderungen gegen Unternehmen, mit denen ein Beteiligungsverhältnis besteht,
         davon mit einer Restlaufzeit von mehr als 1 Jahr;
      4. Sonstige Vermögensgegenstände,
         davon mit einer Restlaufzeit von mehr als 1 Jahr;

III. Wertpapiere
1. Anteile an verbundenen Unternehmen;
2. Eigene Anteile;
3. Sonstige Wertpapiere.

IV. Schecks, Kassenbestand, Bundesbank- und Postgiroguthaben, Guthaben bei Kreditinstituten.

E. Rechnungsbegrenzungsposten;
Disagio

F. *Abgrenzungsposten für latente Steuern;*

G. *Nicht durch Eigenkapital gedeckter Fehlbetrag;*

PASSIVA

A. Eigenkapital
I. Gezeichnetes Kapital
II. Kapitalrücklage
III. Gewinnrücklagen
1. Gesetzliche Rücklage;
2. Rücklage für eigene Anteile;
3. Satzungsmäßige Rücklagen;
4. Andere Gewinnrücklagen.

IV. Gewinnvortrag/Verlustvortrag
V. Jahresüberschuss/Jahresfehlbetrag

B. *Sonderposten mit Rücklagenanteil (gemäß Vorschrift)*

C. Rückstellungen
1. Rückstellungen für Pensionen und ähnliche Verpflichtungen;
2. Steuerrückstellungen;
3. *Rückstellungen für latente Steuern;*
4. Sonstige Rückstellungen.

D. Verbindlichkeiten
1. Anleihen;
davon konvertibe,
davon fällig vor Ablauf eines Jahres,
davon mit einer Restlaufzeit von mehr als 5 Jahren,
davon (durch anzugebende Rechte) gesichert.
2. Verbindlichkeiten gegenüber Kreditinstituten;
davon fällig vor Ablauf eines Jahres,
davon mit einer Restlaufzeit von mehr als 5 Jahren,
davon (durch anzugebende Rechte) gesichert.
3. Erhaltene Anzahlungen auf Bestellungen,
davon fällig vor Ablauf eines Jahres,

davon mit einer Restlaufzeit von mehr als 5 Jahren,
davon (durch anzugebende Rechte) gesichert.

4. Verbindlichkeiten aus Lieferungen und Leistungen,
   davon fällig vor Ablauf eines Jahres,
   davon mit einer Restlaufzeit von mehr als 5 Jahren,
   davon (durch anzugebende Rechte) gesichert.
5. Verbindlichkeiten aus der Annahme gezogener Wechsel und der Ausstellung eigener Wechsel
   davon fällig vor Ablauf eines Jahres,
   davon mit einer Restlaufzeit von mehr als 5 Jahren,
   davon (durch anzugebende Rechte) gesichert.
6. Verbindlichkeiten gegenüber verbundenen Unternehmen,
   davon fällig vor Ablauf eines Jahres,
   davon mit einer Restlaufzeit von mehr als 5 Jahren.
7. Verbindlichkeiten gegenüber Unternehmen, mit denen ein Beteiligungsverhältnis besteht
   davon fällig vor Ablauf eines Jahres,
   davon mit einer Restlaufzeit von mehr als 5 Jahren,
   davon (durch anzugebende Rechte) gesichert.
8. Sonstige Verbindlichkeiten,
   davon aus Steuern
   davon im Rahmen der sozialen Sicherheit
   davon fällig vor Ablauf eines Jahres,
   davon mit einer Restlaufzeit von mehr als 5 Jahren,
   davon (durch anzugebende Rechte) gesichert.

E. Rechnungsabgrenzungsposten

Mit der Wertentwicklung des Anlagevermögens wird ein besserer Einblick in die vorhandene Kapazität, deren technischen Stand sowie in die Abschreibungs- und Investitionspolitik, d. h. also allgemein in die Vermögenslage des Unternehmens ermöglicht. Angegeben wird also der Stand jeder Position: zu Beginn des Jahres, die Zugänge im Laufe des Jahres, die Umbuchungen, die Abgänge, die Abschreibungen und der Bestand zum Bilanzstichtag.

Die Aktivseite der Bilanz lässt sich in die zwei große Gruppen, das Anlagevermögen und das Umlaufvermögen gliedern. Das Anlagevermögen lässt sich wiederum in drei Gruppen von Bilanzpositionen untergliedern, und zwar in:

1. materielles Anlagevermögen, das entweder genutzt wird, ohne dass eine laufende Wertminderung eintritt, wie z. B. Grundstücke, oder das, wie z. B. bei Gebäuden, Maschinen, Werkzeugen usw., durch Nutzung einer ständigen oder plötzlichen Wertminderung unterliegt;
2. immaterielles Anlagevermögen, wozu u. a. gegen Entgelt erworbene Rechte gehören, die vom Betrieb für längere Zeit genutzt werden können, z. B. Patente, Konzessionen, Lizenzen u.ä.;

3. Finanzanlagevermögen, das sich aus Beteiligungen, Wertpapieren und langfristigen Darlehens- und Hypothekenforderungen zusammensetzt.

Das Umlaufvermögen besteht aus folgenden Gruppen von Bilanzpositionen (in der Reihenfolge zunehmender Liquidierbarkeit):

- Vorräten, z. B. Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen, Halb- und Fertigfabrikaten, Waren und selbst erstellten Produkten;
- Forderungen aller Art, soweit sie nicht unter anderen Positionen (z. B. Anlagevermögen oder Umlaufvermögen) ausgewiesen werden;
- Wertpapieren, die nur kurzfristig als Liquiditätsreserve gehalten werden;
- Zahlungsmitteln, wie Bank oder Kasse.

Auf der Aktivseite der Bilanz werden außer den Gütern des Anlage- und Umlaufvermögens die aktiven Rechnungsabgrenzungsposten ausgewiesen, deren Aufgabe darin besteht, den Erfolg einer Abrechnungsperiode von dem einer folgenden Abrechnungsperiode abzugrenzen.

Auf der Passivseite der Bilanz ist auf die Darstellung des Eigenkapitals einzugehen, da dessen Gliederungsstruktur einen Rückschluss auf die Herkunft der Eigenmittel und damit auf die Selbstfinanzierungskraft des Unternehmens zulässt. Hierzu wird das Kapital in zwei große Gruppen aufgegliedert, je nachdem ob es sich um von Unternehmern bzw. von Gesellschaftern zur Verfügung gestellte Mittel (Eigenkapital) oder von Dritten dem Unternehmen überlassene Mittel (Fremdkapital) handelt. Der Ausweis des Eigenkapitals wird von der Rechtsform beeinflusst. Das gezeichnete Kapital entspricht dem Stammkapital der GmbH bzw. dem Grundkapital der AG bzw. der KGaA.

Für die Gliederung des Fremdkapitals werden mehrere Gliederungsprinzipien verwendet:

1. die Fristigkeit (lang-, mittel- und kurzfristig);
2. die Sicherheit oder Unsicherheit über Bestehen oder Entstehen, über Höhe und Fälligkeitstermin (Verbindlichkeiten, Rückstellungen);
3. die Art der Verbindlichkeiten (z. B. Lieferanten- und Bankschulden, erhaltene Anzahlungen);
4. die besondere rechtliche Sicherung (Akzepte, Sicherung durch Grundpfandrechte u. a.);
5. die besondere rechtliche und wirtschaftliche Verbindung mit dem Gläubiger (z. B. Verbindlichkeiten gegenüber verbundenen Unternehmen).

Grundsätze der Bilanzierung Ursprung aller Bilanzierungsgrundsätze und Bewertungsvorschriften im Handelsgesetzbuch sind die Grundsätze ordnungsgemäßer Buchführung und Bilanzierung (GoB).

Das Prinzip der kaufmännischen Vorsicht und die Grundsätze der Bilanzklarheit enthalten die Vorschriften über die Gliederung der Bilanz, die Verwendung von Formblättern und den Aufbau des Geschäftsberichts. Die Bilanzwahrheit, die das Going-concern-Prinzip

beinhaltet, das bei der Bewertung von der Fortführung des Unternehmens ausgeht, erhält die Gegenstände und Anlagen des Unternehmens in der Bilanz. Die Bilanzvollständig- und -richtigkeit entspricht dem Grundsatz der Zweckmäßigkeit der Bilanzansätze zur Realisierung der mit dem Jahresabschluss verfolgten Zielsetzungen. Sie ist Richtschnur für die Anwendung der Bewertungswahlrechte sowie der Bilanz- und Bewertungskontinuität, d. h. die Eröffnungsbilanz muss so mit der letzten Schlussbilanz identisch sein. Die Kontinuität der Gliederung ermöglicht einen Vergleich der Bilanzen. So sind letztlich sämtliche im Handelsgesetzbuch kodifizierten Wertansatz-, Bewertungs- und Darstellungsvorschriften entstanden bzw. abgeleitet worden. Die Regeln über das Bilanzwesen stellen aber nicht nur weitgehend die Echtheit sicher; sie ermöglichen auch den Vergleich der Zahlen von einem Jahr zum anderen und von einem Unternehmen zum anderen.

37.5.7.2 Wertansätze in der Bilanz

Bewertungsansätze in der Bilanz treten dort auf, wo entweder zu zwei verschiedenen Zeitpunkten gebildete Marktpreise zur Auswahl stehen, z. B. die früheren Anschaffungskosten und die heutigen Wiederbeschaffungskosten eines Gutes, Marktpreise nicht vorhanden sind oder Marktpreise zur Bewertung ungeeignet sind.

Die Bewertung in der Handelsbilanz wird vom Grundsatz kaufmännischer Vorsicht beherrscht. Weitere wichtige Grundsätze, auf die hier nicht speziell eingegangen wird, sind die Grundsätze des Wertzusammenhangs, der Unternehmensfortführung, Going-Concern-Prinzip und der stichtagsbezogenen Einzelbewertung.

Dieser Grundsatz dient den Zielen wie der Kapitalerhaltung, dem Gläubigerschutz und dem Schutz der Gesellschafter, die keinen Einfluss auf die Geschäftsleitung und die Gestaltung des Rechnungswesens haben.

Was nun die Wertansätze der verschiedenen Bilanzpositionen angeht, so herrschen relativ einfache Grundsätze der Bewertung vor. Gegenstände des Anlage- und des Umlaufvermögens sind grundsätzlich mit den Anschaffungs- oder Herstellungskosten zu aktivieren (HGB).

Von den Anschaffungs- und Herstellungskosten sind die planmäßigen oder sonstigen außerplanmäßigen Abschreibungen abzusetzen. Gewinnzuschläge oder Werterhöhung wegen Preissteigerungen sind grundsätzlich nicht erlaubt, wohl aber kann ein Wertansatz unter den Anschaffungs- oder Herstellungskosten angemessen und dem Vorsichtsprinzip zweckdienlich sein (Verbindlichkeiten sind mit dem Nominal- oder Rückzahlungsbetrag zu passivieren (HGB).

Ein Darlehen ist also nicht mit dem Auszahlungskurs von z. B. 97 Prozent (bei Disagio) anzusetzen, sondern mit 100 Prozent. Rückstellungen sind mit dem Wert auszuweisen, der der mutmaßlichen Schuld unter Berücksichtigung des Vorsichtsprinzips entspricht.

Dem Prinzip der kaufmännischen Vorsicht sowie den mit ihm verfolgten Zielen wird durch Beachtung folgender Grundsätze in den handels- und steuerrechtlichen Bewertungsvorschriften Rechnung getragen:

Das Realisationsprinzip hat die Forderung zum Inhalt, dass Gewinne und Verluste erst dann ausgewiesen werden dürfen, wenn sie durch den Umsatzprozess in Erscheinung getreten sind.

Die Möglichkeit, Vermögensgegenstände zu einem späteren Zeitpunkt mit Gewinn veräußern zu können oder mit Verlust absetzen zu müssen, rechtfertigt nach diesem Grundsatz noch nicht die bilanzmäßige Berücksichtigung derartiger Gewinne und Verluste.

Das Prinzip schließt die Beachtung von Wertsteigerungen über die Anschaffungs- oder Herstellkosten aus. Dabei kommt es nicht darauf an, ob die Wertsteigerungen die Folge einer allgemeinen Preissteigerung sind oder der Wert von Wirtschaftsgütern, z. B. eines unbebauten Grundstückes oder eines Wertpapiers bei konstantem Geldwert gestiegen ist.

Das Niederstwertprinzip schränkt das Realisationsprinzip für Wertminderungen ein. Es besagt, dass von zwei möglichen Wertansätzen – z. B. den Anschaffungs- oder Herstellkosten einerseits und dem Börsen – oder Marktpreis andererseits, der jeweils niedrigere angesetzt werden muss (strenges Niederstwertprinzip) oder darf (gemildertes Niederstwertprinzip), und damit eine Aufwandsantizipation verlangt bzw. erlaubt wird. Der niedrigere der beiden zur Wahl stehenden Werte bildet bei strenger Anwendung des Prinzips die obere Wertgrenze, die nicht überschritten werden darf.

Das Höchstwertprinzip für Verbindlichkeiten ergibt sich durch analoge Übertragung des Niederstwertprinzips von der Bewertung des Vermögens auf die Bewertung der Verbindlichkeiten.

Das Imparitätsprinzip fasst die drei erstgenannten Grundsätze zu einer Regel zusammen. Da Ertragsantizipationen unzulässig sind, vollzieht sich die Bewertung im Hinblick auf erwartete Gewinne und erwartete Verluste ungleichmäßig. Das Imparitätsprinzip besagt, dass noch nicht durch Umsatz realisierte Gewinne nicht ausgewiesen werden dürfen, es gilt das Realisationsprinzip, und noch nicht durch Umsatz realisierte Verluste berücksichtigt werden müssen oder dürfen. Hier gilt das Realisationsprinzip also nicht, an seine Stelle tritt bei der Bewertung von Vermögensgegenständen das Niederstwertprinzip, bei der Bewertung von Verbindlichkeiten das Höchstwertprinzip.

Bewertung des Anlagevermögens Die Anschaffungs- oder Herstellungskosten der Vermögensgegenstände des abnutzbaren Anlagevermögens sind mit Hilfe planmäßiger Abschreibungen, die den Werteverzehr des Vermögensgegenstandes auf dessen Nutzungszeit verteilen sollen, zu vermindern.

Unter Abschreibungen versteht man Verfahren, mit denen die Wertminderung langlebiger Anlagegüter (Rohstoffvorkommen, Maschinen, Patente), die nicht in einer Periode im Betriebsprozess verbraucht werden und folglich auch nicht in einer Periode in voller Höhe ihrer Anschaffungs-, Herstellungs- oder Wiederbeschaffungskosten als Aufwand in der Gewinn- und Verlustrechnung oder als Kosten in der Kostenrechnung erscheinen, verrechnet werden. Nicht abnutzbare Anlagegüter wie Grund und Boden oder Beteiligungen werden nicht abgeschrieben, es sei denn, eine außerplanmäßige Abwertung wäre erforderlich.

Neben den regulären (planmäßigen) Abschreibungen können außerplanmäßige Abschreibungen nötig werden, im Finanzanlagevermögen bei nur vorübergehender

Wertminderung, im Sachanlagevermögen nur bei dauernder Wertminderung. Es gibt eine Anzahl von Ursachen, die eine Abschreibung erforderlich machen. Man kann sie in drei Gruppen einteilen.

Man geht dabei von der Vorstellung aus, dass in einem Anlagegut ein Vorrat an Nutzungen (Leistungen) gespeichert ist. Dieser Vorrat an Nutzungen klingt langsam ab, indem die Nutzungen im Betriebsprozess eingesetzt und damit verbraucht (bzw. umgeformt) werden, oder der Vorrat der Leistungen als solcher vermindert sich in seinem Wert (z. B. durch vorzeitiges technisches Veralten infolge technologischer Fortschritte). Zu unterscheiden sind demnach:

1. verbrauchsbedingte (technische) Abschreibungen, d. h.:
   - Abnutzung durch Gebrauch:
     Der technische Verschleiß führt zu einer Wertminderung von Wirtschaftsgütern, die entweder im Laufe der Nutzungsdauer ganz allmählich oder aber nach längerer Nutzung plötzlich eintritt;
   - Natürlicher Verschleiß:
     Er tritt nicht durch eine betriebliche Nutzung der Anlagegüter, sondern im Laufe der Zeit durch äußere Einflüsse ein, z. B. durch Witterungs- und Temperatureinflüsse;
   - Substanzverringerung:
     In Gewinnungsbetrieben (Bergbau, Steinbrüche, Sand-, Gips- und Tongruben) tritt durch Abbau eine laufende Verringerung der Substanz ein;
   - Wertminderung durch Katastrophen.
2. wirtschaftlich bedingte Abschreibung, d. h.:
   Werden neue, verbesserte und mit geringeren Kosten produzierende Produktionsverfahren entwickelt, so verlieren die alten Anlagen, auch wenn sie technisch unverändert leistungsfähig sind, an wirtschaftlichem Wert. Dieses tritt ebenfalls ein bei Nachfrageverschiebungen, bei Fehlinvestitionen, beim Sinken der Wiederbeschaffungskosten und beim Sinken der Absatzpreise.
3. zeitlich bedingte Abschreibung, d. h.:
   Die zeitlich bedingte Abschreibung liegt vor bei der Beendigung eines Miet- und Pachtverhältnisses vor Beendigung der Nutzungsfähigkeit der Anlage oder des Anlageteils, beim Ablauf von Schutzrechten für Erfindungen (Patente), Gebrauchsschutz- oder Markenschutzrechten und beim Ablauf von Konzessionen.
   Bei der zeitlich bedingten Abschreibung werden die Anschaffungs- oder Herstellkosten mit Hilfe eines planmäßigen Verteilungsverfahrens entsprechend dem Zeitablauf auf die betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer verteilt. Die Abschreibungsbeträge sind vom Beschäftigungsgrad unabhängig. Die Berechnung des jährlichen Abschreibungsbetrages kann erfolgen durch eine:
   - Abschreibung in gleich bleibenden Jahresbeträgen (lineare Abschreibung). Sie ist zulässig nach §7 Abs. 1 EStG bei allen abnutzbaren Anlagegütern. Die Anschaffungs- oder Herstellungskosten werden gleichmäßig auf die betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer verteilt. Der jährliche Abschreibungsbetrag wird

ermittelt, indem die Anschaffungs- bzw. Herstellungskosten durch die Zahl der Jahre der Nutzung dividiert werden. Ein Restwert wird z.T. bei der Ermittlung der Abschreibungsquoten berücksichtigt.

- Abschreibung in fallenden Jahresbeträgen (degressive Abschreibung). Je nach Verlauf der Degression sind zu unterscheiden:
  - geometrisch-degressive Abschreibung (Buchwertabschreibung): sie ist zulässig nach §7 Abs. 2 EStG bei allen beweglichen abnutzbaren Anlagegütern, also nicht bei Gebäuden;
  - arithmetisch-degressive Abschreibung: sie ist nach §11a EStDV zulässig wie die geometrisch-degressive Abschreibung;
  - degressive Abschreibung mit fallenden Staffelsätzen: sie ist zulässig nach §7 Abs. 5 nur bei Gebäuden;
  - degressive Abschreibung mit unregelmäßigen Quoten; sie kommt zustande durch Anwendung steuerlicher Sonderabschreibungen zusätzlich zur degressiven Normalabschreibung (vgl. §7 g EStG).

4. Leistungsabschreibung (variable Abschreibung), d. h.:
   Die Anschaffungs- oder Herstellungskosten werden entsprechend der Beanspruchung verteilt. Sie ist zulässig nach §7 Abs. 1 Satz 3 EStG bei Nachweis des Umfangs der auf ein Jahr entfallenden Leistungen.

Bewertung des Umlaufvermögens Die Vermögensgegenstände des Umlaufvermögens sind mit den Anschaffungs- oder Herstellungskosten zu aktivieren, wobei es im Vorratsvermögen zur Findung dieses Wertes erlaubt ist, Vereinfachungen in Form bestimmter fiktiver Verbrauchsfolgeverfahren (vgl. § 256 HGB) vorzunehmen. Voraussetzung für die Vereinfachung im Bilanzansatz ist die Gleichartigkeit der Gegenstände.

Die Anschaffungs- oder Herstellungskosten des Endbestandes der Vorräte können anhand einer Durchschnittsmethode (= Durchschnitt der Zugangswerte der Periode) oder einer unterstellten Verbrauchsfolge, z. B. nach dem sog. Fifo (First-in-First-out) –Verfahren oder Lifo (Last-in-First-out) – Verfahren ermittelt werden, bei dessen Anwendung davon ausgegangen wird, dass die zuerst/zuletzt angeschafften Vermögensgegenstände als zuerst verbraucht bzw. veräußert anzusehen sind. Abbildung 37.37 zeigt handelsrechtlich zulässige Wertansätze.

Erläuterungen einiger Bilanzpositionen Rückstellungen dienen der Erfassung von Aufwendungen und Verlusten, die am Bilanzstichtag dem Grunde, aber nicht der Höhe nach bekannt sind, sowie von Verbindlichkeiten und Lasten, die am Bilanzschlussstichtag bereits bestehen, sich aber dem Betrage nach nicht genau bestimmen lassen oder deren Bestehen zweifelhaft ist. Rückstellungen sind somit stets zweckgebunden, wirtschaftlich als Fremdkapital anzusehen und dienen der periodengerechten Erfolgsabgrenzung. Sie müssen oder dürfen nach dem folgenden Katalog gebildet werden, und zwar für:

- ungewisse Verbindlichkeiten;
- drohende Verluste aus schwebenden Geschäften;

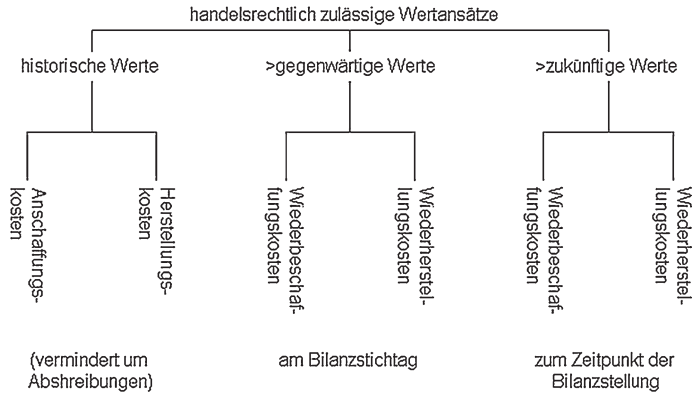


Abb. 37.37 Handelsrechtlich zulässige Wertansätze

- im Geschäftsjahr unterlassene Aufwendungen für Instandhaltungen, die im folgenden Geschäftsjahr innerhalb von drei Monaten nachgeholt werden;
- Aufwendungen für Abraumbeseitigung, die im folgenden Geschäftsjahr nachgeholt wird;
- Kulanzleistungen;
- laufende Pensionen, Anwartschaften auf Pensionen und ähnliche Verpflichtungen;
- genau umschriebene Aufwendungen (z. B. Großreparaturen), sofern diese dem Geschäftsjahr oder einem früheren Geschäftsjahr zuzuordnen und am Bilanzstichtag als wahrscheinlich oder sicher, aber hinsichtlich ihrer Höhe oder des Zeitpunktes ihres Eintrittes nach unbestimmt sind;
- Aufwendungen für unterlassene Instandhaltungen, die im folgenden Geschäftsjahr nach dem 3. Monat bis zum Ende des Geschäftsjahres nachgeholt werden.

Für die ersten sechs Positionen besteht ein Ansatzzwang, für die beiden letzten ein Ansatzwahlrecht. Im Gegensatz zu den Rückstellungen, die als Fremdkapital anzusetzen sind, sind Rücklagen Teile des Eigenkapitals, das:

- nicht auf den Kapitalkonten (Grundkapital, Stammkapital, Gesellschaftskapital), sondern auf gesonderten Rücklagenkonten ausgewiesen wird (offene Rücklagen), oder
- überhaupt nicht in der Bilanz in Erscheinung tritt, da z. B. Vermögenswerte unterbewertet worden sind (stille Rücklagen),
- in überhöhten Passivposten, z. B. Rückstellungen, stecken (stille Rücklagen).

Die offenen Rücklagen erscheinen auf der Passivseite der Bilanz als gesonderte Bilanzpositionen und entstehen entweder durch Zurückbehaltung von Gewinnen (Gewinnthesaurierung) oder durch Zuführung von Eigenkapital über das Haftungskapital hinaus.

Es gibt drei Arten von offenen Rücklagen:

1. Die gesetzliche Rücklage. Eine gesetzliche Rücklage ist nach §150 Abs. 1 und 2 AktG in Höhe von 10 % des Grundkapitals zu bilden. Bis zur Auffüllung der 10 % müssen ihr jährlich 5 % des um einen ggf. vorhandenen Verlustvortrages geminderten Jahresüberschusses zugeführt werden;
2. Freie Rücklagen. Sie werden meist durch den Vorstand und den Aufsichtsrat gebildet, und es dürfen nicht mehr als die Hälfte des um einen Verlustvortrages und die Zuführung der gesetzlichen Rücklagen verminderten Jahresüberschusses eingestellt werden;
3. Statuarische Rücklagen. Die Bildung von statuarischen Rücklagen kann durch die Satzung der Gesellschaft vorgeschrieben werden. Sie werden ebenso durch die Verwendung von Gewinnen gebildet.

Stille Rücklagen können im Rahmen der durch die Bewertungsvorschriften gesetzten Grenzen durch Unterbewertung von Vermögensteilen (Aktiva) oder durch Oberbewertung von Schulden (Passiva) gebildet werden. Sie mindern den Periodengewinn, so dass eine Steuerpflicht erst bei ihrer Auflösung entsteht, was eine zeitliche Verschiebung der Steuerzahlung zur Folge hat und u.U. wegen der Progression eine Steuerersparnis bedeutet.

37.5.7.3 Gewinn- und Verlustrechnung (GuV)

Die Gewinn- und Verlustrechnung (GuV) ermittelt ebenfalls den Erfolg der vergangenen Abrechnungsperiode, jedoch nicht durch Gegenüberstellung der Bestandsgrößen Vermögen und Schulden zu einem bestimmten Zeitpunkt, dem Schluss der Abrechnungsperiode, sondern durch Saldierung aller Erträge und Aufwendungen, die in der Abrechnungsperiode entstanden sind.

Sowohl die Bilanz als auch die GuV basieren auf der Finanzbuchhaltung und sind über das Prinzip der Doppik miteinander verbunden. Dieses hat zur Folge, dass der in der Bilanz ausgewiesene Gewinn oder Verlust mit dem in der GuV ermittelten Jahreserfolg identisch sein muss.

Die GuV bildet insofern eine Ergänzung zur Bilanz, als sie über den reinen Ausweis des Jahres hinausgeht, indem sie auch die Zusammensetzung der Erfolgsgröße Gewinn oder Verlust erkennen lässt und auf diese Weise Einblicke in die eigentlichen Prozesse der Aufwandsentstehung und Ertragsbildung ermöglicht.

Die Erfolgsrechnung grenzt den Erfolg zweier oder mehrerer Perioden voneinander ab, indem sie jeder Periode die Aufwendungen und Erträge zurechnet, die in dieser Periode verursacht worden sind, auch wenn die entsprechenden Zahlungsvorgänge in früheren oder späteren Perioden liegen. Sind Zahlungen für die folgende Periode geleistet und auf Aufwandskonten gegengebucht worden (z. B. Vorauszahlung von Löhnen und Gehältern, Versicherungsprämien, Mieten u.ä.), so ist eine Rechnungsabgrenzung erforderlich, durch die verhindert wird, dass die Zahlungen bereits in dieser Periode erfolgswirksam werden.

Kapitalgesellschaften haben nach §275 HGB die GuV zwingend in Staffelform alternativ nach dem Gesamtkosten oder dem Umsatzkostenverfahren durchzuführen.

Beim Gesamtkostenverfahren werden sämtliche im Jahr angefallenen Erträge sämtlichen Jahresaufwendungen gegenübergestellt. Eine rechnerische Abgleichung des Jahresergebnisses zur Darstellung des periodengerechten Erfolges erfolgt durch Addition der Bestandserhöhungen sowie durch Subtraktion der Bestandsminderungen an „fertigen und unfertigen Erzeugnissen“ sowie durch Addition der „anderen aktivierten Eigenleistungen“ mit Herstellungskosten zu bzw. von den Umsatzerlösen.

Beim Umsatzkostenverfahren werden den Umsatzerlösen nicht die Gesamtaufwendungen der Periode gegenübergestellt, sondern nur diejenigen, die für umgesetzte Produkte entstanden sind.

Beide Gliederungsschemata trennen das Jahresergebnis (Jahresüberschuss/Jahresfehlbetrag) in ein Betriebsergebnis (Ergebnis der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit) und ein außerordentliches Ergebnis.

Aus betriebswirtschaftlicher Sicht entspricht das „Ergebnis der gewöhnlichen Geschäftstätigkeit“ jedoch kaum einem periodengerechten Betriebsergebnis, da sich die „sonstigen betrieblichen Erträge und Aufwendungen“ auf die gewöhnliche Geschäftstätigkeit beziehen und somit auch alle aperiodischen Posten mit umfassen. So erscheinen z. B. Erträge aus über dem Buchwert veräußerten Anlagegütern im Betriebsergebnis und nicht im außerordentlichen Ergebnis.

Als weitere Formalforderungen an die GuV der Kapitalgesellschaften sind wie bei der Bilanz die Angabe von Vorjahreszahlen zu Vergleichszwecken zu nennen sowie einige Einzelangaben vorzunehmen. So müssen außerplanmäßige Abschreibungen des Anlagevermögens sowie Abschreibungen wegen vorweggenommener Wertschwankungen im Umlaufvermögen gesondert ausgewiesen oder im Anhang erläutert werden. Außerdem sind zwingend außerordentliche Aufwendungen und Erträge von nicht untergeordneter Bedeutung, speziell die darin enthaltenen außerperiodischen Größen, im Anhang zu interpretieren. Die Gewinn- und Verlustrechnung ist nachfolgend erläutert:

Gewinn- und Verlustrechnung (GuV)

1. **Umsatzerlöse**
2. Erhöhung oder Verminderung des Bestandes an fertigen und unfertigen Erzeugnissen;
3. Andere aktivierte Eigenleistungen;
4. Sonstige betriebliche Erträge;
5. Materialaufwand:
   a) Aufwendungen für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe und für bezogene Waren;
   b) Aufwendungen für bezogene Leistungen;
6. Personalaufwand:
   a) Löhne und Gehälter;
   b) Soziale Abgaben und Aufwendungen für Altersversorgung und für Unterstützung, davon für Altersversorgung;

7. Abschreibungen:
   a) auf immaterielle Vermögensgegenstände des AV und SA sowie auf akt. Aufwendungen für die Ingangsetzung und Erweiterung des Geschäftsbetriebs;
   b) Abschreibungen auf Vermögensgegenstände des Umlaufvermögens, soweit diese die üblichen Abschreibungen überschreiten;
   c) Außerplanmäßige Abschreibungen auf immaterielle Vermögensgegenstände des Anlagevermögens und Sachanlagen;
   d) Abschreibungen auf Vermögensgegenstände des Umlaufvermögens außer Wertpapieren zur Vorwegnahme künftiger Wertschwankungen.
8. Sonstige betriebliche Aufwendungen inkl. Einstellungen in die Sonderposten mit Rücklageanteil.
   = **Ergebnis der betrieblichen Tätigkeit**
9. Erträge aus Beteiligungen, davon aus verbundenen Unternehmen;
10. Erträge aus anderen Wertpapieren und Ausleihungen des Finanzanlagevermögens, davon aus verbundenen Unternehmen:
    a) Erträge aus Gewinngemeinschaften, Gewinnabführungs- und Teilgewinnabführungsverträgen;
    b) Erträge aus Verlustübernahme;
11. Sonstige Zinsen und ähnliche Erträge,
    davon aus verbundenen Unternehmen;
12. Abschreibungen auf Finanzanlagen und auf Wertpapiere des Umlaufvermögens:
    a) aufgrund einer Gewinngemeinschaft, eines Gewinnabführungs- und Teilgewinnabführungsvertrages abgeführte Gewinne;
    b) Aufwendungen aus Verlustübernahme;
    c) Abschreibungen auf Finanzanlagen;
    d) Abschreibungen auf Wertpapiere des Umlaufvermögens zur Vorwegnah- me künftiger Wertschwankungen;
13. Zinsen und ähnliche Aufwendungen, davon an verbundene Unternehmen.
    = **Finanzergebnis**
14. **Ergebnisder gewöhnlichen Geschäftstätigkeit**
15. Außerordentliche Erträge:
    – außergewöhnlich;
    – periodenfremd und zugleich außergewöhnlich;
16. Außerordentliche Aufwendungen:
    – außergewöhnlich;
    – periodenfremd und zugleich außergewöhnlich;
17. **Außerordentliches Ergebnis**
18. Steuern vom Einkommen und vom Ertrag inkl. Latente Steueraufwendungen und -erträge;
19. Sonstige Steuern;
20. **Jahresüberschuss/Jahresfehlbetrag**

21. Gewinnvortrag/Verlustvortrag aus dem Vorjahr;
22. Entnahmen aus der Kapitalrücklage:
    a) Einstellung in die Kapitalrückalge nach den Vorschriften über die vereinfachte Kapitalherabsetzung;
23. Entnahmen aus Gewinnrücklagen:
    a) gesetzliche Rücklage;
    b) Rücklage für eigene Aktien;
    c) satzungsmäßige Rücklagen;
    d) andere Gewinnrücklagen;
    e) Ertrag aus Kapitalherabsetzung;
24. Einstellungen in Gewinnrücklagen.
25. **Bilanzgewinn /-verlust**

Ein Anhang ist zwingend nur von Kapitalgesellschaften aufzustellen und bildet einen ergänzenden Bestandteil des Jahresabschlusses. Der Umfang der Berichterstattungspflichten im Anhang ist größenabhängig gestaffelt, jedoch ist eine äußere Form oder Gliederungsstruktur nicht vorgeschrieben. Grundsätzlich enthält der Anhang zwei Formen von Angaben:

Einerseits solche, für die die Alternative besteht, entweder direkt in der Bilanz bzw. GuV oder im Anhang aufgeführt zu werden, und andererseits solche, die ausschließlich im Anhang zu machen sind. Die Anhanginformationen erstrecken sich gemäß §§ 284 ff-HGB im wesentlichen auf drei Bereiche:

- Bewertungsmethoden und Wertansätze in der Bilanz sowie ggf. allgemeine Konsolidierungsgrundsätze;
- Zahlenangaben, Aufgliederungen und Ergänzungen zu bestimmten Jahresabschlusspositionen sowie
- ergänzende und erklärende sowie begründende Erläuterungen zu bestimmten Darstellungsweisen im Abschluss.

Die wichtigsten Anhanginformationen liefert die folgende Auflistung:

- Konsolidierungsgrundsätze;
- Bewertungsmethoden und Bilanzansätze;
- Abweichungen zum Vorjahr sowie die Auswirkungen;
- Einbeziehung von Fremdkapitalzinsen in die Herstellungskosten;
- Verbindlichkeiten mit einer Restlaufzeit von mehr als fünf Jahren;
- Absicherung der Schulden durch Pfandrechte und ähnliche andere Rechte;
- andere finanzielle Verpflichtungen, die nicht in der Bilanz erscheinen;
- Aufgliederung der Umsatzerlöse;
- Erläuterungen zu Abschreibungen und zu Sonderposten mit Rücklageanteil;

- Steuern vom Einkommen und Ertrag sowie ihr Einfluss auf ordentliches und außerordentliches Ergebnis;
- Beschäftigtenzahl.
- Beim Umsatzkostenverfahren:
  - Materialaufwand;
  - Personalaufwand;
  - Gesamtbezüge von Geschäftsführung, Aufsichtsrat und Beirat, auch ehemaliger Mitglieder;
  - Namen aller Verantwortlichen;
  - Namen aller Beteiligungen ab 20 Prozent;
  - Rückstellungen;
  - Firmenwert;
  - Namen der Muttergesellschaft, in deren Konsolidierungskreis das bilanzierende Unternehmen einbezogen wird.

37.5.7.4 Der Lagebericht

Der Lagebericht mittelgroßer und großer Kapitalgesellschaften ist eine ergänzende Berichterstattung zum Jahresabschluss. Nach §289 HGB hat der Lagebericht auf fünf Bereiche einzugehen:

1. den Geschäftsablauf im Berichtsjahr
2. auf die augenblickliche Lage des Unternehmens
3. auf Vorgänge von besonderer Bedeutung, die nach dem Abschlussstichtag eingetreten sind;
4. auf die voraussichtliche Entwicklung der Gesellschaft;
5. auf ihre Forschungs- und Entwicklungstätigkeit, soweit es der Konkurrenzschutz zulässt.

Der Lagebericht ist im Umfang und in der Art der Darstellung so abzufassen, dass die Lage der Gesellschaft und der Geschäftsverlauf in einem den tatsächlichen Verhältnissen entsprechenden Bild dargestellt werden. Es sollen dabei auch allgemeine Angaben über die Wirtschaftslage des Geschäftszweiges gemacht werden.

Der Lagebericht kann durch einen Sozialbericht abgerundet werden, in dem über die sozialen Verhältnisse des Unternehmens in Bezug auf die Arbeitnehmer und die Unternehmensumwelt Rechenschaft abgegeben wird. Eine gesetzliche Verpflichtung hierzu besteht aber nicht.

37.5.7.5 Prüflings- und Offenlegungspflichten

Mittelgroße und große Kapitalgesellschaften müssen ihren Jahresabschluss und Lagebericht durch einen von der Gesellschafter- bzw. Hauptversammlung gewählten und von den gesetzlichen Vertretern der Gesellschaft beauftragten Abschlussprüfer prüfen lassen. Ohne eine erfolgte Prüfung kann der Jahresabschluss nicht festgestellt werden.

Die Prüfung hat sich auf die Buchhaltung, den Jahresabschluss und den Lagebericht zu erstrecken und soll feststellen, ob diese Bestandteile des externen Rechnungswesens nach den Grundsätzen ordnungsgemäßer Buchhaltung und Bilanzierung, nach den gesetzlichen Vorschriften sowie nach dem Gesellschaftsvertrag oder der Satzung geführt und erstellt wurden. Der Lagebericht ist zusätzlich daraufhin zu prüfen, ob durch seine Inhalte und Darstellungen nicht eine falsche Vorstellung von der Lage des Unternehmens erweckt wird. Insgesamt liegt also eine Ordnungs- und Satzungsmäßigkeitsprüfung vor. Der Abschlussprüfer hat über das Ergebnis seiner Prüfung zu berichten. Dieses erfolgt durch die Erteilung eines im HGB weitestgehend vorformulierten Bestätigungsvermerks, der dem Jahresabschluss hinzuzufügen ist:

„Die Buchführung und der Jahresabschluss entsprechen nach meiner (unserer) pflichtmäßigen Prüfung den gesetzlichen Vorschriften. Der Jahresabschluss vermittelt unter Beachtung der Grundsätze ordnungsgemäßer Buchführung ein den tatsächlichen Verhältnissen entsprechendes Bild der Vermögens-, Finanz- und Ertragslage der Kapitalgesellschaft. Der Lagebericht steht im Einklang mit dem Jahresabschluss."

Entgeltsysteme und Gebühren 38

Differenzierte Entgeltsysteme und Gebührenstrukturen sichern das Abfertigungsdienstleistungsspektrum der Flugplätze ab, und stellen eine maßgebliche Einnahmequelle für die Flugplatzunternehmen da. Auch die An- und Abflüge auf Flugplätzen sind gebührenpflichtig, wenn der Flugplatz über eine An- und Abflugkontrolle durch ein Flugsicherungsunternehmen verfügt. Die umfangreichen Aufwendungen, die mittlerweile für die Gewährleistung der Luftsicherheit erforderlich, und per Gesetz vorgeschrieben sind, werden durch entsprechende Luftsicherheitsgebühren finanziert.

38.1 Flughafenentgelte

Das System der Flughafenentgelte und der Entgelte für die Inanspruchnahme für Bodenverkehrsdienst-Infrastruktureinrichtungen wird nachfolgend am Beispiel der Entgeltordnung des Verkehrsflughafens Frankfurt/M (Stand: 1. Januar 2012) [105] erläutert und umfänglich dargestellt. Die gültigen Entgeltordnungen werden jeweils in den Nachrichten der Luftfahrer (NfL's) veröffentlicht.

38.1.1 Schuldnerregelung

Schuldner der Lande-, Start-, Passagier-, Sicherheits- und Abstellentgelte sind als Gesamtschuldner:

a) die Luftverkehrsgesellschaft, unter deren Airline-Code/Flugnummer der jeweilige Flug durchgeführt wird;
b) die Luftverkehrsgesellschaften, unter deren Airline-Code/Flugnummer der jeweilige Flug durchgeführt wird (Code-Sharing);

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_38,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

c) der Luftfahrzeughalter;
d) die natürliche oder juristische Person, die das Luftfahrzeug in Gebrauch hat, ohne Halter oder Eigentümer zu sein.

Der Flughafenunternehmer ist jederzeit berechtigt, für entstandene oder zukünftige Ansprüche aus Lieferungen und Leistungen eine angemessene Sicherheit nach seiner Wahl durch Hinterlegung einer unverzinslichen Geldsumme, durch Stellung eines tauglichen Bürgen oder in sonstiger Weise zu verlangen.

38.1.2 Ausnahmeregelung

Ausnahmeregelungen werden angewandt:

a) Bei Notlandungen wegen technischer Störungen am Luftfahrzeug oder wegen ausgeübter oder angedrohter Gewaltanwendung, sofern der Flughafen nicht ohnehin planmäßiger Zielflughafen ist, sind (regulation of exceptions) keine Lande-, Start-, Passagier- und Sicherheitsentgelte zu entrichten. Ausweichlandungen und Tankstopps sind keine Notlandungen und unterliegen somit den Regelungen der Entgeltordnung.
b) In die Zahl der beim Start des Luftfahrzeuges an Bord befindlichen Fluggäste werden Kinder unter zwei Jahren ohne Anspruch auf eigenen Sitzplatz sowie die sich im Dienst befindliche Flugzeugbesatzung nicht einbezogen.

38.1.3 Zahlungszeitpunkt und Umsatzsteuer

Die Lande-, Start-, Passagier-, Sicherheits- und Abstellentgelte sind vor dem Abflug in Euro (€) zu entrichten In besonderen Fällen können sie nach vorheriger Vereinbarung mit dem Flughafenunternehmer nachträglich entrichtet werden.

Die Lande-, Start-, Passagier-, Sicherheits- und Abstellentgelte sind Entgelte im Sinne von § 10, Absatz 1 des Umsatzsteuergesetzes. Der Entgeltschuldner hat daher die Umsatzsteuer zusätzlich zu entrichten.

38.1.4 Zahlungspflicht

Für jede Landung und jeden Start eines Luftfahrzeuges auf dem Flughafen ist ein Lande- beziehungsweise Startentgelt an den Flughafenunternehmer zu entrichten. Dies gilt bei einer Landung und auch bei einer Bodenberührung mit unmittelbar anschließendem Beschleunigen und Starten des Luftfahrzeuges (financial obligation).

38.1.5 Massebezogene Entgelte

Das Lande- und Startentgelt bemisst sich unabhängig von den jeweiligen Einsatzkriterien nach der höchsten in den Zulassungsunterlagen verzeichneten Abflugmasse des Luftfahrzeuges (MTOM) (mass-related charges).

Die Berechnungsgrundlage, das MTOM ist durch das Airplane Flight Manual (AFM) nachzuweisen. Bis zur Vorlage dieser Unterlagen wird die höchste bekannte MTOM dieses Flugzeugtyps zugrunde gelegt. Rückwirkende Erstattungen erfolgen nicht. Eine Reduzierung dieser MTOM in den Zulassungsunterlagen findet bei der Entgeltberechnung nur ab Beginn der Flugplanperiode Berücksichtigung, zu der die Änderung wenigstens vier Monate zuvor mit der Vorlage der geänderten Unterlagen angekündigt wurde. Jede Erhöhung oder Reduzierung der in den Zulassungsunterlagen verzeichneten Abflugmasse des Luftfahrzeuges ist dem Flughafenunternehmer unverzüglich mitzuteilen. Saisonal reduzierte Höchstabflugmassen werden nicht anerkannt.

38.1.6 Entgelte für Landungen und Starts

Das Entgelt für Landungen und Starts von Luftfahrzeugen beträgt:

- je angefangene 1.000 kg der Höchstabflugmasse pro Landung und pro Start für Passagier-, Fracht- und Postflüge 0,87 €
- je angefangene 1.000 kg der Höchstabflugmasse pro Landung und pro Start für Überführungsflüge und Flüge mit Hubschraubern 2,50 €

Abweichend von der Berechnung des vorgenannten Entgelts wird bei Landung und Start von Luftfahrzeugen mit einer Höchstabflugmasse bis einschließlich 35.000 kg ein Mindestlande- und Startentgelt berechnet (ausgenommen für Hubschrauber). Dieses beträgt pro Landung und pro Start:

a) bis 15.000 kg 210,00 €
b) über 15.000 kg bis 35.000 kg 155,00 €

Zusätzlich zum massebezogenen Lande- und Startentgelt ist bei allen Flügen ein variables Lande- und Startentgelt zu entrichten, das sich nach der Zahl der beim Start an Bord des Luftfahrzeuges befindlichen Fluggäste bemisst. Zusätzlich ist ein variables Lande- und Startentgelt zu entrichten, das sich nach der bei Landung und Start an Bord befindlichen Fracht- und Postmenge bemisst. Die Berechnungsgrundlage pro Passagier an Bord beträgt bei Start 1,16 €, sowie pro angefangene 100 kg an Bord bei Landung und Start.

38.1.7 Lärmbezogene Entgelte

Die Entgelte für die L/S-Lärmkomponente werden pro Landung und pro Start berechnet. Die Abrechnung erfolgt mit Festbeträgen pro Lärmkategorie. Die Einteilung der Fluggeräte richtet sich zunächst nach ihrer ICAO-Klassifizierung. Dabei entsprechen Strahlturbinen-Luftfahrzeuge den Bedingungen von ICAO Annex 16, Kap. 2, 3 beziehungsweise 4, sofern für sie anhand von Herstellerangaben oder vergleichbarer Unterlagen einer Zulassungsbehörde im Einzelfall nachgewiesen wird, dass die nach Kap. 2, 3 beziehungsweise 4 zugelassenen Lärmgrenzwerte nicht überschritten werden.

Maßgebend für die Zuordnung in den Tabellen ist insoweit die tatsächliche Vorlage des entsprechenden Nachweises durch den Luftfahrzeughalter vor dem Start. Rückwirkende Erstattungen erfolgen nicht. Flüge mit Fluggerät, das nicht den Bedingungen von ICAO Annex 16, Kap. 3 beziehungsweise 4 entspricht sowie Militärflüge, sind nur mit vorheriger Ausnahmegenehmigung gestattet.

Die Zuordnung von Fluggerät in Lärmkategorien erfolgt auf Basis der für die Jahre 2008, 2009 und 2010 nach DIN 45643 ermittelten durchschnittlichen Startlärmpegel der einzeln betrachteten oder als Gruppen zusammengefassten Flugzeugtypen. In den Tabellen nicht aufgeführtes Fluggerät wird auf der Basis vorgelegter Lärmzeugnisse nach billigem Ermessen eingestuft, bis ausreichende Messergebnisse für den Flughafen Frankfurt/M zur Verfügung stehen. Tabelle 38.1 zeigt die Zuordnung der nach ICAO Annex 16 Chapter 3

Tab. 38.1 Zuordnung der nach ICAO Annex 16 Chapter 3 zertifizierten Strahlturbinen-Luftfahrzeuge, Propellerflugzeuge und Hubschrauber [105]

Kategorie 1: LAZ bis 78,5 dB(A)	Kategorie 6: LAZ 84,6 bis 86,0 dB(A)
Jets mit MTOM $\leq$ 34 t, soweit nicht ausdrücklich in anderen Lärmklassen zugeordnet.	A322, A333
Alle Propellerflugzeuge mit MTOM $\leq$ 34 t	A345, A346
Alle Hubschrauber	B763
Airbus A318, A319, A320, A321	B764
Antonow AN 72/74	B772, B773
Boeing B 712	DC-87
Boeing B 7336	IL 96
British Aerospace BAe146/Avro RJ	MD-87
CR 7	YK 42
CR 9	
Fokker 70	Kategorie 7: LAX 86,1 bis 87,5 dB(A)
Grumman Gulfstream IV/V	
GLEX/GL5T	A342, A343
	AN 12

(Fortsetzung)

Tab. 38.1 (Fortsetzung)

Kategorie 2: LAZ 78,6 bis 80,0 dB(A)	B 747-S
	DC-9 Hushkit
Airbus A318	MD-11
Boeing 733-P	MD-80, -81, -82, -83, -88
Boeing 735-P	IL 86 Reengined
Boeing B 737	B 732
Boeing B 752	
E 170	Kategorie 8: LAX 87,6 bis 89,0 dB(A)
E 190	
Fokker 100	A388
MD 90	B 737 Hushkit
	B747-8
Kategorie 3: LAZ 80,1 bis 81,5 dB(A)	DC-10
	TU 154
Airbus A319, A320	
Airbus A321	Kategorie 9: LAX 89,1 bis 90,5 dB(A)
B 733	
B 735	B 727 Hushkit
B 738	B 744
B 753	
TU 204	Kategorie 10: LAX 90,6 bis 92,0 dB(A)
	B 741, B 742, B 743
Kategorie 4: LAZ 81,6 bis 83,0 dB(A)	B 707 / 720
A306	DC 86
A30B	
A310	Kategorie 11: LAX 92,1 bis 93,5 dB(A)
B 734	
B 739	DC 9
Kategorie 5: LAZ 83,1 bis 84,5 dB(A)	Kategorie 12: LAX 93,6 dB(A) u. darüber
B 762	AN 24
B 77L	IL 76
B 787	
L 1011 Tristar	

zertifizierten Strahlturbinen-Luftfahrzeuge, Propellerflugzeuge und Hubschrauber [105]. Tabelle 38.2 zeigt die ganztägigen Lärmentgelte pro Landung und Start.

Tab. 38.2 Ganztägige Lärmentgelte pro Landung und Start (in €) [105]

Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4	Kategorie 5	Kategorie 6	Kategorie 7
26,70	37,70	47,00	63,00	87,00	120,00	130,00
Kategorie 8	Kategorie 9	Kategorie 10	Kategorie 11	Kategorie 12		
317,00	350,00	1.450,00	9.800,00	19.550,00		

Tab. 38.3 Zusätzlichen Start-/Lande-Lärmkomponenten in der Nachtzeit (in €)

Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4	Kategorie 5	Kategorie 6	Kategorie 7
68,50	90,50	106,00	161,50	216,00	274,00	310,00
Kategorie 8	Kategorie 9	Kategorie 10	Kategorie 11	Kategorie 12		
755,00	880,00	4.400,00	27.800,00	45.300,00		

Tab. 38.4 Zusätzlichen Start-/Lande-Lärmkomponenten in der Nachtzeit (in €)

Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4	Kategorie 5	Kategorie 6	Kategorie 7
88,00	112,00	125,00	187,00	250,00	310,00	360,00
Kategorie 8	Kategorie 9	Kategorie 10	Kategorie 11	Kategorie 12		
860,00	980,00	4.950,00	33.000,00	51.500,00		

Die Tab. 38.3 und 38.4 zeigen die zusätzlichen Start-/Lande-Lärmkomponenten in der Nachtzeit.

a) Nachtrandzeit pro Bewegung (22.00–22.59 und 05.00–05.59 Ortszeit) (in €)
b) Nachtkernzeit pro Bewegung (23.00–04.59 Ortszeit) (in €)

Tabelle 38.5 zeigt die Zuordnung der nach ICAO Annex 16 Chapter 2 zertifizierten Strahlturbinen-Luftfahrzeugen und Luftfahrzeugen ohne Lärmzeugnis (militärisch).

Die Tab. 38.6 zeigt die ganztägigen Start-/Lande-Lärmkomponenten pro Bewegung (in €), Tab. 38.7 die zusätzliche Start/Lande-Lärmkomponente pro Bewegung.

38.1.8 Lärmzuschlag für „Marginals“

Luftfahrzeuge, die aufgrund ihres Lärmzeugnisses gemäß § 48a, Absatz 4 LuftVZO die in den Richtlinien der ICAO Band I, Teil II, Kapitel III des Anhangs 16 festgelegten Vorschriften nur „knapp“ erfüllen („Marginals“) und die in der Zeit zwischen 20.00 und 07.59 Uhr (Iokal time) am Flughafen Frankfurt/M landen oder starten, sollen mit einem Zuschlag in Höhe von jeweils 50 % auf das zu entrichtende, reguläre Lärmentgelt belastet werden.

Tab. 38.5 Zuordnung der nach ICAO Annex 16 Chapter 2 zertifizierten Strahlturbinen-Luftfahrzeuge und Luftfahrzeugen ohne Lärmzeugnis (militärisch) [105]

Kategorie 1: LAZ bis 78,5 dB(A)	Kategorie 8: LAZ 87,6 bis 89 dB(A)
–	TU 154
Kategorie 2: LAZ 78,6 bis 80,0 dB(A)	Kategorie 9: LAZ 89,1 bis 90,5 dB(A)
–	Jets mit MTOM $\leq$ 34 t, soweit nicht ausdrücklich in anderen Lärmklassen zugeordnet.
Kategorie 3: LAZ 80,1 bis 81,5 dB(A)	B 727 Hushkit
–	Kategorie 10: LAZ 90,6 bis 92,0 dB(A)
Kategorie 4: LAZ 81,6 bis 83,0 dB(A)	B 741
	B 742
–	B 743
	DC-85
Kategorie 5: LAZ 83,1 bis 84,5 dB(A)	DC-86
	IL 62
C 160	
	Kategorie 11: LAZ 92,1 bis 93,5 dB(A)
Kategorie 6: LAZ 84,6 bis 86,0 dB(A)	DC-9
C 130	
IL 96	Kategorie 12: LAZ 93,6 dB(A) u. darüber
Kategorie 7: LAZ 86,1 bis 87,5 dB(A)	AN 24
	BAC 111
B 732	C 5
B 747-S	C 141
C 17	IL 76

Tab. 38.6 Ganztägige Start/Lande-Lärmkomponente pro Bewegung (in €) [105]

Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4	Kategorie 5	Kategorie 6	Kategorie 7
26,70	37,70	47,00	63,00	87,00	120,00	130,00
Kategorie 8	Kategorie 9	Kategorie 10	Kategorie 11	Kategorie 12		
317,00	350,00	1.450,00	9.800,00	19.550,00		

38.1.9 Emissionsbezogenes Entgelt

Das emissionsbezogene Entgelt (Schadstoffe) beträgt 3,00 € je ausgestoßenem Kilogramm Stickoxidäquivalent (=Emissionswert) im standardisierten Lande- und Startvorgang („Landing and Take-Off-Zyklus“ (LTO)) eines Luftfahrzeuges. Die Abrechnung erfolgt pro

Tab. 38.7 Zusätzliche Start/Lande-Lärmkomponente pro Bewegung (in €)[a]

Kategorie 1	Kategorie 2	Kategorie 3	Kategorie 4	Kategorie 5	Kategorie 6	Kategorie 7
88,00	112,00	125,00	187,00	250,00	310,00	360,00
Kategorie 8	Kategorie 9	Kategorie 10	Kategorie 11	Kategorie 12		
860,00	980,00	4.950,00	33.000,00	51.500,00		

[a]An allen Tagen von 00.00 Uhr – 23.59 Uhr Ortszeit (nur mit Ausnahmegenehmigung ausgestattete Flüge sowie Militärflüge)

Landung und pro Start. Die notwendigen Angaben zu Luftfahrzeug- und Triebwerkstypen werden anhand einer anerkannten Flottendatenbank ermittelt.

Die Ermittlung des Emissionswertes erfolgt unter Anwendung der ERLIG[1]-Formel auf der Grundlage zertifizierter Stickoxid-(NOx) und Kohlenwasserstoff-(HC)-Emissionen pro Triebwerk im LTO-Zyklus gemäß Vorschrift ICAO Annex 16, Volume II.

Berechnungsformel 8.1:

$$\mathrm{NO_{X\ Luftfahrzeug}}\ [\mathrm{kg}] = \text{Anzahl Triebwerke} \times \Sigma_{\mathrm{Mode}}\ \text{Zeit}\ [\mathrm{s}] \times \text{Kraftstoffverbrauch}\ [\mathrm{kg/s}] \times \text{Emissionsfaktor}\ [\mathrm{g/kg}]/1000 \tag{8.1}$$

Sofern die Triebwerksemissionen für HC pro LTO-Zyklus den Zertifizierungswert von 19,6 g/kN überschreiten, wird der entsprechende NOx -Wert des Luftfahrzeuges mit einem Faktor a multipliziert:

$$a = 1, \qquad \text{wenn } Dp_{HC}/F_{oo} \leq 19{,}6\ \mathrm{g/kN}$$

$$a = \left(Dp_{HC}/F_{oo}\right)/19{,}6\ \mathrm{g/kN},; \text{ wenn } Dp_{HC}/F_{oo} > 19{,}6\ \mathrm{g/kN} \text{ (mit } a_{max} = 4)$$

Das Stickoxidäquivalent (Emissionswert) des Luftfahrzeuges = a × NO_x des Luftfahrzeuges. Der Emissionswert wird bis zur dritten Dezimale berücksichtigt.

Grundlage für die Ermittlung der Emissionswerte sind die ICAO-Datenbank für Turbofan- und Jet-Triebwerke[2] und die Datenbank der FOI der „Swedish Defence Research Agency" für Turboprop-Triebwerke.[3] Sollten in diesen Emissionsdatenbanken für einen Triebwerkstypen keine oder abweichende Einträge vorhanden sein, so wird unabhängig von den jeweiligen Einsatzkriterien der höchste verzeichnete Emissionswert angesetzt.

Wenn für ein Luftfahrzeug keine oder widersprüchliche Triebwerksinformationen vorliegen, wird der höchste bekannte Emissionswert dieses Fluggeräts zugrunde gelegt.

Sofern ein Triebwerk in keiner der verfügbaren Emissionsdatenbanken enthalten ist und auch kein Standardtriebwerk angesetzt werden kann, wird das Triebwerk anhand

[1] ERLIG = Emission Related Landing Charges Investigation Group, ECAC.

[2] ICAO = Aircraft Engine Emission Database.

[3] FOI = Swedish Defence Research Agency Database.

der Studie des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) vom 28. Februar 2005 bewertet.

Der Einsatz eines Triebwerktyps mit niedrigeren Emissionswerten (zum Beispiel durch unterschiedliche UID-Nummern oder durch eine „re-rated" gekennzeichnete Version eines Triebwerks) ist dem Flughafenunternehmer durch Vorlage des Airplane Flight Manuals (AFM) in Verbindung mit dem entsprechenden ICAO-Zertifikat oder dem Herstellernachweis nachzuweisen. Solange dies nicht nachgewiesen ist, legt der Flughafenunternehmer der Entgeltberechnung jeweils den höchsten Emissionswert zugrunde, der für den Luftfahrzeug- beziehungsweise Triebwerkstyp bekannt ist.

Anmerkung:

1) ERLIG = Emission Related Landing Charges Investigation Group, ECAC
2) ICAO = Aircraft Engine Emission Database
3) FOI = Swedish Defence Research Agency Database

Jede Erhöhung oder Reduzierung der Emissionswerte des Luftfahrzeuges gemäß AFM, ICAO-Zertifikat oder Herstellernachweis ist dem Flughafenunternehmer unverzüglich mitzuteilen. Für Bewegungen, für die nachträglich erhöhte Emissionswerte festgestellt werden, können Entgelte nachberechnet werden; verminderte Werte werden unverzüglich berücksichtigt, sobald sie nachgewiesen und überprüft werden konnten. Es erfolgen keine rückwirkenden Erstattungen.

Abweichend von der allgemeinen Regelung wird die Emission von Fluggerät mit einem MTOM kleiner oder gleich 5.700 Kg pauschal mit 1 kg NO_x pro LTO-Zyklus veranschlagt.

38.2 Passagierentgelte

Zusätzlich zum Lande- und Startentgelt ist ein Passagierentgelt zu entrichten, das sich nach der Zahl der beim Start an Bord des Luftfahrzeugs befindlichen Passagiere bemisst. In die Zahl der sich beim Start des Luftfahrzeugs an Bord befindlichen Passagiere werden Kinder unter zwei Jahren, ohne Anspruch auf einen eigenen Sitzplatz, sowie die sich im Dienst befindliche Flugzeugbesatzung nicht einbezogen.

Das Passgierentgelt pro abfliegendem Passagier beträgt:

- im innerdeutschen Verkehr für lokale Zusteiger 16,75 €
- im europäischen Verkehr (Mitgliedsländer der EU) sowie in die Länder Island, Liechtenstein, Norwegen und Schweiz für lokale Zusteiger 16,75 €
- im europäischen Verkehr (restliche europäische Länder) für lokale Zusteiger 20,80 €
- im interkontinentalen Verkehr für lokale Zusteiger 22,80 €
- für Transfer- und Transitpassagiere 11,84 €.

Die entsprechende Länderliste zur Bemessung der Passagierentgelte zeigt Tab. 38.8.

Tab. 38.8 Länderliste zur Bemessung der Passagierentgelte [105]

Destinationen				
Inland	Europa (EU) (ohne Deutschland)		Europa (Rest-Europa)	Interkontinental
Deutschland	Belgien	Niederlande	Albanien	alle anderen
	Bulgarien	Norwegen	Armenien	
	Dänemark	Österreich	Aserbaidschan	
	Estland	Polen	Bosnien-Herzegowina	
	Finnland	Portugal	Georgien	
	Frankreich	Rumänien	Kroatien	
	Griechenland	Schweden	Mazedonien	
	Großbritannien	Schweiz	Moldawien	
	Irland	Slowakei	Russland[a]	
	Island	Slowenien	Serbien	
	Italien	Spanien	Türkei	
	Lettland	Tschechische Republik	Ukraine	
	Liechtenstein	Ungarn	Weißrussland	
	Litauen	Zypern		
	Luxemburg			
	Malta			

[a]Nur für Flughäfen mit den Location Indicators UL, UM, UR, UU, UW an 1. und 2. Stelle

Für die Laufzeit dieser Entgeltordnung kommt eine Kappungsgrenze für Passagierflüge zur Anwendung. Liegt der Sitzladefaktor einer Luftverkehrsgesellschaft (SLF = abfliegende Passagiere dividiert durch pro Flugzeugtyp standardisierte Anzahl an angebotenen Sitzen auf Passagierflügen) bezogen auf alle abgehenden Passagierflüge eines Kalenderjahres über 83 % (Kappungsgrenze), so erfolgt für die darüber hinausgehende Anzahl der abfliegenden Passagiere eine Rückerstattung in folgenden drei Stufen:

Bei einem Sitzladefaktor von:

>83,0–89,99 %	9,00 €	pro abfliegendem Passagier oberhalb des SLF
90,0–96,99 %	9,50 €	pro abfliegendem Passagier oberhalb des SLF
>97,0 %	10,00 €	pro abfliegendem Passagier oberhalb des SLF

Die pro Flugzeugtyp festgelegte standardisierte Anzahl an angebotenen Sitzplätzen ist in Tab. 38.9 aufgelistet. Passagierflüge mit Fluggerät, das nicht aufgeführt ist, werden nach billigem Ermessen unter Berücksichtigung der tatsächlichen Sitzplatzkonfiguration berücksichtigt. Die Erstattung erfolgt zu Beginn des jeweiligen Folgejahres zinslos als Gutschrift, soweit mindestens 150 Starts im Kalenderjahr durchgeführt wurden. Abhängig von der Höhe des Erstattungsbetrages wird zum Halbjahr eine Gutschrift in Höhe von 75 % des Anspruchsbetrages vorgenommen, sofern der Gutschriftbetrag 10.000,00 € überschreitet. Die Abschlagszahlung erfolgt unter Vorbehalt und muss anteilig zurückbezahlt werden, wenn der bei der Jahresabrechnung festgestellte tatsächliche Anspruch geringer ist.

Tab. 38.9 Standard-Sitzplatzangebot als Berechnungsgrundlage für die Kappungsgrenzen der Passagierentgelte 2012 [105]

Kappungsgrenze Passagierentgelte 2012 - Sitzplatzangebot (Berechnungsgrundlage)											
Airbus		Boeing				Sonstige					
Flugzeugtyp	Standard-Sitzplatz-angebot	Flugzeugtyp	Standard-Sitzplatz-angebot	Flugzeugtyp	Standard-Sitzplatz-angebot	Flugzeugtyp	Standard-Sitzplatz-angebot	Flugzeugtyp	Standard-Sitzplatz-angebot	Flugzeugtyp	Standard-Sitzplatz-angebot
A306	265	B 712	105	B 753	255	A 140	50	DH 8A	37	MD-82	146
A30B	295	B 732	117	B 762	203	AT 43	46	DH 8C	50	MD-83	164
A310	228	B 733	123	B 763	235	AT 45	46	DH 8D	72	MD-87	114
A318	114	B 734	148	B 764	238	AT 72	67	E 135	37	MD-88	146
A319	127	B 735	105	B 772	275	B 461	80	E 145	49	MD-90	149
A320	151	B 736	107	B 773	364	B 462	84	E 170	72	RJ 1H	104
A321	181	B 737	127	B77L	270	B 463	89	F 100	99	RJ 85	86
A332	257	B 738	180	B77 W	380	CR 1	50	F 50	50	SB 20	50
A333	255	B 741	371	–	–	CR 2	50	F 70	77	TU 154 M	152
A342	253	B 742	371	–	–	CR 7	70	IL 96	235	TU 204	177
A343	253	B 743	371	–	–	CR 9	70	J 328	31	YK 42	103
A346	340	B 744	375	–	–	D 328	33	L 101	307	–	–
–	–	B 74S	321	–	–	DC-10	277	MD-11	283	–	–
A388	527	B752	202	–	–	DC-93	115	MD-81	146	–	–

Transferfluggäste sind Passagiere, die ihre Flugreise am Flughafen Frankfurt/M unterbrechen und noch am gleichen Kalendertag mit einem anderen Fluggerät (mit unterschiedlicher Flugnummer) weiterfliegen als sie angekommen sind. Abflugort und Zielort müssen unterschiedlich sein.

Transitfluggäste sind Passagiere, die ihre Flugreise am Flughafen Frankfurt/M unterbrechen und mit demselben Flugzeug ihren Flug fortsetzen, mit dem sie angekommen sind.

38.3 Sicherheitsentgelte

Zusätzlich zu den verschiedenen Komponenten des Lande- und Startentgelts ist bei allen Flügen ein Sicherheitsentgelt zu entrichten, das sich nach der Zahl der beim Start an Bord des Luftfahrzeugs befindlichen Fluggäste bemisst. Zusätzlich ist ein Sicherheitsentgelt zu entrichten, das sich nach der bei Landung und Start an Bord befindlichen Fracht- und Postmenge bemisst. Die Entgelte betragen pro Passagier an Bord bei Start 1,21 €, pro angefangene 100 kg an Bord bei Landung und Start 0,20 €.

38.4 Abstellentgelte

Für die Abstellung von Luftfahrzeugen auf dem Flughafen ist ein Mietzins (Abstellentgelt) an den Flughafenunternehmer zu entrichten. Die Höhe des Abstellentgelts wird nach der von dem Luftfahrzeug benötigten Positionsgröße (Tab. 38.10) und der Dauer des Abstellvorgangs bemessen. Die Dauer des Abstellvorgangs bemisst sich an der Zeit zwischen „On-block“ und „Off-block“ des Fluggeräts. Für die Benutzung einer Gebäudeposition wird ein von der Flugzeuggröße abhängiger Zuschlag erhoben.

Für jeden Abstellvorgang wird pro angefangene Stunde ein Grundentgelt berechnet.

Es beträgt für Luftfahrzeug von 00.00 bis 23.59 Uhr Ortszeit für:

Positionsgruppe 1 bis zu 10 Stunden 9,50 €, ab der 11. Stunde bis 24 Stunden (maximaler Tagessatz) von 95,00 €. Je weitere angefangene 24 Stunden beträgt die Tagespauschale 95,00 €.

Von 06.00 bis 21.59 Uhr Ortszeit für:

Positionsgruppe 2 bis zu 2 Stunden 21,00 €
Positionsgruppe 3 bis zu 3 Stunden 31,50 €
Positionsgruppe 4 bis zu 4 Stunden 42,50 €
Positionsgruppe 5 bis zu 5 Stunden 45,00 €
Positionsgruppe 6 bis zu 5 Stunden 48,00 €
Positionsgruppe 7 bis zu 5 Stunden 51,00 €
Positionsgruppe 8 bis zu 5 Stunden 54,00 €
Positionsgruppe 9 bis zu 5 Stunden 57,00 €.

Von 22.00 bis 05.59 Uhr Ortszeit für:

Positionsgruppe 2 10,00 €
Positionsgruppe 3 16,00 €
Positionsgruppe 4 22,00 €
Positionsgruppe 5 25,00 €
Positionsgruppe 6 26,50 €
Positionsgruppe 7 28,00 €
Positionsgruppe 8 29,50 €
Positionsgruppe 9 31,00 €.

Bei Überschreitung der genannten Zeiten (mit Ausnahme von Positionsgruppe 1) beträgt das Entgelt pro angefangene zusätzliche Stunde in der Zeit von 06.00 bis 21.59 Uhr Ortszeit für Luftfahrzeuge bezogene Zeitzuschläge der folgenden Positionsgruppen:

Positionsgruppe 2 36,00 €
Positionsgruppe 3 47,00 €
Positionsgruppe 4 58,50 €
Positionsgruppe 5 65,00 €
Positionsgruppe 6 68,00 €
Positionsgruppe 7 71,00 €
Positionsgruppe 8 74,50 €
Positionsgruppe 9 77,50 €.

Für Abstellvorgänge auf dem Vorfeld wird kein weiteres Zusatzentgelt berechnet. Für Abstellvorgänge auf einer Gebäudeposition werden pro Vorgang zusätzlich berechnet:

Positionsgruppe 2 22,50 €
Positionsgruppe 3 45,00 €
Positionsgruppe 4 67,50 €
Positionsgruppe 5 90,00 €
Positionsgruppe 6 92,50 €
Positionsgruppe 7 95,00 €
Positionsgruppe 8 97,50 €
Positionsgruppe 9 125,00 €.

Für die regelmäßige Abstellung von Luftfahrzeugen kann zwischen dem Luftfahrzeughalter und dem Flughafenunternehmer vor Beginn der Abstellung ein Mietvertrag geschlossen werden. Dies gilt auch für eine ununterbrochene Abstellung, die voraussichtlich eine Dauer von mehr als 30 aufeinander folgenden Tagen umfasst. Tabelle 38.10 zeigt die benötigten Positionsgrößen pro Luftfahrzeug in Abhängigkeit der Spannweite und der Rumpflänge.

Tab. 38.10 Benötigte Positionsgröße pro Luftfahrzeug

Positionsgruppe 1	Positionsgruppe 2		Positionsgruppe 3		Positionsgruppe 4
alle Positionen im Bereich der „Allgemeinen Luftfahrt“	max. Spannweite 30 m, max. Länge 32 m		max. Spannweite 38 m, max. Länge 47 m		max. Spannweite 48 m, max. Länge 58 m
Abrechnung nur für Fluggerät der allgemeinen Luftfahrt, soweit dieses in Positionsgruppe 2 eingestuft ist und auf den Positionen der allgemeinen Luftfahrt abgestellt wird.[a, b]	AN 26	DH 8A	AN 12	DC-92	AN 22
	AN 30	DH 8B	AN 28	DC-93	A30B
	AN 32	DH 8C	AN 72	DC-94	A306
	ATP	DH 8D	A318	DC-95	A310
	AT 43	E 170	A319	E 190	B 701
	AT 44	F 27	A320	F 100	B 703
	AT 45	F 28	A321	L 188	B 752
	AT 72	F 50	BA 11	MD-81	B 753
	A748	F 60	B 712	MD-82	B 762
	B 461	F 70	B 721	MD-83	B 763
	B 462	RJ 1H	B 722	MD-87	C 130
	B 463	RJ 70	B 733	MD-88	C 160
	B 732	RJ 85	B 734	MD-90	DC-85
	B 735	SB 20	B 736	TU 134	DC-86
	CRJ 1	SF 34	B 737	YK 42	DC-87
	CRJ 2	SH 33	B 738		IL 18
	CRJ 7	SH 36	B 739		IL 62
	DC-3	YK 40			TU 154
	DHC 5				TU 204
					TU 214

Positionsgruppe 5	Positionsgruppe 6	Positionsgruppe 7	Positionsgruppe 8
max. Spannweite 52 m max. Länge 62 m	max. Spannweite 61 m, max. Länge 64 m	max. Spannweite 65 m und max. Länge 71 m	max. Spannweite 65 m und max. Länge 76 m
B 764	A332	A345	A346
DC-10	A333	B 741	AN 124
IL 76	A342	B 742	B 773
IL 86	A343	B 743	B77 W
L 1011	B 74S	B 744	Positionsgruppe 9 Code F max. Spannweite > 65 m und Länge > 76 m
MD-11	B 771	B77L	
	B 772	B777 Frachter	
	B 787-8		
	B787-9		A380
	IL 96		B747-8 I

[a]Für alle Flugzeugmuster im Fluglinienverkehr, die andere Positionen als die im Bereich der „Allgemeinen Luftfahrt“ des Flughafens benutzen, erfolgt die Abrechnung mit dem Entgeltsatz für die jeweilige Positionsgruppe, die der Größe des Fluggeräts entspricht. Zur Anwendung kommen daher mindestens die Entgeltsätze der Positionsgruppe 2

[b]Für alle Flugzeugmuster, deren Abmessungen größer als die der Positionsgruppe 2 sind, erfolgt die Abrechnung stundenweise mit dem Entgeltsatz für die jeweilige Positionsgruppe, die der Größe des Fluggeräts entspricht, auch wenn sie auf den genannten GAT-Positionen abgestellt sind

38.5 Meldeverfahren für Passagiere, Fracht und Post

Zu melden sind bei Landung beziehungsweise Start an Bord befindliche

a) Passagiere
   Ausgenommen sind die im Dienst befindliche Flugzeugbesatzung, Kinder bis zu zwei Jahren, die keinen eigenen Sitzplatz beanspruchen, Passagiere, die mit Militärflugzeugen reisen, Passagiere, die mit voll vom Militär gecharterten Zivilflugzeugen reisen. Die gemeldete Anzahl muss die Last-Minute-Passagiere (LMC) beinhalten.
b) Fracht und Post
   Zur Fracht und Post zählen alle Sendungen, die befördert werden, unabhängig davon, ob Teile der Ladung im Auftrag einer anderen Luftverkehrsgesellschaft (Joint-Venture-Operation) oder für Zwecke der Luftverkehrsgesellschaft selbst (Dienst- und Servicefracht/-post) transportiert werden. Die Massen der Ladehilfsmittel (ULD) wie zum Beispiel Container, Paletten, Iglus, Netze und anderes zählen nicht zur Frachtbeziehungsweise Postmasse. Die Mengen sind in Kilogramm (kg) zu melden.

Der amtliche Flugbericht ist Bestandteil der Flugbetriebsmeldung für den Flughafen Frankfurt/M und wird in Papierform nur noch in Ausnahmefällen eingesetzt. Anstelle dieses Formulars ist eine entsprechende Datei auf EDV-Datenträger aufzubereiten und an die Fraport AG zu übermitteln. Diese Datei ist im Datensatzaufbau vom Statistischen Bundesamt und der Fraport AG einheitlich vorgegeben. Sie muss sämtliche Tatbestände des Flugberichts und der Flugbetriebsmeldung enthalten.

Die Bereitstellung und Weitergabe der für die Aufbereitung der amtlichen Flugberichte und der Flugbetriebsmeldungen erforderlichen Inbound- und Outbound-Messages an den Flughafen Frankfurt muss von der Luftverkehrsgesellschaft gewährleistet werden. Generell handelt es sich um Messages wie zum Beispiel Load Data Message (LDM), Passenger Transfer Message (PTM), Movement (MVT), Inbound Connection List (ICL), Container Palett Message (CPM), Statistical Load Summary (SLS) und andere. In den Messages für die Umsteiger müssen Streckenherkunfts- und Streckenzielflughäfen mit dazugehörigen Flugnummern enthalten sein. Personenbezogene Informationen werden dabei nicht an die Fraport AG weitergegeben.

Die Erhebung und Weitergabe der Daten des amtlichen Flugberichts an das Statistische Bundesamt ist durch das Gesetz über die Luftfahrtstatistik geregelt. Die Meldung ist spätestens am Tag nach der Landung beziehungsweise dem Start an die Fraport AG zu übermitteln. Falls die Meldung bei der Fraport AG nicht vorliegt, werden für die Berechnung der Flughafenentgelte die maximal möglichen Belademengen zugrunde gelegt. Bei Reklamationen von Rechnungen wird zur Sicherstellung einer zügigen Bearbeitung um Überlassung entsprechender Nachweise von Ladedaten (LDM, Loadsheet und anderem) gebeten. Die Fraport AG behält sich vor, Bearbeitungskosten zu berechnen, wenn

Reklamationen mit fehlenden oder fehlerhaften Flugbetriebsmeldungen in Zusammenhang stehen. Die Frist für die Annahme von Reklamationen beträgt drei Monate nach Rechnungsdatum.

Zur gemeinsamen Erstellung des Flugberichts für die amtliche Statistik und der Flugbetriebsmeldung für den Flughafen wird auf dem Flughafen Frankfurt/M das EDV-gestützte System FLIRT*FRA zur elektronischen Datenerfassung und -übermittlung eingesetzt. Das Programm wird den auf dem Flughafen FRA tätigen Luftverkehrsgesellschaften oder Handlings-Agenten von der Fraport AG ohne gesonderte Berechnung zur Verfügung gestellt.

38.6 An- und Abfluggebühren für Flugsicherungsdienstleistungen

Das Flugsicherungsunternehmen DFS Deutsche Flugsicherung nimmt für die Bundesrepublik Deutschland die in § 27c Absatz 2 des Luftverkehrsgesetzes aufgeführten Flugsicherungsaufgaben wahr. Die Aufwendungen hierfür sind über Einnahmen zu decken (Gebühren, Erstattungen und sonstige Einnahmen). Für die Inanspruchnahme von Diensten und Einrichtungen der Flugsicherung durch Luftfahrzeuge beim An- und Abflug auf den deutschen Verkehrsflughäfen werden An-/Abfluggebühren erhoben. Für die Inanspruchnahme von Streckennavigations-Diensten und Streckennavigations-Einrichtungen der Flugsicherung bei der Benutzung des Luftraums der Fluginformationsgebiete der Bundesrepublik Deutschland werden Streckengebühren erhoben. Mit der vierzehnten Verordnung zur Änderung der Flugsicherungs- An-/Abflug-Kostenverordnung vom 16.12. 2010 hat der Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) die ab dem 01.01.2011 geltenden Gebührensätze und weitere Regelungen neu festgesetzt. Die DFS Deutsche Flugsicherung GmbH stellt ihren Nutzern die Flugsicherungsleistungen über Gebühren in Rechnung (§ 31 b Abs. 3 LuftVG). Hierbei hat sie trotz ihrer privatrechtlichen Organisationsform Verwaltungsrecht anzuwenden.

Für die Inanspruchnahme von Flugsicherungsleistungen durch Luftfahrzeuge beim An- und Abflug an den Flughäfen Berlin (Tegel bis 2013), Berlin Brandenburg, Bremen, Dresden, Düsseldorf, Erfurt, Frankfurt/M, Hamburg, Hannover, Köln/Bonn, Leipzig/Halle, München, Münster/Osnabrück, Nürnberg, Saarbrücken und Stuttgart werden Gebühren erhoben. An-/Abflug sowie wiederholte Durchstartanflüge gelten als ein einziger Flug. Zähleinheit ist der Abflug. Auf den vorgenannten Gebührensatz wird Umsatzsteuer mit dem derzeit geltenden Satz von 19 % erhoben.

Die Gebühr für eine Inanspruchnahme durch ein Luftfahrzeug wird berechnet nach der Gl. 38.2/38.3.

$$R = t \times p \tag{38.2}$$

$$R = t \times (MTOM/50)^{0,7} \tag{38.3}$$

mit:
R =An-/Abfluggebühr,
t =Gebührensatz,
p =Massefaktor des Luftfahrzeuges (Flugzeuges)

Der Massefaktor (p) entspricht dem auf zwei Dezimalstellen berechneten Quotienten aus der durch fünfzig geteilten Zahl, die das in Tonnen ausgedrückte, im Lufttüchtigkeitszeugnis oder in einem anderen vom Luftfahrzeughalter vorgelegten, gleichwertigen amtlichen Dokument eingetragene, zulässige Starthöchstmasse des Luftfahrzeuges angibt, potenziert mit 0,7

Die Vorschriften der An-/Abflug-Gebührenverordnung sind in der AIC IFR 2, 10 FEB 2011 wiedergegeben. Der Gebührensatz für An-/Abflüge beträgt in 2012:

171,29 € zuzüglich der gesetzlichen Umsatzsteuer von derzeit 19 %. Vormalige Bestimmungen für Flüge nach Sichtflugregeln sowie für Luftfahrzeuge unter 2.000 kg MTOM entfielen ab 1.1.2010. Nachfolgend einige Beispiele für An-/Abfluggebühren, Stand 2012:

Flugzeugtyp: Cessna 150 / MTOM: 0,7 t / Gebühr = 8,56 €
Flugzeugtyp: LR35 / MTOM: 8,3 t / Gebühr = 47,96 €
Flugzeugtyp: B737 / MTOM: 58,0 t / Gebühr = 190,13 €
Flugzeugtyp: A320 / MTOM: 73,5 t / Gebühr = 224,39 € [72].

38.7 Luftsicherheitsgebühren

Für die Durchsuchung von Passagieren und deren Gepäck auf den Flugplätzen zum Schutz vor Angriffen auf die Sicherheit des Luftverkehrs (§ 5 Luftsicherheitsgesetz, LuftSiG) [66] werden Gebühren erhoben. Die Kostenverordnung der Luftfahrtverwaltung (LuftKostV) [73] gilt bis zum Erlass einer Rechtsverordnung auf der Grundlage des § 17 Abs. 2 LuftSiG unverändert. Rechtsgrundlage sind die §§ 1 und 2 der LuftKostV in Verbindung mit Anlage VII Nummer 29 der LuftKostV. Vor dem Hintergrund der Urteile des Bundesverwaltungsgerichtes vom 18. März 2004 (Az. 3 C 23.03 und 24.03) sind der bewaffnete Schutz der Kontrollstellen, die Bestreifung der Sicherheitsbereiche und bewaffnete Standposten bei gefährdeten Luftfahrzeugen nicht Bestandteil der Luftsicherheitsgebühr.

Für alle Luftfahrtunternehmen besteht die Verpflichtung, der zuständigen Behörde die Anzahl der beförderten Fluggäste mitzuteilen. Zu erfassen sind dabei alle Passagiere, die vor Abflug oder Weiterflug einer Sicherheitskontrolle unterzogen werden. Ausgenommen hiervon sind lediglich Kinder bis zu zwei Jahren ohne eigenen Flugschein. Transfer- und Transitpassagiere, die vor Weiterflug einer Sicherheitskontrolle unterzogen werden, sind ebenfalls als Passagiere im genannten Sinne zu erfassen. Die Flugzeugbesatzungen des betreffenden Fluges sind keine Passagiere. Dagegen sind nicht im Dienst befindliche Crew-Mitglieder als Passagiere zu betrachten.

Tab. 8.11 Luftsicherheitsgebühren (Stand 01.01.2012)

Flugplatz	Gebühr 01.01.2012–31.12 2012 (€)
Baden-Württemberg	
Stuttgart (BPOL)	4,06
Friedrichshafen	6,55
Karlsruhe/Baden-Baden	4,35
Mannheim	10,00
Bayern	
München	5,32
Nürnberg	5,92
Hof/Plauen	6,20
Memmingen/Allgäu	4,26
Berlin	
Berlin Tegel (BPOL) bis Mitte 2012	4,60
Berlin Brandenburg	3,85
Bremen	
Bremen (BPOL)	5,09
Hamburg	
Hamburg (BPOL)	3,48
Hessen	
Frankfurt (BPOL)	6,38
Mecklenburg-Vorpommern	
Rostock-Laage	5,36
Heringsdorf	3,95
Niedersachsen	
Hannover (BPOL)	6,47
Braunschweig	8,56
Nordrhein-Westfalen	
Düsseldorf (BPOL)	3,58
Köln/Bonn (BPOL)	4,72
Münster/Osnabrück	7,42
Paderborn/Lippstadt	6,66
Dortmund	4,46
Niederrhein	3,63
Rheinland-Pfalz	
Frankfurt Hahn	4,35
Zweibrücken	3,58

(Forsetzung)

Tab. 8.11 (Forsetzung)

Saarland	
Saarbrücken (BPOL)	6,29
Sachsen	
Leipzig/Halle (BPOL)	3,96
Dresden (BPOL)	3,79
Sachsen Anhalt	
Magdeburg	4,35
Schleswig-Holstein	
Lübeck-Blankensee	4,35
Westerland/Sylt	5,44
Thüringen	
Erfurt (BPOL)	10,00

Die Gebühr wird auf den Verkehrsflughäfen Berlin Brandenburg (Berlin-Tegel bis 2014), Bremen, Dresden, Düsseldorf, Erfurt, Frankfurt/Main, Hamburg, Hannover, Köln/Bonn, Leipzig/Halle, Saarbrücken und Stuttgart durch die Bundespolizei (BPOL) berechnet und eingezogen, auf den übrigen Flughäfen durch die jeweilige Landesbehörde. Diese Behörden übersenden den Luftfahrtunternehmen anhand der übermittelten Passagierzahlen entsprechende Kostenbescheide. Die Luftfahrtunternehmen stellen diese Kosten ihren Passagieren in Rechnung.

Einfluss auf die Gebührenhöhe haben u.a. das Passagieraufkommen des jeweiligen Flughafens und der Standort der Sicherheitskontrollen (zentral oder direkt am Flugsteig). Der Rahmen für die Gebühr ist mit 2,00 € als Unter- und 10,00 € als Obergrenze (vgl. Nr. 2 der Anlage zu § 1 Abs. 1 LuftSiGebV) festgelegt. Erhöhungen innerhalb dieses Rahmens werden von den genannten Behörden anhand von Berechnungen der zu deckenden Kosten vorgenommen. Anpassungen erfolgen in der Regel jährlich zum 1. November bzw. zum 1. Januar, wobei die beabsichtigten Veränderungen der Gebührenhöhe üblicherweise vorher bekannt gegeben werden, um den Luftverkehrsgesellschaften und Reiseveranstaltern die Preiskalkulation zu erleichtern. Das Bundesministerium des Inneren gibt die von den Ländern und der Bundespolizei entsprechend übermittelten Gebührensätze in nachstehender Zusammenstellung bekannt (Tab. 38.11) [33].

Die Bekanntgabe der Gebühren erfolgt auch im Internet des Bundesministeriums des Innern (www.bmi.bund.de) [33].

Wartungs-, Instandhaltungs- und Reparatursysteme

39

39.1 Begriffsabgrenzungen und Definitionen

In der Luftfahrt haben sich in der Flugzeuginstandhaltung vielfach angelsächsische Begriffe durchgesetzt. So spricht man im Zusammenhang mit Flugzeuginstandhaltung auch vom MRO, d. h. von Maintenance, Repair and Overhaul.

Unter in Folgenden als Geräte bezeichneten Elementen werden luftfahrttechnische Systeme eines Flugzeuges verstanden, welche nicht unmittelbar zum Flugwerk (Tragwerk oder Rumpf) oder zum Triebwerk des Flugzeuges gehören. Der angelsächsische Begriff für Geräte lautet „Components". Im Zusammenhang mit der Geräteinstandhaltung wird somit auch von „Component-MRO" gesprochen.

Der Begriff „Capability" bezeichnet die „Fähigkeiten" eines Instandhaltungsbetriebes, d. h. seine technischen Möglichkeiten in Bezug auf die Flugzeuginstandhaltung.

39.2 Grundlagen der Instandhaltung

Die Instandhaltung stellt einen elementaren Bestandteil der heutigen Luftfahrtindustrie dar. Technische Anlagen und Systeme werden immer komplexer und erhöhen damit, gerade unter dem wachsenden Wettbewerbsdruck, stetig die Bedeutung der Instandhaltung. In der heutigen Situation sind die Produktivitätsreserven weitestgehend ausgeschöpft, die Personalkosten sind sehr hoch und der Zwang zur sparsamen Energie- und Rohstoffverwendung besteht heute in allen Bereichen der Technik. In diesem Kontext zeigt sich die weiter zunehmende Bedeutung der Instandhaltung im Bezug auf die Lebensdauererhöhung von Produkten oder Komponenten, ebenso wie auf den angemessenen Einsatz von Betriebsstoffen und die umweltrelevanten Schadstoff-Emissionen.

Die DIN-Norm 31051 bezeichnet die Instandhaltung als „Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Sollzustandes, sowie zur Feststellung und Beurteilung des

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_39,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Ist-Zustandes“. Somit schließt die Instandhaltung alle Maßnahmen ein, die technischen Mittel eines Systems betreuen, d. h. sie pflegen, ihren Zustand zu beurteilen und bedarfsweise zu erneuern. Kennzeichnend für die Instandhaltung ist das Vorhandensein eines Instandhaltungsobjektes, einer Instandhaltungsmaßnahme und einer Instandhaltungsmaßgröße. Diese Maßgröße bzw. Zielgröße ist der sog. Sollzustand, ein geforderter fest bestimmter Zustand des Instandhaltungsobjektes. Instandhaltungsobjekte sind Systeme, bzw. Unter- und Subsysteme sowie Anlagen, bzw. Anlagenteile und Elemente. Aufgrund dieser Definition lässt sich die Instandhaltung weiter eingrenzen. Es zählen beispielsweise die Beschaffung von Material und Energie, der Arbeitsschutz und der Umweltschutz nicht zur Instandhaltung, da das Zielobjekt in diesem Falle nicht die technische Anlage oder das System ist.

Die Aufgaben der Instandhaltung bestimmen sich aus der Definition ihrer verschiedenen Maßnahmen, der Wartung, Inspektion und der Instandsetzung. Die Ziele der Instandhaltung lassen sich jedoch nicht ohne Weiteres definieren. Vielmehr sind sie immer abhängig von unternehmensspezifischen Entscheidungen und Strategien. Diese können unterschiedlich sein. So kann es z. B. ein Ziel sein, die Ausfallzeiten einer Anlage zu minimieren, ebenso kann es ein Ziel sein, die Instandhaltungskosten möglich gering zu halten. Andere Ziele sind die Maximierung der Betriebssicherheit, oder der maximaler Werterhalt einer Anlage. Die verschiedenen Ziele und die Strategien zu deren Erreichung sind sehr vielfältig und hängen von der individuellen Situation des Unternehmens ab. Um die einzelnen Ziele der Instandhaltung genauer zu definieren ist eine Betrachtung der einzelnen Branchen, der Systeme und Anlagen sowie der wirtschaftlichen und technischen Rahmenbedingungen notwendig.

39.2.1 Luftrechtliche Grundlagen

Aufgrund der hohen Risiken für Mensch und Umwelt, die sich bei dem Betrieb eines Flugzeuges ergeben, unterliegt der Luftverkehr weitgehend multinationalen Reglementierungen und staatlichen, luftverkehrsrechtlichen Vorschriften. Da die Flugzeuginstandhaltung einen elementaren Beitrag zum sicheren Betriebsverhalten von Flugzeugen leistet, ist sie in hohem Maße gesetzlich geregelt. In der Bundesrepublik Deutschland werden die gesetzlichen Regelungen im Luftverkehr durch das Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung (BMVBS), das Luftfahrtbundesamt (LBA) bis 2014, und zunehmend durch die Europäische Agentur für Flugsicherheit (EASA), erlassen. Für die Regeln und Verfahren zur Nutzung des Luftraumes zeichnet sich das deutsche Flugsicherungsunternehmen (derzeit die DFS Deutsche Flugsicherung GmbH) verantwortlich. In den USA werden diese Aufgaben von der Federal Aviation Administration (FAA) wahrgenommen. Die wichtigsten deutschen Gesetze und Verordnungen bezüglich der Flugzeug-Instandhaltung sind das Luftverkehrsgesetz (LuftVG) [68], die Betriebsordnung für Luftfahrtgerät (LuftBO) [69] und die Verordnung zur Prüfung von Luftfahrtgerät (LuftGerPV). Des Weiteren

gelten diverse Joint Aviation Requirements (JAR's). Die JAR′s werden von den Joint Aviation Authorities (JAA), einer Arbeitsgruppe europäischer Luftfahrtbehörden gemeinsam ausgearbeitet und veröffentlicht. Die einzelnen Mitgliedsstaaten der JAA übernehmen die JAR′s dann in ihr nationales Recht, da die JAA keine Rechtshoheit besitzt. Somit wird die Harmonisierung der Luftfahrtregularien der verschiedenen Mitgliedsländer vereinfacht. Die JAA, damals noch Joint Airworthiness Authorities, ging in den 70er Jahren als Arbeitsgemeinschaft europäischer Luftfahrtverwaltungen aus den Bemühungen der European Civil Aviation Community (ECAC) hervor, um dem Bedarf der europäischen Luftfahrtindustrie (u. a. Airbus Industries) an einheitlichen Zertifizierungsrichtlinien für Großraumflugzeuge und Triebwerke, gerecht zu werden. In den darauf folgenden Jahren wurde das Aufgabenspektrum der JAA vielfach erweitert. Heute definiert sich die JAA als die Gesamtheit aller Behörden, „die das JAA-Arrangement vom 11. September 1990" unterzeichnet haben, wobei jede von Ihnen nach gemeinsamen Verfahren tätig wird. Die Kooperation der Staaten, aber auch der Luftfahrtindustrie, welche in den entsprechenden Gremien vertreten ist, gewährleistet einen hohen und nachhaltigen Sicherheitsstandard in der europäischen Luftfahrt. Die europäischen Richtlinien sind jeweils mit den in den USA gültigen FAA-Richtlinien zu harmonisieren.

Am 28.9.2003 hat die Europäische Agentur für Flugsicherheit (European Aviation Safety Agency (EASA)) die Arbeit aufgenommen. Bis zum Jahr 2012 sollte die EASA die JAA komplett ersetzten. Damit wurde eine europäische Agentur, ähnlich wie die amerikanische FAA, geschaffen, welche die europäischen Luftverkehrsvorschriften direkt in europäisches Recht umsetzt.

Laut deutschen Luftverkehrsgesetz (LuftVG) wird „ein Luftfahrzeug zum Verkehr nur zugelassen, wenn der Nachweis der Verkehrssicherheit nach der Prüfordnung für Luftfahrtgerät geführt ist." Dazu regelt die LuftGerPV „die Anforderungen und das Verfahren der Prüfung von Luftfahrtgerät auf seine Lufttüchtigkeit im Rahmen der Entwicklung, Herstellung und Instandhaltung." Aufgabe der Instandhaltung in der zivilen Luftfahrt ist somit auch der kontinuierliche Nachweis der Lufttüchtigkeit im Sinne der LuftBO. Weiterhin regelt die LuftBO: „Der Halter hat das Luftfahrtgerät in einem solchen Zustand zu erhalten und so zu betreiben, dass kein anderer gefährdet, geschädigt oder mehr als nach den Umständen entsprechend unvermeidbar behindert oder belästigt wird." Dementsprechend hat der Halter des Luftfahrtgerätes Instandhaltungsmaßnahmen zu veranlassen, um dauerhaft dessen sicheren Betrieb zu garantieren. Die Instandhaltungsmaßnahmen dürfen nur von einem dafür genehmigten Betrieb ausgeführt werden. Diese Instandhaltungsbetriebe werden derzeit nach der JAR-145, einer entsprechenden „Technical JAR" zugelassen. Die zulassende Instanz ist dabei die zuständige Luftverkehrsbehörde des jeweiligen Landes, welches die JAR-145 als geltendes europäisches Recht umsetzt. Die Instandhaltungsbetriebe stellen für alle durchgeführten Arbeiten ein Zertifikat aus, das „Certificate of release to Service" (im Folgenden Zertifikat genannt), welches die Vorraussetzung für den Betrieb eines Flugzeuges oder einer darin verbauten Komponente darstellt.

39.2.2 Wirtschaftliche Grundlagen

Ein Flugzeug stellt ein besonders kapitalintensives Betriebsmittel für die Luftverkehrsgesellschaften dar. Das durch das Flugzeug gebundene Kapital muss sich über die Betriebsdauer (Nutzungsdauer) des Flugzeuges amortisieren. Die Luftverkehrsgesellschaft ist somit daran interessiert, die technische Lebensdauer ihrer Flugzeuge zu erhöhen und somit deren Wertverlust möglichst gering zu halten.

Die Kapazität (Nutzlast) des Flugzeuges ist möglichst optimal über die gesamte Betriebsdauer zu nutzen. Das Flugzeug als Betriebsmittel „produziert" dabei nur in seiner Hauptnutzungszeit im Flugbetrieb. Nebennutzungszeiten (Instandhaltung) und Zeiten außerhalb Betriebs (Bodenzeiten) erzielen keine Rendite. Die Instandhaltung muss somit eine hohe Verfügbarkeit der Flugzeuge sicherstellen. Ungeplante Bodenzeiten der Flugzeuge verursachen hohe Folgekosten. Diese können direkter monetärer Natur sein (z. B. AOG-Bestellkosten, AOG = „Aircraft on Ground", Ausgleichszahlungen für Passagiere, etc.)." Kann ein Flugzeug aufgrund eines Systemschadens nicht mehr weiterfliegen (NO GO-Fehler), so spricht man von einem AOG. Die Behebung des Fehlers muss schnell geschehen und ist deshalb meist mit erhöhten Kosten verbunden (z. B. Express-Materialbestellung). Weiterhin sind aber auch die Folgen auf die Kundenzufriedenheit und das Ansehen der Luftverkehrsgesellschaft zu beachten. Die Zuverlässigkeit der Flugzeuge wird deshalb von den Luftverkehrsgesellschaften ständig über geeignete Kennzahlen, wie die Flugausfallrate, die Verspätungsrate oder die Anzahl der technischen Beanstandungen, überwacht. Betrachtet man die Kosten, welche dem Betreiber eines Flugzeuges entstehen (Total Operating Cost (TOC)), so lassen sich diese unterteilen in direkte (Direct Operating Cost (DOC)) und indirekte operative Kosten (Indirect Operating Cost (IOC)). Die direkten operativen Kosten (Betriebskosten) eines Flugzeuges sind dabei abhängig von den tatsächlichen Flugstunden (Beschäftigungsgrad des Flugzeuges). Dazu gehören beispielsweise die Kraftstoffkosten oder die Flugsicherungsgebühren, da diese nur auftreten, wenn das Flugzeug betrieben wird. Zu den indirekten operativen Kosten zählen dagegen fixe Kosten des Betreibers, die unabhängig von den geleisteten Flugstunden sind. Die Kosten für die Flugzeuginstandhaltung stellen dabei einen großen Teil der direkten operativen Betriebskosten einer Luftverkehrsgesellschaft dar. Sie beziffern sich auf etwa 10–20 % der DOC eines durchgeführten Fluges. Abbildung 39.1 zeigt den Zusammenhang der Instandhaltungskosten zu den Gesamtbetriebskosten eines Flugzeuges.

Eine aus Kostengesichtspunkten gut strukturierte Instandhaltung der Flugzeuge und der entsprechenden Untersysteme hat damit positive Auswirkungen auf die Gesamtkosten des Betreibers.

39.2.3 Operationelle Grundlagen

Aus operationeller Sicht ergibt sich die Notwendigkeit der Flugzeuginstandhaltung aus folgenden Gründen: Erste Priorität hat die Sicherheit des Verkehrsmittels Flugzeug. Die

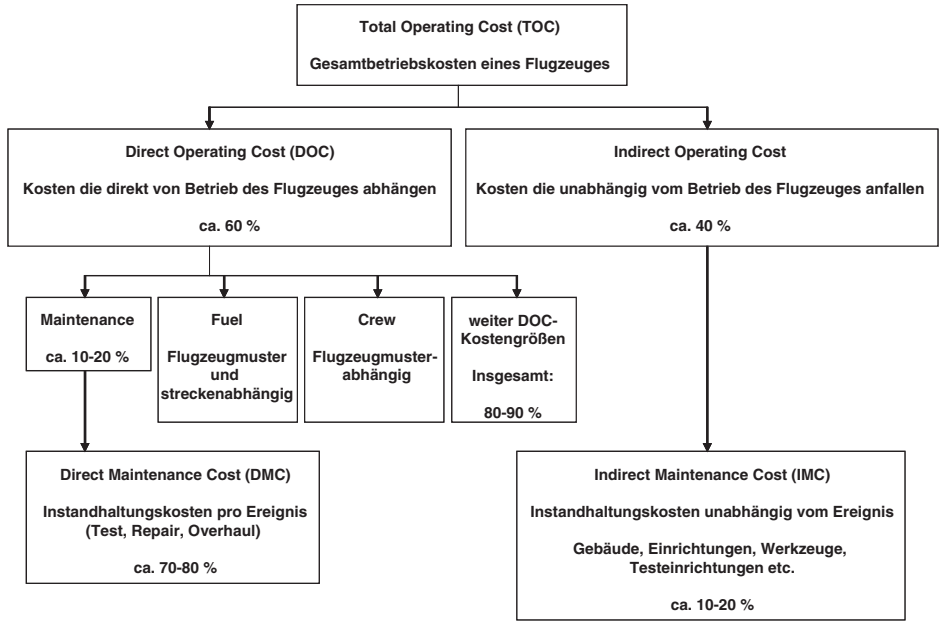


Abb. 39.1 Zusammenhang zwischen Instandhaltungskosten und Gesamtbetriebskosten

Instandhaltungsmaßnahmen sollen gewährleisten, dass die Flugaufgabe (Flugmission) ohne flugsicherheitskritische Zwischenfälle erfolgreich absolviert werden kann. Die Flugzeugumläufe werden von den Luftverkehrsgesellschaften mit komplexen DV-Systemen geplant, um eine möglichst hohe und effiziente Beschäftigung (Auslastung) der Flugzeuge zu erreichen. Ein Ausfall eines Flugzeuges während des geplanten Umlaufs hat teilweise weit reichende Konsequenzen. Aber auch Schäden an Systemen, die nicht direkt zum Totalausfall des Flugzeuges führen, können sich operationell auf die Flugdurchführung auswirken. Ausfälle von Subsystemen, z. B. eines Triebwerks, können dazu führen, dass ein Ausweichflughafen angeflogen werden muss. Andere fehlerhaft arbeitende Subsysteme können beispielsweise zu verminderten Flugleistungen (Performance) führen, so dass möglicher Weise mehr Kraftstoff benötigt wird und sich die Reichweite des Flugzeuges verkürzt. Die operationellen Gründe für Instandhaltungsmaßnahmen sind somit auch meist mit wirtschaftlichen Aspekten verknüpft.

39.3 Ziele der Flugzeuginstandhaltung

Die vier grundlegenden Ziele der Flugzeuginstandhaltung können zusammenfassend wie folgt beschrieben werden:

- Gewährleistung maximal möglicher Sicherheit im Flugbetrieb,
- Beibehaltung einer hohen Einsatzzuverlässigkeit des Flugzeuges,

- Optimierung der Wirtschaftlichkeit im Betriebsablauf,
- Gewährleistung eines hohen Passagierkomforts und eines ordentlichen Erscheinungsbildes.

Abbildung 39.2 zeigt die generellen Ziele der Flugzeuginstandhaltung.

Dabei stellt sich die besondere Aufgabe, vorhandene Spielräume im Spannungsfeld dieser vier Teilziele – nicht alle dieser Ziele sind kompatibel – zu optimieren, und jede Möglichkeit der Produktivitätssteigerung und Kostenreduktion durchzusetzen, wenn dies bei gleich bleibendem Sicherheitsniveau möglich ist. Die Lösung der Problemstellung erfolgt in vier Schritten und beginnt bereits bei der Beschaffung eines neuen Flugzeuges in Zusammenarbeit mit dem Flugzeughersteller.

1. Spezifizierung der technischen Auslegung des neuen Flugzeugmusters,
2. Modifikationen am Flugzeug, falls sich im Betrieb Schwachstellen zeigen,
3. Festlegung des Instandhaltungsprogramms und laufende Anpassung entsprechend der betrieblichen Erfahrung,
4. Organisation und Durchführung der Instandhaltung.

Bei der technischen Auslegung eines Flugzeugsystems finden folgende Gesichtspunkte im Hinblick auf die Instandhaltung Berücksichtigung:

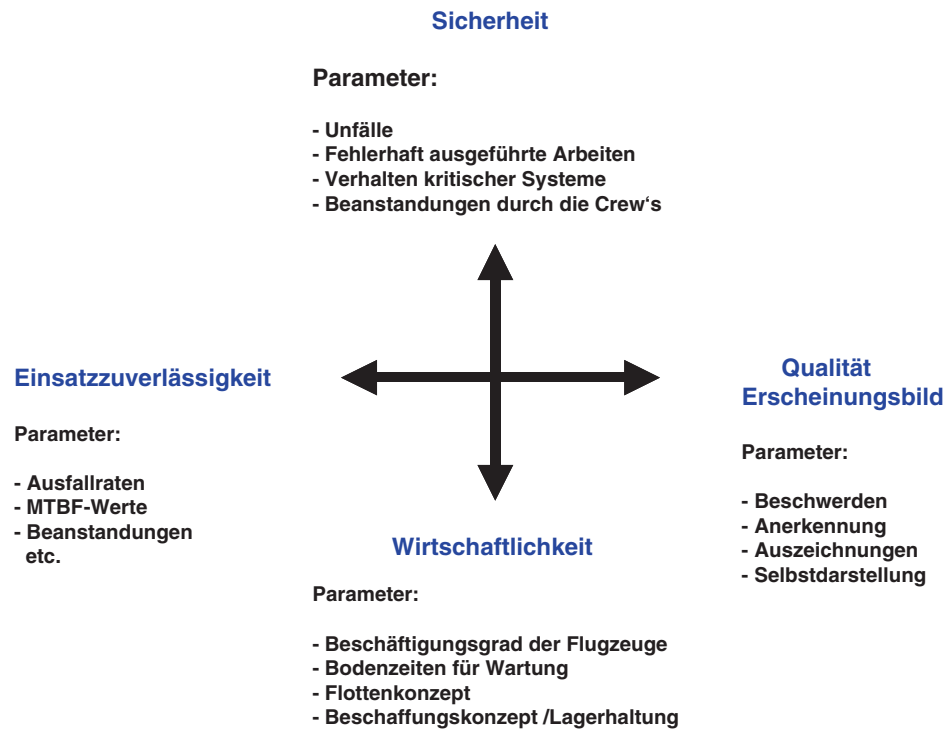


Abb. 39.2 Ziele der Flugzeuginstandhaltung

- die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Fehlern in Verbindung mit der Fehlerauswirkung im Flugbetrieb,
- die Möglichkeit der Erkennung, Lokalisierung und Behebung von Fehlern, sowie,
- eine instandhaltungsfreundliche Konstruktion des Flugzeuges insgesamt („Maintainability").

Dazu sind drei Grundforderungen an die technische Auslegung der Flugzeugsysteme zu stellen:

1. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Fehlern muss gering sein, sie muss um so geringer sein, je kritischer die Fehlerauswirkung eingeschätzt wird. Beispielsweise müssen Fehler mit Auswirkungen auf die Sicherheit der Flugdurchführung eine Eintrittswahrscheinlichkeit kleiner als 10^{-9}, bezogen auf eine Flugstunde, aufweisen. Diese Forderung bedeutet in der Praxis:
   – Die verwendeten Bauteile, Geräte und Systeme müssen einen hohen Grad an technischer Zuverlässigkeit aufweisen, der durch Einsatz in anderen Flugzeugmustern, Erprobungen oder Tests nachgewiesen sein muss, und
   – Bauteile, Geräte und Systeme, deren Fehlerwahrscheinlichkeit, gemessen an den Fehlerauswirkungen zu hoch ist, müssen redundant, d. h. mehrfach vorhanden sein.
2. Auftretende Fehler müssen für die Besatzung möglichst erkennbar sein. Fehler, die im normalen Betrieb nicht erkennbar sind, werden im Rahmen von meist periodischen Kontrollen lokalisiert. Im Rahmen dieser Kontrollen werden die betroffenen Funktionen auf ihre Betriebsfähigkeit überprüft.
3. Die technische Auslegung der Systeme soll es gestatten, aufgetretene technische Fehler möglichst einfach zu lokalisieren und schnell zu beheben.

Aufgabe der Instandhaltung ist es somit, das durch die technische Auslegung bei einem Flugzeug vorhandene Niveau an Sicherheit und Zuverlässigkeit zu erhalten oder, falls eine Verschlechterung dieses Niveaus eingetreten ist, es wieder auf den ursprünglichen Stand zu bringen, und zwar zu den geringsten Kosten und über die gesamte Lebensdauer des betreffenden Flugzeuges.

Dabei ist das ursprüngliche Niveau der Sicherheit und Zuverlässigkeit der Standard, der bei Entwurf und Fertigung des Flugzeuges, seiner Systeme und Komponenten festgelegt wurde. Es ist anzumerken, dass die Instandhaltung nur dieses vermag, nämlich das ursprüngliche Niveau zu erhalten. Die Instandhaltung kann dieses Niveau nicht verbessern.

Sofern eine Ausfallanalyse oder die Betriebserfahrungen ergeben, dass Bereiche vorhanden sind, in denen trotz effektiver Instandhaltungsprogramme die erreichten Werte von Sicherheit oder Zuverlässigkeit nicht den Anforderungen genügen, muss eine Konstruktionsänderung oder ähnliches erfolgen. Derartige Änderungen (Neuerungen, technische Modifikationen) sind in den ersten Jahren des Betriebes eines neuen Flugzeugmusters nicht ungewöhnlich.

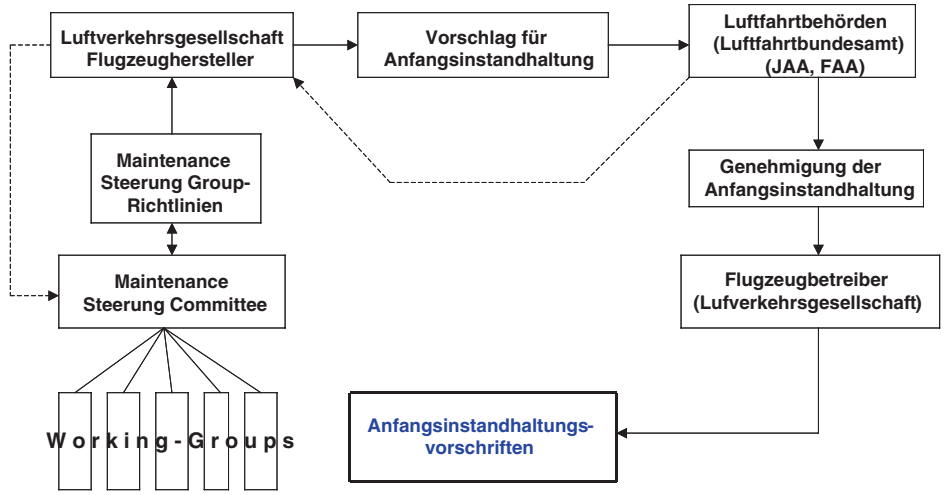


Abb. 39.3 Prozess der Entwicklung eines Erstinstandhaltungssystems

39.4 Erstinstandhaltungssystem

Vor der Einführung bzw. Inbetriebnahme eines neuen Flugzeugmusters werden von einer Arbeitsgruppe, die aus Vertretern der Luftverkehrsgesellschaft (Erstbesteller oder engl. Launching Customer), des Flugzeugherstellers, der Triebwerkshersteller und der zulassenden Behörden ((JAA), LBA, EASA, FAA) besteht, in sehr detaillierter Form die Grundlagen des Erstinstandhaltungssystems erarbeitet und festgelegt. Den generellen Prozess der Entwicklung des Erstinstandhaltungssystems zeigt Abb. 39.3. Diese Arbeitsgruppe (Maintenance Steering Group, MSG) erstellt die so genannten MSG-Richtlinien, die über die Hersteller und Luftverkehrsgesellschaften an die jeweiligen Luftfahrtbehörden gegeben werden.

Als Resultat erhalten die Luftverkehrsgesellschaften die Anfangsinstandhaltungsvorschriften, die im Maintenance Review Board, als MRB-Dokument festgelegt werden. Dieses Dokument ist allerdings ständigen Änderungen unterworfen, die entweder direkt von den Luftfahrtbehörden erarbeitet, oder von den Herstellern in Form so genannter „Service-Bulletins (SB's)" eingebracht werden.

39.5 Methoden der Flugzeuginstandhaltung

Luftfahrtgerät ist im Betrieb meist hohen Belastungen ausgesetzt, die zu Verschleiß führen. Um einem Funktionsausfall von einzelnen Komponenten oder auch kompletten Systemen vorzubeugen, müssen diese zyklisch verschiedenen Instandhaltungsmaßnahmen unterzogen werden. Grundsätzlich stehen zu diesem Zweck zwei verschiedene

Instandhaltungskonzepte zur Verfügung. Dies sind die Präventive Instandhaltung und die Korrektive Instandhaltung.

39.5.1 Präventive Instandhaltung

Die präventive Instandhaltung, oder auch vorbeugende Instandhaltung genannt, soll das Auftreten von Fehlfunktionen u./o. Systemausfällen vermeiden. Dazu werden den Systemen und Komponenten in definierten periodischen Abständen Instandhaltungsmaßnahmen zugeordnet, um das bekannte Maß an Verschleiß zu kompensieren. Die zulässige maximale Betriebszeit zwischen den einzelnen Maßnahmen, die sich von der Wartung bis hin zur Grundüberholung erstrecken können, bezeichnet man als „Hard Time" (HT). Die Hard Time definiert sich dabei, abhängig von der Einsatzspezifikation des Systems/der Komponente/des Gerätes, nach der Kalenderzeit (z. B. Korrosionsprüfungen), nach Cycles oder nach Flugstunden.

Als Cycle bezeichnet man eine Flug (Start bis Landung). Diese Hard Time kommt zur Anwendung wenn Systeme/Komponenten oder Geräte nur in bestimmten Flugphasen, wie z. B. bei Start und Landung zur Anwendung kommen, und dort Verschleiß auftritt (z. B. Räder, Reifen, Fahrwerk, Bremsen). Als Flugstunden (Fh) oder Blockstunden bezeichnet man die Anzahl der Betriebsstunden des Flugzeuges vom Anlassen bis zum Abschalten der Triebwerke je Cycle. Die HT nach Flugstunden findet aber auch bei Systemen/Komponenten/Geräten Anwendung, die sich über den gesamten Betrieb des Flugzeuges abnutzen können.

Eine weitere Möglichkeit der präventiven Instandhaltung bietet die „On Condition Maintenance". Bei dieser Methode werden den Systemen/Komponenten fest definierte Mindestspezifikationen zugewiesen, auf die hin sie periodisch inspiziert und getestet werden. Liegen die Spezifikationen des Systems oder der Komponente innerhalb des zulässigen Bereichs, so wird sie zum weiteren Betrieb bis zur nächsten vorgeschriebenen Inspektion freigegeben, andernfalls ist eine Wartung, Überholung oder ggf. eine Reparatur notwendig. Auch hier ist die Grundidee, ein System, eine Komponente oder Gerät außer Betrieb zu nehmen, bevor eine Fehlfunktion auftritt.

Die präventive Instandhaltung kommt vornehmlich zum Einsatz, wenn es sich bei den instand zu haltenden Komponenten oder Systemen um sicherheitskritische Elemente des Gesamtsystems handelt, oder um Systeme, bei deren Ausfall nicht ausreichend Redundanzfunktionen zur Verfügung stehen, um den weiterhin sicheren Betrieb des Flugzeuges zu gewährleisten. Deshalb sind diese präventiven Instandhaltungsmaßnahmen in den meisten Fällen gesetzlich vorgeschrieben. In der Praxis wird teilweise aber auch dann von „On Condition Maintenance" gesprochen, wenn ein System bis zum Ausfall geflogen wird. Dies kann jedoch nicht zu den präventiven Instandhaltungsmaßnahmen gezählt werden, da das System dann erst nach einer Fehlfunktion einer Instandhaltungsmaßnahme unterzogen wird. Die Instandhaltung solcher Systeme ist vom Gesetzgeber nicht zwingend vorgeschrieben. Es handelt sich bei diesen Systemen um korrektive Instandhaltung.

39.5.2 Korrektive Instandhaltung

Die korrektive Instandhaltung lässt im Gegensatz zur präventiven Instandhaltung das Eintreten einer Funktionsverschlechterung bzw. einer Fehlfunktion zu und beseitigt diese erst im Anschluss an die Flugdurchführung. Dies setzt eine Überwachung der betroffenen Systeme/Komponenten/Geräte voraus. Die korrektive Instandhaltungsmethode bezeichnet man als „Condition Monitored Maintenance". Die Überwachungsfunktion erfüllt hierbei das „On Condition Monitoring". Dabei werden laufend den Systemzustand beschreibende Parameter erfasst und analysiert (z. B. Druck und Füllstand des Hydrauliksystems, Verdichterdruckverhältnis und Turbinenaustritts-Temperatur des Triebwerks etc.). Voraussetzung für „Condition Monitored Maintenance" ist jedoch, dass ein Versagen der zu überwachenden Funktion keine direkten Auswirkungen auf den Betrieb des Flugzeuges hat, oder eine ausreichende Redundanz zur Verfügung steht. Unter direkten Auswirkungen werden hier sicherheitsrelevante, wirtschaftliche oder negative operationelle Folgeeffekte verstanden. Zu dieser Einteilung kommt auch die MSG-3-Logik. Dabei stellt „On Condition Monitoring" nicht ausschließlich eine Überwachungsfunktion im Rahmen von „Condition Monitored Maintenance" dar. Vielmehr kann sie zusätzlich zur Hard Time oder zu „On Condition"-Regelungen angewendet werden, um den Betriebszustand der Systeme zu überwachen. Zudem können über „On Condition Monitoring" weitere Erkenntnisse zur Auslegung der Hard Time oder der „On Condition"-Spezifikationen gewonnen werden. Ein Beispiel für „Condition Monitored Maintenance" ist das ECM-Engine Condition Monitoring.

39.6 Maßnahmen der Instandhaltung

Die Instandhaltung gliedert sich in die drei Bereiche Wartung, Inspektion und Instandsetzung.

39.6.1 Wartung

Zur Bewahrung des Sollzustandes eines Systems, sind unter Wartung die Teilmaßnahmen Reinigen, Konservieren, Schmieren, Ergänzen, Auswechseln und Nachstellen zu verstehen. Die Wartung dient hierbei dazu, bestehenden Abnutzungsvorrat einer Anlage zu erhalten. Dabei können die Maßnahmen der Wartung auch in das System eingreifen (z. B. Abschmieren einer Welle).

39.6.2 Inspektion

Unter Inspektion versteht man „Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung eines Ist-Zustandes". Die Teilmaßnahmen wie Feststellen des Ist-Zustandes von technischen Einrichtungen (messen, prüfen), das Auswerten der Ist-Zustandsinformation, die

Beurteilung des Ist-Zustandes, und die Veranlassung der erforderlichen Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes sind der Inspektion zuzuordnen. Bei der Inspektion wird weder neuer Abnutzungsvorrat geschaffen noch bewahrt. Sie liefert lediglich die Information, wie viel Abnutzungsvorrat noch vorhanden ist. Sie ist also im Gegensatz zur Wartung und Instandsetzung eine Maßnahme zur reinen Informationsgewinnung, d. h. der Zustandermittlung.

39.6.3 Instandsetzung

Der Begriff Instandsetzung umschließt „Maßnahmen zur Wiederherstellung des Sollzustandes“ und hat sich gegenüber dem Begriff Reparatur durchgesetzt. Die verschiedenen Teilmaßnahmen der Instandsetzung umfassen das Ausbessern oder das Austauschen. Die Instandsetzung dient hierbei im Wesentlichen dazu, verbrauchten Abnutzungsvorrat neu zu erstellen.

39.7 Die Flugzeuginstandhaltung

Die Instandhaltung stellt in der zivilen Luftfahrt einen Teil der Flugbetriebsfertigung dar. Das Instandhaltungsobjekt ist hierbei das technische System Flugzeug mit all seinen Subsystemen. Der Soll-Zustand eines Flugzeuges oder eines Luftfahrtgerätes ist immer die Lufttüchtigkeit. Der konstruktive Aufbau eines Flugzeuges gliedert sich in drei Konstruktionshauptgruppen, sowie zwölf Konstruktionsgruppen (Abb. 39.4). Aufgrund des komplexen Aufbaus des Systems Flugzeug erfordert es eine Vielzahl an verschiedenen und zum Teil sehr komplexen Instandhaltungsmaßnahmen.

In der Bundesrepublik Deutschland ist der Begriff der Instandhaltung in der zivilen Luftfahrt in der Betriebsordnung für Luftfahrtgerät (LuftBO) definiert. Die LuftBO unterteilt die Instandhaltung in die Wartung einschließlich kleinerer Reparaturen, die Überholung und die so genannte „Große Reparatur“. Wie in vielen Bereichen der Luftfahrt haben sich in diesem Zusammenhang auch die angelsächsischen Begriffe Maintenance, Repair und Overhaul, MRO, etabliert. Es ist anzumerken, dass der angelsächsische Begriff Maintenance im Sinne von Wartung als auch von Instandhaltung benutzt wird und somit eine genaue Definition im Einzelfall notwendig ist.

39.7.1 Flugzeugwartung

Die deutsche LuftBO definiert die Wartung im Bezug auf die Flugzeuginstandhaltung folgendermaßen:

„Bei der Wartung des Luftfahrtgerätes sind durchzuführen:

Planmäßige Kontrollen und Arbeiten die zur Aufrechterhaltung und Überwachung der Lufttüchtigkeit erforderlich sind, sowie nichtplanmäßige zusätzliche Arbeiten und

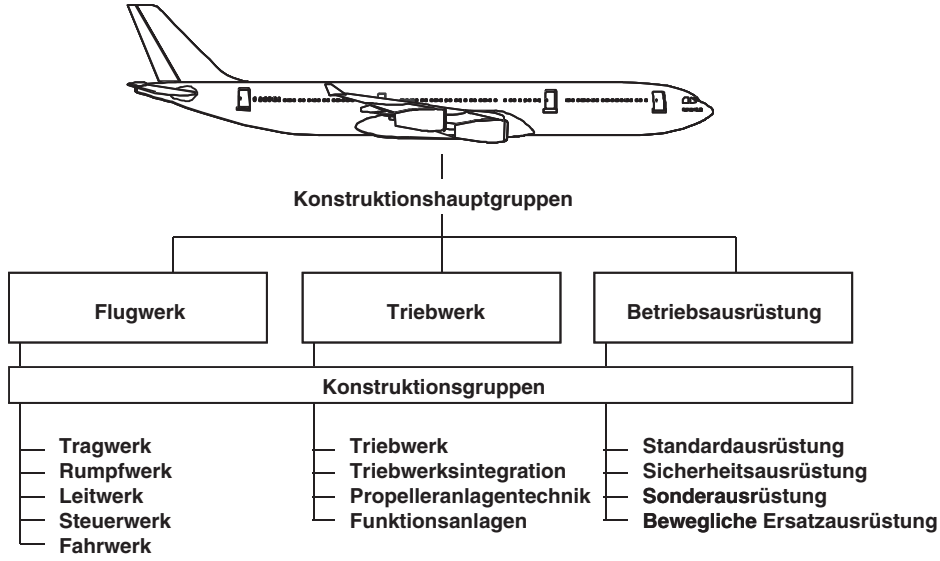


Abb. 39.4 Konstruktionsgruppen Flugzeug

kleine Reparaturen, die zur Behebung angezeigter Beanstandungen oder festgestellter Mängel erforderlich sind, und mit einfachen Mitteln ausgeführt werden können. Dazu gehört der Austausch von überholungs-, reparatur- oder änderungsbedürftigen Teilen, wenn dies mit einfachen Mitteln möglich ist."

Die Wartung dient hier gemäß der Definition nach DIN 31051 zur Bewahrung des Sollzustandes (Aufrechterhaltung und Überwachung der Lufttüchtigkeit). Als spezifisches Merkmal für die Wartung ist anzuführen, das die Instandhaltungsarbeiten stets am „Flugzeug als Ganzes", meist während kurzen Bodenzeiten zwischen den Flügen ausgeführt werden, und das Flugzeug in seinem planmäßigen Umlauf verbleibt. Nach der Definition der LuftBO lässt sich die Wartung damit unterteilen in planmäßige Wartung (Routine Maintenance) und nicht planmäßige Wartung (Non Routine Maintenance). Zur weiteren Kategorisierung der Wartung hat sich die Unterscheidung zwischen Line Maintenance und Base Maintenance etabliert.

Unter Line Maintenance versteht man „eingeschränkte Instandhaltungsereignisse, wie kleinere Kontrollen und Beanstandungsbehebungen, die während Transit-, Turnaround- oder Nightstops des Flugzeuges durchgeführt werden, damit ein gewerblich verwendetes Flugzeug für den geplanten Einsatz lufttüchtig und einsatzfähig ist." Diese Ereignisse können auf entsprechenden Line Stations durchgeführt werden. Eine Line Maintenance Station (kurz: Line Station) ist ein behördlich anerkannter Ort außerhalb der Homebase eines Instandhaltungsbetriebes, an dem in regelmäßigen Abständen Arbeiten im Sinne von Line Maintenance durchgeführt werden.

Als Base Maintenance bezeichnet man hingegen Instandhaltungsarbeiten im Sinne von Wartung, die auf der Wartungsbasis des Betreibers von Flugzeugen, bzw. der Basis des Instandhaltungsbetriebes ausgeführt werden. Die Base Maintenance grenzt sich dabei durch einen höheren Komplexitätsgrad der Arbeiten, sowie durch einen höheren Ressourceneinsatz (Personal, Material, Ausrüstung, Gebäude) von der Line Maintenance ab.

39.7.2 Flugzeugüberholung

Die deutsche LuftBO definiert die Überholung im Rahmen der Flugzeuginstandhaltung wie folgt:

„Hat ein Luftfahrtgerät die zulässige Betriebszeit erreicht, oder sind bei seinem Betrieb Mängel festgestellt worden, die im Rahmen der Wartung nicht behoben werden können, ist das Gerät ganz oder teilweise zu überholen (Grund- oder Teilüberholung)." Die Überholung ist somit nach DIN 31051 der Instandsetzung entsprechend. Sie dient dazu, den Sollzustand eines Luftfahrtgerätes, d. h. die Lufttüchtigkeit wieder herzustellen. Eine Überholung bedingt die teilweise oder komplette Zerlegung eines technischen Systems und führt somit meist zu längeren betrieblichen Ausfallzeiten des Flugzeuges. Im Falle einer Überholung des Flugzeuges wird dieses aus seinem planmäßigen Umlauf herausgenommen.

39.7.3 Große Reparatur eines Flugzeuges

Die Große Reparatur dient ebenfalls zur Wiederherstellung der Lufttüchtigkeit von Luftfahrtgerät und ist definitionsgemäß der Instandsetzung nach DIN 31051 zuzuordnen. Nach deutscher LuftBO wird die Große Reparatur folgendermaßen beschrieben:

„Hat ein Luftfahrtgerät einen Schaden erlitten, der im Rahmen der Wartung nicht einwandfrei behoben werden kann, ist eine große Reparatur durchzuführen."

Es ist jedoch festzustellen, dass eine genaue Abgrenzung zwischen Großer Reparatur und der Überholung schwierig ist. Die LuftBO ordnet beispielsweise auch die Wägung der Flugzeuge, sowie die Prüfflüge, der Instandhaltung zu.

39.8 Instandhaltungsprogramme

Jeder Luftfahrtunternehmer muss über ein behördlich anerkanntes Instandhaltungsprogramm (IHP) verfügen, welches mindestens die vom Hersteller vorgegebenen Instandhaltungsmaßnahmen umfasst. Dieses erstellt er auf der Grundlage des MRB-Dokumentes (MRB = Maintenance Review Board). Das MRB entwickelt gemeinsam mit dem ISC (Industrie Steering Commitee) das Erstinstandhaltungssystem auf der Grundlage eines logischen Modells (MSG-3), welches die Auswirkungen von Fehlfunktionen der verschiedenen Systeme auf den Flugbetrieb berücksichtig und diesen

entsprechende Instandhaltungsmaßnahmen zuweist. Das Erstinstandhaltungssystem wird bei Neueinführung eines Flugzeugmusters vom Hersteller, den zulassenden Behörden sowie dem Erstkunden (Launching Customer) ausgearbeitet, und legt die Mindestanforderungen an die Instandhaltung des Flugzeugmusters fest, d. h. wann welches System/Komponente/Gerät welcher Instandhaltungsmaßnahme zu unterziehen ist. Dieses Dokument unterliegt jedoch ständigen Änderungen, die durch den Hersteller, die Behörden oder auch die Betreiber begründet angeregt werden können. Dadurch entsteht ein Regelkreis, der sicherstellt, dass neue Erkenntnisse und Erfahrungen die sich aus dem Betrieb des Luftfahrtgeräts ergeben in das Instandhaltungsprogramm eingehen. Dabei sind die Betreiber, wie auch die Instandhaltungsbetriebe verpflichtet, auftretende Mängel des Flugzeugmusters an die zuständigen Behörden zu melden.

Das Instandhaltungsprogramm des Betreibers beschreibt die einzelnen präventiven Instandhaltungsmaßnahmen am Flugzeug, dessen Subsystemen und Komponenten, sowie den geplanten zeitlichen Ablauf. Das Programm muss von der zulassenden Behörde freigegeben werden. Dabei werden die präventiven Instandhaltungsmaßnahmen meist zu verschiedenen Aufgabenpaketen (Checks) zusammengefasst. Die Checks unterscheiden sich in Umfang und zeitlichen Intervallen. Tabelle 39.1 zeigt die typischen Intervalle der Checks, wie sie bei einigen Luftverkehrsgesellschaften angewendet werden. Bei den Angaben handelt es sich um Richtwerte, da die Werte für verschiedene Flugzeugmuster entsprechend der unterschiedlichen Einsatzspektren stark variieren können. Die Durchführungen der Checks können, soweit die gesetzlichen Vorschriften nicht berührt werden, auch von Luftverkehrsgesellschaft zu Luftverkehrsgesellschaft variieren (Tabelle: Beispiel Deutsche Lufthansa).

Das beispielhaft dargestellte Instandhaltungsprogramm ist hierarchisch aufgebaut, d. h. jeder Check umfasst auch das davor liegende kleinere Instandhaltungsereignis. Nach Abschluss eines Checks beginnt somit auch das Intervall für alle darunter liegenden Ereignisse neu. Der Vorteil der Einteilung in verschiedene Checks liegt dabei in der guten Planbarkeit der erforderlichen Liegezeiten, des Material-, Betriebsmittel- und Arbeitsstundenbedarfs (Ah).

Um eine wirtschaftliche Instandhaltung zu gewährleisten, sind die Betreiber daran interessiert, die zeitlichen Abstände der einzelnen Checks zu harmonisieren um die Intervalle

Tab 39.1 Typische Intervalle der Checks

Ereignis	Intervall	Bodenzeit	Aufwand (Ah)
Trip Check	vor jedem Flug	30–60 Minuten	1
Ramp Check	täglich	2–5 Stunden	6–35
Service Check	wöchentlich	2,5–5 Stunden	10–55
A-Check	350–650 Flugstunden	5–10 Stunden	45–260
B-Check	5 Monate	10–30 Stunden	150–750
C-Check	15–18 Monate	35–50 Stunden	650–1.800
Intermediate Layover	5–6 Jahre	2 Wochen	25.000
D-Check	5–10 Jahre	6 Wochen	60.000

voll auszunutzen. So kann es beispielsweise vorkommen, das ein größerer Check fällig wird, lange bevor der untergeordnete Check fällig gewesen wäre. Zeigt die Erfahrung der Betreiber, dass es während bestimmter Checks nur selten zu Beanstandungen kommt, so kann eine Verlängerung des Intervalls beantragt werden (man spricht dabei von „Eskalation“ eines Checks). Diese Intervallverlängerungen müssen jedoch von der zulassenden Behörde genehmigt werden.

Im Rahmen des betreibereigenen Instandhaltungsbetriebs ist eine Einteilung der Instandhaltungsmaßnahmen in verschiedene Checks zwar weit verbreitet, jedoch nicht zwingend erforderlich. Voraussetzung ist lediglich die Erfüllung der Mindestanforderungen des MRB-Dokuments. Alternativ kann die Instandhaltung soweit separiert werden, dass nur einzelne Systeme/Komponenten/Geräte erst nach Ablauf der vorgeschriebenen Betriebsintervalle Instandhaltungsmaßnahmen unterzogen werden.

Da das Instandhaltungsprogramm viele Interessen und Vorgaben, welche nicht alle kompatibel sind berücksichtigen muss, stellt dessen Ausarbeitung des Programms für die Betreiber von Luftfahrtgerät einen hohen Aufwand dar, welcher viel Erfahrung auf diesem Gebiet erfordert. Es ist jedoch zu beachten, dass durch ein gutes Instandhaltungsprogramm die Wirtschaftlichkeit der Instandhaltung, und damit die Kostenstruktur eines Unternehmens, positiv beeinflusst werden kann.

39.8.1 Triebwerksinstandhaltung

Die Überwachung der Triebwerke während und nach dem Flug oblag zu Zeiten des Drei-Mann Cockpits dem Flugingenieur. Der heutige Stand der Triebwerksüberwachung ist das „Engine Condition Monitoring“ (ECM). Die Aufgaben des ECM sind im wesentlichen:

- Fehlerfrüherkennung,
- Einsparung von Kraftstoff,
- Sicherstellung eines verbrauchsoptimalen Triebwerkbetriebes,
- Möglichst die Vermeidung von Triebwerkstandläufen,
- Unterstützung bei der Triebwerkbauplanung,
- Optimierung des Arbeitsumfangs bei der Triebwerküberholung.

Der Ablauf der Zustandsdiagnose mittels ECM stellt sich wie folgt dar. Vor dem Einbau muss das Triebwerk einen Abnahmelauf auf dem Triebwerk-Prüfstand absolvieren. Die aus der Prüfstandmessanlage gewonnenen Daten werden noch während des Laufs im Online-Betrieb dem entsprechenden Analyseprogrammteil im zentralen Rechner zugeführt. Die unmittelbar über das Prüfstand-Terminal verfügbare Analyse informiert über die Qualität der durchgeführten Messungen und das modulare Leistungsprofil des Triebwerks. Dies dient als wichtige Basis für die sich anschließende „Verschleißzeit“ sowie für die Beurteilung von Produktions- und Modifikationsstandards.

Wenn das Triebwerk alle Tests ohne Beanstandung absolviert hat, wird es endgültig für den Einsatz freigegeben. Nach dem Anbau an das Flugzeug werden die Leistungsdaten des Triebwerks ständig überwacht. Während des ersten Starts, kurz vor dem Abheben, druckt das System ein erstes reguläres Messprotokoll aus, das in diesem Fall besonders die Startcharakteristik des verbauten Triebwerks als Datenbasis für die weitere Betriebszeit dokumentiert. Neben den regulären Protokollen erzeugt das System auch problemorientierte Ad-hoc-Protokolle, ggf. begleitet durch Vergleichsdaten, die von dem Ereignis gültig waren (das sind beispielsweise Schwellwertüberschreitungen, oder beim Triebwerksvergleich divergierende Parameter etc.).

Nach der Landung gibt die angeflogene Station den Protokollinhalt mittels eines optischen Lesegeräts an den Zentralrechner, die Auswertung erfolgt online. Bei modernen Verkehrsflugzeugen erfolgt die Datenübermittlung per Datenfunk. Die Analyse-Ergebnisse werden dabei auf Befunde geprüft und, wenn positiv, an die Wartungsingenieure als Befundmeldung ausgegeben. Anderenfalls erfolgt nur eine Abspeicherung in der Triebwerksdatenbank zur Trendverfolgung zum Abruf über Online-Terminals im Falle individuellen Informationsbedarfs.

Wenn sich im Laufe des weiteren Einsatzes eine Störung anbahnt, z. B. die Nachjustierung einer Regelfunktion oder eine Nachwuchtung eines Fans, oder wenn modulare Leistungsverluste erkennbar werden, die einen wirtschaftlichen Weiterbetrieb nicht mehr erlauben, wird das Triebwerk vom System zur Bearbeitung gemeldet. Steht sein Ausbau dann zur Entscheidung an, sorgt der für die Überholung Verantwortliche für die Festlegung des Werkstattprogramms. Das Triebwerk kommt in die Werkstatt zurück und wird erneut instand gesetzt. Abbildung 39.5 gibt einen Überblick über die verschiedenen Kreisläufe bei der Triebwerksinstandhaltung.

Weiterer positiver Nutzen des ECM liegt in der reduzierten Umweltbelastung (Lärm und Schadstoffe), den geringeren außerplanmäßigen Liegezeiten, der Reduzierung von Sekundärschäden durch Minimierung der Triebwerksvibrationen, der hohen Datenaktualität durch das Online-/Real-Time Konzept (ermöglicht die Fehlerfrüherkennnung und verbessertes Trouble-Shooting), sowie der Nutzung von ECM zur Garantieverfolgung (Überwachung der vom Hersteller garantierten Performance-Werte),

Die Instandhaltungsereignisse an Triebwerken sind nicht so klar definiert wie es beispielsweise bei einem D-Check eines gesamten Flugzeuges der Fall ist. Vielmehr werden die durchzuführenden Arbeiten individuell nach dem Zustand des jeweiligen Triebwerks ausgerichtet. Der Tiefgang der Arbeiten reicht dabei von „On Wing"-Reparaturen, welche direkt an dem am Flugzeug hängenden Triebwerk durchgeführt werden können, bis hin zur kompletten Zerlegung und zum Wiederaufbau eines Triebwerks mit Reparatur der einzelnen Triebwerkskomponenten und Geräte.

30 % der gesamten Instandhaltungskosten eines Flugzeuges entfallen auf Instandhaltungsmaßnahmen an den Triebwerken. Die Materialkosten einer Triebwerksüberholung belaufen sich auf über 50 % der Gesamtkosten, was zu erheblichen Einsparungspotentialen durch die Verwendung von PMA-Parts (Parts Manufacturer Approval) führt. Diese Teile sind kostengünstigere Ersatzteile, die nicht vom Hersteller des Triebwerks

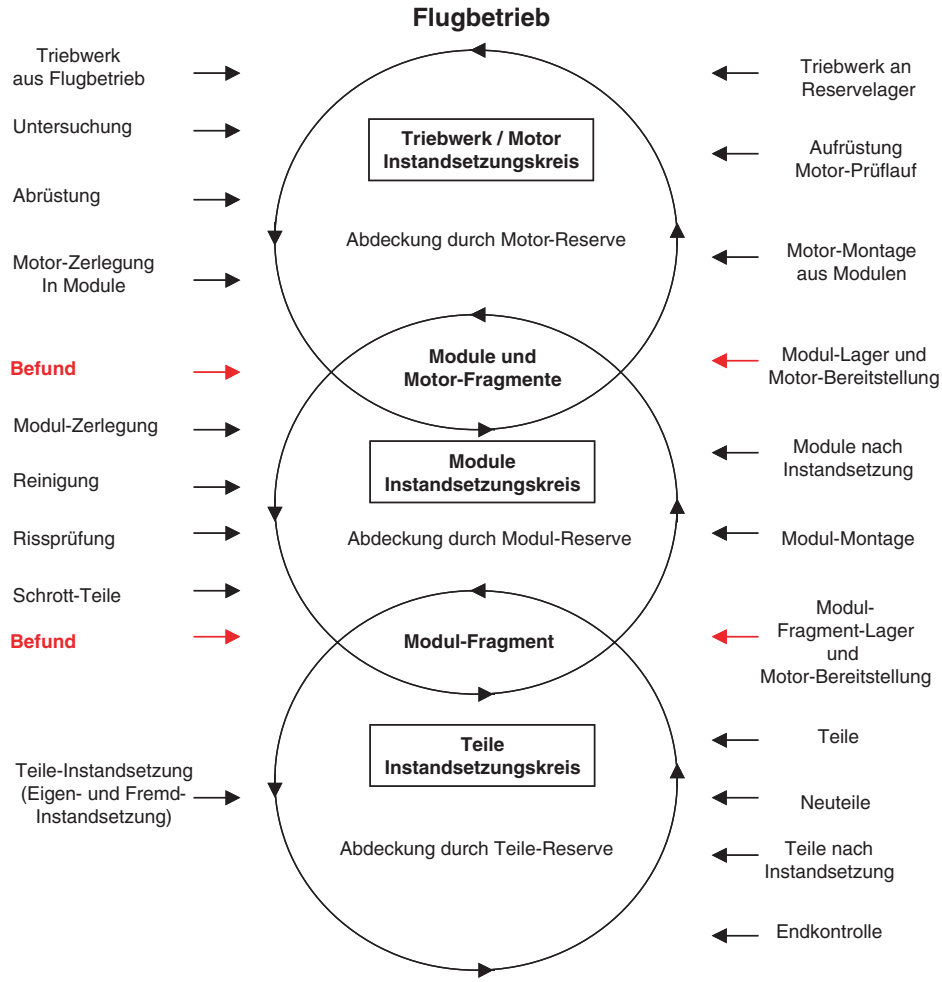


Abb. 39.5 Kreisläufe der Triebwerksinstandhaltung

hergestellt werden. Vielmehr spezialisieren sich diverse Firmen darauf, solche Ersatzteile herzustellen. Die Anzahl der verfügbaren PMA-Parts steigt ständig. Bei dem Neupreis eines Triebwerks von ca. 10 Mio. Euro können die Kosten einer Triebwerksüberholung bis zu 2 Mio. Euro betragen.

Im Bereich der Triebwerkinstandhaltung existieren diverse Möglichkeiten für Vertragsformen zwischen Betreiber und Instandhaltungsdienstleister. Die Anzahl der Luftverkehrsgesellschaften, die ihre Triebwerke in eigenen Werkstätten überholen, nimmt weiter ab. Vielmehr werden diese Arbeiten an die OEM's oder Drittanbieter vergeben. Die gängigsten Vertragsformen sind dabei „Time and Material"- sowie „Power by the hour"-Verträge. Bei einem „Time and Material" Vertrag erhält der Auftraggeber eine genaue

Rechnung über alle angefallenen Stunden und Materialkosten, wobei bei einem „Power by the hour“ Vertrag ein fester Betrag pro geleisteter Flugstunde vereinbart wird. Auch werden den Kunden individuell wählbare Instandhaltungsprodukte über die gesamten Lebenszyklen seiner Triebwerke angeboten. Die Angebotspalette reicht dabei von der kompletten Überholung der Triebwerke über Garantieabwicklung und Leihtriebwerke, bis hin zu Beratung bei allen Fragen rund um die Neueinführung von Triebwerksmustern.

39.8.2 Geräteinstandhaltung

Die Geräteinstandhaltung zeichnet sich durch eine Vielzahl von verschiedenen Instandhaltungsobjekten aus. In einem Flugzeugmuster befinden sich, abhängig vom Einsatz- und Aufgabenprofil, etwa 1.000 verschiedene Gerätetypen, einige davon in mehrfacher Ausführung. Zu den Geräten (der Betriebsausrüstung eines Flugzeuges) gehören die Flugzeugelektronik (Avionic), elektrische, mechanische und hydraulische Komponenten, die Kabinenausstattung mit Sitzen, Bordküchen, Toiletten und die Entertainment-Anlage, aber auch Fahrwerke mit Rädern und Bremsen, Triebwerksverkleidungen, Kabinenfenster sowie die Notausrüstung des Flugzeuges.

Dabei unterscheidet man die einzelnen Geräte grob zwischen „Line Replaceable Units“ (LRU) und „Shop Replaceable Units“ (SRU). Die LRU’s können bei einem Defekt schnell und einfach durch einen Wartungsmechaniker ausgetauscht werden, SRU’s zu ersetzen bedeutet meist einen größeren Aufwand. Eine LRU kann dabei auch wieder aus mehreren Subsystemen bestehen. So werden verschiedene SRU’s in einer LRU zusammengefasst.

Die meisten Geräte sind durch die Kombination einer Part- und einer Serialnummer identifizierbar. Die Partnummer beschreibt dabei die genaue Gerätetechnologie. Absolut baugleiche Geräte besitzen somit die gleiche Partnummer. Jedem Gerät einer Partnummer wird wiederum eine individuelle Serialnummer zugewiesen. Die Geräte sind somit eindeutig differenzierbar.

Die Grundlage der Geräteinstandhaltungsmaßnahmen bilden meist luftverkehrsgesellschaftsspezifische Instandhaltungsprogramme mit den Component Operation, den Storage Limits (COSL), dem Maintenance Schedule (MS) sowie den jeweiligen Instandhaltungsanleitungen der Hersteller, den Component Maintenance Manuals (CMM). Die Instandhaltungsprogramme umfassen Maßnahmen an Systemen, deren Ausfall unbedingt vermieden werden muss, oder deren Lebensdauer durch präventive Instandhaltungsmaßnahmen verlängert werden kann. Dabei werden die meisten Geräte eines Flugzeuges während der im MS festgelegten Inspektions- und Wartungsintervalle auf Funktionstüchtigkeit überprüft (On Condition Maintenance), und bei Bedarf in eine der jeweiligen Fachwerkstätten zum Test, einer Reparatur oder zur Überholung verbracht.

Die COSL enthält kundenspezifische Limits für den Betrieb und die Lagerung von Flugzeuggeräten und zeigt die dazugehörigen vorbeugenden (präventiven)

Instandhaltungsmaßnahmen auf. Jedem Gerät in der COSL wird eine feste Laufzeit und eine Instandhaltungsmaßnahme zugeordnet. Nach Ablauf dieser Intervalle müssen die Geräte in der Werkstatt inspiziert und gegebenenfalls instand gesetzt werden. Diese Intervalle werden in Form von Flugstunden, Flugzyklen oder Kalenderzeiten festgelegt, und werden durch die permanente Auswertung der Ausfallstatistiken durch die Hersteller kontinuierlich angepasst. Die Herstellervorgaben bezeichnen dabei jedoch stets nur das maximal zulässige Betriebs-/Lagerintervall, der Betreiber kann diese Intervalle nach eigenen Erfahrungen verkürzen, um Instandhaltungsmaßnahmen an Geräten in den Zeitraum anderer Instandhaltungsereignisse, beispielsweise Checks am Flugzeug, zu legen. Die Arbeiten an den Geräten erfolgen dann auf der Grundlage des CMM, wobei der jeweilige Betreiber den vorgegebenen Arbeitsumfang noch erweitern kann. Das CMM ist das Handbuch des OEM's für die Instandhaltung des jeweiligen Flugzeuggerätes. Es enthält eine Instandhaltungsanleitung mit entsprechenden Montagezeichnungen, Materialangaben und detaillierten Arbeitsabfolgen der Instandhaltungsmaßnahmen.

39.8.3 Geräteinstandhaltungsmaßnahmen

Im normalen Flugbetrieb einer großen Luftverkehrsgesellschaft treten ca. 80 % der Ereignisse, die der Instandhaltung bedürfen, unplanmäßig auf (z. B. nach Systemausfällen). Nur ca. 20 % der Ereignisse lassen sich durch Routinearbeiten nach COSL abdecken. Dabei werden die einzelnen Instandhaltungsmaßnahmen, die in den Werkstätten durchgeführt werden, in Sichtkontrolle, Funktionstest, Reparatur, Überholung, Modifikation und Verschrottung unterteilt.

Die Sichtkontrolle sowie der Funktionstest sind dabei als Inspektionsmaßnahmen zu verstehen. Sie dienen dazu, den Zustand oder die Funktionstüchtigkeit des Gerätes zu bewerten. Die Funktionstests werden meist an Teststänen oder mit Hilfe von Testgeräten durchgeführt. Erst nach der Befundaufnahme durch Sichtkontrolle u./o. Funktionstest folgen ggf. weitere Maßnahmen. Die Reparatur eines Gerätes beinhaltet den Austausch oder die Wiederherstellung eines oder mehrerer Bauteile. Sie bezieht sich dabei meist auf die beschädigten Teile eines Gerätes, so dass das Ausmaß einer Reparatur von Umfang des Schadens sowie von der Komplexität der jeweiligen Komponente abhängig ist. Bei der Überholung dagegen wird das Gerät komplett zerlegt und wieder aufgebaut. Dabei werden die entsprechenden Verschleißteile des Systems erneuert, so dass der Zustand des Gerätes nach der Überholung dem Neuzustand entspricht. Eine Überholung kann routinemäßig nach der COSL erfolgen, oder sie wird nach einem Schaden am Gerät durchgeführt, falls sie, je nach Schadensausmaß, wirtschaftlicher als eine Reparatur erscheint. Bei einer Modifikation werden am Gerät Veränderungen durchgeführt, welche einer Funktionsverbesserung in leistungstechnischer, wirtschaftlicher, ökologischer u./o. sicherheitsrelevanter Art entsprechen. Diese Modifikationen beruhen auf Empfehlungen der Hersteller der Geräte in Form von Service Bulletins (SB's), oder erfolgen durch Vorschriften der zuständigen Luftfahrtbehörden in Form von Airworthiness

Directives (AD's). Handelt es sich um ein SB, so kann der Betreiber diese Modifikation auf Wirtschaftlichkeit hin prüfen und entscheiden, ob er diese SB an seinen Geräten durchführen wird. Die Modifikationen werden dabei meist in Zusammenhang mit weiteren Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt. Können Geräte nicht mehr wirtschaftlich instand gesetzt werden, so wird eine Verschrottung des Gerätes vorgenommen. Das „BER" (Beyond Economical Repair) wird meist erreicht, wenn die zu erwartenden Instandhaltungskosten ca. 60 % des Geräteneupreises übersteigen würden. Diese Grenze ist jedoch vom Eigentümer des Gerätes zu bestimmen, und kann in Einzelfällen auch unter- oder oberhalb dieses Wertes liegen. Eine Verschrottung muss so durchgeführt werden, dass das entsprechende Gerät unter keinen Umständen mehr gebrauchsfähig ist oder gemacht werden kann. An einer Reparatur wird beispielhaft den Produktionsablauf bei einer Geräteinstandhaltung beschrieben. Der Ablauf gliedert sich dabei in folgende Vorgänge:

1. Geräteausbau
   Das Flugzeuggerät wird dem Flugzeug entnommen um eine Instandhaltungsmaßnahme durchzuführen. Dabei können verschiedene Gründe zum Ausbau vorliegen, wie Fehlfunktion des Gerätes, Fehlfunktion des Systems dessen Bestandteil das Gerät ist, Beanstandungen der Crew im Technical Log Book oder der Ablauf der Limits nach COSL.
2. Auftragseröffnung
   Nach Anlieferung des Geräts in der Werkstatt werden die Gerätedaten in ein DV-System aufgenommen um den Auftrag bis zum Abschluss zu verfolgen.
3. Auftragszuweisung
   Die zuständigen Prüfingenieure prüfen jedes Gerät auf eventuelle Garantie und entscheiden auch unter kapazitiven und wirtschaftlichen Gründen, ob ggf. eine Fremdfertigung durchzuführen ist. Liegt keine Notwendigkeit für eine Fremdfertigung vor, so wird das Gerät mit allen notwendigen Dokumenten an die entsprechende Fertigungsstelle weitergeleitet, wo es von entsprechend qualifizierten Fachkräften bearbeitet werden kann.
4. Reinigung
   Bei Bedarf werden die angelieferten Geräte in der Reinigung von Schmutz, Öl, o.ä. befreit. In einigen Fällen sind dazu spezielle chemische Reinigungsbäder notwendig (z. B. bei der Reinigung von Bremsen die starke Verunreinigung mit Bremsstaub).
5. Eingangstest
   Durch Inspektionsmaßnahmen wie Sichtkontrolle und Funktionstest wird das Gerät auf evtl. Fehler hin untersucht. Werden keine Fehler gefunden, so spricht man von einem NFF (No Failure Found). Diese treten häufig bei Avionikgeräten auf. Grund dafür ist die Komplexität des gesamten Systems, bei dem eine Fehlfunktion meist nicht auf ein einzelnes Gerät des Systems beschränkt werden kann. Die Betreiber sind bestrebt, die NFF-Quote niedrig zu halten, da hier unnötige Kosten entstehen. Wird ein Fehler gefunden, so werden abhängig vom Befund die entsprechenden Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt.

6. Zerlegung, Reparatur und Montage
   Das Gerät wird je nach festgelegtem Arbeitsumfang zerlegt, die beschädigten Teile werden repariert oder getauscht. Dabei entstehen ggf. weitere Unteraufträge für die einzelnen Bestandteile des Gerätes. Sind alle Teile repariert oder als Ersatzteile aus dem Lager verfügbar, wird das Gerät wieder zusammengefügt. Dabei werden alle Arbeitsschritte dokumentiert und mit Materialkosten auf den Auftrag verbucht.
7. Funktionstest
   Durch einen erneuten Funktionstest wird das Gerät auf die korrekte und einwandfreie Funktion überprüft.
8. Freigabe und Auftragsabschluss
   Alle Daten der Reparatur werden in der Lebenslaufkarte (LLK) des Gerätes dokumentiert, um über die gesamte Lebensdauer des Geräts alle daran durchgeführten Arbeiten nachvollziehen zu können. Eine lückenlose Rückverfolgung aller durchgeführten Arbeiten ist eine Vorschrift der Luftfahrtbehörden und muss für jedes Gerät sichergestellt sein. Das Gerät wird nun für den weiteren Flugbetrieb freigegeben und erhält dazu das entsprechende „Certificate of Release to Service“. Alle angefallenen Stunden, sowie das Material und Betriebsmittel sind auf dem Auftrag verbucht, und können damit dem Kunden in Rechnung gestellt werden.
9. Einbau in das Flugzeug oder Lagerung
   Das freigegebene Gerät kann nun wieder im Flugbetrieb verwendet werden, oder es wird eingelagert.

Die Dauer eines solchen Werkstattdurchlaufes variiert dabei stark und kann innerhalb weniger Tage oder aber bis hin zu mehreren Wochen in Anspruch nehmen. Maßgeblich für die Durchlaufzeit (Turn Around Time (TAT)) ist die Komplexität des Gerätes und die damit verbundenen Unteraufträge während der Reparatur. Dazu haben ggf. Wartezeiten für benötigte Ersatzteile einen negativen Einfluss auf die Bearbeitungszeit. Um die operativen Ausfallzeiten für Geräte möglichst gering zu halten, bieten viele Instandhaltungsdienstleister so genannte Pooling-Produkte an.

39.9 Instandhaltungsdienstleistungen

Unter dem Begriff Instandhaltungsdienstleistung sind Leistungen (Produkte) zu verstehen, welche von einem Leistungserbringer angeboten werden und deren Merkmale innerhalb des Leistungsprozesses der Flugzeuginstandhaltung in der zivilen Luftfahrt zugeordnet werden können. Diese Leistungen sind als Dienstleistungen einzuordnen, da die Flugzeuginstandhaltung keinen rein produzierenden Charakter besitzt. Ein weiteres Kriterium ist das Vorhandensein des Faktors „Kunde“ im Vorfeld und teilweise während der Leistungserstellung. Ein Instandhaltungsbetrieb erbringt seine Leistung nicht an seinem eigenen Eigentum (wie es z. B. bei Rohstoffen in reinen Sachleistungsunternehmen

der Fall ist), sondern am Eigentum des Empfängers der Dienstleistung. Grundsätzlich erfordert eine Dienstleistung die Existenz eines Erbringers sowie eines Empfängers der Dienstleistung.

Auf dem MRO-Markt können im Prinzip alle Betriebe Instandhaltungsdienstleistungen anbieten, welche derzeit über eine Zulassung als Instandhaltungsbetrieb gemäß JAR-145 oder entsprechender nationaler/multinationaler Regelungen verfügen. Grundsätzlich lassen sich drei Anbieter-Typen unterscheiden. Dies sind die Luftverkehrsgesellschaften selbst, die Original Equipment Manufacturer (OEM's), sowie unabhängige Anbieter, die qualifizierte „Independent Shops" betreiben.

39.9.1 Instandhaltungspools der Luftverkehrsgesellschaften

Fast alle großen Luftverkehrsgesellschaften haben in der Vergangenheit gut ausgerüstete technische Abteilungen aufgebaut, um Instandhaltungsmaßnahmen an ihren Flotten durchführen zu können. Aufgrund der saisonbedingten Nachfrageschwankungen im Luftverkehrsmarkt wurden größere Wartungen und Überholungen wie umfangreiche C-Checks und D-Checks meist in den Wintermonaten durchgeführt. Um den Arbeitsaufwand während dieser Zeit bewältigen zu können, wurden Kapazitäten aufgebaut, welche in den flugbetriebsstarken Sommermonaten nicht ausgenutzt werden konnten. Im Zuge des steigenden Kostenbewusstseins versuchten die Luftverkehrsgesellschaften, diese freien Kapazitäten auch Drittkunden anzubieten. Da die technischen Abteilungen der Luftverkehrsgesellschaften größtenteils „Cost Center" darstellten, hatte dies den Nebeneffekt, dass die eigenen Instandhaltungskosten geringer wurden.

Aufgrund des immer attraktiver werdenden MRO-Marktes transformierten viele Luftverkehrsgesellschaften ihre technischen Abteilungen vom Cost Center zum Profit Center mit eigener Ergebnisverantwortung. Es entstanden größtenteils eigenständige MRO-Anbieter, die noch immer eng mit der eigenen Luftverkehrsgesellschaft verknüpft, aber eigenständig nach nationalem Recht organisiert sind (z. B. als GmbH). Bedeutende Anbieter sind beispielsweise Lufthansa Technik, Air France Industries, Air Canada Technical, British Airways Engineering, Delta TechOps u. a. Die Wettbewerbsvorteile der an Luftverkehrsgesellschaften gebundenen Anbieter liegen in der langjährigen Erfahrung mit der jeweils eigenen Flotte (operationelle Erfahrung), positiven Skaleneffekten (Economies of Scale), umfangreichen Kapazitäten und Lagerbeständen. Die enge Anbindung an eine Luftverkehrsgesellschaft bietet als weitere Möglichkeit, sich vertikal im MRO-Prozess zu integrieren. So können die in einem Konzern vorhandenen Leistungsketten beispielsweise genutzt werden, um dem Kunden weit reichende Leistungen „aus einer Hand" anzubieten (Logistik). Dabei sind diese Anbieter jedoch meist in einer gewissen Abhängigkeit von der Muttergesellschaft. Die Produktpaletten der an eine Luftverkehrsgesellschaft gebundenen Werkstätten (Shops) orientieren sich meist stark an der Flottenstruktur der eigenen Luftverkehrsgesellschaft.

39.9.2 Original Equipment Manufacturer

Unter Original Equipment Manufacturer (OEM's) sind alle Hersteller der Originalausrüstungssysteme und -komponenten eines Flugzeuges, wie Triebwerken, Airframe (unter Airframe versteht man das Flugzeug ohne Triebwerke) und Komponenten zu verstehen. Diese bieten meist Instandhaltungsarbeiten zu ihren eigenen Produkten an. Gerade in den vergangenen Jahren haben die Hersteller der Instandhaltung dem „After-Sales-Geschäft" immer mehr Bedeutung beigemessen, da durch die steigende Zuverlässigkeit der Systeme die Umsätze durch Ersatzteilbestellungen rückläufig waren. Erfolgreich am MRO-Markt teilnehmende OEM′s sind beispielsweise GE Engine Services (Triebwerke), Rolls Royce (Triebwerke), Pratt & Whitney (Triebwerke), Honeywell (Avionic), Rockwell Collins (Avionic), Goodrich (Geräte) etc.

Die Vorteile der OEM's als Anbieter liegen in ihrem fundierten technischen Wissen, der Erfahrung bei Instandhaltungsarbeiten am eigenen Produkt und der damit verbundenen Fähigkeit, kostengünstige Instandhaltungsmethoden zu entwickeln und einzusetzen. Ferner können die OEM's ihre Marktmacht nutzen und bereits bei Verkauf ihrer Produkte preisgünstige Instandhaltungsverträge anbieten, die sie ggf. über den Verkaufspreis „subventionieren" können. Als hauptsächliche Wettbewerbsvorteile der OEM's sind zu nennen: Der Erstkontakt zum Betreiber als Originalausrüster der Flugzeuge bedeutet meist gute Kontakte zu den Kunden. Gerade in den ersten Betriebsjahren eine Flugzeuges, während noch die Garantie der Hersteller gültig ist, können diese Kontakte genutzt werden, um langfristige Anschlussverträge abzuschließen. Zu dem Zeitpunkt, zu dem unabhängige MRO-Anbieter in den Wettbewerb eintreten, hat der OEM oft bereits langjährige Geschäftsbeziehungen zu den Betreibern aufgebaut. Als Nachteil dieser Anbieter erweist es sich, dass eine Produktdifferenzierung aufgrund der weitgehenden Spezialisierung meist nicht möglich ist. Zudem können sie nicht als „One Stop Shops" auf dem Markt auftreten und dem Kunden die Abwicklung seiner kompletten Instandhaltung anbieten. Die Zusammenarbeit mit einem OEM fordert somit vom Betreiber von Luftfahrtgerät meist eigene technische Abteilungen und somit erhöhten Aufwand.

39.9.3 Independent Shops

Zu den bereits genannten Anbietern befindet sich auf dem Instandhaltungsmarkt auch eine nicht zu vernachlässigende Anzahl von „Independents". Diese haben meist keine Verbindung zu Herstellern oder zu Luftverkehrsgesellschaften. Dabei haben die Independents die schwierigsten Rahmenbedingungen für die Teilnahme am Marktgeschehen. Sie können weder auf operationelle Erfahrung aufgrund des Betriebs einer eigenen Flotte zurückgreifen, noch haben sie eine hohe technische Erfahrung, wie es die OEM's anführen können. Sie sind im Aufbau ihrer Kapazitäten auf sich selbst gestellt. Dazu kommen die hohen Investitionskosten für Infrastruktur und Betriebsmittel. Da die Independents keine eigene Flotte besitzen, welche eine

Grundauslastung der Betriebsmittel sicherstellt, sind diese Investitionen für diese Anbieter meist mit hohem Risiko behaftet. Der Vorteil der Independents liegt somit aber hauptsächlich auf deren Unabhängigkeit und der damit verbundenen Möglichkeit, sich auf spezielle Technologien zu spezialisieren. Beispiele für solche Independent-Anbieter sind EADS Sogerma, AAR Corporation, SR Technics, Barfield etc.

39.10 Geräteinstandhaltungsdienstleistungen

39.10.1 Materialpooling

Bei einem Materialpool handelt es sich um einen geschlossenen Materialkreislauf. Unter Material werden hierbei Geräte, Bauteile, Verbrauchsmaterial und Betriebsmittel verstanden. In dem Pool ist ein Großteil der in den jeweiligen Flotten verbauten Geräte mit einer hohen Verfügbarkeit eingelagert. Eine am Pool teilnehmende Luftverkehrsgesellschaft erhält somit bei Bedarf kurzfristig ein funktionsfähiges Ersatzgerät aus dem Pool. Das defekte Gerät wird instand gesetzt und wieder eingelagert. Für die Luftverkehrsgesellschaft ergeben sich somit deutliche Vorteile. Einerseits wird die Ausfallzeit der Geräte erheblich reduziert, da ein funktionstüchtiges Ersatzgerät sofort zur Verfügung steht, und unverzüglich wieder im Flugbetrieb eingesetzt werden kann. Es besteht keine Abhängigkeit von Bearbeitungszeiten des Gerätes in einer Werkstatt. Anderseits kann die Luftverkehrsgesellschaft die eigenen Lagerbestandskosten senken.

39.10.2 Power by the Hour/Flat Rate

Bei einem „Power by the Hour“ Vertrag vereinbart die Luftverkehrsgesellschaft mit dem Poolbetreiber eine Pauschalgebühr (Flat Rate) über eine bestimmte Anzahl an verschiedenen Partnummern. Anhand der operativen Einsatzparameter der Luftverkehrsgesellschaft, wie voraussichtliche Flugstunden pro Jahr u./o. den spezifischen Einsatzbedingungen der Geräte, zahlt die Luftverkehrsgesellschaft eine Pauschale pro geleistete Flugstunde, die alle anfallenden Instandhaltungskosten der festgelegten Geräte abdeckt.

39.10.3 Exchange/Loan

Auch wenn eine Luftverkehrsgesellschaft nicht an einem Materialpool teilnimmt, besteht teilweise die Möglichkeit, für die Dauer von durchzuführenden Instandhaltungsmaßnahmen ein entsprechendes Leihgerät zu erhalten (Loan), für welches die Luftverkehrsgesellschaft eine Leihgebühr entrichtet. Voraussetzung dafür ist die Verfügbarkeit eines Ersatzgerätes beim Poolbetreiber. Ein Exchange bezeichnet einen Tausch der Geräte. Die Luftverkehrsgesellschaft behält dabei das Leihgerät, das instand zu haltende Gerät geht nach der Instandhaltung in Besitz des Poolbetreibers über.

39.10.4 Total Component Maintenance

Die „Total Component Maintenance“ umfasst die Instandhaltungsdienstleistungen Test, Reparatur, Überholung und Modifikation von Flugzeuggeräten. Es handelt sich dabei um eine Exklusiv-Vereinbarung zwischen der Luftverkehrsgesellschaft und dem Poolbetreiber zu einem festgelegten Spektrum an Partnummern der Flotte der Luftverkehrsgesellschaft. Die Mindestlaufzeit für einen solchen Vertrag beträgt meist ein Jahr. In dem Vertrag werden die jährlichen Flugstunden der Flotte der Luftverkehrsgesellschaft dokumentiert, um die entsprechende Flat Rate festzulegen. Liegen die tatsächlich geleisteten Flugstunden um mehr als 5 % über dem vereinbarten Kontingent, so erhöht sich der vereinbarte Preis. Liegen sie unterhalb des Kontingentes, so wird die vereinbarte Flat Rate angewendet. In der Regel bezahlt die Luftverkehrsgesellschaft einen monatlichen Abschlag an den Poolbetreiber, welcher am Ende des Jahres in einer Endabrechnung berücksichtigt wird. Die Berechnung der Flat rate ist dabei abhängig von diversen operationellen Parametern der Flotte der Luftverkehrsgesellschaft. Dazu zählen beispielsweise das Alter der Flugzeuge, wie auch die Art des Flugbetriebs selbst. So belasten Kurzstreckenflüge die Systeme (Geräte) mehr als Langstreckenflüge mit höherer Blockzeit. Auch der Einsatzort der Flugzeuge wird berücksichtigt. Höhere Kosten entstehen beim Betrieb der Flugzeuge in Wüstenregionen, da die Geräte, bedingt durch die extremen operativen Einsatzbedingungen, einer höheren Abnutzung unterliegen. Zusätzlich zu den Standard-Instandhaltungsmaßnahmen bietet TCM der Luftverkehrsgesellschaft weitere Dienstleistungen, wie das Monitoring von Modifikationen an den Geräten, die Abwicklung von Garantiefällen oder auch die Bereitstellung von Loan- und Exchangegeräten. Für die Luftverkehrsgesellschaft ergibt sich der Vorteil der weitaus besseren Planbarkeit der anfallenden Instandhaltungskosten. Die Luftverkehrsgesellschaft kann die vereinbarte Flat rate direkt in die direkten Betriebskosten (DOC) mit einbeziehen.

Materialwirtschaft und Lagerhaltung im Luftverkehr

40

40.1 Grundlagen

Mit dem Einsatz eines Verkehrsflugzeuges ist zwangsläufig eine erhebliche Beanspruchung der Zelle, der Triebwerke und sämtlicher Komponenten (Geräte) verbunden. Diese Beanspruchung führt zum Verschleiß des Materials (wie Reifen, Bremsen etc.). Daneben sind auch Materialbeschädigungen in der Praxis nicht zu vermeiden (z. B. im Bereich der Ladeluken durch Ladefahrzeuge oder unsachgemäßes Beladen, in der Fluggastkabine durch achtlose oder mutwillige Beschädigungen durch Passagiere, bei den Triebwerken durch das Ansaugen von Fremdkörpern).

Die Instandhaltungssysteme der Luftverkehrsgesellschaften haben die Aufgabe, diese Folgen der Materialbeanspruchung rechtzeitig festzustellen und sie durch entsprechende Maßnahmen zu beseitigen.

Dabei spielt heute die „On Condition"-Philosophie bzw. die Reparatur nach Defekt die Hauptrolle, während feste Laufzeiten bzw. feste Zeiten zwischen Überholungen in der Technik der modernen Verkehrsluftfahrt nur noch eine sehr untergeordnete Bedeutung haben.

Auf jeden Fall ist mit allen diesen Instandhaltungsarbeiten ein Austausch von Material verbunden, sei es, um abgenutzte Teile durch neue zu ersetzen (z. B. Schrauben, Bolzen, Kugellager, Reifen usw.), sei es, um reparaturbedürftige Aggregate oder Geräte auszubauen, durch betriebsfähige zu ersetzen und anschließend die schadhaften Teile in Spezialwerkstätten zu reparieren.

Die rechtzeitige Verfügbarkeit des benötigten Materials am jeweiligen Ort des Bedarfs ist damit entscheidend für die Erhaltung der Betriebsbereitschaft der Flugzeugflotte. Eine Überbevorratung, d. h. das Vorhalten von zu viel Material bzw. von Materialpositionen, die in der Praxis nicht benötigt werden, ist allerdings außerordentlich kostenaufwendig und muss unter allen Umständen vermieden werden.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_40,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

40.2 Aufgabenstellung der Materialwirtschaft

Im Rahmen der Materialwirtschaft und Logistik der Betriebsmittel ist auf der Grundlage der Produktionsprogramm- und -vollzugsplanung der Luftverkehrsgesellschaften grundsätzlich so zu disponieren, dass die zur Realisierung der Produktions- und Absatzplanung erforderlichen Mengen in geeigneter Qualität, zur richtigen Zeit und am richtigen Ort zu optimalen Beschaffungskosten zur Verfügung stehen. Dabei ist der erforderliche Faktormengeneinsatz zu planen und mit den vorhandenen Ressourcen abzustimmen.

Für die Materialwirtschaft eine Luftverkehrsgesellschaft bedeutet dies, dass die zur Instandhaltung der Flugzeuge erforderlichen Maschinen und Geräte sowie das benötigte Material in den Werkstätten bereitzustellen ist.

40.3 Funktionen der Materialwirtschaft

Wie aus der Abb. 40.1 ersichtlich ist, besteht der Bereich Materialwirtschaft aus den Teilbereichen Planung, Einkauf, Warenannahme, Lagerung, Bestandsnachweis, interner Transport sowie ggf. Versand und nachfolgender externer Transport. Diese Struktur

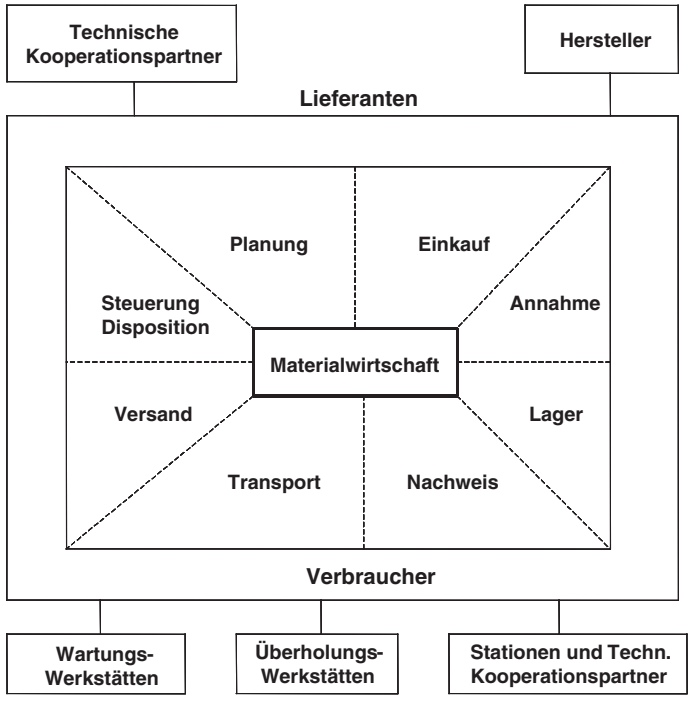


Abb. 40.1 Die Funktionen der Materialwirtschaft

wird überlagert von den Systemen der Steuerung und der Disposition. Eingang findet das Material aus dem System der Lieferanten in das Materialversorgungssystem der Luftverkehrsgesellschaften und ihrer Kooperationspartner. Die Verwendung des Materials erfolgt in der Flugzeugwartung & Überholung den Triebwerks- und Gerätewerkstätten, und auf den Stationen des Unternehmens bzw. der Kooperationspartner.

40.3.1 Materialreserve

Die gesamte zur Verfügung stehende Reserve an Material besteht aus den Reserven im Lager sowie aus denen sich in den Werkstätten im Umlauf befindlichen Geräten oder Reparaturteilen.

Die Lagerung der beschafften Güter erfolgt im Eingangslager, wo sie zur Abgabe für ihren Einsatz im Betriebsprozess bereitgehalten werden. Unter einem Zwischenlager wird ein Lager zwischen verschiedenen Stufen des Leistungserstellungsprozesses verstanden.

Ein solches Zwischenlager kann erforderlich werden, wenn die Leistungserstellung auf verschiedenen Stufen aus Gründen der verwendeten Technologie nicht in genauer mengenmäßiger und zeitlicher Abstimmung erfolgen kann. Zwischenlager können aus Beschaffungsgesichtspunkten auch Eingangslager sein. Am Ende des Leistungserstellungsprozesses steht schließlich das Ausgangslager. Im Ausgangslager werden die erstellten Leistungen aufgenommen, die für die Leistungsverwertung vorgesehen sind.

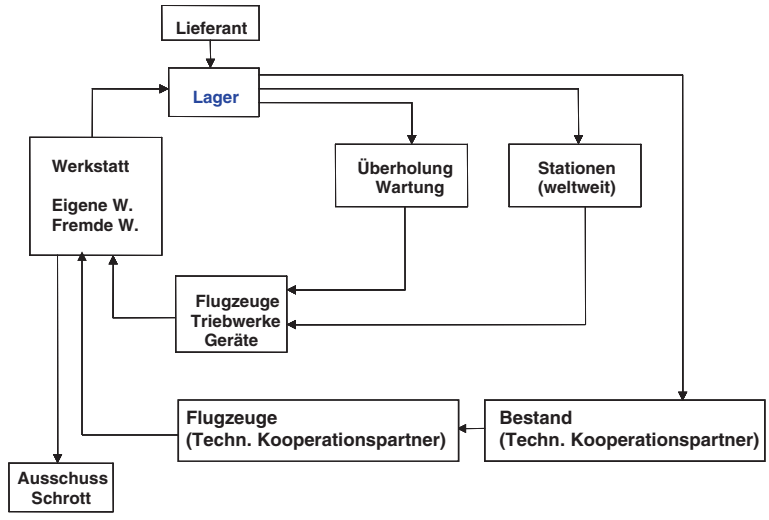


Abb. 40.2 Beispiel für Umlaufteile-Kreismaterial

40.3.2 Umlauf- und Reparaturteile

Bei Umlauf- und Reparaturteilen handelt es sich um Materialpositionen, die nicht verbraucht, sondern gebraucht werden und einem ständigen Kreislauf zwischen Einsatz, Reparatur, Lagerung und erneutem Einsatz mit den dazugehörigen Transportwegen unterliegen. Diese Teile werden, abhängig von Wert und den Anforderungen an Laufzeit-, Bestands- und Bewegungsüberwachung im Einzelnachweis (pro Stück) oder im Mengennachweis (pro Einzelmenge) verfolgt. Abbildung 40.2 zeigt ein Beispiel für das Umlaufteile-Kreismaterial.

40.4 Bedarfs- und Beschaffungsplanung

40.4.1 Bedarfsplanung

Bevor im Folgenden auf den Begriff der Beschaffung, d. h. des Einkaufs von Waren, Werkstoffen und Betriebsmitteln (kein Kapital, kein Personal) eingegangen wird, ist zu vermerken, dass die Beschaffung von Sachgütern nicht ausschließlich durch den Einkauf auf Beschaffungsmärkten erfolgen muss, sondern, z. B. bei Maschinen und Werkzeugen, auch durch Erstellung im eigenen Betrieb oder durch Anlieferung von Konzernbetrieben oder im Leasing durchgeführt werden kann.

Die nachfolgend erläuterten Beschaffungs-, Transport- und Lagerprobleme beziehen sich vor allem auf Werkstoffe und Waren. Ausgangspunkt für die Beschaffungsplanung ist die Bedarfsplanung, unter der man die vorausschauende Ermittlung des Bedarfs an Werkstoffen oder Waren für den Planungszeitraum versteht. Durch sie werden die Art und Menge und der Bedarfszeitpunkt der benötigten Einsatzgüter ermittelt. Einschränkend ist zu sagen, dass hier zunächst nur bestimmt wird, zu welchen Terminen bestimmte Mengen an Werkstoffen, Material oder Waren für den Produktionsprozess zur Verfügung stehen müssen. Die benötigten Einsatzgüter werden aber aus einer Reihe von Gründen (Lagerkapazität, Lagerkosten, Finanzierung) mit von der Bedarfsplanung abweichenden Bestellmengen und -terminen beschafft.

Die Bedarfsplanung ist die planmäßige Festlegung der einzelnen Werkstoff- und Warenlieferungen zur Deckung des ermittelten Bedarfs. Aufgabe der Beschaffungsplanung ist dann die Umsetzung der Bedarfsmengen und Zeitpunkte in Form von Bestellungen. Des weiteren werden im Rahmen dieses Planungsschrittes Lieferanten beurteilt und ausgewählt, sowie Lieferkonditionen verhandelt.

Gegenstand der Bedarfsplanung ist die Bestimmung der Bedarfsmengen in artgemäßer, mengenmäßiger und zeitlicher Hinsicht. Im Industriebetrieb baut sie auf dem aktuellen Produktionsprogramm auf.

Die Entscheidung über die geeignete Planungsmethode kann anhand einer Materialklassifikation mittels der ABC-Analyse erleichtert werden. Bei der ABC-Analyse handelt es sich dabei um eine Methode, mit der untersucht wird, wie stark sich eine

bestimmte Eigenschaft auf die einzelnen Elemente der betrachteten Menge konzentriert. Im Bereich der Materialdisposition werden so Mengen-Wert-Verhältnisse von Materialien untersucht.

Dies geschieht deshalb, weil die Materialbedarfsstruktur eines Unternehmens erfahrungsgemäß dadurch gekennzeichnet ist, dass ein mengenmäßig geringer Anteil den Hauptanteil am Wert der insgesamt beschafften Materialien bildet. Die Planungsaktivitäten in der Materialplanung konzentrieren sich deshalb auf diese Materialarten, um hier den Dispositionsaufwand auf ein wirtschaftlich vertretbares Maß zu reduzieren.

Mit Hilfe der ABC-Analyse erfolgt eine Einteilung des Materialsortiments in A-, B- und C-Teile entsprechend ihres relativen Wertanteils am Gesamtwert der beschafften Materialien.

Unter einer Investition ist der Umwandlungsprozess von Zahlungsmitteln in Güter zu verstehen, der zur Erstellung von Gütern in Form von Sach- und Dienstleistungen und deren Verwertung am Markt erforderlich ist. Der Zufluss von Gütern in den Betrieb wird in der Literatur in der Regel als Beschaffung bezeichnet. Man verfährt hierzu wie folgt:

Zunächst wird für jede Materialart der Periodenverbrauch in Geldeinheiten durch Erfassung der jeweiligen Periodenverbrauchsmenge (in geeigneten Mengeneinheiten) und Multiplikation mit ihrem Preis ermittelt.

Sodann wird jede Materialart gemäß ihres in Geldeinheiten gemessenen Periodenverbrauchs mit einer Rangziffer versehen, geordnet sowie die kumulierten Prozentsätze des mengen- und wertmäßigen Verbrauchs errechnet. Die Klassifizierung als A-, B- oder C-Teil hängt dabei lediglich von der Festlegung der Grenzwerte ab. Das Ergebnis der ABC-Analyse weist beispielhaft häufig die Struktur der Tab. 40.1.

Aus der ersten Zeile der Tab. 40.1 wird ersichtlich, dass die Summe der A-Teile rund 80 % des Periodenverbrauchs in Geldeinheiten darstellt, ihr Anteil an der Gesamtzahl benötigter Materialeinheiten aber nur bei 10 % liegt. Die A-Teile rechtfertigen somit einen höheren Planungsaufwand als die B- oder die C-Teile. Für die Bedarfsermittlung bedeutet dies, dass im Falle der A-Teile die aufwendigeren programmorientierten und für die C-Teile die verbrauchsorientierten Verfahren zur Anwendung gelangen. Die Ergebnisse der ABC-Analyse lassen sich auch graphisch entweder in Form einer Konzentrationskurve (Lorenzkurve) oder als Balkendiagramm darstellen.

Die Bedarfsplanung erschöpft sich aber nicht in der Feststellung des mengenmäßigen Bedarfs der Planungsperiode. Soll die Bedarfsplanung als Basis für die Beschaffungsplanung dienen, die ihrerseits die Voraussetzungen für einen reibungslosen Produktionsablauf schaffen soll, dann muss auch die zeitliche Verteilung des Bedarfs für den Planungszeitraum

Tab. 40.1 Beispiel einer ABC-Analyse

Teilart	**Wertanteil (in %)**	Mengenanteil (in %)
A-Teile	**ca. 80**	ca. 10
B-Teile	**ca. 15**	ca. 20
C-Teile	**ca. 5**	ca. 70

ermittelt werden. Das gilt insbesondere für Betriebe mit stark saisonabhängiger Nachfrage. Dieses geschieht hier meist im Rahmen von Verbrauchsstatistiken.

40.4.2 Beschaffungsplanung

Der Beschaffungsbedarf ergibt sich normalerweise aus dem im gesamten Betriebsprozess geplanten oder erwarteten Verbrauch an den betreffenden Gütern (Teilen). Hinsichtlich der Bestimmungsgrößen des Beschaffungsbedarfes ist zwischen Menge und Art der benötigten Güter (Teile/Komponenten) und deren örtlicher und zeitlicher Verfügbarkeit zu unterscheiden. In der Literatur wird in diesem Zusammenhang auf ein materialwirtschaftliches Optimum verwiesen und hierbei auf eine Zerlegung des Gesamtproblems in eine Vielzahl von Teilproblemen, unter denen die folgenden als die wichtigsten angesehen werden:

- **Mengenproblem:** Entsprechende Gütermengen sind für eine reibungslose Leistungserstellung zur Verfügung zu stellen (quantitativer Beschaffungsbedarf);
- **Sortimentsproblem:** Normalerweise sind die benötigten Güter (Teile/Komponenten) artmäßig nicht bis ins Detail geplant. Hinsichtlich des qualitativen Beschaffungsbedarfs gibt es somit ein wenig Spielraum. Das Sortimentsproblem besteht darin, anforderungsgerechte Mindestqualitäten für die benötigten Güter festzulegen und eine zu starke Ausdehnung des Sortiments zu beschaffender Güter in Breite und Tiefe zu verhindern;
- **Raumüberwindungsproblem:** Dieses betrifft die örtliche Verfügbarkeit der benötigten Güter (Teile/Komopnenten). Wegen der häufig bestehenden räumlichen Diskrepanz zwischen Beschaffungs- und Verwendungsort ergeben sich Transportaufgaben;
- **Zeitproblem:** Hierunter ist die zeitliche Verfügbarkeit der benötigten Güter zu verstehen. Dieses Teilproblem ist eng mit dem Raumüberwindungsproblem verbunden. Daneben geht es aber auch um die Bestimmung des zielgerechten Beschaffungszeitpunktes bei schwankenden Preisen und um den Ausgleich von unter schiedlichen Beschaffungs- und Produktionsrhythmen;
- **Kapitalproblem:** Durch die Beschaffung von Gütern werden Zahlungsmittel ge- bunden. Um das Maß der Kapitalbindung unter der Nebenbedingung einer hinrei- chend sicheren Lagerwirtschaft so gering wie möglich zu halten, ist es erforderlich, die Bewegungen und Bestände der Beschaffungsgüter sorgfältig in Abstimmung mit den anderen betrieblichen Teilbereichen zu planen und zu überwachen;
- **Kostenproblem:** Hierunter wird die Beachtung von Kostenaspekten im Sinne einer Kostenoptimierung bei allen Maßnahmen im Beschaffungsbereich verstanden.

Dabei ist allerdings zu beachten, dass nur jene benötigten Güter (Teile/Komponenten) zu beschaffen sind, die sich nicht schon im Betrieb befinden, die dem Betrieb nicht anderweitig zugänglich sind, und die nicht im Betrieb im Wege der Eigenfertigung

selbst erstellt werden sollen. Von vorrangiger Bedeutung sind bei der Ermittlung des Beschaffungsbedarfs aber das Mengen- und das Sortimentsproblem. Die Bestimmung der entsprechenden Mengen kann in zwei unterschiedlichen Vorgehensweisen erfolgen. Zum einen im Rahmen der programmgebundenen Verfahren, bei denen auf der Grundlage von Stücklisten unter Einsatz entsprechender Rechenverfahren die zu beschaffenden Mengen ermittelt werden, zum anderen die verbrauchsgebundenen Verfahren. Diese gehen vom bisherigen zeitlichen Verbrauch des Beschaffungsbedarfs der einzelnen einzusetzenden Güter aus und ermitteln dann anhand geeigneter Prognoseverfahren (z. B. Trendextrapolation, gleitende Mittelwerte, Methode der exponentiellen Glättung) die zu beschaffenden Mengen. Eine weitere Vorgehensweise zur Bestimmung der Beschaffungsbedarfsfrist ist die der subjektiven Schätzung durch eine oder mehrere Fach-personen.

Die Art der zu beschaffenden Güter wird hauptsächlich durch das qualitative Leistungsprogramm der zu erstellenden und zu verwertenden Leistungen und die technologischen Anforderungen im Bereich der Leistungserstellungsprozesse bestimmt. Bei der Beschaffung von Gütern, die in den Prozessen der Leistungserstellung und Verwertung benötigt werden, lassen sich drei Arten unterscheiden, die Einzelbeschaffung im Bedarfsfalle, die einsatzsynchrone Beschaffung und die Vorratsbeschaffung.

Die **Einzelbeschaffung im Bedarfsfalle** zeichnet sich dadurch aus, dass das benötigte Gut (Teil/Komponente) einzeln und erst dann beschafft wird, wenn der entsprechende Bedarf aktuell und sicher ist. Diese Art der Beschaffung hat den Nachteil, dass erhebliche zeitliche Verzögerungen in der Leistungserstellung eintreten und die betriebliche Terminplanung beträchtlich erschwert werden kann. Von Vorteil ist hier jedoch, dass nur tatsächlich benötigte Güter beschafft werden, allenfalls geringe Kosten für Lagerung anfallen, und dass die Gefahr des Veralterns der beschafften Güter nahezu ausgeschlossen ist.

Bei der **einsatzsynchronen Beschaffung** versucht man, die Lagerung der beschafften Güter zu vermeiden, indem sie erst unmittelbar vor ihrem Einsatz in der Leistungserstellung in den Betrieb hereingenommen werden. Hierdurch werden Kapitalbindungskosten und Lagerhaltungskosten weitgehend vermieden, allerdings kommt es zu einer Abhängigkeit des Betriebes von der Zuverlässigkeit der oder des Lieferanten. Zur Vermeidung dieser Gefahr werden beispielsweise Konventionalstrafen vertraglich vereinbart, oder es werden Sicherheitslager vorgehalten (welches aber bereits eine Durchbrechung des Prinzips der einsatzsynchronen Beschaffung in Reinform darstellt).

Die Einzelbeschaffung im Bedarfsfalle und die einsatzsynchrone Beschaffung bezeichnet man auch als verbrauchsorientierte Beschaffung.

Bei der dritten Möglichkeit, der **Vorratsbeschaffung**, erfolgt eine Loslösung der Beschaffung von ihrer unmittelbaren Bindung an den Verbrauch der zu beschaffenden Güter. In diesem Falle werden Lager eingerichtet, die den Vorteil besitzen, dass die benötigten Güter zum Zeitpunkt ihres vorgesehenen Einsatzes sehr schnell verfügbar sind.

Aufgrund der Trennung von Beschaffung und Leistungserstellung lassen sich über eine autonome Steuerung der Beschaffung Kostenvorteile durch die Verringerung von Bestell- und Transportkosten und die Wahrnehmung von Mengenrabatten bei den Einstandspreisen erzielen. Nachteilig sind hier die vom Betrieb zu tragenden Lagerkosten, die Kapitalbindung und die Veralterungsgefahr sowie der Verlust (Schwund, Verderb) der eingelagerten Güter.

Eine Möglichkeit der Verringerung der Lagerkosten ergibt sich durch die Beschaffung auf Abruf, bei der große Lieferverträge mit entsprechenden Vorteilen abgeschlossen werden, die reale Beschaffung aber in sukzessive abzurufenden Teilmengen unter Vermeidung einer allzu großen Lagerhaltung und der damit verbundenen Nachteile erfolgt.

Geht man beispielsweise von einer definierten Verfügbarkeitsrate im Intervall (80–98 %) aus, so erfolgt die Ermittlung der vorzuhaltenden Umlaufreservemenge in den Schritten:

1. Berechnung der Turn Around Time (TAT):

$$(\text{TAT} = \text{Transportzeit} + \text{Wartezeit} + \text{Bearbeitungszeit}) \tag{40.1}$$

2. Berechnung der Umlaufreserve (MGQ):

$$(\text{MGQ} = \text{Teile pro Jahr} \times \text{TAT}/365) \tag{40.2}$$

3. Berechnung der Repairfloat Quantity (RFQ):

$$\text{RFQ} = \text{MGQ} + \text{F} \times \sqrt{\text{MGQ}} \tag{40.3}$$

   mit:
   F = Maß für die Verfügbarkeit
   F = 0,70 > mittl. Verfügbarkeit = 80 %,
   F = 1,28 > mittl. Verfügbarkeit = 90 %,
   F = 1,65 > mittl. Verfügbarkeit = 95 %,
   F = 1,88 > mittl. Verfügbarkeit = 97 %.
4. Rundung auf ganze Zahl gemäß Rundungsregel.
5. Addition zusätzlicher Mengen > Gesamtreserve:
6. Gesamtreserve =

$$\text{RFQ} + \text{Schrottergänzungsbedarf} + \text{Stationsreserven} + \text{Sonderbedarf} \tag{40.4}$$

Probleme bei der Bestimmung der optimalen Umlaufteilreserve bestehen darin, dass der Bedarf nicht systematisch, sondern eher stochastisch ist. Es liegen zum Teil lange Lieferzeiten vor (teilweise >12 Monate), die Ersatzteilpreise sind im Vergleich zu den Verbrauchsteilen pro Einheit sehr hoch und es existieren mehrere Bedarfsorte (Stationen der Luftverkehrsgesellschaften). Die Planung basiert auf folgenden Parametern, die statistisch erfasst werden:

Technische Zuverlässigkeit:	MTBR	(Mean Time Between Repairs);
Werkstattdurchlaufzeit:	TAT	(Turnaround Time);
Transportzeit:	TT	(Time for Transportation);
Nutzungsdauer:	Fh / AC	(Flight Hours per Aircraft);
aktive Menge:	No. AC	(Numbers of Aircraft);
Flottengröße:	Fleet Size	
angestrebte Verfügbarkeit:	SL	(Service Level).

Die Überwachung der Lieferbereitschaft geschieht über die Verfolgung der mittleren Verfügbarkeit (des Service Levels).

Ziel der Materialplanung bei Umlaufteilen ist also die Minimierung der Bestandskosten bei Sicherstellung einer vorgegebenen Verfügbarkeit. Die Nicht-Verfügbarkeit von Umlaufteilen kann zu Produktionsstörungen und somit zu Auswirkungen auf den Flugbetrieb führen. Tritt der Fall ein, so werden alternative Reparaturen, die Zurückstellung von Beanstandungen, der Ausbau aus anderen Flugzeugen desselben Musters oder die Eigenherstellung in Betracht gezogen.

40.4.3 Planung der Lagerhaltung

Die Lagerplanung liefert die Eingangsdaten für lang- und kurzfristige Lagerhaltungsentscheidungen. Erstere beschäftigen sich vorwiegend mit der Wahl des Lagerstandortes und mit Fragen der Lagerausstattung und -organisation. Diese Entscheidungen haben konstitutiven Charakter, d. h., sind sie einmal getroffen, so gelten sie für einen längeren Zeitraum. Andere Lagerhaltungsentscheidungen müssen immer wieder neu getroffen werden, weil die Entscheidungsgrundlagen zeitlich variabel sind. Solche Entscheidungen sind somit kurzfristig revidierbar. Den Schwerpunkt bilden hier Entscheidungen über die Höhe der Lagerbestände und ihre durchschnittliche Lagerdauer. Beide Größen lassen sich durch die Höhe der Bestellmengen beeinflussen. Alle langfristig zu treffenden Entscheidungen werden unter dem Stichwort Lagergestaltung, alle kurzfristig zu treffenden Entscheidungen unter dem Stichwort Lagerauslastung subsumiert.

Damit ein Lager seiner Sicherungsfunktion (Gewährleistung der reibungslosen Kontinuität des Betriebsprozesses) und seiner Ausgleichsfunktion, in mengenmäßiger und zeitlicher Hinsicht gerecht werden kann, ist stets für einen ausreichenden Lagerbestand Sorge zu tragen. Die Frage nach dem optimalen Lagerbestand (die optimale Lagerauslastung) ist demnach identisch mit der Frage nach der optimalen, d. h. kostengünstigsten Bestellmenge.

Vor der Zuwendung zu diesem Optimierungsproblem sollen jedoch die Systeme zur Abwicklung der Beschaffung erläutert werden, nämlich das Bestellpunktsystem und das Bestellrhythmussystem. Beide Systeme werden durch die drei Größen, die Bestellmenge, den Meldebestand, und das Bestellintervall (den zwischen zwei Bestellungen liegenden Zeitraum), bestimmt.

Beim Bestellpunktsystem werden für den Planungszeitraum die Bestellmenge und der Meldebestand festgelegt. Die Bestellintervalle dagegen sind variabel. Als Meldebestand bezeichnet man den Lagerbestand, bei dessen Erreichen eine neue Bestellung vorgenommen werden muss, damit Fehlmengenkosten nach Möglichkeit vermieden werden. Sind Bestellmenge und Meldebestand im Bestellsystem einmal festgelegt, so sind im Beschaffungssektor nur noch Routineentscheidungen zu treffen.

Das Bestellrhythmussystem ist durch konstante Beschaffungsintervalle gekennzeichnet. Zunächst wird der Richt- oder Zielbestand, d. h. der Maximalvorrat so festgelegt, dass er mit Sicherheit zur Deckung des Bedarfs ausreicht, der während eines Bestellintervalls auftritt. Wahrend beim Bestellpunktsystem Bedarfsschwankungen durch kürzere oder längere Bestellintervalle ausgeglichen werden, erfolgt die Anpassung beim Bestellrhythmussystem durch Variation der Bestellmenge. Sie muss dem während des vorangegangenen Bestellintervalls verzeichneten Lagerabgang entsprechen. Die Höhe der Bestellmenge hängt also vom Verbrauch des vorangegangenen Intervalls ab. In der Praxis ist das Bestellpunktsystem vorherrschend. Es soll daher im Folgenden beschrieben werden.

Zur Ermöglichung eines störungsfreien Betriebsprozesses muss der Betrieb über einen Reservebestand an Vorräten verfügen (Grundbestand, Mindestbestand). Dieser stellt die Menge an Vorräten dar, die in der Regel nicht unterschritten werden darf, und nur dann angetastet wird, wenn die geplante Beschaffungszeit aus unvorhersehbaren Gründen überschritten wird oder der tatsächliche Verbrauch größer als der geplante Verbrauch ist.

Die Nachbestellung muss zeitlich so erfolgen, dass unter Berücksichtigung der normalen Beschaffungszeit die Vorräte ergänzt sind, ehe der Grundbestand angegriffen wird. Der Nutzen des permanenten Bestandes liegt darin begründet, dass er den Betrieb gegen eventuelle Risiken am Beschaffungsmarkt abschirmt und somit Verluste, die durch Störung oder Unterbrechung des Betriebsprozesses infolge Materialmangels auftreten können, vermeidet oder verringert.

Zu diesem als Grundbestand bezeichneten Vorrat kommt weiterhin der Vorrat, der benötigt wird, um die Beschaffungszeit zu überbrücken. Die Beschaffungszeit ist hier der Zeitraum, der von der Meldung des Bedarfs bis zu dem Zeitpunkt, an dem der Gegenstand im Betriebsprozess für den beabsichtigten Zweck zur Verfügung steht, verstreicht. Die Beschaffungszeit setzt sich zusammen aus der Zeit, die für die Weitermeldung des Bedarfs an die Einkaufsabteilung, die Einholung von Angeboten und die Auswahl des Lieferanten benötigt wird, zusätzlich zu der Hersteller-„Lead Time“, Lieferzeit plus Transportzeit plus Zeit für die Prüfung des Gutes/der Komponente nach Eingang in den Betrieb und ggf. der Einlagerungszeit.

Damit die Einkaufsabteilung die Nachbestellungen termingerecht durchführen kann, muss die Lagerverwaltung die Bestandshöhe kennen, bei deren Erreichen sie eine Meldung an die Einkaufsabteilung geben muss (Melde- oder Bestellbestand). Er muss so groß sein, dass eine Auffüllung des Lagers möglich ist, bevor der Grundbestand angegriffen wird. Er entspricht dem Bedarf der Beschaffungszeit und liegt somit um diesen Bedarf über dem Grundbestand.

Es gilt:

$$B_m = V_t * t_b \tag{40.5}$$

mit:
B_m = Meldebestand,
V_t = Verbrauch pro Zeiteinheit,
t_b = Beschaffungszeit.

Ist ein Grundbestand (B_e) vorhanden, so lautet der Term für den Meldebestand:

$$B_m = V_t * t_b + B_e \tag{40.6}$$

Beläuft sich z. B. der Verbrauch auf 100 Einheiten pro Tag und erfolgt die Beschaffung für jeweils 20 Tage, so ergibt sich eine Beschaffungsmenge von 2.000 Einheiten. Nimmt man weiter an, dass ein Grundbestand von 500 Einheiten vorhanden ist, dass die Beschaffungszeit sechs Tage beträgt und dass der Gesamtbestand zu Anfang der Produktion 2.500 Einheiten beträgt, so ist der Meldebestand, kontinuierliche Entnahmen unterstellt dann erreicht, wenn der Bestand auf 1.100 Einheiten (Grundbestand = 500 + Verbrauch während dieser Zeit = 600) abgesunken ist. Die Höhe des „eisernen" Bestandes lässt sich anhand von Erfahrungswerten abschätzen. Die Abb. 40.3 und 40.4 zeigen beispielhaft die Ermittlung des Melde- u./o. Bestellbestands.

Die Abb. 40.3 zeigt beispielhaft auf der Strecke O-B die Verbrauchszeit für eine Lieferung (20 Tage) an, deren Volumen D-E = z. B. 2.000 Einheiten beträgt. O-D stellt den Grundbestand dar, der den Betrieb vor Störungen des Betriebsprozesses von

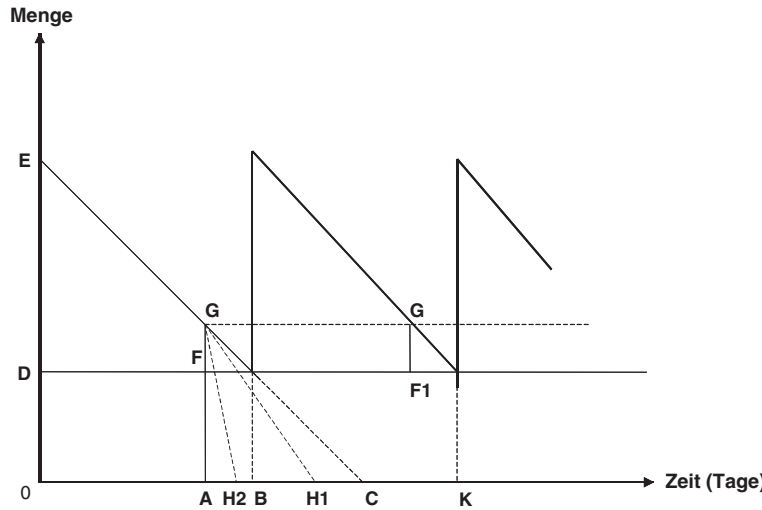


Abb. 40.3 Beispiel zur Ermittlung des Melde- oder Bestellbestandes

der Beschaffungsseite schützen soll, wenn der Verbrauch größer als geplant oder die Beschaffungszeit länger als geplant ist.

Die Beschaffungszeit beträgt A-B. In dieser Zeit wird planmäßig die Menge F-G verbraucht, so dass der Grundbestand unangetastet bleibt. Der Meldebestand beträgt somit einschließlich des „eisernen" Bestandes A-G. Sobald der Bestand auf den Punkt G abgesunken ist, muss die Einkaufsabteilung verständigt werden.

Tritt eine unvorhergesehene Verzögerung in der Beschaffung ein, so kann der Betrieb die Produktion noch solange fortsetzen, bis der Grundbestand aufgebraucht ist, in unserem Beispiel also unter der Annahme eines gleich bleibenden Verbrauchs nach Ablauf der normalen Beschaffungszeit weitere fünf Tage lang (Pkt. C). Dann tritt bis zur Anlieferung eine Unterbrechung des Betriebsprozesses ein.

Nehmen nach Erreichen des Meldebestandes die Entnahmen zu, so können sie aus dem Grundbestand gedeckt werden, wenn der Verlauf der Kurve des Verbrauchs nicht steiler als der Linie G-B entsprechend verläuft (z. B. G-H_1). Andernfalls, z. B. bei Verlauf entsprechend der Linie G-H_2, tritt eine Unterbrechung für den Zeitraum H_2-B ein, da der Gesamtbestand bereits vor Eintreffen der Nachlieferung verbraucht ist.

Die Linie G-I zeigt den kombinierten Fall (vgl. Abb. 40.4). Es tritt sowohl ein stärkerer Verbrauch als auch eine verspätete Anlieferung ein, ohne dass das Lager versagt. Der Grundbestand ist im Zeitpunkt l verbraucht, da wegen des erhöhten Verbrauchs der Lagerbestand gemäß der Geraden G-l (und nicht G-C, wie geplant) sinkt. Erfolgt die Lieferung zu einem späteren Zeitpunkt als l, so ist eine Unterbrechung des Prozesses unvermeidlich.

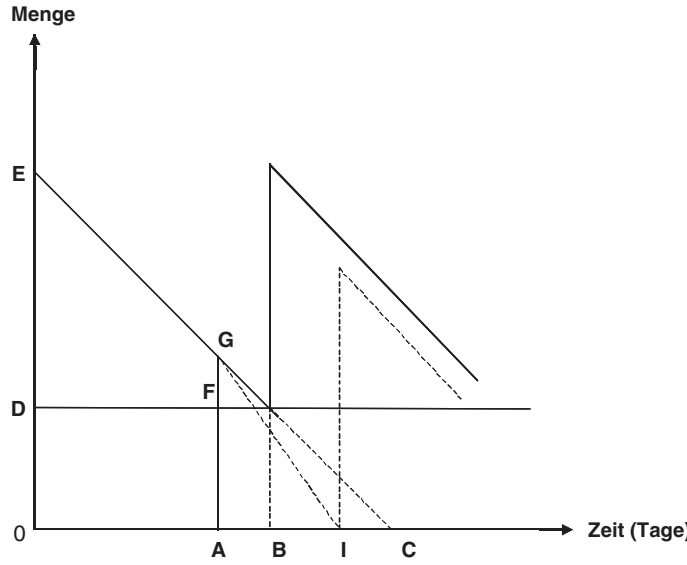


Abb. 40.4 Beispiel zur Ermittlung des Melde- oder Bestellbestandes

In den Beispielen wurde eine vorgegebene Bestellmenge angenommen und es wurde vorausgesetzt, dass die Beschaffung in bestimmten zeitlichen Abständen erfolgt. Je kürzer die zeitlichen Intervalle sind, desto kleiner ist die Bestellmenge und desto kürzer die durchschnittliche Lagerdauer. Je größer die Intervalle, desto größer ist die Bestellmenge und desto länger die durchschnittliche Lagerdauer. Um die optimale Bestellmenge zu bestimmen, wird der Betrieb versuchen, die gesamten Beschaffungskosten zu minimieren. Die Gesamtkosten setzen sich hierbei zusammen aus den Beschaffungskosten im engeren Sinne, den Lagerkosten und den Fehlmengenkosten.

Die Beschaffungskosten im engeren Sinne differenzieren zwischen mittelbaren (für die Einkaufsabteilung sowie die Güterannahme und Prüfung) und unmittelbaren Beschaffungskosten. Erstere werden auch bestellfixe Kosten genannt. Ihre Höhe ist abhängig von der Anzahl der Bestellungen pro Periode. Je kleiner die Anzahl der Bestellungen ist, desto niedriger sind die bestellfixen Kosten pro Periode. Abbildung 40.5 zeigt die Gesamtkostenstruktur der Beschaffung.

Eine ähnliche Tendenz lösen die unmittelbaren Beschaffungskosten (die Anschaffungskosten) aus, da durch Mengenrabatte und günstigere Liefer- und Zahlungsbedingungen, die von der Höhe der Bestellmenge abhängen, die Kosten pro Einheit bei größeren Bestellmengen reduziert werden können. Hierdurch ergeben sich andererseits größere Lagerkosten.

Die Höhe der Lagerkosten hängt vom mengen- und wertmäßigen Lagerbestand und von der Lagerdauer ab. Alle drei Größen steigen mit zunehmender Lagerdauer. Hinzu kommen die Vorratshaltungskosten (für Pflege und Erhaltung der Vorräte), die Raumkosten (Abschreibungen, Zinsen, Instandhaltung, Beleuchtung, Heizung u. a.), die Kosten der Lagerbestände selbst (gebundenes Kapital) und die Zinskosten, wodurch es zu einer Belastung der Liquidität kommen kann.

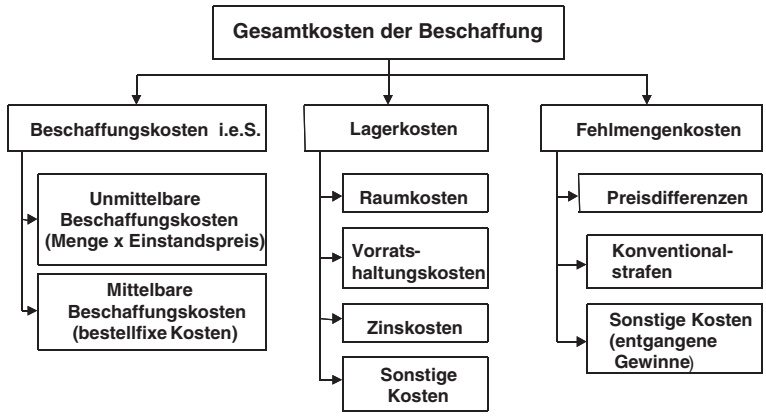


Abb. 40.5 Gesamtkostenstruktur der Beschaffung

Mit zunehmender Lagergröße werden auch die Risiken des Verderbens, des Schwundes und des Veralterns durch Änderung in der Technik/Technologie größer und damit auch die kalkulatorischen Versicherungskosten.

Fehlmengenkosten treten dann auf, wenn die letzte Bestellmenge zu gering war, weil entweder der Bedarf unerwartet hoch war oder die nächste Lieferung verspätet eintrifft. Der Entstehung von Fehlmengenkosten wird durch die Bildung von Pufferbeständen entgegengewirkt. Aus den bisherigen Überlegungen folgt, dass eine Minimierung der Beschaffungskosten tendenziell relativ große Bestellmengen und Lagerbestände erfordert.

Sollen jedoch die Lagerkosten minimiert werden, so muss die Vorratshaltung auf ein Minimum beschränkt, und die Beschaffung durch möglichst kleine Bestellmengen dem täglichen Bedarf angepasst werden. Die Minimierung der Beschaffungskosten (Mengenrabatte, bestellfixe Kosten) sowie der Fehlmengenkosten (Risiko vorzeitiger Lagererschöpfung, Konventionalstrafen) spricht also für hohe, die Minimierung der Lagerkosten (Raum- und Zinskosten) für niedrige Bestellmengen.

Im Folgenden wird das Grundmodell zur Ermittlung der optimalen Bestellmenge dargestellt, das allerdings von stark vereinfachten Annahmen ausgeht.

Es wird z. B. nur eine einzelne zu bestellende Güterart (Teileart/Komponente) zugrunde gelegt, der mengenmäßige Bedarf dieser Güterart ist in der Planungsperiode (i.d.R. ein Jahr) bekannt, und der Verbraucher folgt kontinuierlich mit derselben Verbrauchsintensität im Zeitablauf. Die Beschaffung des zu bestellenden Gutes kann jederzeit in jeder gewünschten Menge erfolgen, da seitens des Beschaffungsmarktes keinerlei Restriktionen bestehen. Die Beschaffungsgeschwindigkeit ist unendlich groß. Jede bestellte Menge wird geschlossen an einem Zeitpunkt geliefert.

Eine neue Lieferung trifft erst dann ein, wenn das Lager restlos geräumt ist. Schwund und Verderb des Lagergutes sind ausgeschlossen. Des weiteren besteht vollkommene Information, d. h. alle zur Ermittlung der optimalen Bestellmenge erforderlichen Daten sind bekannt, im Zeitablauf konstant, und von der getroffenen Entscheidung über die Bestellmenge unabhängig. Die verfolgte Zielsetzung ist die Minimierung der gesamten Kosten aus Beschaffung und Lagerhaltung für die betreffende Güterart in der Planungsperiode. Das Grundmodell setzt folgende Daten als bekannt voraus und bedient sich folgender Symbole:

B = mengenmäßiger Bedarf für ein Jahr,
p = Einstandspreis pro Einheit frei Lager,
K_f = bestellfixe Kosten (mittelbare Bezugskosten pro Bestellung),
i = prozentualer Zinskostensatz pro Jahr,
l = prozentualer Lagerkostensatz pro Jahr,
q = $(i + 1)/100$ = zusammengefasster Zins- und Lagerkostensatz pro Jahr,
K = Gesamtkosten der Beschaffung und Lagerung pro Jahr.

Diesen gegebenen Größen steht die optimale Bestellmenge als gesuchte Größe gegenüber:

m = Bestellmenge,
m_{opt} = optimale Bestellmenge.

Aus den vorhandenen Daten lässt sich die optimale Bestellmenge wie folgt ermitteln:

$$\begin{aligned}&\text{Unmittelbare Beschaffungskosten p. a.}\\ &+\ \text{mittelbare Beschaffungskosten p. a.}\\ &+\ \text{Lagerkosten p. a.} = \text{Gesamtkosten p. a.}\end{aligned} \tag{40.7}$$

$$K = B * p + K_f/m * B + m * p/2 * q \tag{40.8}$$

Leitet man dK nach dm ab, so erhält man:

$$dK/dm = K_f * B/m^2 + p * q/2 \tag{40.9}$$

Die notwendige mathematische Bedingung für ein Kostenminimum lautet:

$$dK/dm = 0 \tag{40.10}$$

Daraus folgt:

$$K_f * B/m^2 = p * q/2 = m_{opt}^2 = 2 * B * K_f/p * q; \quad m_{opt} = \sqrt{2 * B * K_f/p * q} \tag{40.11}$$

Für die **OptimaleBestellmenge** ergibt sich:

$$m_{\mathbf{opt}} = \sqrt{2 * \text{Jahresbedarf} * \text{bestellfixe Kosten}/\text{Einstandspreis (Zinssatz} + \text{Lagerkosten)}} \tag{40.12}$$

Alle Kosten (Einstandspreis, Lager- und Zinskosten, bestellfixe Kosten) sind während des Planungszeitraumes konstant. Problematisch in diesem Zusammenhang ist oft die Ermittlung der Fehlmengenkosten und die des Zusammenhanges zwischen Kapazität und Bestandsreserve. Diese Lösung lässt sich auch auf graphischem Wege ermitteln (vgl. Abb. 40.6).

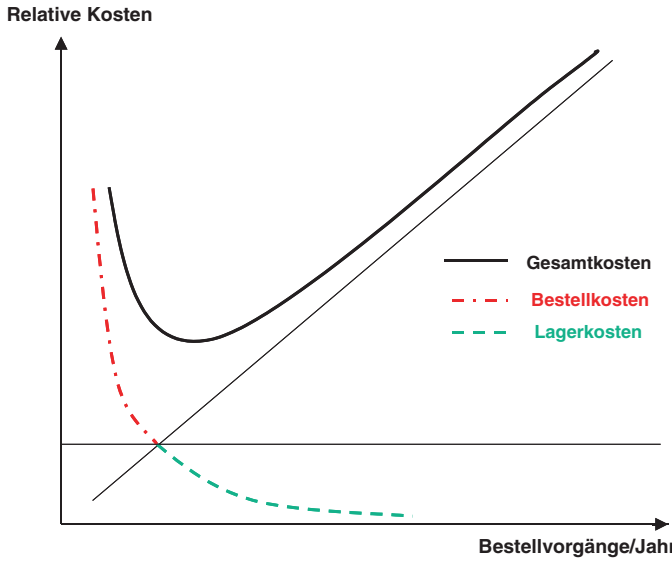


Abb. 40.6 Kostenoptimale Bestellmenge

Heute wird meist pragmatisch verfahren, d. h. es wird die Minimierung der Gesamtkosten derart angestrebt, dass dies unter der Prämisse des Erreichens einer mittleren Verfügbarkeit von 95 % (iterativ ermittelter Erfahrungswert) geschieht.

Bei Fertigproduktlagern im Industriebereich und bei Handelsbetrieben sind obige Annahmen unrealistisch. Hier ist vielmehr mit saisonalen, konjunkturellen und zufallsbedingten Schwankungen des Gesamtabgangs je Periode und mit nicht-kontinuierlichem Lagerabgang zu rechnen.

Das dargestellte Modell der optimalen Bestellmenge ist in vielfacher Form erweitert worden. Die Tab. 40.2 gibt eine Übersicht über die bedeutendsten Erweiterungen des Grundmodells nach denen die einbezogenen Handlungsalternativen über die vorgegebenen Bestimmungsgrößen entwickelt wurden.

Lösungsmöglichkeiten für solche Probleme wurden im Rahmen des Operations Research (OR) erarbeitet. Statt mit einem gegebenen zukünftigen Bedarf, wird in diesen Modellen mit dessen Wahrscheinlichkeitsverteilung, und statt mit bekannten Kosten, mit erwarteten Kosten gearbeitet.

Die Modelle unterscheiden sich weiterhin dadurch, dass Fehlmengen zugelassen und über ihre Kosten (Gewinnentgang, anfallende Leerkosten) mit in die Rechnung einbezogen werden.

Tab. 40.2 Erweiterungen des Grundmodells der optimalen Bestellmenge

<table>
<tr><td colspan="6">Handlungsvariablen</td></tr>
<tr><td>Art der Variablen</td><td colspan="3">Bestellmengen</td><td colspan="2">Fehlmengen</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">eine Güterart / mehrere Güterarten</td><td></td><td colspan="2">Verzugsmengen / Verlustmengen</td></tr>
<tr><td>Beschränkung der Variablen</td><td colspan="2">Ganzzahligkeitsbedingungen</td><td colspan="2">Lagerraumbeschränkungen</td><td>Finanzierungsbeschränkungen</td></tr>
<tr><td colspan="6">Bestimmungsgrößen</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Güterbedarf (Lagerabgang)</td><td colspan="2">Lieferung (Lagerzugang)</td><td>Einstandspreise</td></tr>
<tr><td>Sicherheitsgrad</td><td colspan="2">Deterministischer Bedarf</td><td colspan="2">Deterministische Lieferzeit: Lieferzeit Null, Lieferzeit endlich.</td><td></td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Stochastischer Bedarf</td><td colspan="2">Stochastische Lieferzeit</td><td></td></tr>
<tr><td>Veränderlichkeit</td><td colspan="2">Konstanter Bedarf</td><td colspan="2">Vorgegebene Lieferzeitpunkte</td><td>Konstante Preise</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Im Zeitablauf veränderlicher Bedarf</td><td colspan="2">Beliebige Lieferzeitpunkte</td><td>Veränderliche Preise: mengenmäßig, periodenabhängig, Sonderangebote</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Zeitliche Verteilung innerhalb der Periode(n)</td><td colspan="2">Stetiger Lagerabgang</td><td colspan="2">Stetiger Lagerzugang</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Diskreter Lagerabgang</td><td colspan="2">Diskreter Lagerzugang</td><td></td></tr>
</table>

Flottenpolitik und Flottenplanung

41

41.1 Einführung in die Bedarfsplanung

Die Beschaffung und Bereitstellung von Flugzeugen ist kostenintensiv, wodurch es zu einer hohen Kapitalbindung im Produktionsbereich mit mittel- bis langfristigem Charakter kommt. Ausnahmen bilden das Chartern und das Leasen von Flugzeugen. Bei der Planung von Flugzeugkäufen kommt es deshalb darauf an, das richtige Fluggerät auszuwählen, da es sich je nach Marktlage nicht so schnell wieder veräußern lässt.

Da in die Flottenplanung einer Luftverkehrsgesellschaft mehrere unternehmensinterne Bereiche einbezogen sind, lässt sich eine exakte Abgrenzung der Aufgaben der Flottenplanung nicht durchführen.

Die Flottenplanung im eigentlichen Sinne ist ein Bestandteil der strategischen Planung einer Luftverkehrsgesellschaft. Allgemein formuliert geht es bei den Planungen darum, eine Strategie zu erarbeiten, die mittel- und langfristig die Marktposition des Unternehmens sichert. Dazu sind dezidierte Informationen (Marktanalysen, Wettbewerbsanalysen etc.) erforderlich, um das Unternehmen im Hinblick auf zukünftigen Anforderungen auszurichten. Die Unternehmensstrategie formuliert zunächst die unmittelbaren und mittelbaren Unternehmensziele, an denen sich auch die Flottenplanung zu orientieren hat.

Die Flottenplanung selbst orientiert sich an langfristigen Verkehrsprognosen und den angestrebten Marktanteilen der Unternehmung. Der Verkauf gibt das zu bedienende Streckennetz (Netzmanagement) vor, welches für jede Strecke die Anzahl der Frequenzen, die Verkehrstage, Tageszeitenlage, die Streckenführung und die nachfragegerechte Sitzplatzkapazität (oder Frachtkapazität) beschreibt, und legt somit Anzahl der Flugzeuge und die Flugzeugmuster fest. Der Flugplan beschreibt letztendlich Einsatzzeitpunkte und Einsatzprofile der Flugzeuge.

Die Formulierung „langfristige Verkehrserwartung", abgeleitet aus den Verkehrsprognosen, weist darauf hin, dass es sich um eine zukunftsorientierte Planung von

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_41,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

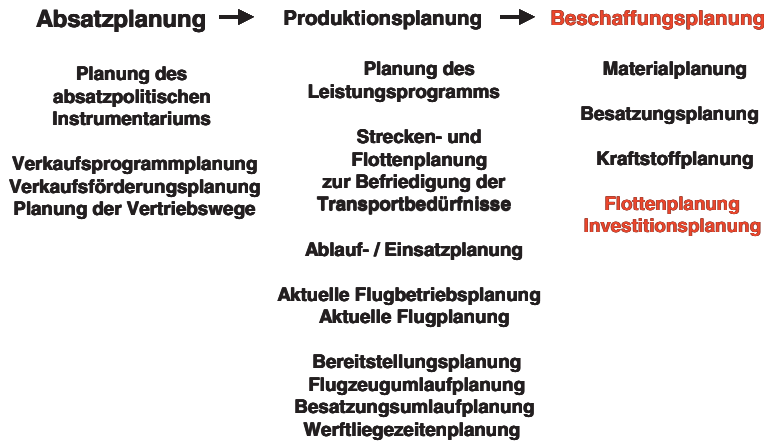


Abb. 41.1 Einordnung der Flottenplanung in die Gesamtplanung einer Luftverkehrsgesellschaft

strategischer Bedeutung handelt. Es geht also nicht um die kurzfristige Einsatzplanung, sondern um die mittel- und langfristige Planung des Bestandes an Flugzeugen.

Die Flottenplanung einer Luftverkehrsgesellschaft ist vergleichbar mit einem Teil der Produktionsplanung in einem Industriebetrieb. Die Flugzeuge sind zu verstehen als die Produktionsmittel, die produzierten Passagier- u./o. Tonnenkilometer als die Produkte. Ziel der Flottenplanung ist somit eine kostengünstigste Produktion der Passagier-/Tonnenkilometer, die das Unternehmen mittel- bis langfristig zu produzieren plant. Eine Einordnung der Flottenplanung im Rahmen der Gesamtplanung einer Luftverkehrsgesellschaft zeigt Abb. 41.1.

Die Ablauf- oder Einsatzplanung ist die Planung des operationellen Prozesses für die laut Flugplan geplante Leistungserstellung. Die Bereitstellungsplanung hat die Bereitstellung der für die Leistungserstellung benötigten Produktionsfaktoren nach Art, Menge, Zeit und Ort zum Inhalt.

41.2 Strategische Bedarfsplanung

Die Strategische Planung setzt den Rahmen für jede weitere Planung im Unternehmen. Sie orientiert sich an den für das Unternehmen wichtigen Marktanalysen und entwickelt daraus mittel- bis langfristige Ziele. Diese Ziele müssen im Einklang mit dem Unternehmensleitbild stehen, welches die Unternehmensmission ausweist. Weiterhin sollen Wege in Form von Strategien zu den gesetzten Zielen aufgezeigt werden. Dabei hat es sich als praktisch erwiesen, nur die unternehmenspolitisch wichtigen Kenndaten vorzugeben, um die weitere Planung für die einzelnen Bereiche und Abteilungen des

Unternehmens nicht zu stark einzuschränken. Zu diesen Kenndaten gehören bei einer Luftverkehrsgesellschaft:

- globale Wachstumsraten (nach Märkten und Verkehrsgebieten),
- die Flottenentwicklung und der Flugzeugmarkt,
- Strukturdaten der Kundensegmente, wie z. B. Geschäftsreiseanteile, Touristikentwicklung, Frachtanteile etc.,
- betriebswirtschaftliche Kennziffern und Kennziffern des Finanzsektors, wie z. B. Kosten/TKO, Durchschnittserlöse/TKT, SLF oder NLF, Innenfinanzierungsgrad, Leasing-Anteil, Umsatzrentabilität etc.

Für Flottenkonzepte und Flottenplanung selbst ist das Streckennetz einer Luftverkehrsgesellschaft von großer Wichtigkeit. Das zu bedienende Streckennetz ergibt sich aus dem Streckenprogramm, welches die Basisdaten für die Flottenplanung liefert. Für die Entwicklung des Netz- (Strecken-)programms ist folgender Ablauf (vgl. Abb. 41.2) typisch:

Auf der rechten Seite der Abb. 41.2 geht es um quantitative Marktanalysen, anhand derer sich die Nachfrageentwicklung prognostizieren lässt. Die gewonnenen Daten fließen in die Kapazitätsplanung des Netz-(Strecken-)managements ein. Jeder Netzmanager legt nun für seine einzelnen Strecken die zu erwartende Nachfrage getrennt nach

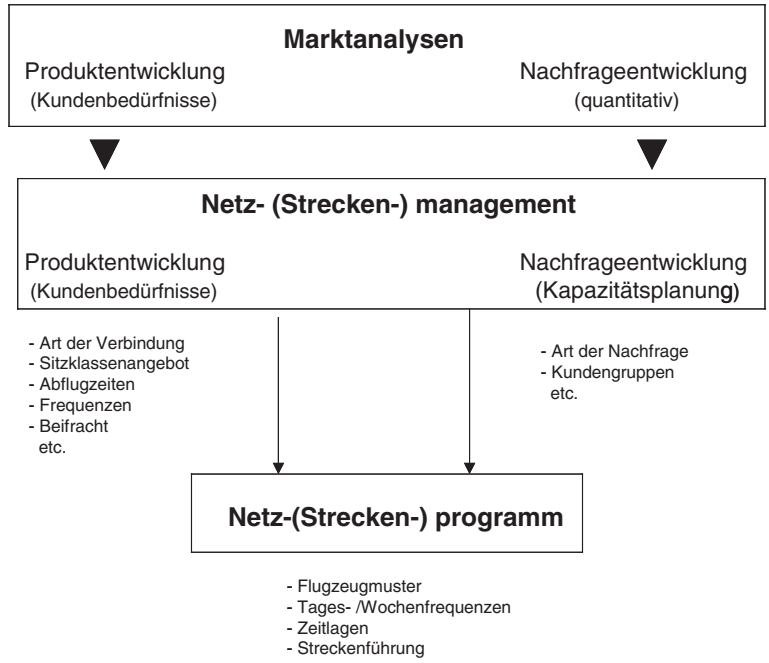


Abb. 41.2 Beispiel für die Entwicklung des Streckenprogramms

Kundengruppen fest. Danach lassen sich erste Vorschläge für das erforderliche Flugzeugmuster, d. h. über die benötigte Sitzplatzkapazität in Abhängigkeit der geplanten Frequenzen erarbeiten. Die Anzahl der Frequenzen ist aber nicht nur eine Frage der quantitativen Nachfrage, sondern die Bedienungshäufigkeit ist auch eine Frage der Produktqualität.

Diese wird auf der linken Seite der Abb. 41.2 behandelt, da es sich hier um die Ermittlung der Kundenbedürfnisse handelt. Die Ergebnisse dieser Marktanalysen gehen in die Produktdefinition des Netz-(Strecken-)managements ein. Für die Produktdefinition sind Fragen der Klassenaufteilung, Abflugzeiten, Frequenzen etc. zu klären bzw. zu beurteilen, und für jede einzelne Strecke (jede Verbindung) festzulegen.

Die qualitativen und quantitativen Plandaten aller Netzmanager zusammengenommen ergeben dann das Streckenprogramm, das zu bedienende Netz. Das Streckenprogramm enthält für jede Strecke, noch ohne Zusammenhang geplant, die Wochenfrequenzen, die Zeitenlage der Flüge, die Streckenführung und anderes mehr.

Dieses Netzprogramm kann allerdings in der Regel so nicht bedient werden. Aus den vorgegebenen Daten des Netzprogramms muss eine sinnvolle und wirtschaftliche Flugzeugrotationen entwickelt werden, die einigen Beschränkungen genügen oder Unsicherheiten mit einbeziehen muss, z. B. Zeitzonen, Wartungserfordernisse, Mindestbodenzeiten, verfügbare Start- und Landezeiten (Slot's) an Flughäfen, ggf. Verkehrsrechte, die Berücksichtigung von Nachtflugbeschränkungen, Höchstdienst- und Ruhezeiten der Besatzungen etc. Darüber hinaus ist ein in dieser Weise angepasstes Netzprogramm mit den verfügbaren oder zu beschaffenden Produktionsmitteln, d. h. den Flugzeugen entsprechender Kapazitäten, abzugleichen.

Nach Berücksichtigung aller internen und externen Ressourcen und Restriktionen wird dann versucht, einen Flugplan zu erstellen. Dieser Flugplan wird bei großen Luftverkehrsgesellschaften jeweils für die Sommer- und die Winterperiode erstellt. Die Rotations- oder Umlaufplanung muss dann die aus dem vorgegebenen Flugplan resultierende Anzahl der benötigten Flugzeugmuster ermitteln.

Ziel dieses beispielhaften Ansatzes ist es, durch effizienten Einsatz der Flugzeuge, bei gegebenem Flugplan, die Anzahl der benötigten Flugzeuge zu minimieren. Als Ergebnis dieser Planung erhält man die erforderliche Anzahl der Flugzeuge und bzw. der Flugzeugmuster.

Die Rotationsplanung ist somit auch eine Art Kapazitätsplanung. An dieser Stelle wird der Flottenbestand berücksichtigt. Es findet auch ein Vergleich der vorhandenen Flugzeugmuster mit den mittel- und langfristig benötigten Flugzeugmustern statt.

Bei dieser Kapazitätsplanung sind auch die Rotations- oder Dispositionsreserven zu berücksichtigen. Bei der Rotationsreserve handelt es sich um Reserveflugzeuge. Diese Flugzeuge sollen andere, die aufgrund von vorgeschriebenen Wartungsintervallen aus dem Flugbetrieb genommen wurden, ersetzen. Die Dispositionsreserve benötigt man, um zufälligen Instandhaltungsereignissen oder anderen unvorhersehbaren Ereignissen zu begegnen. Bei den Luftverkehrsgesellschaften fällt die Problematik der Rotationsplanung unter das Stichwort „Scheduling". Bei der Knappheit der Mittel und

dem starken Wettbewerb sind die Ressourcen für Reserven jeglicher Art bei den wirtschaftlich operierenden Luftverkehrsgesellschaften allerdings sehr begrenzt.

Der Ansatz, bei gegebenem Flugplan die Anzahl der Flugzeuge zu minimieren, stellt nur eine Möglichkeit dar. Ein weiterer Ansatz ist beispielsweise das „Frequency Planning". Beim dem erstgenannten Ansatz erhält man über die Berücksichtigung von Nachfragefunktionen, Kostenfunktionen und Einsatzrestriktionen als Ergebnis die Routen, Frequenzen und die Flugzeugmuster. Das zweite Verfahren versucht, die Wartezeiten unter Berücksichtigung der Frequenzen zu minimieren. Das Resultat sind dann die optimierten Abflugzeiten.

Der Flottenplanung liegt jeweils eine Flottenpolitik zugrunde, für die sich die Luftverkehrsgesellschaft langfristig entscheiden muss. Eine effiziente Flottenpolitik beinhaltet auch ein entsprechendes Flottenkonzept. Um das beste Konzept für eine Luftverkehrsgesellschaft zu finden, müssen kontinuierliche Wirtschaftlichkeitsberechnungen unter Berücksichtigung der gesamten Unternehmensstruktur durchgeführt werden. Zu diesen Berechnungen gehört der direkte Vergleich von einzelnen Flugzeugmustern anhand spezieller Parameter und Kostengrößen.

Normalerweise geschieht die Auswahl der Flugzeugmuster anhand eines normierten Verfahrens. Durch Normierung der Einsatzbedingungen und anderer Parameter lässt sich ein Vergleich der direkten Betriebskosten (DBK) oder auch Direct Operating Costs (DOC) verschiedener Flugzeugmuster ermöglichen. Weiterhin werden auch noch technische und operationelle Aspekte bewertet und der betriebswirtschaftlich interessante „break even point" streckenspezifisch bestimmt.

Die Flottenplaner haben dann die Aufgabe, unter Berücksichtigung einzelner Flugzeugmuster eine Wirtschaftlichkeitsberechnung in Bezug auf die gesamte Flotte (d. h. unter Einschluss bereits vorhandener Flugzeuge) durchzuführen.

Da beispielsweise die Anzahl der zu bevorratenden Reservetriebwerke von der Flottengröße abhängt, ergeben sich bei der Gesamtbetrachtung noch einmal Veränderungen in den Gesamtkostenstrukturen, die für den Vergleich der zu beschaffenden Flugzeugmuster relevant sind. Ein besonderer Aspekt bei der Kapazitätsplanung ergibt sich bei expandierenden Märkten. Um der ständig steigenden Nachfrage gerecht zu werden, muss man mehr Frequenzen anbieten u./o. ein größeres Flugzeugmuster einsetzen. Durch die knappen Start- und Landekapazitäten auf vielen Verkehrsflughäfen bleibt häufig nur der Einsatz eines größeren Flugzeugmusters übrig. Da das Unternehmen auch nach dem Umstieg vom kleineren auf größere Flugzeugmuster wirtschaftlich operieren muss, sind bei der Planung der Flottenstruktur die Kapazitätsabstufungen der Flugzeugmuster wichtig.

Entscheidet sich eine Luftverkehrsgesellschaft beispielsweise dazu, ein Flugzeug mit 100 Sitzen auf einer Strecke, die im Durchschnitt zu 70 % ausgelastet ist, durch ein Flugzeug mit 200 Sitzplätzen zu ersetzen, dann wird der durchschnittliche Sitzladefaktor (SLF) des neuen Flugzeuges anfänglich bei ca. 35 % liegen, falls alle übrigen Parameter unverändert bleiben. Dieser Wert liegt mit hoher Wahrscheinlichkeit unter dem „Break-Even Load Factor", d. h. unter dem Sitzladefaktor, bei dem die

flugzeugspezifische und streckenspezifische Gewinnschwelle erreicht wird. Dies bedeutet, Verluste auf dieser Strecke einzufliegen. Wenn das neu eingesetzte Flugzeug aber „nur“ eine Kapazität von 125 Sitze hat, dann ließe sich ein Wechsel des Flugzeugs ohne operationelle Verluste gestalten. Der durchschnittliche Sitzladefaktor läge dann bereits zu Beginn des Einsatzes des Flugzeuges bei ca. 56 % und damit in der Regel über dem „Break-Even Load Factor“, d. h. über der Gewinnschwelle. Die Kapazitätsabstufung (Flugzeuggröße, Bestuhlung) kann somit bei der Flugzeugbeschaffung eine entscheidende Rolle spielen.

Ein geringes Flottendurchschnittsalter soll technische Modernität, Umweltverträglichkeit und vor allem Sicherheit (hoher technischer Standard) demonstrieren, und ist dem Image einer Luftverkehrsgesellschaft zuträglich. Die Philosophie der modernen Flotte ist sichtlich auch ein Aspekt bei der Entscheidung über die Einsatzbedingungen.

Als Ergebnis der strategischen Flottenplanung sollte sich eine Flottenphilosophie oder Flottenstrategie ergeben, die die Bereiche Flottenkonzept, Beschaffungspolitik, Kapazitätsabstufungen und Flottendurchschnittsalter umfasst.

41.3 Flottenplanungskonzepte

Es existieren folgende widersprüchliche Anforderungen an die Flottenstruktur:

- aus Marktsicht ist eine unendliche Größenvielfalt an Flugzeugmustern wünschenswert, um flexibel auf die Nachfrage reagieren zu können;
- aus operationeller Sicht ist eine minimale Anzahl verschiedener Flugzeugmuster wünschenswert (Kosten);
- aus betriebswirtschaftlicher Sicht ist eine marktrelevante optimale Anzahl von Flugzeugen wünschenswert.

Im Folgenden sollen nun die drei wesentlichen Flottenplanungskonzepte behandelt werden, die den unterschiedlichen Anforderungen genügen sollen.

41.3.1 Flugzeugmusterstandardisierung

Bei der Flugzeugmusterstandardisierung stehen operationelle Gesichtspunkte im Vordergrund der Betrachtung, welche darauf abzielen, eine minimale Anzahl unterschiedlicher Flugzeugmuster zu betreiben. Durch die Standardisierung ergeben sich Einsparungen in der Ersatzteilhaltung, der Instandhaltung, der Werkstättenausstattung, der Schulung des Personals und der erforderlichen Lizenzen. Weiterhin ist die Anzahl der erforderlichen Besatzungen, Type-Ratings etc. begrenzt. All diese Einsparungen stehen im Fixkostenbereich an, während sich bei den variablen Kosten ggf. Nachteile ergeben.

Wenn im Extremfall nur ein Flugzeugmuster eingesetzt wird, lässt sich bei unterschiedlichen Anforderungen an die zu bedienenden Strecken keine gute Anpassung zwischen Flugzeug und Strecken erreichen. Die Musterstandardisierung empfiehlt sich somit nur für jene Fluggesellschaften, die ein relativ homogenes Streckennetz bedienen.

Ein weiterer Nachteil besteht in der Inflexibilität bezüglich der Marktanforderungen. Dies bedeutet z. B. eine zu geringe Kapazitätsflexibilität bei Nachfrageänderungen. Des Weiteren besteht auch die Gefahr der Abhängigkeit vom jeweiligen Hersteller, da die Luftverkehrsgesellschaft nur dessen Flugzeugmuster betreibt.

41.3.2 Flugzeugmusterspezialisierung

Die Flugzeugmusterspezialisierung versucht Einsparungen durch geringe variable Kosten zu erreichen. Durch die optimale Anpassung des Flugzeugmusters an die Strecke ergeben sich besonders niedrige flugabhängige Betriebskosten. Geht man davon aus, dass kurzfristig ca. 85 % der Kosten einer Flugstrecke fix und nur 15 % variabel sind, dann optimiert die Flugzeugmusterspezialisierung den kleineren Kostenblock und vernachlässigt die Einsparungen, die die Flugzeugmusterstandardisierung im Fixkostenbereich möglich macht. Bei der großen Mustervielfalt werden alle Vorteile der Musterstandardisierung zu Nachteilen bei der Musterspezialisierung.

Welches der beiden Prinzipien das beste gesamtwirtschaftliche Ergebnis ergibt, ist von Fall zu Fall zu entscheiden und wesentlich von der Gesamtausrichtung der Luftverkehrsgesellschaft abhängig.

41.3.3 Flugzeugmuster-Familienkonzepte

Eine Möglichkeit, die Vorteile der Standardisierung mit den Vorteilen der Spezialisierung zu verbinden, sind die Flugzeug-Familienkonzepte.

Bei diesen Konzepten werden möglichst alle angeführten Anforderungen an eine Flottenstruktur berücksichtigt, indem innerhalb der Gesamtflotte Teilflotten gebildet werden, die dann jeweils eine Flugzeugfamilie darstellen. Durch die unterschiedlichen Flugzeuge der Teilflotten erreicht man eine gute Anpassung des jeweiligen Flugzeugmusters an das Streckenprofil, ähnlich wie bei der Musterspezialisierung. Innerhalb der Teilflotten oder besser der Flugzeugfamilien ergeben sich Einsparungen wie bei der Musterstandardisierung. Hier werden die Produktkommunalitäten unterschiedlicher Muster derselben Flugzeugfamilie genutzt. Gleichzeitig bieten die unterschiedlichen Flugzeugmuster einer Familie genügend Kapazitätsflexibilität, um der aus Marktsicht geforderten Größenvielfalt gerecht zu werden.

Im Extremfall handelt es sich beim Flugzeugmuster-Familienkonzept um Flugzeugmuster, die sich lediglich in der Rumpflänge, der Sitz- und Nutzlastkapazität sowie den daraus resultierenden Massen, wie Leermasse, maximale Startmasse etc.

unterscheiden. Die Tragflächen, das Leitwerk und die Triebwerke sind bei den Mustern identisch, wobei die Triebwerke der kleineren Muster, die somit einen erheblichen Schubüberschuss aufweisen, gedrosselt betrieben werden können, was besonders im Kurzstreckenbetrieb erhebliche Einsparungen in der Instandhaltung ermöglicht. Derartige Familienkonzepte funktionieren allerdings nur, wenn die Kapazitäten der „Familienmitglieder" nicht allzu weit auseinander liegen (z. B. A319/A320/A321 Family).

Flugzeug-Familienkonzepte sind für größere Luftverkehrsgesellschaften interessant, da diese aufgrund ihres meist inhomogenen Streckennetzes versuchen, die Vorteile der Musterstandardisierung und Musterspezialisierung miteinander zu verbinden.

Eine andere Art der Anwendung der Familienkonzepte, die nicht zu Restriktionen führt, die allerdings auch nicht die gleichen wirtschaftlichen Einsparungen ermöglicht, ist die Verwendung gleicher Flugzeugkomponenten in einer Familie von Flugzeugmustern. Hierzu gehören z. B. Triebwerke, Druck- und Klimaanlage, APU, Cockpit-Systeme, Teile des Hydrauliksystems etc.

Flugzeugfinanzierung

42

Aufgrund der hohen Entwicklungskosten und des Einsatzes von Spitzentechnologien in der Luftfahrtindustrie ist die Beschaffung von Flugzeugen mit einem hohen Kapitalaufwand verbunden. Als direkte Folge ergibt sich, dass ein Flugzeugkauf aus Eigenmitteln die Finanzierungskapazitäten vieler Luftverkehrsgesellschaften übersteigt. Im folgenden werden einige alternative Möglichkeiten zur Flugzeugbeschaffung vorgestellt.

42.1 Grundsätzliches zur Finanzierung

Zur Herstellung, Bereitstellung und für den Absatz von Sachgütern und Dienstleistungen werden Produktionsfaktoren (Produktionsmittel), wie die menschliche Arbeitskraft, Betriebs- und Werkstoffe u. a. eingesetzt. Die Beschaffung der Produktionsfaktoren erfordert finanzielle Mittel, die das Unternehmen in der Regel vor der Durchführung des Leistungserstellungsprozesses zu beschaffen hat. Durch den Absatz der Betriebsleistungen über den Markt werden Finanzmittel zurück gewonnen.

Der Prozess der betrieblichen Leistungserstellung wird in den güterwirtschaftlichen und den finanzwirtschaftlichen Bereich unterteilt und besteht aus den drei Teilen Beschaffung, Leistungserstellung und Leistungsverwertung (vgl. Abb. 42.1). Der güterwirtschaftliche und der finanzielle Bereich stehen in einer laufenden Wechselbeziehung miteinander und zueinander.

Der Bedarf an Zahlungsmitteln des Unternehmens zwischen Zahlungsmittelzufluss und Zahlungsmittelabfluss wird als Kapitalbedarf des Unternehmens bezeichnet. Alle Maßnahmen zur Deckung des Kapitalbedarfs (sowohl lang- als auch kurzfristig), d. h. die Beschaffung und Bereitstellung von Zahlungsmitteln zur Durchführung des betrieblichen Leistungserstellungsprozesses, werden als Finanzierung bezeichnet.

Die Flugzeugfinanzierung lässt sich in zwei Bereiche einteilen. Einerseits existiert die Einzelfinanzierung eines einzelnen Flugzeuges mit Hilfe eines speziellen

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_42,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

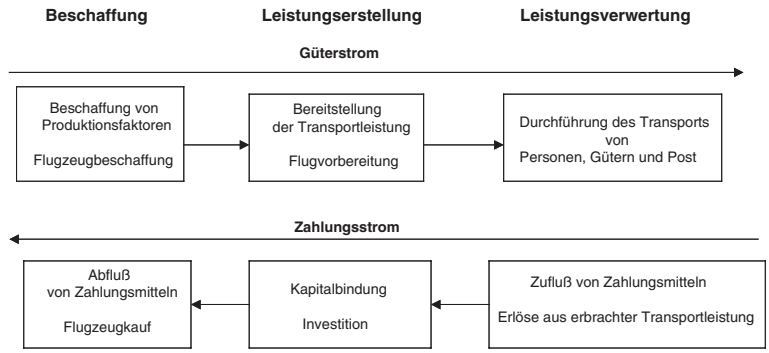


Abb. 42.1 Der güterwirtschaftliche und finanzielle Betriebsprozess

Finanzierungsplans, andererseits besteht die Möglichkeit einer Sammelfinanzierung von Flugzeugen durch Inanspruchnahme des Kapitalmarktes (z. B. per Anleihe) oder die Ausnutzung des Innenfinanzierungsspielraums.

Begleitet wird die Finanzierung von der Maßgabe der Minimierung von Kosten und Risiken bei der Kapitalbereitstellung mit dem Ziel, die Rentabilität des Unternehmens zu erhöhen. Entsprechend der Unterschiedlichkeit der Unternehmen und der Finanzierungsphilosophien sind auch unterschiedliche Finanzierungskonzepte denkbar.

42.2 Finanzstruktur von Luftverkehrsgesellschaften

Die Deregulierung im Luftverkehr und auch sinkende Gewinne haben den Innenfinanzierungsspielraum der Luftverkehrsgesellschaften, ausgedrückt in Form des „Cash Flow“, welcher sich zusammensetzt aus einbehaltenen Gewinnen und Aufwandsgegenwerten, die in der betreffenden Periode nicht zur Auszahlung gelangen (Abschreibungen und Rückstellungen), bei zahlreichen Luftverkehrsgesellschaften sehr eingeschränkt, wodurch nötige Investitionen in zunehmendem Maße durch externe Finanzmittel (Fremdkapital) gedeckt, oder durch anderweitige Maßnahmen (z. B. Leasing) getätigt werden müssen.

Die Zufuhr von Fremdkapital ist aber ebenfalls nicht unabhängig von der Ertragssituation des entsprechenden Unternehmens. Luftverkehrsgesellschaften, die geringe oder keine Erträge erwirtschaften, werden von Ratingagenturen in ihrer Bonität schlechter eingestuft. Diese Klassifizierung hat zur Folge, dass die Fremdkapitalaufnahme durch einen unternehmensspezifischen Risikozuschlag verteuert oder sogar unmöglich wird. Auswege aus dieser Situation ergeben sich z. B. mit Hilfe einer Trennung von Unternehmensrisiko und Risiko für das bereitgestellte Kapital.

42.3 Arten der Finanzierung

Eine systematische Einteilung der verschiedenen Alternativen zur Kapitalbereitstellung kann nach unterschiedlichen Kriterien erfolgen. Als Gliederungskriterien bieten sich an:

- Herkunft des Kapitals: Innen-, Außenfinanzierung;
- Rechtsstellung der Kapitalgeber: Eigen-, Fremdfinanzierung;
- Dauer der Kapitalbereitstellung, Fristigkeit: unbefristet, langfristig, kurzfristig;
- Anlass der Finanzierung: Gründung, Fusion, Sanierung.

Da sich die Einteilung der Finanzierungsarten entsprechend der Mittelherkunft (vgl. Abb. 42.2) als gebräuchlichster Systematisierungsansatz herauskristallisiert hat, dient er im folgenden als Grundlage für die Erläuterung der einzelnen Finanzierungsmöglichkeiten.

Vor dieser Einzeldarstellung soll die Problematik der Flugzeugfinanzierung noch durch eine weitere Unterscheidung verdeutlicht werden. Es handelt sich um die Unterscheidung zwischen objektfreier und objektgebundener Finanzierung. Bei der objektfreien Finanzierung erfolgt die Kapitalbeschaffung, welche abhängig von der Bonität des Unternehmens ist, unabhängig von dem Investitionsvorhaben, welches mit dem Kapital getätigt werden soll. Diese Form der Kapitalbereitstellung ist an kein spezielles Investitionsobjekt gebunden. Der Finanzmittelbedarf kann vielfache Ursachen haben, z. B. Gründung, Fusion, Übernahme oder eben Anschaffung eines Investitionsobjektes. Zu den objektfreien Finanzierungsformen zählen die Einlagen der Gesellschafter, diverse

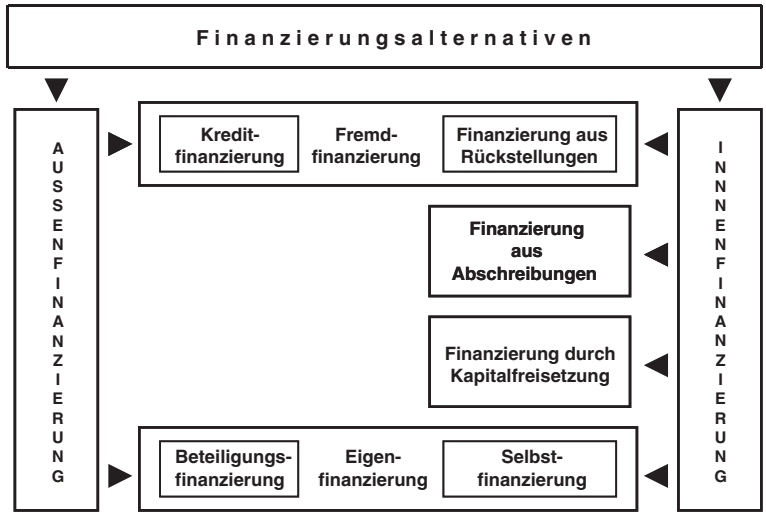


Abb. 42.2 Finanzierungsalternativen nach Mittelherkunft

Formen der Schuldverschreibungen, Bankkredite sowie andere Darlehen ohne Sicherheit auf das Investitionsobjekt.

Eine objektgebundene Finanzierung ist direkt mit dem Investitionsvorhaben verbunden, und kann ohne dieses nicht durchgeführt werden. Die Objektbindung ist auf unterschiedliche Arten möglich. Das Flugzeug als Sicherheit für die Kreditvergabe (Flugzeughypothek) ist beispielsweise die Grundlage des Asset-Based-Financing.

Beim Leasing muss ein Leasingobjekt vorhanden sein. Eine Kreditvergabe durch einen Flugzeughersteller erfolgt nur bei Kauf eines von ihm produzierten Flugzeuges, während Abschreibungsgesellschaften Steuerersparnisse nutzen, die durch den Flugzeugkauf und den anschließenden Betrieb entstehen. Aufgrund der bereits erwähnten schlechten Kapitalausstattung vieler Luftverkehrsgesellschaften nimmt der Anteil der objektgebundenen Flugzeugfinanzierungen immer mehr zu, was sich z. B. in den hohen Leasingquoten zeigt, da solche Finanzierungsmöglichkeiten relativ unabhängig von der Unternehmenssituation sind.

Zu Beginn der weiteren Ausführungen ist anzumerken, dass das Gesamtkapital eines Unternehmens als aus dem Eigenkapital (internes Kapital) und aus dem Fremdkapital (externes Kapital) bestehend, anzusehen ist. Beide Formen des Kapitals können in Abhängigkeit von ihrer Herkunft als der Außen- oder der Innenfinanzierung zugehörig, betrachtet werden.

42.3.1 Innenfinanzierung

Innenfinanzierung bedeutet, dass bisher gebundenes Kapital in frei verfügbare Zahlungsmittel umgeschichtet wird. Die Finanzmittel werden im Unternehmen selbst erwirtschaftet und freigesetzt. Die Freisetzung der Mittel erfolgt über den normalen Umsatzprozess und über Kapitalfreisetzungsmaßnahmen. Letztere setzen sich vorwiegend aus dem Verkauf von Produktionsmitteln und anderen Vermögenswerten zusammen bzw. aus Einsparungswerten, die das Resultat von Rationalisierungen sein können. Bei den Umsatzerlösen können der Gewinnbestandteil und der Bestandteil der Aufwandsgegenwerte unterschieden werden. Die Gewinnkomponente, abzüglich Gewinnausschüttung und Steuern, steht für die Innenfinanzierung zur Verfügung. In den Aufwandsäquivalenten sind die Abschreibungsgegenwerte der Produktionsmittel und die Aufwendungen für Rückstellungen enthalten. Es ist aber zu berücksichtigen, dass eine Innenfinanzierung erst dann möglich ist, wenn dem Unternehmen liquide Mittel aus Umsätzen zufließen und diesem Zufluss in der gleichen Periode kein auszahlungswirksamer Aufwand gegenübersteht.

Ein Flugzeug, das nur im Hangar steht, kann zwar handels- und steuerrechtlich abgeschrieben werden, aber man erhält dadurch keine finanziellen Mittel, mit denen man neue Investitionen tätigen kann. Erst die Umsatzerlöse, die aus dem Flugbetrieb (den entgeltlich durchgeführten Transportleistungen) resultieren, ermöglichen eine Innenfinanzierung, indem der kalkulierbare Abschreibungsanteil der Umsatzerlöse für neue Investitionen genutzt wird.

42.3.1.1 Innenfinanzierung mit Eigenkapital

Eine Luftverkehrsgesellschaft hat die Möglichkeit, durch den Verkauf von Anteilen (z. B. Emission von Aktien) ihren Eigenkapitalanteil zu erhöhen. Voraussetzung dafür ist ein entsprechend hoher Marktwert der Luftverkehrsgesellschaft d. h. es muss eine Anziehungskraft für die Eigenkapitalgeber vorhanden sein. Bewertet werden die Unternehmen mit Hilfe von Indikatoren wie Bilanz und Cash Flow (Liquidität). Bei der Innenfinanzierung mit Eigenkapital handelt es sich um die Bereitstellung der Finanzmittel durch das Unternehmen selbst. Man unterscheidet folgende Formen der Eigenkapital-Innenfinanzierung:

1. Bei der Selbstfinanzierung erfolgt der Kapitalzuwachs durch Zurückbehaltung von Gewinnen aus dem Verkauf betrieblicher Leistungen, wobei die Höhe durch die positive Differenz zwischen dem Gewinn nach Steuern und der Ausschüttung bestimmt wird;
2. Bei der Finanzierung aus Abschreibungen ergibt sich durch den Gebrauch abnutzbarer Anlagegüter im Prozess der betrieblichen Leistungserstellung über mehrere Perioden eine Wertminderung. Diese wird in Form von Abschreibungen erfasst. Der Gegenwert für die eingetretene Wertminderung wird durch den Verkauf betrieblicher Leistungen, Transportleistungen (die Abschreibung ist ein Kosten- und Kalkulationsbestandteil für den Preis eines Flugtickets) auf dem Absatzmarkt wieder in das Unternehmen zurück gewonnen. Das Geld wird nicht sofort benötigt, sondern erst beim Erreichen der betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer des Abschreibeobjektes. Bis dahin können die Zahlungsmittel für andere Zwecke eingesetzt werden. Die Abschreibung stellt also einen Desinvestitionsprozess dar, der zu einer Vermögensumschichtung führt.

Neben der Vermögensumschichtung im Rahmen des regulären Umsatzprozesses kann Kapital auch durch den Verkauf nicht betriebsnotwendiger Vermögensteile oder durch Rationalisierungsmaßnahmen erfolgen. Grundstücke, Gebäude und andere Vermögenswerte, die im Besitz des Unternehmens sind, aber nicht zur eigentlichen Leistungserstellung beitragen, können verkauft werden, um das Kerngeschäft mit diesen Mitteln auszubauen. Zusätzlich kann durch Rationalisierungsmaßnahmen ein optimierter Einsatz der Produktionsmittel erfolgen, wodurch überschüssige Produktionsmittel obsolet werden.

42.3.1.2 Innenfinanzierung mit Fremdkapital

Die Innenfinanzierung mit Fremdkapital ist eine Rückstellungsfinanzierung. Die Bildung von Rückstellungen dient einem Unternehmen zur Begleichung von Verbindlichkeiten, die bereits bestehen oder früher entstanden sind, aber erst einige Zeit später zur Auszahlung gelangen. Die Rückstellungen stehen somit dem Unternehmen bis zum Zeitpunkt der Auszahlung als Fremdkapital zur Verfügung. Rückstellungen können aus unterschiedlichsten Gründen gebildet werden. Zu nennen wären drohende Verluste aus schwebenden Geschäften, erwartete Steuernachzahlungen oder Prozessrückstellungen. Der bedeutendste langfristigste Finanzierungseffekt ergibt sich allerdings durch Pensionsrückstellungen. Diese

ergeben sich aus Verpflichtungen des Arbeitgebers gegenüber den Arbeitnehmern hinsichtlich der Alters-, Invaliden- oder Hinterbliebenenversorgung. Diese Pensionsansprüche entstehen aus der Tätigkeit der Arbeitnehmer im Betrieb und sind den Gehaltsaufwendungen zuzurechnen. Der zurückgestellte Betrag bleibt zunächst an den Betrieb gebunden. Das Unternehmen hat erst später die Verpflichtung zu Auszahlungen aus diesem Kapitalfond, und kann die finanziellen Mittel bis zum Zeitpunkt der Fälligkeit anderweitig nutzen.

42.3.2 Außenfinanzierung

Die Kapitalzuführung von außen durch Dritte in das Unternehmen wird als Außenfinanzierung bezeichnet. Hierbei kann es sich sowohl um Kapitaleinlagen als auch um Kreditgewährungen handeln.

42.3.2.1 Außenfinanzierung mit Eigenkapital

Bei der Außenfinanzierung mit Eigenkapital unterscheidet man zwischen der Einlagenfinanzierung und der Beteiligungsfinanzierung. Das Eigenkapital wird entweder durch den Firmeninhaber (Einzelunternehmung) oder die Gesellschafter (Personengesellschaft) aus dem Privatvermögen zugeführt. Andererseits erfolgt durch die Ausgabe von Beteiligungspapieren (z. B. Aktien) eine Eigenfinanzierung von Kapitalgesellschaften durch die Anteilseigner. Die alten u./o. neuen Kapitalgeber stehen in einem Beteiligungsverhältnis zum Unternehmen. Die Kapitalüberlassung erfolgt im Allgemeinen auf unbestimmte Zeit. Das eingesetzte Eigenkapital nimmt an den Gewinnen und Verlusten des Unternehmens teil. Es besteht kein Rückzahlungsanspruch der Eigenkapitalgeber, sondern nur eine Dividenden-Option. Die Eigenkapitalgeber haben die Möglichkeit zur Einflussnahme auf das betreffende Unternehmen.

Eine Sonderform der Beteiligungsfinanzierung stellen Kapitalbeteiligungs- und Abschreibungsgesellschaften dar, wobei es sich bei ersteren um bankenähnliche Institute handelt, die kleinen oder mittleren Unternehmen ohne Börsenzugang Eigenkapital zur Verfügung stellen. Grundlage der Abschreibungsgesellschaften bilden die Möglichkeiten für Sonderabschreibungen für Flugzeuge. Durch die Übertragung der Abschreibungsmöglichkeiten auf die Gesellschafter ist eine partielle Finanzierung der aufgebrachten Eigenkapitalanteile durch die mit den Sonderabschreibungen erzielten Steuerersparnisse durch die Möglichkeit der Verlustzuweisung möglich.

Eine Nutzung der gesamten Vorteile der Sonderabschreibung wird bereits durch die Gründung einer objektbezogenen Abschreibungsgesellschaft in Form einer GmbH & Co. KG zur Finanzierung eines einzelnen Flugzeuges möglich. Das so finanzierte Flugzeug wird von der Abschreibungsgesellschaft langfristig an die Luftverkehrsgesellschaft vermietet.

Eine ähnliche Option stellt die Aufteilung eines Unternehmens in eine rechtlich voneinander unabhängige Besitzgesellschaft und eine Betriebsgesellschaft dar. Bei letzterer handelt es sich im Allgemeinen um eine GmbH & Co. KG, welche die Bereitstellung der benötigten Flugzeuge übernimmt. Die Investoren erwerben hier die Kommanditanteile, wodurch sie

in den Genuss der steuermindernden Verlustzuweisungen kommen. Dieses Vorgehen wird insbesondere von kleineren bis mittelgroßen Luftverkehrsgesellschaften praktiziert.

42.3.2.2 Außenfinanzierung mit Fremdkapital

Die wesentlichen Charakteristika, durch die sich die Finanzierung mit Fremdkapital von der durch Eigenkapital unterscheidet, sind der feste Zinsanspruch, die begrenzte Kapitalüberlassungsdauer (lang-, mittel- oder kurzfristig), der Rechtsanspruch auf Rückzahlung und das nicht vorhandene Mitspracherecht bei der Geschäftsführung einer Luftverkehrsgesellschaft. Die Fremdkapitalbeschaffung ist durch das „Credit Rating" der Luftverkehrsgesellschaft begrenzt. Ausschlaggebend dafür sind z. B. das Verhältnis Eigen- zu Fremdkapital, der Ertragsverlauf, die Kostenstruktur (d. h. die Wettbewerbsfähigkeit zu anderen Luftverkehrsgesellschaften), der Ruf des Unternehmens, die Qualifikation der Leitung und der Verzinsung des Kapitals.

Die Fremdfinanzierung ist kostenintensiver, aber auch flexibler, meist jedoch einfacher zu erhalten als die Eigenkapitalfinanzierung.

42.3.2.3 Kapitalumschichtung

Bei einer Kapitalumschichtung als einer Form der Kapitalbeschaffung wird der Gesamtbetrag der dem Unternehmen zur Verfügung stehenden Mittel nicht erhöht. Somit vergrößert sich auch das Vermögen des Unternehmens nicht. Eine Kapitalumschichtung liegt beispielsweise dann vor, wenn sich ein Unternehmen für eine andere als die bisher gewählte Finanzierungsalternative entscheidet.

42.3.3 Der fremdfinanzierte Flugzeugkauf

Die Deckung des benötigten Kapitalbedarfs für die Investition in neue Flugzeuge durch Fremdkapital ist trotz der anfallenden Kreditzinsen durchaus sinnvoll, da mit dem so freigesetzten Eigenkapital anderweitig Erträge erwirtschaftet werden können, die höher sind als die Kosten für den beanspruchten Kredit. Auf der anderen Seite haben viele Luftverkehrsgesellschaften gar keine andere Möglichkeit als Flugzeuge mit Hilfe von Fremdkapital zu beschaffen.

Für die Finanzierung von Flugzeugen ist in den meisten Fällen eine längerfristige Finanzierung notwendig. Dabei akzeptiert die Finanzwirtschaft durch die immer längere technische Nutzungsdauer des Objekts Flugzeug heute auch die Vermögenswertfinanzierung (Asset-Based-Financing). Grundlage dafür ist, dass das Flugzeug zur Grundsicherheit des Kapitals bei einer Kreditgewährung wird. Im folgenden werden einige Formen der Außenfinanzierung mit Hilfe von Fremdkapital erläutert.

42.3.3.1 Langfristige Darlehen

Die klassische Form der langfristigen Fremdfinanzierung ist das Darlehen. Die häufig als Investitionskredite bezeichneten Darlehen werden nicht nur an Luftverkehrsgesellschaften

direkt, sondern häufig an Finanzvermittler zwischen Herstellern und Betreibern vergeben. Das können Treuhänder oder Leasinggesellschaften sein, die große Stückzahlen an Flugzeugen in ihren Besitz übernehmen und dann verleasen. Gerade für kleinere Unternehmen, die keinen Zugang zum Kapitalmarkt haben, ist der Bankkredit oder das Darlehen ein wesentliches Finanzierungsinstrument. Aber auch große Unternehmen nutzen das langfristige Darlehen, wenn es durch eine bereits eingeräumte Kreditlinie eine Möglichkeit der schnellen und unkomplizierten Kapitalbereitstellung darstellt. Im Allgemeinen gilt darüber hinaus:

- die Kreditobergrenze ist abhängig von der Höhe, der Güte, der Sicherheit und der finanziellen Situation des Kreditnehmers;
- die üblichen Laufzeiten liegen bei bis zu 15 Jahren; sie entsprechen meist den Abschreibungszeiträumen (dadurch Sicherstellung, dass Tilgungen aus den Abschreibungsseriösen finanziert werden können);
- die Verzinsung kann variabel oder fest sein;
- als Sicherheit dient u. a. der zu finanzierende Gegenstand, das Flugzeug selbst.

42.3.3.2 Tax Spared Loan

Der Tax Spared Loan ist eine Kreditvergabe von einem Gläubiger aus dem Ausland. Tax Spared Lending beruht auf dem Prinzip der Steuererleichterung für ausländische Kreditgeber. Um einheimischen Kreditnehmern die Finanzierung zu erleichtern, gewähren bestimmte Länder Steuererlasse auf an ausländische Kreditgeber gezahlte Zinsen. Ein ausländischer Kreditgeber kann einen legalen Steuernachweis über Steuern erhalten, die er gar nicht selbst gezahlt hat. Dieser Steuernachweis kann nun vom Kreditgeber bei den eigenen Steuerbehörden eingereicht werden. Voraussetzung ist allerdings ein Abkommen über Doppelbesteuerung zwischen beiden Ländern. Der Gewinn aus dieser Steuerersparnis wird an den Kreditnehmer in Form geringerer Zinsen weitergegeben. Letztendlich wird die Zinsgewinnspanne vom Steuerzahler subventioniert.

42.3.3.3 Asset-based Lending

Unter diesem Begriff ist neben der Kreditvergabe, bei der das Finanzierungsobjekt Flugzeug als Sicherheit dient, im engeren Sinne ein Darlehen an ehemals finanzschwache, weniger kreditwürdige Luftverkehrsgesellschaften zu verstehen, bei denen die Wahrscheinlichkeit der Zahlungsunfähigkeit zumindest besteht. Oft wird beim Asset-Based Lending auf Leasingstrukturen zurückgegriffen, d. h. das Flugzeug bleibt bis zur Abzahlung des Kredits im Eigentum des Kreditgebers, um den Eigentümerstatus deutlich zu machen und dem Kreditgeber größere Kontrolle über die Sicherheit (d. h. das Flugzeug) zu geben. Leasingstrukturen helfen außerdem oftmals bei der Ausnutzung von Steuervorteilen.

Im Falle eines Konkurses der Luftverkehrsgesellschaft kann der Kreditgeber das Flugzeug verkaufen. Theoretisch hat der Kreditgeber eine hohe Gewinnspanne, da er zum einen Zinseinnahmen und im Falle des Konkurses Verkaufserlöse zu verzeichnen hat. Die ist für

den Kreditgeber jedoch auch mit einem gewissen Risiko behaftet, da die Flugzeugpreise auch von der jeweiligen Nachfrage auf dem Gebrauchtflugzeugmarkt abhängen.

42.3.3.4 Exportkredite

Im Rahmen der langfristigen Fremdfinanzierung kommt den Kreditinstituten mit Sonderaufgaben besondere Bedeutung zu. Ein Beispiel dafür sind Außenhandelsbanken, welche langfristige Exportkredite gewähren. Diese Institute, in der Bundesrepublik Deutschland ist dies z. B. die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), dienen der öffentlichen Hand als Instrument zur Durchführung wirtschaftspolitischer Maßnahmen. Sie arbeiten eng mit den das Bankgeschäft betreibenden Instituten zusammen. Ursprünglich galt diese Art der Finanzierung als ein nur den finanzschwachen Luftverkehrsgesellschaften zugestandenes Instrumentarium. Aufgrund ihrer günstigen Konditionen, bedingt durch die Bürgschaften der Exportländer, die teilweise angespannte Lage auf dem Kapitalmarkt und die Möglichkeit, Exportkredite mit internationalen Leasingkonstruktionen zu kombinieren, haben sich auch als erstklassig eingestufte Schuldner dazu veranlasst gesehen, einen Teil ihres Kapitalbedarfs per Aufnahme von Ausfuhrkrediten zu decken.

42.3.3.5 Schuldverschreibungen

Schuldverschreibungen oder auch Gläubigerpapiere sind Urkunden, in denen ein Schuldner dem Gläubiger eine Leistung verspricht, nämlich die termingerechte Rückzahlung des aufgenommenen Kapitals plus die Zahlung der vereinbarten Zinsen. Somit ist der Schuldner der Aussteller der Schuldverschreibung, der Gläubiger wird als Anleger der Schuldverschreibung bezeichnet. Dem Gläubiger dienen die Schuldverschreibungen als verzinsliche Vermögensanlage.

Der Gesamtbedarf an Kapital kann in Teilbeträge aufgeteilt werden, so dass mehrere Kapitalgeber möglich sind. Schuldverschreibungen wenden sich somit nicht an einen speziellen Kreditgeber, sondern an den allgemeinen Kapitalmarkt, also eine Vielzahl von Kapitalgebern ohne direkte Beziehung zum emittierenden Unternehmen. Schuldverschreibungen werden als Anleihen bezeichnet, wenn Kreditinstitute oder die öffentliche Hand Emittenten sind, und als Industrieobligation, wenn private Unternehmen die Schuldverschreibung ausgeben. Eine Art der Schuldverschreibungen, die von Luftverkehrsgesellschaften zur Finanzierung genutzt werden, sind Euroanleihen. Euroanleihen werden gleichzeitig in verschiedenen Ländern platziert, wobei die Teilnehmerstaaten nicht auf Europa beschränkt sind, sondern u. a. auch Japan und arabische Staaten umfassen. Euroanleihen können auf dem Euro, aber auch auf anderen Währungen (US-Dollar) basieren.

42.3.4 Leasing

Leasing zählt neben den Asset Based Securities zu den Kreditsubstituten, welche immer mehr den langfristigen Bankkredit ersetzen. Rechtlich ist Leasing mit der Vermietung

oder Verpachtung von Investitionsobjekten oder langlebigen Gütern des privaten Bereichs vergleichbar. Seine finanzwirtschaftliche Bedeutung erfährt das Leasing durch die Nutzungsüberlassung einer Sache gegen Entgelt durch einen außen stehenden Finanzier, so dass der Leasingnehmer die Anschaffung des Objektes nicht sofort bezahlen muss. Unterscheidungsmerkmal zwischen Leasingvertrag und normalem Mietvertrag ist die Trennung von Hersteller und Vermieter durch die Einbindung einer Leasinggesellschaft, die das benötigte Kapital bereitstellt.

Die Ursprünge der Flugzeugfinanzierung durch Leasinggesellschaften gehen bis in die 50er- Jahre zurück. Als Hauptursache für das Leasing wird rückblickend die unbefriedigende Rentabilität vieler US-amerikanischer Luftverkehrsgesellschaften genannt, die es ihnen nahezu unmöglich machte, die durch traditionelle Bankdarlehen bilanzwirksam erworbenen Flugzeuge erfolgsmindernd abzuschreiben.

Ein Ausweg, diese positiven Steuereffekte zu nutzen, zeichnete sich in der Einbindung von Leasinggesellschaften ab, die aufgrund ihrer Eigentümerstellung die Abschreibungsmöglichkeiten nutzten, um ihre Steuerschuld zu verringern. Ein Teil des auf diese Weise erzielten Barwertvorteils der Leasinggeber wurde in Form niedriger Leasingraten an die Luftverkehrsgesellschaften weitergegeben, was für diese zu vergleichsweise geringeren Finanzierungskosten als bei der herkömmlichen Kreditfinanzierung führte. Zusätzlich lockten die Leasinggesellschaften mit langfristigen Leasingverträgen und individuellen Zahlungsplänen, die eine Anpassung der Leasingraten an die erwartete wirtschaftliche Entwicklung des Unternehmens vorsahen.

Es wird entsprechend der Verpflichtungen aus dem Vertrag grundsätzlich zwischen zwei Leasingarten unterschieden. Mit dem Investitionsrisiko als Unterscheidungskriterium differenziert man zwischen Operating Leasing und Financial Leasing. Beim Operating Leasing liegt das Investitionsrisiko hauptsächlich bei der Leasinggesellschaft, beim Financial Leasing hat dem gegenüber der Leasingnehmer das Risiko zu tragen.

42.3.4.1 Operating Leasing

Operating Leasing Verträge sind Mietverträge, die jederzeit unter Einhaltung gewisser Fristen von beiden Vertragspartnern gekündigt werden können. Hierbei erhält der Leasingnehmer ein Nutzungsrecht über einen Bruchteil der Lebensdauer des Vermögenswertes und muss nicht den vollen Kaufpreis über die Laufzeit verteilt zahlen. Es ist meist zeitlich begrenzt mit festgelegtem Rückgabezeitraum. Meist bietet der Leasinggeber auch weitere Dienstleistungen an, wie z. B. Instandhaltung und Versicherung, oder schreibt diese dem Leasingnehmer vor. Bei dieser Transaktion bleibt der Leasinggeber immer im Besitz seines Vermögenswertes und trägt die Investitions- und Absatzrisiken sowie die objektbezogenen Risiken (Veralterung des Gegenstandes). Operating Leasing kann weiter in die Bereiche „Operating Dry Lease“ und „Operating Wet Lease“ unterschieden werden.

Das „Dry Lease“ umfasst nur das Flugzeug ohne Zusatzleistungen. Der Leasinggeber gilt weiterhin als Eigentümer, die Halterschaftsverantwortung liegt jedoch beim Leasingnehmer.

Das „Wet Lease“ umfasst neben dem Flugzeug weiteres, wie z. B. Cockpit- und CabinCrews. Zusätzlich bieten viele Leasinggeber ihren Kunden einen umfassenden Reparatur- und Wartungsdienst an, der beispielsweise kleineren Gesellschaften eine kostspielige Ersatzteilbevorratung erspart. Die Halterschaftsverantwortung liegt jedoch weiterhin beim Leasinggeber, die Abrechnung der Leistungen erfolgt größtenteils auf Blockstundenbasis.

Eine sehr kurzfristige Form des Operating Leasing ist das Chartern, d. h. die Ausleihung von Flugzeugen an Luftverkehrsgesellschaften bei kurzfristigen Engpässen. Zu beachten ist jedoch, dass sowohl Charter- als auch Operating Leasing-Verträge vorrangig als Investitions-, und weniger als Finanzierungsalternative anzusehen sind, da es sich um eine eher kurzfristige und jederzeit kündbare Gebrauchsüberlassung des Wirtschaftsgutes Flugzeug handelt. Hierdurch erhoffen sich die Luftverkehrsgesellschaften die flexible Anpassung ihrer Kapazitäten an sich verändernde Markterfordernisse, ohne ihre finanziellen Ressourcen zu stark zu belasten.

42.3.4.2 Finance Leasing

Von Finance Leasing spricht man bei Verträgen, bei denen der Leasinggeber Wirtschaftsgüter (Flugzeuge) an den Leasingnehmer (Luftverkehrsgesellschaft) für eine bestimmte unkündbare Grundmietzeit zur Nutzung überlässt, wobei diese Grundmietzeit in der Regel unterhalb der betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer der Flugzeuge liegt. Der Leasingnehmer zahlt für die Nutzung ein Entgelt (Leasingrate), dessen Höhe die Anschaffungs- oder Herstellungskosten inklusive aller Zusatzaufwendungen und den Geschäftsgewinn des Leasinggebers entweder ausschließlich durch die Leasingraten (Vollamortisationsvertrag), oder zusätzlich durch eine Restamortisation aufgrund besonderer vertraglicher Vereinbarungen deckt (Teilamortisationsvertrag). Die Luftverkehrsgesellschaft erhält das von ihr gewünschte Flugzeugmuster, also das „Buyer Furnished Equipment“. Das Investitionsrisiko liegt demnach beim Leasingnehmer, der auch, wie beim normalen Kauf, die Risiken des Untergangs oder der Verschlechterung des Leasing Gegenstands zu tragen hat. Existieren keine Vereinbarungen für den Zeitraum nach Ablauf der Grundmietzeit, handelt es sich um einen Leasing-Vertrag ohne Optionsrecht. Leasing-Verträge mit Mietverlängerungsoption ermöglichen es dem Leasingnehmer, nach Ablauf der Grundmietzeit das Vertragsverhältnis mit einer vergleichsweise geringen Miete fortzusetzen, während eine Kaufoption dem Mieter einräumt, das Leasingobjekt nach Abschluss der Grundmietzeit zu einem relativ geringen Preis käuflich zu erwerben.

42.3.4.3 Cross-Border Leasing

Cross-Border Leasing (grenzüberschreitendes Leasing) beinhaltet im Prinzip das Leasing eines Flugzeuges durch eine Luftverkehrsgesellschaft, die in einem anderen Land beheimatet ist als die Leasinggesellschaft selbst. Setzt die Leasinggesellschaft zusätzlich Fremdkapital zur Finanzierung des Kaufpreises ein (i.d.R. 50–80 %), so handelt es sich um ein „Leveraged Cross-Border Leasing“.

Obwohl der Leasinggeber nur 20–50 % der Kosten investiert, genießt er 100 % der Steuervorteile, resultierend aus dem Besitz des Flugzeuges. Er hat sozusagen seine Eigenkapitalinvestition durch eine „Non-Recourse-Anleihe" „gehebelt" („to lever" = hebeln). Non-Recourse heisst hierbei, dass der Fremdkapitalgeber kein Rückgriffsrecht auf das Eigenkapital des Leasinggebers hat (z. B. im Falle eines Konkurses). Neben der dem Leasing eigenen Trennung zwischen Eigentum und Nutzung erfolgt beim Cross-Border Leasing eine zusätzliche Aufteilung zwischen zwei oder mehr (z. B. beim Leveraged Cross-Border Leasing) Rechts-, Steuer- u./o. Währungssystemen.

Prinzipiell besteht somit beim Cross-Border Leasing in der Struktur kein Unterschied zum „normalen" Financial Leasing. Aus steuerlicher Sicht ergibt sich aber noch ein zusätzlicher Effekt. Normalerweise schreibt der Leasinggeber in einem Land mit hohem Steuerniveau das Flugzeug ab, und reduziert damit seine Steuerbelastung. Der erzielte Steuerstundungseffekt (die durch Abschreibungen unversteuerten Gewinne können zur Erzielung einer zusätzlichen Rendite eingesetzt werden, bevor auch sie nach Beendigung der Abschreibung versteuert werden müssen) wird zum Teil in Form von niedrigeren „subventionierten" Leasingraten an den Leasingnehmer weitergegeben. Durch das Cross-Border Leasing werden somit Steuervergünstigungen von einem Land ins andere exportiert.

42.3.4.4 Sale-and-Lease-Back Transaktionen

Befindet sich ein Flugzeug bereits im Besitz einer Luftverkehrsgesellschaft, ist also die originäre Finanzierung bereits erfolgt, so spricht man von einer Sale-and-Lease-Back Transaktion, wenn dieses Flugzeug an eine Leasinggesellschaft verkauft und im Anschluss daran von dieser sofort an die ehemalige Eigentümerin zurückverleast wird. Die Gründe für Sale-and-Lease-Back-Geschäfte sind beispielsweise die Freisetzung von Kapital zur Überbrückung finanzieller Engpässe, wobei die Luftverkehrsgesellschaft darüber hinaus noch den Vorteil hat, dass sie ihr „eigenes" Flugzeug weiterhin benutzen kann.

42.3.4.5 Generelle Vor- und Nachteile des Leasing

Leasing ist eine relativ flexible Finanzierungsart, die wegen vieler Gründe attraktiv für Luftverkehrsgesellschaften und andere Betreiber von Fluggerät ist. Leasing-Verträge werden unter Einbeziehung des spezifischen Flugzeugmusters und der betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer entworfen. Eine längere Abzahlungsperiode als für einen langfristigen Kredit ist in der Mehrzahl der Fälle (speziell für Finance Leasing) anzunehmen. Leasing ist eine zusätzliche Finanzierungsmöglichkeit, die eine Luftverkehrsgesellschaft in die Lage versetzt, ohne Eigenkapitalbindung zu arbeiten und die ihre Schuldenaufnahmekapazität nicht belastet. Hierdurch wird die Bilanzoptik verbessert, oder das verfügbare Fremdkapital ist für anderweitige Investitionen verfügbar.

Der Leasinggeber aktiviert das Flugzeug mit seinen Anschaffungskosten und schreibt es über die betriebsgewöhnliche Nutzungsdauer und unter Einbeziehung der im Luftverkehr geltenden Sonderabschreibung von beispielsweise 30 % ab. Die Leasingraten stellen für den Leasingnehmer eine abzugsfähige Betriebsausgabe dar, die eine Minderung der

Gewinnsteuer (Körperschafts- und Gewerbeertragssteuer) erzeugen. Weitere steuerliche Konsequenzen aus der Zurechnung zum Leasinggeber sind bei der Gewerbesteuer, der Vermögenssteuer und der Umsatzsteuer vorhanden (abhängig von der Steuergesetzgebung des Landes). Die Möglichkeit, in den Genuss von Steuervorteilen zu kommen und über einen Leasingzeitraum zu verfügen, der der betriebsgewöhnlichen Nutzungsdauer des Flugzeuges entspricht (beim Finance Leasing), sorgt für finanzielle Stabilität.

Leasing-Verträge erlauben in der Regel nach Ablauf einer Kündigungsfrist eine flexiblere Anpassung der Flugzeugflotte an veränderte Marktbedingungen, während ein gekauftes Flugzeug mit schlechter Auslastung eine starke finanzielle Belastung darstellt. Weiterhin ist es im Rahmen des Leasing möglich, neuste Flugzeuge einzusetzen, wodurch nicht nur die Erfüllung der letzten technischer Standards und Vorschriften gegeben ist, sondern auch die gleichzeitige Steigerung des Passagierkomforts, woraus nachgewiesenermaßen auch wirtschaftliche Vorteile resultieren können.

Die Gesamtkosten des Flugzeugleasings, sowohl beim Operating Leasing als auch beim Finance Leasing, sind höher als bei der langfristigen Kreditfinanzierung, wenn die Luftverkehrsgesellschaft in der Lage ist, sofortigen Nutzen aus den Abschreibungsmöglichkeiten zu ziehen. Betrachtet man allerdings neben den reinen Zins- und Tilgungszahlungen auch die Kosten für die Fremdkapitalbeschaffung sowie die erforderliche Anzahlung von beispielsweise 30 % des Kaufpreises 15 Monate vor Auslieferung, so verschiebt sich die effektive Kostenbelastung für die Luftverkehrsgesellschaft zugunsten z. B. des Operating Leasing, welches nur eine etwa 4 %ige Anzahlung kurz vor dem Auslieferungszeitpunkt erfordert. Ein Leasingvertrag enthält eine Anzahl von Vorkehrungen zum Schutz der Interessen des Leasinggebers einschließlich Wartungs- und Versicherungserfordernissen sowie Beschränkungen für ein eventuelles Weiterverleasen. Der Gesamtnutzen für den Leasinggeber kann durch eine vorzeitige Vertragsbeendigung stark reduziert werden. Dies erfolgt in der Art, dass es Beschränkungen der Möglichkeiten des Leasingnehmers bezüglich einer freiwilligen Vertragsbeendigung geben kann.

Bei den Leasing-Transaktionen kommen verschiedene Partner zusammen, wobei Fragen in den Bereichen Restwert und buchhalterische Behandlung zu klären sind. Ein wichtiger Punkt ist das Restwertrisiko-Management. Bei den meisten Leasingverträgen liegt das technologische Risiko beim Leasinggeber. Diese haben in der Vergangenheit aber feststellen können, dass der Flugzeugrestwert weitaus höher als erwartet ausfiel. Er betrug in vielen Fallen mehr als 50 Prozent der Anschaffungskosten. Für einen Leasinggeber, der mit 20–25 % Restwert bei Beginn der Transaktion rechnete, kann dies einen erheblichen Gewinn bedeuten.

Für den Leasinggeber sind Flugzeuge vergleichsweise attraktive Leasingobjekte, weil sie mobil sind, was sie im Falle einer Insolvenz oder sonstigen Ausfalls des Leasingnehmers relativ leicht repositionieren lässt. Hatten die Luftverkehrsgesellschaften noch vor wenigen Jahren nur die Möglichkeit, das Flugzeug nach Ablauf der Leasingperiode zum „Fair Market Value“ zu erwerben, so sind in neueren Leasingverträgen oft zusätzliche Optionen enthalten. Diese ermöglichen eine größere Kontrolle über den Restwert

und die Möglichkeit der Teilhabe am Objekt. Als Beispiele wären zu nennen eine „Early Buy-Out Feature“ sowie eine „Capped“- oder „Fixed Price“- Kaufmöglichkeit sowie Verlängerungsoptionen.

Als allgemeine Regel kann gesagt werden, dass der Flugzeugrestwert, sowohl in der Auslegung als auch in der Realisierung, ein wichtiger Faktor für den Leasinggeber ist, und dass er für kurze Leasingperioden kritischer ist als für längerfristige. Allerdings sei an dieser Stelle angemerkt, dass weder Leasinggeber noch Leasingnehmer von einem hohen Restwert ausgehen können. Als Beispiele seien hier auf den Golfkrieg oder auf Terroranschläge hingewiesen, in deren Folge der Gebrauchtflugzeugmarkt völlig zusammenbrach. Die buchhalterische Behandlung eines Leasingvertrages ist wichtig, da insbesondere die finanzielle Kapazität der Luftverkehrsgesellschaft tangiert wird. Aber auch für den Leasinggeber kann dieser Aspekt entscheidend für seine Transaktionsmotivation sein.

Beim Finance Leasing handelt es sich um ein abgesichertes Finanzieren mit steuerlichen Vorteilen für den Leasinggeber. Dennoch bleibt eine signifikante Kontrolle über den Restwert beim Leasingnehmer, wie z. B. durch Festpreiskaufoptionen am Ende des Leasingzeitraumes. Wo das Risiko und die Rückführung des Besitzstandes beim Leasingnehmer bleibt, ist das Finance Lease in der Bilanz der Luftverkehrsgesellschaft (d. h. des Leasingnehmers) aufgeführt (ähnlich wie beim Vollbesitz des Vermögenswertes und dessen Finanzierung über Fremdkapital).

Im Falle eines Operating Lease erscheint dies dagegen nicht in der Bilanz des Leasingnehmers, also der Luftverkehrsgesellschaft. Häufig ist jedoch eine Note beigefügt, aus der hervorgeht, wie hoch die künftigen Leasingraten sein werden. Die Praxis, Flugzeughersteller in Finanzierungen mit einzubeziehen, geht auf die Einführung der ersten Strahlturbinenflugzeuge Mitte der 60er Jahre zurück. Diese Flugzeuge hatten weitaus höhere Stückkosten als die Propeller- und Turboprop-Flugzeuge, aber auch eine weitaus höhere Nutzungsdauer, so dass der Bedarf an größeren und längerfristigen Krediten entstand. Banken und andere Finanziers zeigten Bedenken, den vollen Kreditbedarf speziell kleinerer Luftverkehrsgesellschaften zu decken, und suchten Absicherung durch die Hersteller.

Die Grundlage des Herstellerdarlehens ist in der absatzpolitischen Intention des Flugzeugherstellers zu suchen und stellt vor dem Hintergrund eines immer härter werdenden Wettbewerbs ein gewichtiges Verkaufsargument dar. Eine Entwicklungsform des „direkten Kredites“ ist der kostengünstige Bezug von Ersatzteilen oder anderen Gütern bzw. Serviceleistungen durch die Luftverkehrsgesellschaft.

Die heute wahrscheinlich gebräuchlichste Form der Unterstützung durch einen Hersteller ist die, ein Darlehen für eine Luftverkehrsgesellschaft bei einem Finanzierungsinstitut zu garantieren. Dies geschieht meist auf einer „First-Loss“ Basis, wobei jeglicher Verlust für den Geldgeber im Falle eines Ausfalls des Betreibers des Flugzeuges bis zu einem festgesetzten Prozentsatz vom Hersteller übernommen wird. Der Hersteller erklärt sich meist zu zusätzlichen Leistungen bereit. Diese können technische Hilfestellungen umfassen, um den Kapitalgeber in die Lage zu versetzen, die Rückführung des Flugzeuges durchzuführen, einschließlich der Bereitstellung von Flugzeugführern, um das Flugzeug

an einen Ort nach Wahl des Kapitalgebers zu bringen. Auch die Durchführung aller Überholungs-, Wartungs- und ggf. Umbauarbeiten kann vereinbart werden, um das Flugzeug in einen verkaufbaren Zustand zu bringen. Weiterhin ist auch Unterstützung möglich, um das Flugzeug zu bestmöglichen Bedingungen weiterzuverkaufen, oder weiter zu verleasen, vorausgesetzt, der Kapitalgeber stimmt dem zu.

Teil VII
Luftverkehrsökologie und Umweltschutz

Anforderungen aus dem Bereich Umwelt

43

Die umfänglichen, weiter steigenden Anforderungen aus dem Bereich Umwelt haben, entsprechend dem jeweiligen Umweltbewusstsein der Bevölkerung, zu einer Vielzahl von Gesetzen, Rechtsverordnungen und Richtlinien geführt, die, entsprechend dem Kenntnisstand aus Forschung und Entwicklung, stetig fortgeschrieben, bzw. ergänzt werden. Neben dem Luftverkehrsgesetz, das auf den Standards und Empfehlungen der ICAO beruht, sind insbesondere das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm vom 30. März 1971, novelliert im Jahr 2007 [53, 54] sowie das Bundesimmissionsschutzgesetz (BimSchG) zu nennen. Vielfach finden darüber hinaus EU-Verordnungen Anwendung.

Auch heute noch sind Geräusche (ein subjektiv als störend empfundenes Geräusch wird als Lärm bezeichnet) und Schadstoffe, die die Triebwerke der Flugzeuge emittieren, maßgebliche Themen im Bemühen um den Umweltschutz bezogen auf den Luftraum und den Flughafennahbereich. Aber auch der verantwortungsvolle Umgang mit Ressourcen im Bereich der Energieerzeugung und -nutzung, dem Wasserverbrauch und auch der Wiederverwertbarkeit diverser Rohstoffe hat sich unter Begriffen wie Abfallwirtschaft, Abfallmanagement und Recycling einen Namen gemacht und ist eine bestimmende Größe von der Planung über den Entwicklungsprozess, der Fertigung bis hin zur Außerdienststellung von Luftfahrtgerät und Luftfahrtausrüstung. Nicht zuletzt der Betrieb von Luftfahrtgerät, der die Mobilität unserer industriell ausgerichteten Gesellschaft dokumentiert, unterwirft sich einer Vielfalt von Einschränkungen, um eine sich ständig auf dem Prüfstand befindliche Ausgewogenheit zwischen Ökonomie, Ökologie und den gesellschaftlichen Bedürfnissen bzw. Forderungen herzustellen, und so dem Prinzip der Nachhaltigkeit zu genügen (Abb. 43.1 und 43.2).

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_43,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

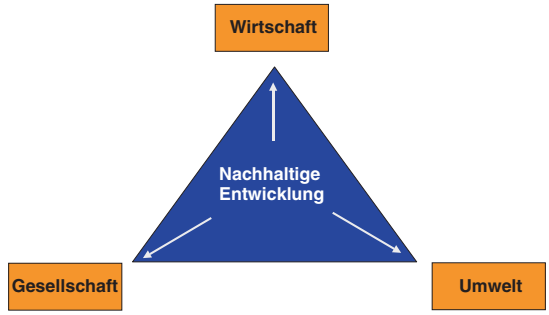


Abb. 43.1 Prinzip der Nachhaltigkeit

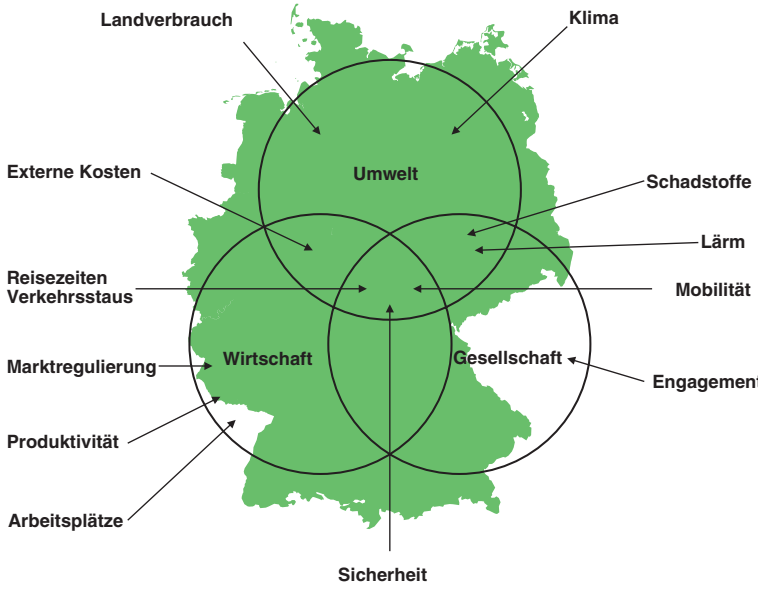


Abb. 43.2 Spannungsfeld Wirtschaft-Gesellschaft-Umwelt

Flächenverbrauch für die Luftverkehrsinfrastruktur

44

Vergleicht man den Flächenverbrauch der Luftverkehrsinfrastruktur mit dem der anderen Verkehrsträger, so beschränkt sich der luftverkehrliche Flächenverbrauch auf die Areale der Flugplätze und der Standorte der bodengebundenen Navigationsanlagen. Die Luftverkehrsinfrastruktur stellt somit die geringsten Anforderungen an den Flächenverbrauch bezüglich der anderen Verkehrsträger und auch bezüglich der erbrachten Verkehrsleistungen.

Mit einem Betriebsgelände von ca. 20 Quadratkilometern ist beispielsweise der Verkehrsflughafen Frankfurt/M einer der kompaktesten Großflughäfen der Welt. Verkehrstechnische Systeme und Services der Fraport AG zeichnen sich deshalb durch hohe Funktionalität bei minimalem Flächenverbrauch aus.

Das zeigt sich auch in der Planung für den Ausbau des Verkehrsflughafens Frankfurt, mit dem ein Optimum an Kapazitätserweiterung auf einem Minimum an Fläche erzielt wurde. Mit der effizienten Nutzung der Betriebsfläche trägt der Verkehrsflughafen dazu bei, die ökologische Belastung der dicht besiedelten Rhein-Main-Region in einem vertretbaren Rahmen zu halten. Darüber hinaus ist der Verkehrsflughafen auch in Zukunft gehalten, für den Flughafen genutzte Flächen durch Aufforstungsprogramme auszugleichen.

In Zahlenwerten bedeutet der Flächenverbrauch der Luftfahrt im Vergleich zu den anderen Verkehrsträgern:

Addiert man den Flächenverbrauch aller Verkehrsträger, so zeigt sich, dass ca. 91,6 % des Flächenverbrauchs auf den Straßenverkehr entfallen, ca. 7 % auf den Schienenverkehr und ca. 0,6 % auf den Luftverkehr.

Hinzu kommt, dass Autobahnen oder Schienentrassen biologisch tote Räume sind. Flugplätze hingegen, das belegen zahlreiche Untersuchungen, sind Rückzugsgebiete vieler bedrohte Tier- und Pflanzenarten.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_44,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Emissionen

45

45.1 Schadstoffemissionen

45.1.1 Schadstoffe

45.1.1.1 Stickoxide

Stickoxide entstehen durch hohe Temperaturen und Drücke in der Triebwerksbrennkammer durch Oxidation des Stickstoffs der angesaugten Luft und des im Brennstoff organisch gebundenen Stickstoffs mit Sauerstoff. Der Begriff „Stickoxide“ (NO_x) umfasst neun verschiedene Substanzen mit unterschiedlichen NO-Verhältnissen. Am bedeutendsten sind Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO_2). Der Verbrennungsprozess erzeugt hauptsächlich NO (90 %), erst danach oxidiert dieses bei ausreichend vorhandenem Sauerstoff (Ozon) nach und nach zu NO_2. In Anlehnung an Messwerte, die an deutschen Verkehrsflughäfen ermittelt wurden, kann mit einer Umwandlungsrate von 60 % gerechnet werden. Stickstoffmonoxid ist ein reiz-, farb- und geruchloses Gas, Stickstoffdioxid dagegen ein stechend riechendes, bräunliches Gas.

45.1.1.2 Schwefeloxide

Schwefeloxide umfassen Schwefeldioxid und andere Oxidationsprodukte wie Schwefeltrioxid. Durch vollständige Verbrennung entsteht zunächst Schwefeldioxid, das aber teilweise bei der Verbrennung und im Abgas zu Schwefeltrioxid umoxidiert. Schwefeldioxid ist ein farbloses, stechend riechendes Gas.

45.1.1.3 Kohlenmonoxid

Kohlenmonoxid ist ein reiz-, farb- und geruchloses Gas, das als Abfallprodukt bei der Verbrennung von Kohlenstoff zu Kohlendioxid entsteht. Bei unvollständiger Verbrennung gelangt ein Teil des CO in die Abgase.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_45,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

45.1.1.4 Kohlenwasserstoff

Kohlenwasserstoffe sind im Abgas der Flugtriebwerke enthalten, wenn z. B. Brennstoffmoleküle nicht verbrannt werden und in das Abgas gelangen. Die unverbrannten Kohlenwasserstoffe, die nicht oxidiert sind, bilden die größte Gruppe der Kohlenwasserstoffe im Abgas.

45.1.1.5 Ruß

Der im Abgas enthaltene Ruß besteht aus unverbranntem Kohlenstoff.

45.1.2 Schadstoffemission der Flugtriebwerke

Da in den Flugtriebwerken flüssiger Kraftstoff aus Mineralölprodukten verbrannt wird, entstehen Abgase. Im gewerblichen Luftverkehr kommen hauptsächlich Strahltriebwerke zum Einsatz, die mit Kerosin betrieben werden. Kerosin (Jet A-1 oder auch Petroleum) ist ein Gemisch aus Kohlenwasserstoffen und enthält mehr als 500 Einzelsubstanzen. Es ist ein Destillat aus Mineralöl oder es wird über einen CrackProzess aus schwerem Heizöl gewonnen. Dieses Destillat ist mit verschiedenen Additiven angereichert. Die Abgase eines Flugtriebwerks enthalten als Hauptreaktionsprodukte der vollständigen Verbrennung, bei der die Hauptbestandteile des Kerosins vollständig oxidiert sind Wasser(-dampf) (H_2O) und Kohlendioxid (CO_2). Sie sind direkt proportional dem Kraftstoffverbrauch. Ferner entstehen die schädlichen Komponenten Schwefeldioxide (SO_x), Stickoxide (NO_x), Kohlenmonoxid (CO), unverbrannte Kohlenwasserstoffe (CH) und reiner Kohlenstoff (Ruß).

Flugtriebwerke saugen für die Schuberzeugung drei- bis viermal mehr Luft an als für die Verbrennung des Kraftstoffs notwendig ist. Das nicht verbrannte Luftgemisch wird aufgeheizt und ausgestoßen. Mit 90 % macht dieses heiße Luftgemisch den Hauptanteil der Abgase aus. Die anderen Anteile betragen rund 10 % (CO_2 ca. 7 % und H_2O ca. 3 %). Kohlendioxid und Wasserdampf sind nicht toxisch, wirken sich jedoch auf das Klima der Erdatmosphäre aus.

Die eigentlichen Schadstoffe der Verbrennung ergeben sich mit ca. 0,04 %. Die Anteile variieren mit der Verbrennungsführung, der Fluggeschwindigkeit, der Masse des Luftfahrzeuges und dem Lastzustand des Flugtriebwerkes. Auch die meteorologischen Umgebungsbedingungen wie Luftdruck, Luftfeuchte etc. wirken sich auf das Emissionsverhalten der Flugtriebwerke aus. Unter Reiseflugbedingungen entstehen pro Kilogramm Kerosin folgende Reaktionsprodukte:

- 6,0–16,0 g Stickoxide (NO_X)
- 1,0 g Schwefeldioxid (SO_2)
- 0,7–2,5 g Kohlenmonoxid (CO)
- 0,1–0,7 g unverbrannte Kohlenwasserstoffe (UCH)
- 0,01–0,03 g Kohlenstoff (C).

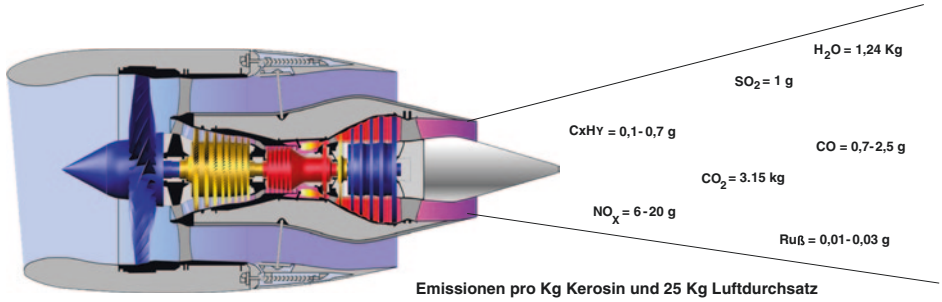


Abb. 45.1 Emissionen aus Flugtriebwerken bei 25 kg Luftdurchsatz

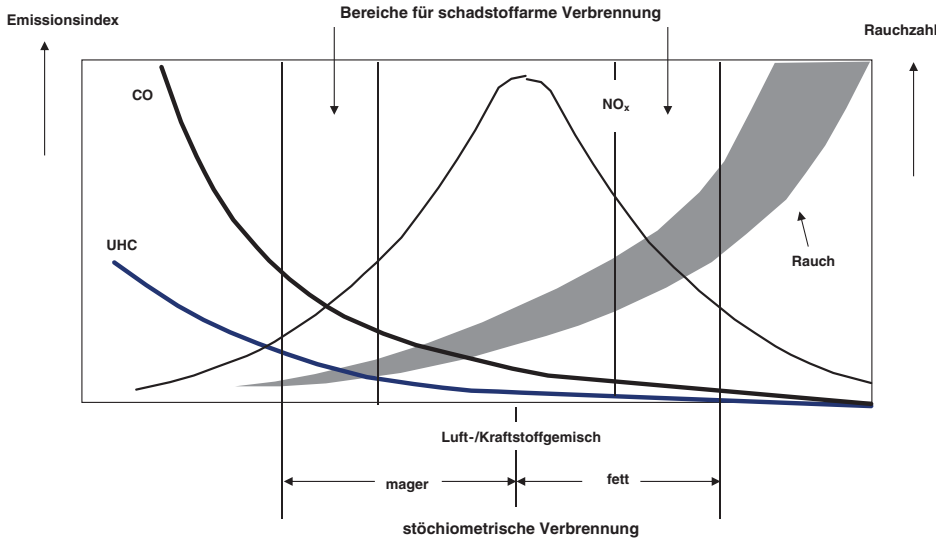


Abb. 45.2 Emissionen aus Flugtriebwerken in Abhängigkeit der Betriebsbedingungen

Abbildung 45.1 zeigt die Emissionen aus Flugtriebwerken.

Die Emissionen von Triebwerken sind in starkem Maße von Luft-/Kraftstoffgemisch, den Betriebsbedingungen des Triebwerkes und der Flughöhe abhängig (Abb. 45.2).

45.1.3 Start-/Landezyklus von Flugzeugen

Moderne Flugzeuge haben einen Verbrauch von 3,0–5,5 Liter Kraftstoff pro 100 Passagier-Kilometer. Grenzwerte für die Emissionen von Kohlenstoff (C), unverbrannten Kohlenwasserstoffen (UCH), Kohlenmonoxid (CO), Stickoxiden (NO_x) sowie Messmethoden der Abgasemissionen sind dem ICAO Annex 16 zu entnehmen. Für den Zweck der Zertifizierung von Flugzeugen ist als Referenz ein Start-/Landezyklus

Tab. 45.1 Zeiten für die einzelnen Betriebsphasen des ICAO – LTO-Zyklus

	Betriebsphasen des LTO-Zyklus (in Minuten)			
Flugzeugart	Rollen	Start	Steigflug	Anflug
Strahlturbinen-Flugzeug	26,0	0,7	2,2	4,0
Turbopropeller-Flugzeug	26,0	0,5	2,5	4,5

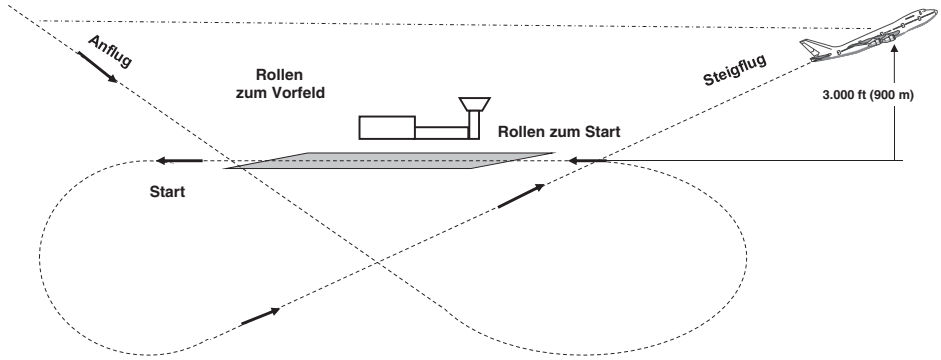


Abb. 45.3 ICAO – LTO-Zyklus [167]

(Landing and Take-off Cycle (LTO-Zyklus)) definiert worden. Der LTO-Zyklus besteht aus den Betriebsphasen Rollen, Starten, Steigflug, Anflug. Die maximal betrachtete Flughöhe beträgt 3.000 ft über Grund. Der Triebwerksschub beträgt in der Phase Rollen 7 %, in der Startphase 100 %, im Steigflug 85 % und im Anflug 40 %. Die LTO-Zykluszeiten sind der Tab. 45.1 zu entnehmen, Abb. 45.3 zeigt das prinzipielle Verfahren.

Abbildung 45.4 zeigt den qualitativen Verlauf der Emissionen (CO, HC, und NO_X) für Turbofan-Triebwerke in den Roll- und Flugphasen Taxi, Take-off, Climb, Cruise, Descent und Approach eines Flugprofils.

Abbildung 45.5 zeigt den Einfluss der Schubklasse und des Betriebszustands auf die NO_X Emissionen eines Turbofan-Triebwerkes.

45.1.4 Ermittlung der Emissionen für den LTO-Zyklus

In jeder Betriebsphase (Rollen, Starten, Steigen, Anflug) werden die Triebwerke mit unterschiedlicher Leistung betrieben. Die Leistungseinstellung bestimmt einen spezifischen Kraftstoffverbrauch, der wiederum für die Art und Menge der Schadstoffe, die in die umgebende Luft emittiert werden, mit verantwortlich ist.

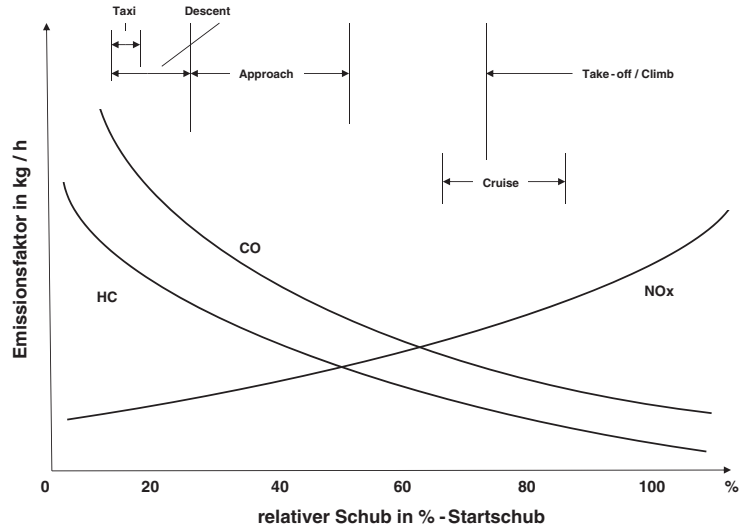


Abb. 45.4 Qualitativer Verlauf der CO-, HC- und NOx- Emissionsfaktoren für Turbofan-Triebwerke

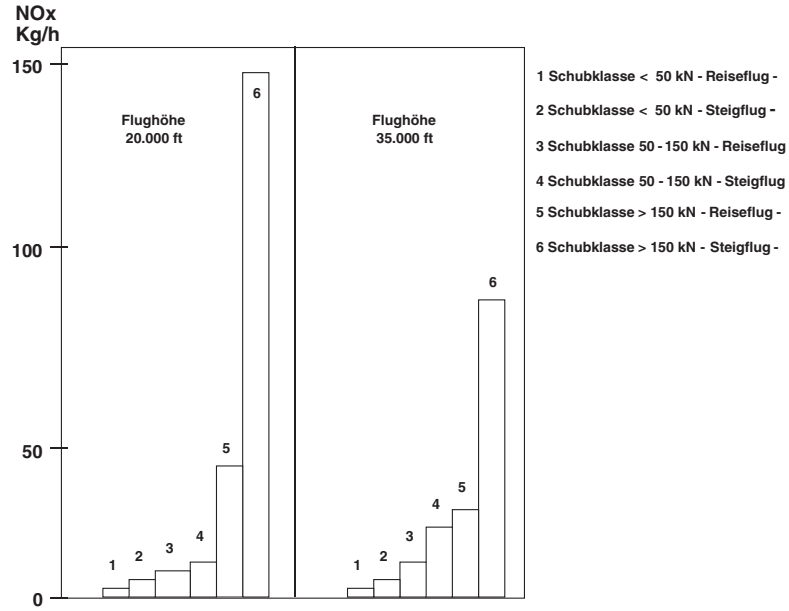


Abb. 45.5 Einfluss der Schubklasse und des Betriebszustands auf die NO_X Emissionen eines Turbofan-Triebwerkes

Die nachstehende Gl. 45.1 erläutert die Berechnung eines Emissionsanteils i pro LTO-Zyklus und Flugzeug j:

$$E_{ij} = \sum_{k} \left(TIM_{jk}\right) \times \left(FF_{jk}/1000\right) \times \left(EI_{ijk}\right) \times \left(NE_{j}\right) \tag{45.1}$$

mit:

E_{ij} : Emissionen des Schadstoffs i in Tonnen für das Flugzeug j pro LTO-Zyklus
TIM_{jk} : Zeit für Betriebsphase k in Minuten für das Flugzeug j
FF_{jk} : Kraftstoffverbrauch in kg/min in der Betriebsphase k für ein Triebwerk des Flugzeugs j
EI_{ijk} : Emissionsindex für den Schadstoff i in der Betriebsphase k für ein Triebwerk des Flugzeugs j
NE_{j} : Zahl der Flugtriebwerke des Flugzeugs j.

45.1.5 Ausbreitungsverhalten von Emissionen

Für das Ausbreitungsverhalten von Emissionen sind meteorologische Einflüsse zu berücksichtigen. Die Ausbreitung der Schadstoffe in der Luft wird im Wesentlichen durch die Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Lufttemperatur und vertikale Temperaturschichtung beeinflusst.

Eine wichtige Rolle für das Ausbreitungsverhalten spielt der Turbulenzzustand der Atmosphäre, d. h. die vertikale Bewegung und Durchmischung der Luft. Die Temperatur, Windgeschwindigkeit, Bewölkung und Sonneneinstrahlung bestimmen dabei den Turbulenzgrad, bzw. die Stabilität der Atmosphäre. Üblicherweise entstehen stabile Bedingungen nach Sonnenuntergang, nachts bei klarem Himmel und niedrigen Windgeschwindigkeiten. Bei bewölktem Himmel und hohen Windgeschwindigkeiten während des Tages ergeben sich sehr instabile Verhältnisse. In den USA gelten im Luftfahrtbereich folgende Grenzwerte:

- 8-Stunden-Wert für Kohlenmonoxid – 10.000 $\mu g/m^3$
- Jahresmittelwert für Stickoxide – 100 $\mu g/m^3$
- Jahresmittelwert für Schwefeloxide – 80 $\mu g/m^3$

Nach der deutschen TA-Luft ist für Stickstoffdioxid ein Jahresmittelwert von 80 $\mu g/m^3$ einzuhalten, für Kohlenmonoxid ein Jahresmittelwert von 10.000 $\mu g/m^3$. Für Schwefeldioxid wird in der Literatur teilweise ein präventiver Vorsorgewert von 10 $\mu g/m^3$ genannt.

45.1.6 Emissionshandel

Seit geraumer Zeit ist der Emissionshandel auch für die Anwendung im Luftverkehr ein Thema. Anfang Juli 2006 verabschiedete das Europäische Parlament eine Stellungnahme,

wonach das EU-Handelssystem mit CO_2-Zertifikaten auch auf den Luftverkehr ausgedehnt werden sollte.

Das seit 1. Januar 2005 bestehende EU-Emissionshandelssystem erfasste bisher nur energieintensive Industrieanlagen, in der gesamten EU derzeit über 10.000 Anlagen, die für mehr als die Hälfte aller CO_2-Emissionen in der EU verantwortlich sind. Wie Industrieanlagen, sind auch den Luftverkehrsgesellschaften gehalten, handelbare Zertifikate zu erwerben, die es ihnen gestatten, bei ihren Flügen pro Jahr eine bestimmte Menge an CO_2 auszustoßen.

Da diese Zertifikate auf einem Markt handelbar sind, können die Unternehmen mit ihren Emissionen kostenwirksam umgehen. Sind ihre Emissionen niedriger als nach ihren Zertifikaten zulässig, können sie den „Überschuss" auf dem Markt verkaufen oder die betreffenden Zertifikate behalten, um damit künftige Emissionen abzudecken. Rechnet ein Unternehmen damit, dass seine Emissionen das nach seinen Zertifikaten zulässige Maß übersteigen, kann es entweder Maßnahmen zur Senkung seiner Emissionen treffen (z. B. durch Investitionen in effizientere Technik (Flugzeuge) oder Flugverfahren) oder es kann auf dem Markt zusätzliche Zertifikate erwerben. So wird es beispielsweise möglich sein, dass eine Luftverkehrsgesellschaft Zertifikate von einem Industrieunternehmen erwirbt, das seine Emissionen reduziert hat. Um ihren Verpflichtungen im Rahmen des EU-Emissionshandelssystems nachzukommen, können die Unternehmen auch Emissionsgutschriften erwerben, die für energiesparende Projekte ausgestellt werden, die im Rahmen der Mechanismen des Kyoto-Protokolls in Drittländern durchgeführt werden.

Vom Beginn des Jahres 2011 an werden die Emissionen aller Inlands- und Auslandsflüge zwischen EU-Flugplätzen erfasst. Ab 2012 werden auch die Emissionen aller anderen internationalen Flüge von oder zu einem EU-Flugplatz erfasst. Das EU-Emissionshandelssystem soll anderen Ländern, die ähnliche Regelungen auf nationaler oder regionaler Ebene erwägen, als Modell dienen. Außerdem sollen diese Systeme mit dem EU-System verknüpft werden, so dass letzteres als Grundlage für umfassende, weltweite Regelungen dienen kann.

Die Regelung wird für sämtliche Betreiber von Luftfahrzeugen innerhalb und außerhalb der EU gelten, die internationale Flüge nach, von oder zwischen EU-Flugplätzen durchführen. Alle Luftverkehrsgesellschaften werden also gleich behandelt. Um die Verwaltungskosten zu mindern, ist für jedes Unternehmen hinsichtlich der Emissionen aller seiner Flüge nach, von und zwischen EU-Flugplätzen nur ein einziger Mitgliedstaat zuständig. Sehr leichte Luftfahrzeuge werden von der Regelung ausgenommen, ebenso werden Militär-, Polizei-, Zoll- und Rettungsflüge, Flüge für amtliche Zwecke, Regierungsflüge oder Flüge für Schulungs- und Testzwecke nicht erfasst. Die Luftverkehrsgesellschaften werden ggf. in energieeffizientere Flugzeuge investieren oder zusätzliche Emissionszertifikate erwerben müssen.

Die Einbeziehung des Luftverkehrs in das EU-Emissionshandelssystem hat geringe Auswirkungen auf die Rentabilität der Luftverkehrsgesellschaften, da diese die zusätzlichen Kosten zum größten Teil oder vollständig auf die Kunden umlegen können. Da alle Luftverkehrsgesellschaften gleichbehandelt werden, ist nicht mit erheblichen Beeinträchtigungen des Wettbewerbs zu rechnen. Unternehmen, die kürzere Strecken

bedienen, ältere Luftfahrzeuge einsetzen oder relativ wenig Fluggäste bzw. Fracht befördern, sind stärker betroffen als Luftverkehrsgesellschaften, die energieeffizienteres Gerät betreiben.

Die Richtlinie 2008/101/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 19. November 2008 zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG zwecks Einbeziehung des Luftverkehrs in das System für den Handel mit Treibhausgasemissionszertifikaten in der Gemeinschaft führt u. a. aus [175]:

Nach dem Kyoto-Protokoll zum UNFCCC, das mit der Entscheidung 2002/358/EG des Rates genehmigt wurde, sind die Industrieländer verpflichtet, ihre Bemühungen um eine Begrenzung oder Reduktion der Emissionen von nicht durch das Montrealer Protokoll geregelten Treibhausgasen aus dem Luftverkehr im Rahmen der Internationalen Zivilluftfahrtorganisation (ICAO) fortzusetzen. Ein umfassendes Maßnahmenpaket sollte auch technologische und betriebstechnische Maßnahmen umfassen. Verbesserungen beim Luftverkehrsmanagement im Rahmen der Programme „Gemeinsamer Europäischer Luftraum“ und „SESAR (Single European Sky ATM Research)“ könnten dazu beitragen, die Gesamttreibstoffeffizienz um bis zu 12 % zu steigern. Durch die Erforschung neuer Technologien, einschließlich Methoden zur Verbesserung der Kraftstoffeffizienz von Luftfahrzeugen, könnten die Emissionen des Luftverkehrs weiter verringert werden.

Die Bestimmungen der Richtlinie gelten für die Zuteilung und Vergabe von Zertifikaten im Zusammenhang mit festgelegten, definierten Luftverkehrstätigkeiten. Für die Handelsperiode vom 1. Januar 2012 bis 31. Dezember 2012 entspricht die Gesamtmenge der den Luftfahrzeugbetreibern zuzuteilenden Zertifikate 97 % der historischen Luftverkehrsemissionen. Für die Handelsperiode der Richtlinie, die am 1. Januar 2013 beginnt, und, wenn keine Änderungen nach der Überprüfung erfolgen, entspricht für jede folgende Handelsperiode die Gesamtmenge der den Luftfahrzeugbetreibern zuzuteilenden Zertifikate 95 % der historischen Luftverkehrsemissionen, multipliziert mit der Anzahl der Jahre in der Handelsperiode. Dieser Prozentsatz kann im Rahmen der allgemeinen Überprüfung dieser Richtlinie geändert werden. Die Kommission überprüft die Gesamtmenge der den Luftfahrzeugbetreibern zuzuteilenden Zertifikate. Bis zum 2. August 2009 hat die Kommission anhand der besten verfügbaren Daten, einschließlich Schätzungen auf der Grundlage von Angaben über das tatsächliche Verkehrsaufkommen, über die historischen Luftverkehrsemissionen entschieden. Ab 1. Januar 2013 werden 15 % der Zertifikate versteigert. Dieser Prozentsatz kann im Rahmen der allgemeinen Überprüfung dieser Richtlinie erhöht werden. Bis zum 28. Februar 2012 und bis zum 28. Februar jedes folgenden Jahres gibt die zuständige Behörde des Verwaltungsmitgliedstaats an jeden Luftfahrzeugbetreiber die Anzahl Zertifikate aus, die ihm für das betreffende Jahr entsprechend der Richtlinie zugeteilt wurden. In jedem Zeitraum werden 3 % der Gesamtmenge der zuzuteilenden Zertifikate in eine besondere Reserve für Luftfahrzeugbetreiber eingestellt, die eine Luftverkehrstätigkeit nach dem Überprüfungsjahr aufnehmen, für das Tonnenkilometerangaben für eine Handelsperiode übermittelt wurden, oder deren Tonnenkilometer zwischen dem Überprüfungsjahr, für das Tonnenkilometerangaben für eine Handelsperiode übermittelt wurden, und

dem zweiten Kalenderjahr dieser Handelsperiode um durchschnittlich mehr als 18 % jährlich ansteigen und deren Tätigkeit oder zusätzliche Tätigkeit weder ganz noch teilweise eine Fortführung einer Luftverkehrstätigkeit ist, die zuvor von einem anderen Luftfahrzeugbetreiber ausgeführt wurde.

Ein Luftfahrzeugbetreiber, der diese Kriterien erfüllt, kann bei der zuständigen Behörde seines Verwaltungsmitgliedstaats eine kostenfreie Zuteilung von Zertifikaten aus der Sonderreserve beantragen. Ein Antrag muss bis zum 30. Juni des dritten Jahres der Handelsperiode, auf die sich der Antrag bezieht, vorliegen. Bei einer Zuteilung an einen Luftfahrzeugbetreiber dürfen nicht mehr als 1.000.000 Zertifikate vergeben werden. Ein Antrag muss folgende Angaben enthalten:

a) überprüfte Tonnenkilometerangaben für die Luftverkehrstätigkeiten, die der Luftfahrzeugbetreiber im zweiten Kalenderjahr der Handelsperiode auf die sich der Antrag bezieht, ausgeführt hat,
b) den Nachweis, dass die erforderlichen Kriterien erfüllt sind,
c) die Angabe des prozentualen Anstiegs der Luftverkehrstätigkeit des Luftfahrzeugbetreibers in Tonnenkilometern zwischen dem Überprüfungsjahr, für das Tonnenkilometerangaben zu einer Handelsperiode übermittelt wurden, und dem zweiten Kalenderjahr dieser Handelsperiode,
d) die absolute Zunahme der Luftverkehrstätigkeit des Luftfahrzeugbetreibers in Tonnenkilometern zwischen dem Überprüfungsjahr, für das Tonnenkilometerangaben zu einer Handelsperiode übermittelt wurden, und dem zweiten Kalenderjahr dieser Handelsperiode;
e) die absolute Zunahme der Luftverkehrstätigkeit des Luftfahrzeugbetreibers in Tonnenkilometern, die über den genannten Prozentsatz hinausgeht, zwischen dem Überprüfungsjahr, für das Tonnenkilometerangaben zu einer Handelsperiode nach übermittelt wurden, und dem zweiten Kalenderjahr dieser Handelsperiode.

Spätestens sechs Monate nach Ablauf der Frist für einen Antrag übermitteln die Mitgliedstaaten der Kommission die Anträge, die eingegangen sind.

Spätestens 12 Monate nach Ablauf der Frist für einen Antrag entscheidet die Kommission über den Richtwert, der für die Zuteilung von kostenfreien Zertifikaten an Luftfahrzeugbetreiber, deren Anträge der Kommission übermittelt wurden, angewandt wird.

Der Richtwert wird errechnet, indem die Anzahl der Zertifikate in der Sonderreserve geteilt wird durch die Summe:

- der Tonnenkilometerangaben von Luftfahrzeugbetreibern, die in den der Kommission übermittelten Anträgen enthalten sind, und
- der absoluten Zunahme in Tonnenkilometern, die bei Luftfahrzeugbetreibern über den angegebenen Prozentsatz hinausgeht und die in den der Kommission übermittelten Anträgen angegeben ist.

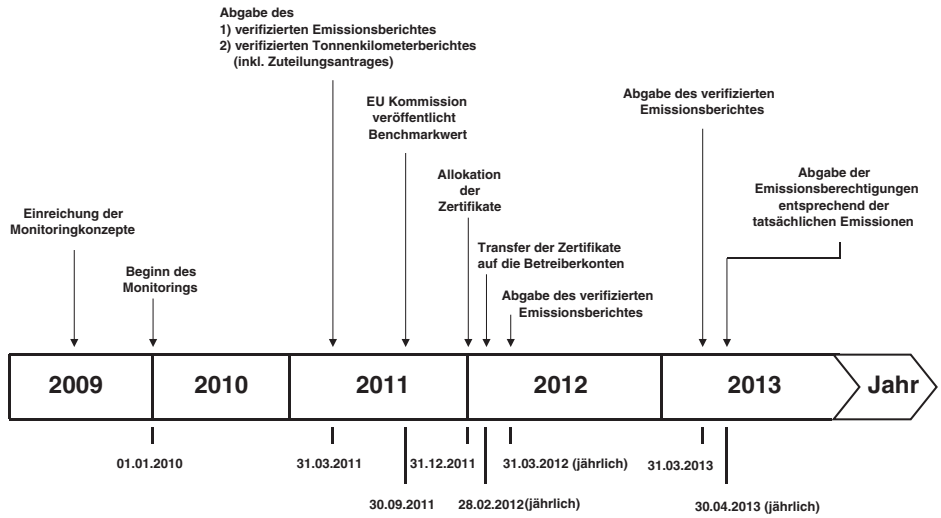


Abb. 45.6 EU-Zertifikatsrelevante Termine im Zeitablauf [175]

Der Richtwert darf nicht zu einer jährlichen Zuteilung pro Tonnenkilometer führen, die höher ist als die jährliche Zuteilung pro Tonnenkilometer an Luftfahrzeugbetreiber.

Die Verwaltungsmitgliedstaaten gewährleisten, dass jeder Luftfahrzeugbetreiber der zuständigen Behörde dieses Mitgliedstaats einen Überwachungsplan übermittelt, in dem Maßnahmen zur Überwachung und Berichterstattung hinsichtlich der Emissionen und der Tonnenkilometerangaben für die Zwecke eines Antrags enthalten sind, und dass diese Pläne von der zuständigen Behörde gemäß den Leitlinien gebilligt werden [175]. Abbildung 45.6 zeigt die zertifikatsrelevanten Termine im Zeitablauf.

45.1.7 Schadstoffemissionen durch bodengebundene Verkehre

Bei der Betrachtung der Emissionen von bodengebundenen, vorfeldinternen Transportmitteln stellt die Ermittlung der verursachten Schadstoffemissionen aufgrund fehlender Daten eine gewisse Problematik dar. Zur Ermittlung der emittierten Schadstoffe von bodengebundenen Transportmitteln ist zunächst eine Unterteilung der Fahrzeuge vorgenommen, um diese Fahrzeugkategorien zuordnen zu können. Anschließend muss die Transportwegestruktur definiert werden, um Quell-/Zielbeziehungen ermitteln zu können. Anhand des Verkehrsaufkommens können dann die Emissionen ermittelt werden. Die quantitativ zu ermittelten Schadstoffe sind im Einzelnen: Kohlenmonoxid (CO), Kohlendioxid (CO_2), Benzo(a)pyren (B(a)P), Stickstoffoxide als NO_2 (NOx). Methan (CH_4), Kohlenwasserstoffe ohne Methan (NMVOC), Partikel (PM10), Ruß, Toluol, Schwefeldioxid (SO_2), Benzol, und Xylol.

Das zu betrachtende Schadstoffspektrum der stationären Quellen und der Ground Power Units (GPU) beschränkt sich auf die für diese Emittentengruppen relevanten Schadstoffe. Bei den Verbrennungsprozessen sind die Schadstoffe CO, NOx, NMVOC, CH_4, Partikel, Ruß, SO_2 und CO relevant. Für die Verdunstungsemissionen fallen nur Kohlenwasserstoffe ohne Methan an. Aus diesen fallen an den Tankstellen noch die Schadstoffe Benzol, Toluol und Xylol an.

Insgesamt sind die Abgas- und Verdunstungsemissionen der bodengebundenen Verkehre auf dem Flughafengelände, die Abgasemissionen der Vorfeldverkehre, die Emissionen der stationären Quellen (Feuerungsanlagen, Netzersatzanlagen, Tanklager und Tankstellen) einschließlich der Emissionen der mobilen Bodenstromversorgungseinrichtungen (GPU), der bei der Betankung der Flugzeuge entstehenden Verdunstungsemissionen, der Emissionen aus Lösemitteleinsätzen sowie die Besucherverkehre vor den Terminals und in den Parkhäusern zu berücksichtigen.

Für die Betrachtung der Verkehrsmengen wird unterschieden zwischen:

- flughafenbezogenem Quell-/Zielverkehr und flughafenbezogenem Binnenverkehr,
- vorfeldinternem Verkehr und vorfeldübergreifendem Verkehr,
- abfertigungsabhängigem und abfertigungsunabhängigem Verkehr.

Abfertigungsabhängiger Verkehr beinhaltet alle Verkehre, die direkt an der Abfertigung eines Flugzeuges beteiligt sind. Diese Verkehre stehen in direktem Zusammenhang mit dem Flugplan. Es handelt sich hierbei überwiegend um flughafenbezogene Binnenverkehre. Diese Verkehre sind maßgebend für die Belastungen im Vorfeldstraßennetz, belastet wird aber auch das Betriebsstraßennetz.

Abfertigungsunabhängige Verkehre stehen nicht in direktem Zusammenhang mit dem Flugplan. Es handelt sich hierbei z. B. um Zubringerverkehre durch am Flughafen beschäftigte Personen, Wirtschafts- und Frachtverkehre zu den im Betriebsbereich angesiedelten Luftfrachtanlagen und Speditionen, flughafeninternen Linienbusverkehren, Werftverkehren, Fahrten der Sicherheitsdienste oder der Bundespolizei. Diese Verkehre treten auf allen Straßenabschnitten auf und sind insbesondere für die Verkehrsbelastungen im Betriebsstraßennetz maßgebend. Es handelt sich hierbei sowohl um flughafenbezogene Quell-/Zielverkehre als auch um Binnenverkehre des Flugplatzes.

45.2 Schallemissionen

45.2.1 Physikalische Grundlagen der Akustik

Die DIN-Norm 1320 definiert und unterscheidet die nachfolgend erläuterten Begriffe als physikalische Grundlagen der Akustik, die im Hinblick auf das Thema Fluglärm von Bedeutung sind.

Unter **Schall** versteht man mechanische Schwingungen und Wellen eines elastischen Mediums. **Schall im engeren Sinne, Hörschall,** ist definiert als Schall im Frequenzbereich des menschlichen Hörvermögens (Hörbereich ca. 16 Hz–16 KHz). Als **Lärm** wird Hörschall bezeichnet, der die Stille oder eine gewollte Schallaufnahme stört, oder auch der Hörschall, der zu Belästigungen führt. **Luftschall** ist Schall im Medium Luft, während ein **Schallsignal** den zeitlichen Verlauf des Schalls beschreibt. Man unterscheidet dabei zwischen einem **Geräusch,** d. h. einem Schallsignal, das größtenteils ein nicht zweckbestimmtes Schallereignis charakterisiert oder einem **Ton (reinen Ton),** d. h. einer sinusförmigen Schallschwingung.

Eine **Schallfeldgröße (hier Schalldruck)** stellt einen durch die Schallschwingung hervorgerufenen Wechseldruck dar. Eine **Schallenergiegröße (hier Schallenergie)** repräsentiert die kinetische und potentielle Energie des Schalls.

Unter einem **Schallpegel** versteht man das „Logarithmische Verhältnis einer Schallfeldgröße oder einer Schallenergiegröße zu einer gleichartigen Bezugsgröße“ bei einer Frequenz oder in einem Frequenzbereich.

Unter einem **Schalldruckpegel** versteht man den Schallpegel, der die in Beziehung gesetzten Schalldrücke wie folgt berücksichtigt (Gl. 45.2):

$$Lp = 10 \lg p^2/p_0^2 \text{ (dB)} \tag{45.2}$$

mit:

p = Effektivwert des tatsächlichen Schalldrucks

p_0 = Bezugsschalldruck

$p_0 = 20\ \mu$ Pa

Die Abstrahlung von Schall von einer Schallquelle wird als **Schallemission,** die Einwirkung von Schall auf ein Gebiet oder auf einen Punkt eines Gebietes als **Schallimmission** bezeichnet.

Ein **bewerteter Schalldruckpegel** ist ein Schalldruckpegel, bei dem der Schalldruck frequenzabhängig bzw. zeitabhängig bewertet wird. Die resultierende Bezugskurve (A, B, C) muss angegeben werden. Durch die Frequenzbewertung nach A wird die Frequenzabhängigkeit der Empfindlichkeit des menschlichen Gehörs näherungsweise angepasst. Der Schalldruckpegel mit dieser Frequenzbewertung wird A-bewerteter Schalldruckpegel (kurz: A-Schallpegel, L_A) genannt. Ferner werden Zeitbewertungen vorgenommen. Bei Messungen der Geräusche finden die Zeitbewertungen S (Slow), F (Fast) und I (Impuls) Anwendung. Abbildung 45.7 zeigt den Verlauf der Frequenzbewertungen A-D. Abbildung 45.8 zeigt den zeitlichen Schallpegelverlauf eines Einzelgeräusches [53].

Ein **Mittelungspegel** (nach DIN 45641) für einen zeitlich veränderlichen Schallpegel (äquivalenter Dauerschallpegel) L_m ist z. B. der Mittelwert der in den Zeitintervallen t_i auftretenden Pegel L_i. Die Mittelung wird mit folgendem Logarithmus ausgeführt (Gl. 45.3, 45.4):

$$L_m = 10 \lg \left(1/T \sum_{i=1}^{N} T_i \times 10^{0{,}1\, Li\,(dB)}\right) \tag{45.3}$$

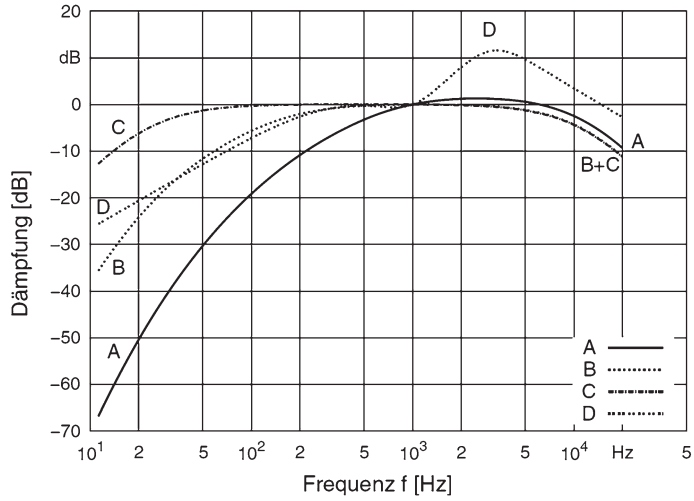


Abb. 45.7 Verlauf der Frequenzbewertungen A-D

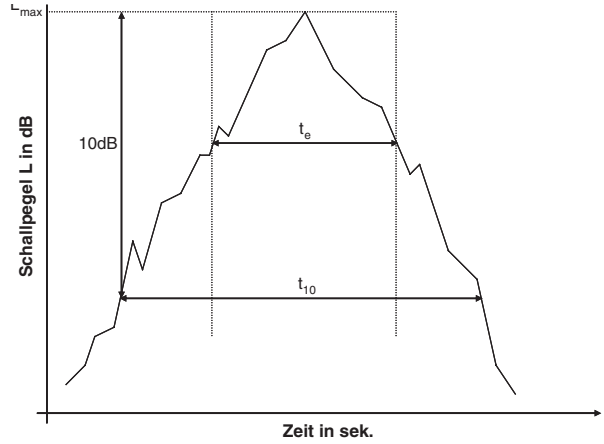


Abb. 45.8 Zeitlicher Schallpegelverlauf eines Einzelgeräusches [75]

mit:
L_i = Einzelereignispegel (in dB)
t_i = Zeitintervall (in Sekunden mit dem Pegel L_i (in dB)
T = Bezugszeitraum (in Sekunden) für die Mittelung

$$T = \sum_{i=1}^{n} T_i \; (n = \text{Zahl der Einzelereignisse}) \tag{45.4}$$

Die unterschiedlichen Möglichkeiten, Mittelungspegel zu bilden, sind im Detail der DIN 45641 zu entnehmen.

Der **Beurteilungspegel** L_r (nach DIN 45645, Teil 1) ist ein Maß für die durchschnittliche Geräuschimmission während der Beurteilungszeit T_r. Er setzt sich aus dem energieäquivalenten Dauerschallpegel Leq nach DIN 45641 und den Zu- oder Abschlägen für bestimmte Geräusche, Zeiten oder Situationen zusammen. Als Beurteilungszeitraum wird für den Tag das Zeitintervall von 6.00–22.00 Uhr festgesetzt, für die Nacht das Zeitintervall von 22.00–6.00 Uhr.

45.2.2 Einflussgrößen auf die Schallausbreitung

Als wesentliche Einflussgrößen auf die Schallausbreitung sind zu nennen:

- Abstand von der Schallquelle, Pegelabnahme durch Divergenz;
- Richtwirkung, die angibt, um wie viel dB der Schalldruckpegel der Schallquelle in der betrachteten Ausbreitungsrichtung höher ist als bei einer ungerichteten Schallquelle gleicher Schallleistung in gleichem Abstand;
- Pegelminderung auf dem Schallweg durch Absorption im Medium Luft. Die Pegelminderung ist funktional abhängig von der Lufttemperatur, der Luftfeuchte und der Frequenz des Schalls;
- Bebauungs-, Bewuchs- und Bodeneinflüsse, d. h.:
- Abschirmungen, Streuungen oder Reflexionen können zu Pegelerhöhungen oder Dämpfungen führen;
- Wind, d. h.: Wind- und Schallgeschwindigkeit addieren sich vektoriell. Windgradienten beeinflussen die Schallausbreitungswege;
- Lufttemperatur, d. h.: der Temperaturgradient bestimmt die Brechung der Schallwellen im Medium Luft.

Als Transmission wird die Übertragung von Schall einer Emissionsquelle bis hin zur Einwirkung des Schalls auf die Umwelt bezeichnet. Die Schallgeschwindigkeit c ist die Geschwindigkeit, mit der sich die Schallwellen in der Atmosphäre ausbreiten. Die Schallgeschwindigkeit bei idealen Gasen wird mit Gl. 45.5 berechnet:

$$c = \sqrt{\kappa \cdot \frac{p}{\rho}} = \sqrt{\kappa \cdot \frac{R \cdot T}{M}} \tag{45.5}$$

mit:
κ = Isentropenexponent
p = Schalldruck
ρ = Dichte
R = Gaskonstante
M = molare Masse
T = Temperatur in K

Die Gl. 45.5 ist hinreichend genau, um Berechnungen im Medium Luft vorzunehmen. Wenn sich Schallwellen in einem bewegten Medium ausbreiten, wie z. B. bei Wind, addiert oder subtrahiert sich die Geschwindigkeit des Mediums.

Der Schallpegel am Ort der Einwirkung ist maßgeblich von der Intensität des Schalls am Emissionsort und von der Entfernung zwischen Schallquelle und Immissionsort abhängig. Die Schallintensität (I) kann mit Hilfe von Gl. 45.6 bestimmt werden.

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c} = \frac{p}{A} \tag{45.6}$$

mit:
p = gemessener Schalldruck
ρ = Dichte
c = Schallgeschwindigkeit
P = Schallleistung
A = Fläche

Da Wetterparameter wie Luftdruck, Luftfeuchte, Temperatur und Wind nicht konstant sind, können sich die Schallausbreitungsbedingungen ändern. Zusätzlich treten verschiedene Ausbreitungseffekte auf:

- Geometrische Dämpfung,
- Atmosphärische Dämpfung,
- Atmosphärische Refraktion,
- Bodendämpfung.

Die geometrische Ausbreitungsdämpfung ist als einziger Dämpfungseffekt frequenzunabhängig und bezieht sich auf die Entfernung zwischen Emissionsquelle und Ort der Einwirkung. Eine weitere Verringerung der Schallintensität wird durch die atmosphärische Dämpfung erreicht. Ein Teil des Schalls wird dabei in der Luft durch molekulare Reibung absorbiert. Die Dämpfung steigt mit der Frequenz. Niedrig frequente Geräusche werden nicht so stark durch die Luft absorbiert wie höher frequente Geräusche. Als atmosphärische Refraktion werden bestimmte meteorologiebedingte Dämpfungseffekte bei bestimmten Wetterlagen bezeichnet. Diese Effekte sind abhängig von der Frequenz des Schalls und den Wind- und Temperaturgradienten. Resultate können die Brechung, Streuung von Schall und die Bildung von Schattenzonen am Boden sein. Die Bodendämpfung kann bei niedrigen Einfallswinkeln auftreten und hängt von der Bodenbeschaffenheit ab [75].

Aufgrund der Variantenvielfalt des Wetters und Komplexität der Schallausbreitung sind in den verwendeten Fluglärmberechnungsprogrammen realistische Modelle für die Schallausbreitung festgelegt. So können die Ausbreitungseffekte angemessen in den Berechnungen berücksichtigt werden. Beispiele für die Intensität von Lärmquellen zeigt Tab. 45.2.

Tab. 45.2 Beispiele für die Intensität von Lärmquellen

Schmerzschwelle	**ca. 130 dB (A)**
Diskothek	**110–120 dB (A)**
Autohupe am Fahrbahnrand	**ca. 110 dB (A)**
Hochgeschwindigkeitszug bei 250 km/h in 100 m seitlicher Entfernung	**90–95 dB (A)**
Boeing 747/400 (max. 524 Sitzpl., 386 t MTOM) beim Start in 300 m seitlicher Entfernung	**ca. 90 dB (A)**
LKW im Stadtverkehr, Geräusch am Fahrbahnrand	**85–90 dB (A)**
Airbus 320 (max. 180 Sitzpl., 74 t MTOM) beim Start in 300 m seitlicher Entfernung	**ca. 85 dB (A)**
Hochgeschwindigkeitszug bei 250 km/h in 300 m seitlicher Entfernung	**80–85 dB (A)**
Omnibus im Stadtverkehr, Geräusch am Fahrbahnrand	**80–85 dB (A)**
Avro RJ (max. 112 Sitzpl., 44 t MTOM) beim Start in 300 m seitlicher Entfernung	**ca. 80 dB (A)**
Angeregte Unterhaltung	**ca. 75 dB (A)**
ATR 42 (max 50 Sitzpl., 16 t MTOM) beim Start in 300 m seitlicher Entfernung	**ca. 75 dB (A)**
PKW im Stadtverkehr, Geräusch am Fahrbahnrand	**70–80 dB (A)**
Piper PA 34 Seneca (6 Sitzpl., 2,0 t MTOM) beim Überflug in 300 m Höhe	**ca. 70 dB (A)**
Gespräch	**ca. 60 dB (A)**
DA 20 Katana (2 Sitzpl., 0,7 t MTOM) beim Überflug in 300 m Höhe	**ca. 60 dB (A)**
Umgebungsschall in ruhigem Wohnviertel	**ca. 50 dB (A)**
Blätterrauschen bei mäßigem Wind	**ca. 40 dB (A)**
Flüstern	**ca. 30 dB (A)**
Hörschwelle	**0 dB(A)**

45.2.3 Schallquellen am Flugzeug

Die maßgeblichen Schallquellen an einem Verkehrsflugzeug sind das Flugwerk, das Fahrwerk und das Triebwerk. Dabei wird generell zwischen Triebwerkslärm und aerodynamischem Lärm unterschieden. Abbildung 45.9 zeigt die typischen Lärmquellen an einem Verkehrsflugzeug (A380-800).

45.2.3.1 Flugwerk

Unter Flugwerk werden die Leitwerke, das Rumpfwerk, das Steuerwerk und das Tragwerk verstanden. Alle genannten Baugruppen tragen einen bestimmten Anteil zur Lärmemission bei.

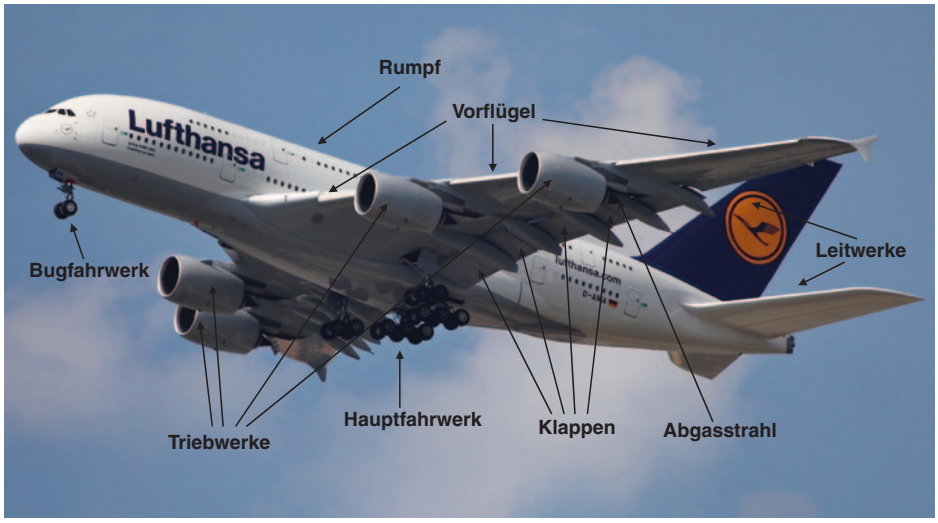


Abb. 45.9 Typische Lärmquellen an einem Verkehrsflugzeug (A380-800) [4]

45.2.3.2 Fahrwerk

Moderne Passagierflugzeuge verfügen über ein Dreibeinfahrwerk, welches aus einem Bugfahrwerk und einem Hauptfahrwerk besteht. Das Bugfahrwerk trägt in der Regel 10 % der Flugzeugmasse. Die verbleibenden 90 % verteilen sich auf das Hauptfahrwerk. Um Abflugmassen von mehr als 400.000 kg zu gewährleisten, muss das Fahrwerk entsprechend ausgelegt sein. Die Anforderungen für Fahrwerke sind festgelegt und werden im Rahmen der Flugzeugzertifizierung geprüft. Aufgrund unterschiedlicher Flugzeugmuster und der resultierenden Leistungsdaten können Fahrwerkkonstruktionen sehr komplex sein. Im Falle des Airbus A380-800 wird beim Hauptfahrwerk noch zwischen „Body Landing Gear“ und „Wing Landing Gear“ unterschieden. Aufgrund der hohen Abflugmasse sorgen insgesamt 22 Fahrwerksreifen für die entsprechende Verteilung der Masse, während bei einem Airbus A320 sechs ausreichend sind. So wird sichergestellt, dass selbst beim Landestoß die Start-/Landebahn nicht überbelastet wird. Abbildung 45.10 zeigt die wesentlichen Bestandteile eines Hauptfahrwerkbeins des Airbus A340-642, an dem der Fahrwerkslärm entsteht [4].

Während Start und Landung verursacht das gesamte Fahrwerk, bedingt durch die Bauweise, aerodynamischen Lärm. Wahrgenommen wird dieser Lärm nur bei der Landung, da während der Startphase und des Steigfluges der Triebwerkslärm dominiert.

Überlegungen, Fahrwerke zugunsten einer geringeren Lärmemission zu verkleiden, haben sich bis zum jetzigen Zeitpunkt nicht durchsetzen können. Eine erhöhte Abflugmasse und erhöhter Wartungsaufwand wären die Folge. Eine teilweise Verkleidung hingegen ist ökonomisch vertretbar und besitzt Lärmminderungspotenzial von bis zu 5 dB. Abbildung 45.11 zeigt ein Beispiel für eine teilweise Fahrwerksverkleidung an einem

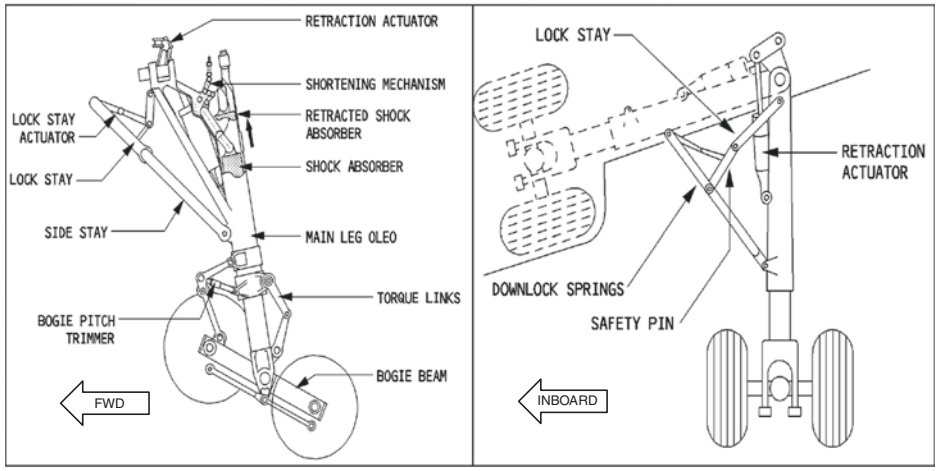


Abb. 45.10 Bestandteile eines Hauptfahrwerksbeins eines A340-642 [10]

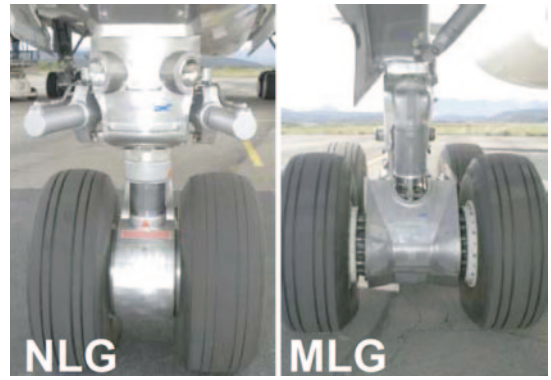


Abb. 45.11 Teilweise Fahrwerksverkleidung am Airbus A340 [10]

Airbus A340. Diese Konstruktion geht auf das Projekt „Rain“ zurück. Während des EU Projekts „SILENCER“ wurde die Konstruktion bereits im Rahmen verschiedener Flugtests erprobt [75].

45.2.3.3 Tragwerk

Als Tragwerk werden alle Auftrieb liefernden Komponenten eines Flugzeuges bezeichnet. In der Regel sorgen die Tragflächen eines Flugzeugs für den notwendigen Auftrieb während der einzelnen Flugphasen. Bei der Entwicklung der Tragflächen werden allerdings zunächst die Forderungen des wirtschaftlichen Reiseflugs berücksichtigt. Die notwendigen Langsamflugeigenschaften für sichere Starts und Landungen werden mit Hilfe von aufwendigen Hochauftriebshilfen realisiert. Die Hochauftriebshilfen sorgen für

eine sichere Manövrierbarkeit des Flugzeuges auch bei geringeren Geschwindigkeiten. Grundsätzlich wird zwischen den Vorflügeln an der Vorderkanten der Tragflächen und den Klappen an den Hinterkanten der Tragflächen unterschieden. Je nach Flugabschnitt können diese stufenweise ausgefahren werden. Unterschieden werden dabei verschiedene Stufen, die die jeweilige Stellung der Vorflügel und der Klappen beschreiben. Die einzelnen Stufen werden geschwindigkeitsabhängig aus- und eingefahren. Die Größe der Klappen und der Vorflügel unterscheiden sich je nach Flugzeugmuster. Abbildung 45.12 zeigt die möglichen Stufen der Hochauftriebshilfen eines Airbus A380-800 [11].

Ein Nachteil bei ausgefahrenen Hochauftriebshilfen ist der sich ergebende aerodynamische Lärm durch die Umströmung der Luft an den einzelnen Baugruppen. Studien ergaben, dass der erzeugte Lärm den Klappen und den Vorflügeln in bestimmten Phasen des Landeanflugs zugeordnet werden kann. Beim Start hingegen werden diese Geräusche vom vorherrschenden Triebwerkslärm überlagert, und können deshalb im Hinblick auf die Lärmemission vernachlässigt werden. Aus Sicht der Flugleistung ist das Hochauftriebsystem dennoch für den Start und Steigflug von Bedeutung. Aus verschiedenen Klappen- und Vorflügelstellungen resultieren unterschiedliche Luftwiderstände. Dies kann, vorausgesetzt alle anderen Flugleistungsparameter werden nicht verändert, zu modifizierten Start- und Steigflugprofilen führen [51, 75].

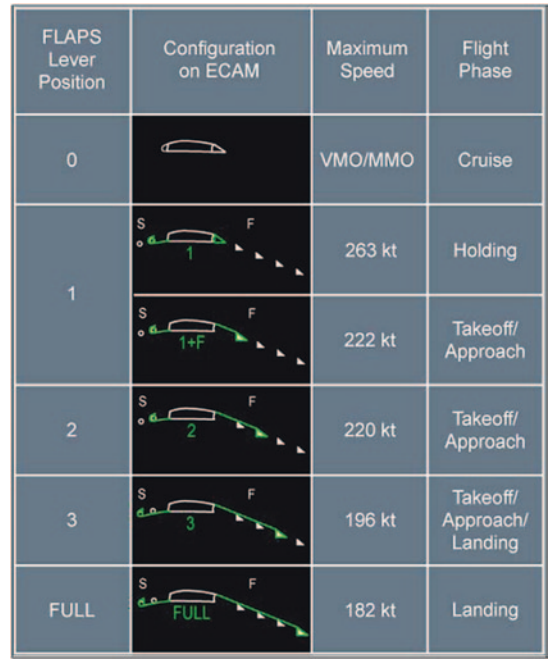


Abb. 45.12 Fahrstufen der Hochauftriebshilfen eines Airbus A380-800 [11]

45.2.3.4 Triebwerk

Aktuelle Triebwerke für Passagierflugzeuge werden als Zweistrom-Turboluftstrahltriebwerke (ZTL) bezeichnet. Bei diesen Triebwerken wird zwischen heißem und kaltem Luftstrom unterschieden. Der kalte Luftstrom wird auch Bypassluftstrom genannt und führt außen am Kerntriebwerk vorbei. Der heiße Luftstrom führt durch das Kerntriebwerk. Das Verhältnis zwischen den beiden Luftströmen wird als Bypassverhältnis bezeichnet. Die stetige Erhöhung des Bypassverhältnisses auf aktuell 1:9 führte zu einer erheblichen Senkung des Kraftstoffverbrauches und der Lärmemission. Abbildung 45.13 zeigt die einzelnen Hauptbaugruppen eines modernen Zweistrom-Turboluftstrahltriebwerkes.

Die Lärmemission eines Triebwerkes resultiert aus verschiedenen Einzelschallquellen. Jede Hauptbaugruppe kann auch als Schallquelle bezeichnet werden. Je nach Baugruppe strahlt der Schall nach vorne oder nach hinten ab. Eine Ausnahme bildet der Fan, der in beide Richtungen, bedingt durch die unterschiedlichen Luftströme, abstrahlt. Abbildung 45.14 gibt einen Überblick über die Abstrahlcharakteristiken der einzelnen Hauptbaugruppen bei verschiedenen Triebwerken.

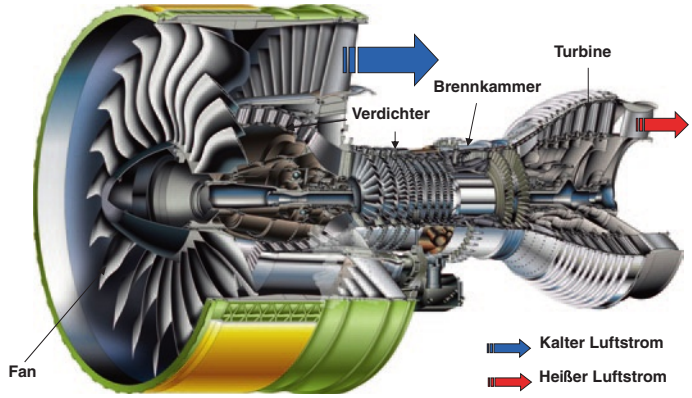


Abb. 45.13 Zweistrom-Turboluftstrahltriebwerk GP 7200 des Airbus A380-800 [11]

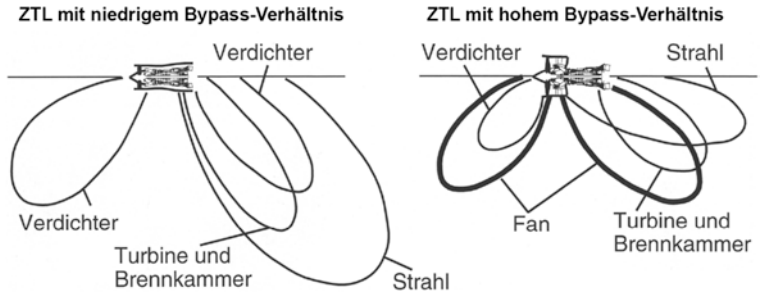


Abb. 45.14 Abstrahlcharakteristiken der einzelnen Triebwerkshauptbaugruppen

Es wird ersichtlich, dass der Fanlärm bei Triebwerken mit hohem Bypassverhältnis dominiert. Der Lärm wird durch die hohe Drehgeschwindigkeit des Fans hervorgerufen. Um dem entgegenzuwirken, wurde von Pratt and Whitney in Zusammenarbeit mit MTU Aero Engines ein Getriebe entwickelt, welches die Drehgeschwindigkeit des Fans reduziert. Triebwerke mit diesem Getriebe werden als Option beim Kauf von neuen Flugzeugen wie der Bombardier C-Series oder dem A320neo angeboten.

Aufgrund der strengen Zulassungsvorschriften, z. B. im Falle eines Triebwerksausfalls während der Startphase, verfügen heutige Triebwerke über einen Leitungsüberschuss. Dieser ist bei Flugzeugen mit zwei Triebwerken besonders ausgeprägt. Um die Triebwerkstechnik und die Umwelt zu schonen, wird nur in seltenen Fällen mit vollem Triebwerksschub gestartet. In der Regel genügt ein reduzierter Startschub (flexible thrust).

Triebwerke müssen bis zu einer bestimmten Außentemperatur, ein konstantes Schubniveau liefern. Dieses Schubniveau wird als „flat-rated“ bezeichnet. Übersteigt die Außentemperatur den Temperaturbereich des „flat-rated“ Schubniveaus, nimmt der Schub aufgrund des sich verringernden angesaugten Luftmassenstroms ab.

Der Flugzeugführer kann im Cockpit durch die Eingabe einer hypothetischen Temperatur in die „Multifunctional Control and Display Unit“ (MCDU) einen reduzierten Startschub festlegen. Die hypothetische Temperatur muss allerdings über der aktuellen Außentemperatur und dem Temperaturbereich des „flat-rated“ Schubniveaus liegen. Die Triebwerksregelung reduziert den Startschub dann automatisch auf das eingegebene Temperaturniveau. Der reduzierte Schub wird als „flexible take-off thrust“ bezeichnet.

Aus ökonomischer und ökologischer Sicht ist es naheliegend, den Schub auf das erforderliche Minimum zu reduzieren. Dazu darf der Schub maximal um 25 % des „flat-rated“ Schubniveaus gesenkt werden. Zudem ist die Eingabe der maximalen hypothetischen Temperatur flugzeugtypenspezifisch festgelegt. Die aktuell höchste hypothetische Temperatur mit 75 °C kann bei einem A380-800 gewählt werden.

45.3 Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm

45.3.1 Problemstellung

Ein beträchtlicher Teil der Bevölkerung, vor allem in der Umgebung der größeren Flugplätze, fühlt sich durch Fluglärm belästigt oder beeinträchtigt. Das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm, das aus dem Jahre 1971 stammt und seither nahezu unverändert blieb, war mittlerweile veraltet. Das Gesetz entsprach nicht mehr den aktuellen Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung und entfaltete kaum noch Wirkung, da die Lärmschutzzonen oftmals nur wenig über das Flugplatzgelände hinaus reichten. Es war damit weder in der Lage, die Siedlungsentwicklung im Umland der größeren Flugplätze unter Lärmschutzgesichtspunkten wirksam zu steuern, noch vermittelte es angemessene, den heutigen Erkenntnissen der Fluglärmwirkungen Rechnung tragende Ansprüche auf passiven Schallschutz für die von Fluglärm betroffenen Flugplatzanwohner.

Mit der Novelle des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm aus dem Jahr 2007 sollte entsprechend der seinerzeitigen Koalitionsvereinbarung der Bundesregierung der Schutz der Menschen vor Fluglärm in der Umgebung der größeren zivilen und militärischen Flugplätze deutlich verbessert, und ein auf Dauer tragfähiger Ausgleich der Belange der Luftfahrt, sowie der berechtigten Lärmschutzinteressen der betroffenen Flugplatzanwohner erreicht werden. Die Gesetzesnovelle verfolgt deshalb das Ziel, vor allem Vorschriften zu zwei Bereichen des Fluglärmschutzes, einerseits zur vorsorgenden Konfliktvermeidung durch Vorgaben für eine vorausschauende Siedlungsplanung, die eine in unverträglich engen Nebeneinander von Lärm emittierendem Flugplatz und immissionsempfindlicher (Wohn-)Nutzung durch Bauverbote und Baubeschränkungen vorbeugen will, und andererseits zur Festsetzung von Ansprüchen auf passiven Schallschutz für Wohngebäude in hochgradig fluglärmbelasteten Gebieten den aktuellen Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung und den heutigen Erfordernissen der Siedlungssteuerung anzupassen.

Da das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm in einem engen Zusammenhang mit lärmschutzrelevanten Vorschriften des Luftverkehrsgesetzes steht, zielt die Novelle insoweit auch auf eine Anpassung dieser Vorschriften ab. Die Anpassung betrifft insbesondere Regelungen zur besseren Information der Betroffenen und zur Berücksichtigung von Lärmschutzbelangen bei fluglärmrelevanten Entscheidungen.

Durch das Gesetz zur Verbesserung des Schutzes vor Fluglärm in der Umgebung von Flugplätzen wurde im Schwerpunkt das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm grundlegend modernisiert. Dabei wurden insbesondere die heutigen Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung und die relevanten betrieblichen Rahmenbedingungen berücksichtigt. Zudem wurden einige hiermit inhaltlich eng zusammenhängende Regelungen des Luftverkehrsgesetzes zum Fluglärmschutz angepasst und inhaltlich fortentwickelt, die in erster Linie eine bessere Information der Betroffenen und eine stärkere Berücksichtigung der Lärmschutzbelange bei fluglärmrelevanten Entscheidungen gewährleisten.

Mit der Novelle des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm wurden auch die für die Festsetzung der Lärmschutzbereiche um die größeren zivilen und militärischen Flugplätze maßgeblichen Grenzwerte abgesenkt und das Verfahren für die Berechnung der Lärmbelastung modernisiert. Bei den Grenzwerten wurde zwischen bestehenden und neuen bzw. wesentlich baulich erweiterten Flugplätzen, sowie zwischen zivilen und militärischen Flugplätzen differenziert.

Außerdem wurde für Flugplätze mit relevantem Nachtflugbetrieb erstmals innerhalb des Lärmschutzbereichs eine Nacht-Schutzzone eingerichtet. Aufgrund des nunmehr deutlich ausgeweiteten Umfangs des Lärmschutzbereichs muss der Flugplatzbetreiber nunmehr in weiteren hoch belasteten Bereichen die erforderlichen baulichen Schallschutzmaßnahmen an bereits bestehenden Wohnungen finanzieren, vor allem den Einbau von Schallschutzfenstern. Zugleich schränkt die Gesetzesnovelle den Neubau von Wohnungen außerhalb geschlossener Siedlungsbereiche und die Errichtung von sonstigen schützbedürftigen Einrichtungen im näheren Flugplatzumland deutlich ein, um dem Entstehen künftiger Lärmkonflikte besser vorzubeugen, und um Freiräume um die Flugplätze zu sichern [53, 54].

45.3.2 Zielsetzung und Inhalte des Gesetzes

Das Gesetz enthält Regelungen zur Verbesserung des Schutzes vor Fluglärm in der Umgebung von Flugplätzen. Im Mittelpunkt steht die Änderung von Vorschriften über den passiven Schallschutz und die Siedlungsbeschränkungen im Umland von Flugplätzen, die im Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm vom 30. März 1971 getroffen wurden, und die Anpassung hiermit inhaltlich eng zusammenhängender Vorschriften des Luftverkehrsgesetzes. Diese betreffen Regelungen zur besseren Information der Betroffenen und zur Berücksichtigung von Lärmschutzbelangen bei fluglärmrelevanten Entscheidungen.

Artikel 1 des Gesetzes betrifft die Novellierung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm, dessen wesentlicher Regelungsgehalt in Vorschriften über die Festsetzung von Lärmschutzbereichen in der Umgebung von Flugplätzen und über dort geltende bauliche Beschränkungen, Schallschutzanforderungen und diesbezügliche Erstattungsansprüche besteht. Mit der Neuregelung wird der Schutz der Menschen vor Fluglärm in der Umgebung der größeren zivilen und militärischen Flugplätze deutlich verbessert, vor allem durch die Modernisierung des Ermittlungsverfahrens für Fluglärm, durch die deutliche Absenkung der Grenzwerte, was den erstellten Modellrechnungen für verschiedene beispielhaft ausgewählte Flugplätze zufolge zu einer relevanten Ausweitung der Schutzzonen führt, und durch die Einführung einer Nacht-Schutzzone. Der im Vordergrund der Neuregelung stehende passive Schallschutz setzt am Ort der Immissionen an und beinhaltet vor allem Erstattungsansprüche für bauliche Schallschutzmaßnahmen an hoch belasteten Wohngebäuden und schutzbedürftigen Einrichtungen im Flugplatzumland (§ 9 des Gesetzes). Den Ansprüchen auf baulichen Schallschutz bei bereits vorhandenen Wohngebäuden in hochgradig lärmbelasteten Bereichen stehen abgestufte Bauverbote und Baubeschränkungen (§§ 5, 6 des Gesetzes) im Flugplatzumland gegenüber, um so einem weiteren Heranwachsen von Wohnbebauung an die Flugplätze vorzubeugen.

Die Regelungen über den passiven Schallschutz beinhalten die Verpflichtung des Flugplatzhalters zur Erstattung von Aufwendungen für baulichen Schallschutz an bestehenden Wohngebäuden und schutzbedürftigen Einrichtungen in der näheren Umgebung des Flugplatzes. Die Fluglärmbelastung wird dort als so erheblich bewertet, dass das Wohnen nur dann als weiterhin zumutbar zu betrachten ist. wenn innerhalb einer angemessenen Frist ein verbesserter Schallschutz der Wohnungen erreicht werden kann. Angesichts der prognostizierten Fluglärmbelastungen wird jedoch der Neubau von Wohnungen außerhalb geschlossener Siedlungsbereiche in diesen Zonen und die Errichtung von schutzbedürftigen Einrichtungen im gesamten Lärmschutzbereich grundsätzlich ausgeschlossen.

Die Neuregelung erfasst einerseits die größeren zivil genutzten Flugplätze, bei denen aufgrund von Art und Umfang des Flugbetriebs beträchtliche Fluglärmbelastungen in der Flugplatzumgebung zustande kommen, und wo ein auf Dauer hinreichender Schutz der Flugplatzumgebung durch andere Instrumente des Fluglärmschutzes

wie beispielsweise die Landeplatz-Lärmschutz-Verordnung nicht angewendet werden kann. Die Festlegung des Anwendungsbereichs orientiert sich in erster Linie an den typischer Weise bei bestimmten Nutzungsarten und -umfangen zu erwartenden Fluglärmimmissionen im Flugplatzumland, und ist weitgehend unabhängig vom luftrechtlichen Genehmigungsstatus als Verkehrsflughafen oder Verkehrslandeplatz. Daneben werden, wie beim bisherigen Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm von 1971, die militärischen Flugplätze erfasst, an denen in relevantem Umfang militärische Strahlflugzeuge eingesetzt werden. Die Neuregelung erfasst zudem die militärischen Flugplätze, an denen aufgrund des Einsatzes schwerer propellergetriebener Flugzeuge relevante Fluglärmbelastungen in der Flugplatzumgebung zu erwarten sind.

Ebenso wie in der bisherigen gesetzlichen Regelung sind Lärmschutzbereiche auch dann festzulegen, wenn ein Flugplatz neu gebaut oder baulich wesentlich erweitert wird. Für diese Fälle galten nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm von 1971 bislang keine speziellen Grenzwerte, vielmehr wurden nach der bisherigen Regelung für bestehende Flugplätze und für den Neu- und Ausbau von Flugplätzen einheitliche Grenzwerte zur Festsetzung eines Lärmschutzbereichs (mit den Schutzzonen 1 und 2) zugrunde gelegt. Um dem größeren Planungsspielraum der Flugplatzunternehmen beim Neu- und Ausbau von Flugplätzen sowie der größeren Belästigungswirkung von neuen Lärmquellen Rechnung zu tragen, werden mit der Gesetzesnovelle eigenständige und, gegenüber den Werten für bestehende Flugplätze, abgesenkte Grenzwerte für den Neu- und Ausbau von Flugplätzen festgelegt. Die mit der Gesetzesnovelle vorgesehenen Grenzwerte (§ 2 Abs. 2 Satz 2) für die Schutzzonen beim Neu- und Ausbau dienen den Lärmschutzbelangen der betroffenen Bevölkerung, zugleich aber auch den Interessen der Flugplatzunternehmen, da durch die gesetzlich vorgegebenen Grenzwerte Rechtssicherheit und Gleichbehandlung gewährleistet werden.

Artikel 2 des Gesetzes zielt auf Anpassungen von Vorschriften des Luftverkehrsgesetzes ab, die in einem engen Zusammenhang mit dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm stehen. Die Anpassungen betreffen insbesondere Regelungen zur Information der Betroffenen und zur Berücksichtigung von Lärmschutzbelangen bei fluglärmrelevanten Entscheidungen. Zudem wird sichergestellt, dass im Rahmen der luftrechtlichen Planfeststellung bei der Abwägung ausschließlich die nach dem Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm maßgeblichen Grenzwerte zugrunde gelegt werden, so dass Rechtssicherheit und Gleichbehandlung auch von dieser Seite gewährleistet werden [53, 54].

45.3.3 Gesetzgebungskompetenzen der Bundesregierung

Die Gesetzgebungskompetenz des Bundes für Artikel 1 dieses Gesetzes folgt aus Artikel 74, Abs.1, Nr. 24 des Grundgesetzes (GG), da Regelungen zur Lärmbekämpfung an

Flugplätzen und im Flugplatzumland getroffen werden. Hinsichtlich des Artikels 2 des Gesetzes ergibt sich die Gesetzgebungskompetenz aus Artikel 73 Nr. 6 GG, da die Regelungen den Luftverkehr betreffen.

Eine bundesgesetzliche Regelung der Lärmbekämpfung an allen größeren und besonders lärmrelevanten zivilen und militärischen Flugplätzen ist im Sinne von Artikel 72 Abs. 2 GG zur Herstellung gleichwertiger Lebensverhältnisse im Bundesgebiet und zur Wahrung der Rechts- und Wirtschaftseinheit im gesamtstaatlichen Interesse erforderlich. Angesichts des seiner Natur nach überregionalen und internationalen Luftverkehrs und des Wettbewerbs zwischen den Verkehrsflughäfen und den größeren Verkehrslandeplätzen sind bundesweit vor allem einheitliche Anforderungen an die Reglungen über bauliche Beschränkungen im Flugplatzumland und über passiven Schallschutz sowie entsprechende Erstattungsansprüche erforderlich, um sowohl gleiche Wettbewerbsbedingungen zwischen den Unternehmen der größeren zivilen Flugplätze, als auch einen gleichwertigen Schutz der Bevölkerung vor Fluglärm sicherzustellen. Bundesweit einheitliche Anforderungen sind auch für den Lärmschutz bei den militärischen Flugplätzen erforderlich. Die Herstellung gleichwertiger Lebensverhältnisse im Bundesgebiet ist auch vor dem Hintergrund des grundgesetzlichen Verteidigungsauftrags bei dem erforderlichen Schutz gegen den mit dem militärischen Fluglärm verbundenen Belastungen für die Bevölkerung geboten [53, 54].

45.3.4 Zweck und Geltungsbereich des Gesetzes

Zweck dieses Gesetzes (§ 1) ist es, in der Umgebung von Flugplätzen bauliche Nutzungsbeschränkungen und baulichen Schallschutz zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen durch Fluglärm sicherzustellen.

45.3.5 Einrichtung von Lärmschutzbereichen

In der Umgebung von Flugplätzen (§ 2 (1)) werden Lärmschutzbereiche eingerichtet, die das Gebiet der nachfolgend genannten Schutzzonen außerhalb des Flugplatzgeländes umfassen.

Der Lärmschutzbereich eines Flugplatzes (§ 2 (2)) wird nach dem Maße der Lärmbelastung in zwei Schutzzonen für den Tag und eine Schutzzone für die Nacht gegliedert. Schutzzonen sind jeweils diejenigen Gebiete, in denen der durch Fluglärm hervorgerufene äquivalente Dauerschallpegel L_{Aeq}, sowie bei der Nacht-Schutzzone auch der fluglärmbedingte Maximalpegel L_{Amax} die nachfolgend genannten Werte übersteigt,

wobei die Häufigkeit aus dem Mittelwert über die sechs verkehrsreichsten Monate des Prognosejahres bestimmt wird:

1. Werte für neue oder baulich wesentlich erweiterte zivile Flugplätze im Sinne des § 4 Abs. 1 Nr. 1 und 2 des Gesetzes:

$$\text{Tag-Schutzzone 1}: L_{\text{Aeq Tag}} = 60\,\text{dB(A)};$$

$$\text{Tag-Schutzzone 2}: L_{\text{Aeq Tag}} = 55\,\text{dB(A)};$$

Nacht-Schutzzone:

ab dem 1. Januar 2011:

$$L_{\text{Aeq Nacht}} = 50\,\text{dB(A)},\ L_{\text{Amax}} = 6\,\text{mal}\,53\,\text{dB(A)}.$$

2. Werte für bestehende zivile Flugplätze im Sinne des § 4 Abs. 1 Nr. 1 und 2 des Gesetzes:

$$\text{Tag-Schutzzone 1}: L_{\text{Aeq Tag}} = 65\,\text{dB(A)};$$

$$\text{Tag-Schutzzone 2}: L_{\text{Aeq Tag}} = 60\,\text{dB(A)};$$

Nacht-Schutzzone:

$$L_{\text{Aeq Nacht}} = 55\,\text{dB(A)},\ L_{\text{Amax}} = 6\,\text{mal}\,57\,\text{dB(A)}.$$

3. Werte für neue oder baulich wesentlich erweiterte militärische Flugplätze im Sinne des § 4 Abs. 1 Nr. 3 und 4 des Gesetzes:

$$\text{Tag-Schutzzone 1}: L_{\text{Aeq Tag}} = 63\,\text{dB(A)};$$

$$\text{Tag-Schutzzone 2}: L_{\text{Aeq Tag}} = 58\,\text{dB(A)};$$

Nacht-Schutzzone:

ab dem 1. Januar 2011:

$$L_{\text{Aeq Nacht}} = 50\,\text{dB(A)},\ L_{\text{Amax}} = 6\,\text{mal}\,53\,\text{dB(A)}.$$

4. Werte für bestehende militärische Flugplätze im Sinne des § 4 Abs. 1 Nr. 3 und 4 des Gesetzes:

$$\text{Tag-Schutzzone 1}: L_{\text{Aeq Tag}} = 68\,\text{dB(A)};$$

$$\text{Tag-Schutzzone 2}: L_{\text{Aeq Tag}} = 63\,\text{dB(A)};$$

Nacht-Schutzzone:

$$L_{\text{Aeq Nacht}} = 55\,\text{dB(A)},\ L_{\text{Amax}} = 6\,\text{mal}\,57\,\text{dB(A)}.$$

Neue oder baulich wesentlich erweiterte Flugplätze im Sinne dieser Vorschrift sind Flugplätze für die eine Genehmigung, eine Planfeststellung oder eine Plangenehmigung nach § 6 oder § 8 des Luftverkehrsgesetzes für ihre Anlegung, den Bau einer neuen Start-/Landebahn oder eine sonstige wesentliche bauliche Erweiterung erteilt wird. Die sonstige bauliche Erweiterung eines Flugplatzes ist wesentlich, wenn sie zu einer Vergrößerung des Lärmschutzbereichs um mindestens 25 % oder zu einer Erhöhung des äquivalenten Dauerschallpegels $L_{\mathbf{Aeq\ Tag}}$ an der Grenze der Tag-Schutzzone 1 oder des äquivalenten Dauerschallpegels $L_{\mathbf{Aeq\ Nacht}}$ an der Grenze der Nacht-Schutzzone um mindestens 2 dB(A) führt. Bestehende Flugplätze im Sinne dieser Vorschrift sind Flugplätze, bei denen die Voraussetzungen der Sätze 3 und 4 des Gesetzes nicht erfüllt sind.

Die Bundesregierung erstattet spätestens nach Ablauf von 10 Jahren (§ 2 (3)) und spätestens nach Ablauf von jeweils weiteren zehn Jahren dem Deutschen Bundestag Bericht über die Überprüfung der genannten Werte unter Berücksichtigung des Standes der Lärmwirkungsforschung und der Luftfahrttechnik.

Der äquivalente Dauerschallpegel (§ 3 (1)) $L_{\mathbf{Aeq\ Tag}}$ für die Tag-Schutzzonen 1 und 2 sowie der äquivalente Dauerschallpegel $L_{\mathbf{Aeq\ Nacht}}$ und der Maximalpegel $L_{\mathbf{Amax}}$ für die Nacht-Schutzzone werden unter Berücksichtigung von Art und Umfang des voraussehbaren Flugbetriebs nach diesem Gesetz ermittelt. Die Bundesregierung wird ermächtigt (§ 3 (2)), nach Anhörung der beteiligten Kreise (§ 15 des Gesetzes) durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates Art und Umfang der erforderlichen Auskünfte der (nach § 11 des Gesetzes) Verpflichteten und die Berechungsmethode für die Ermittlung der Lärmbelastung zu regeln [53, 54].

45.3.6 Festsetzung von Lärmschutzbereichen

Ein Lärmschutzbereich ist für folgende Flugplätze festzusetzen (§ 4(1)):

1. Verkehrsflughäfen mit Fluglinien- oder Pauschalreiseverkehr;
2. Verkehrslandeplätze mit Fluglinien- oder Pauschalflugreiseverkehr und mit einem Verkehrsaufkommen von über 25.000 Flugbewegungen pro Jahr. Hiervon sind ausschließlich der Ausbildung dienende Flugbewegungen mit Leichtflugzeugen ausgenommen;
3. Militärische Flugplätze, die dem Betrieb von Flugzeugen mit Strahltriebwerken zu dienen bestimmt sind;
4. Militärische Flugplätze, die dem Betrieb von Flugzeugen mit einer höchstzulässigen Startmasse >20 Tonnen zu dienen bestimmt sind, und mit einem Verkehrsaufkommen >25.000 Flugbewegungen pro Jahr. Hiervon sind ausschließlich der Ausbildung dienende Flugbewegungen mit Leichtflugzeugen ausgenommen.

Die Festsetzung, des Lärmschutzbereichs erfolgt durch Rechtsverordnung der Landesregierung (§ 4(2)) [53, 54]. Karten und Pläne, die Bestandteil der Rechtsverordnung sind, können dadurch verkündet werden, dass sie bei einer Amtsstelle zu jedermanns Einsicht archivmäßig gesichert niedergelegt werden. In der Rechtsverordnung ist darauf hinzuweisen.

Der Lärmschutzbereich für einen neuen Flugplatz im Sinne des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 1 und 3 ist auf der Grundlage der dort angegebenen Werte festzusetzen (§ 4(3)). Auf derselben Grundlage ist der Lärmschutzbereich für einen wesentlich baulich erweiterten Flugplatz im Sinne des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 1 und 3 neu festzusetzen oder erstmalig festzusetzen, wenn bislang noch keine Festsetzung erfolgt ist. Die Festsetzung ist vorzunehmen, sobald die Genehmigung, die Planfeststellung oder die Plangenehmigung für die Anlegung oder die Erweiterung des Flugplatzes erteilt ist.

Der Lärmschutzbereich für einen bestehenden Flugplatz im Sinne des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 2 und 4 ist auf der Grundlage der dort angegebenen Werte spätestens bis zum Ende des Jahres 2009 neu festzusetzen oder erstmalig festzusetzen, wenn bislang noch keine Festsetzung erfolgt ist (§ 4(4)). Ist eine wesentliche bauliche Erweiterung beantragt, ist eine Festsetzung für den bestehenden Flugplatz, die den bisherigen Bestand zur Grundlage hat, nicht mehr erforderlich, wenn eine Festsetzung des Lärmschutzbereichs für den wesentlich baulich erweiterten Flugplatz vorgenommen wird und die Inbetriebnahme des erweiterten Flugplatzes unmittelbar folgt. Die Festsetzungen für verschiedene Flugplätze sollen nach Prioritäten vorgenommen werden, die sich aus der voraussichtlichen Größe der Lärmschutzbereiche und der betroffenen Bevölkerung ergeben. Die vorgesehene Abfolge der Festsetzungen und ihr voraussichtlicher Zeitpunkt sind festzulegen und der Öffentlichkeit mitzuteilen.

Der Lärmschutzbereich für einen neuen, baulich wesentlich erweiterten oder bestehenden Flugplatz im Sinne des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 1–4 ist neu festzusetzen, wenn eine Änderung in der Anlage oder im Betrieb des Flugplatzes zu einer wesentlichen Veränderung der Lärmbelastung in der Umgebung des Flugplatzes führen wird (§ 4(5)). Eine Veränderung der Lärmbelastung ist insbesondere dann als wesentlich anzusehen, wenn sich die Größe des Lärmschutzbereichs um mindestens 25 % oder die Höhe des äquivalenten Dauerschallpegels $L_{\mathbf{Aeq\ Tag}}$, an der Grenze der Tag-Schutzzone 1 oder des äquivalenten Dauerschallpegels $L_{\mathbf{Aeq\ Nacht}}$, an der Grenze der Nacht-Schutzzone um mindestens 2 B(A) ändert. Die Neufestsetzung ist für einen neuen oder wesentlich baulich erweiterten Flugplatz im Sinne des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 1 und 3 auf der Grundlage der dort angegebenen Werte vorzunehmen. Die Neufestsetzung ist für einen bestehenden Flugplatz im Sinne des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 2 und 4 auf der Grundlage der dort angegebenen Werte vorzunehmen, solange kein Fall des Absatzes 4 Satz 2 vorliegt [53, 54].

Für einen Flugplatz nach Absatz 1 ist kein Lärmschutzbereich festzusetzen oder neu festzusetzen, wenn dieser innerhalb einer Frist von zehn Jahren nach Vorliegen eines Festsetzungserfordernisses nach den Absätzen 4 und 5 geschlossen werden soll und für seine Schließung das Verwaltungsverfahren bereits begonnen hat (§ 4(7)). Nach der Schließung eines Flugplatzes ist ein bestehender Lärmschutzbereich aufzuheben. Die Sätze 1 und 2 gelten entsprechend für einen Flugplatz nach Absatz 1, wenn dieser die dort genannten Merkmale in sonstiger Weise dauerhaft verliert.

Wenn der Schutz der Allgemeinheit es erfordert, sollen auch für andere als in Absatz 1 genannte Flugplätze Lärmschutzbereiche festgesetzt werden(§ 4(8)).

In einem Lärmschutzbereich dürfen Krankenhäuser, Altenheime. Erholungsheime und ähnliche in gleichem Maße schutzbedürftige Einrichtungen nicht errichtet werden. In den Tag-Schutzzonen des Lärmschutzbereichs gilt Gleiches für Schulen, Kindergärten und ähnliche in gleichem Maße schutzbedürftige Einrichtungen. Die Behörde kann Ausnahmen zulassen, wenn dies zur Versorgung der Bevölkerung mit öffentlichen Einrichtungen oder sonst im öffentlichen Interesse dringend geboten ist. Das Verbot gilt nicht für die Errichtung von:

1. Wohnungen im Geltungsbereich eines Bebauungsplans, der vor der Festsetzung des Lärmschutzbereichs bekannt gemacht worden ist;
2. Wohnungen für Aufsichts- und Bereitschaftspersonen von Betrieben oder öffentlichen Einrichtungen sowie für Betriebsinhaber und Betriebsleiter;
3. Wohnungen, die nach § 35 Abs. 1 des Baugesetzbuchs im Außenbereich zulässig sind;
4. Wohnungen und Gemeinschaftsunterkünften für Angehörige der Bundeswehr und der aufgrund völkerrechtlicher Verträge in der Bundesrepublik Deutschland stationierten Streitkräfte.

Das Verbot nach Absatz 2 Satz 1 gilt ferner nicht für die Errichtung von:

1. Wohnungen im Geltungsbereich eines nach Festsetzung des Lärmschutzbereichs bekannt gemachten Bebauungsplans, wenn dieser der Erhaltung, der Erneuerung, der Fortentwicklung einschließlich einer Erweiterung, der Anpassung oder dem Umbau von vorhandenen Ortsteilen dient, und im Falle der Erweiterung von Ortsteilen keine in Betracht kommenden anderweitigen Planungsmöglichkeiten für die weitere bauliche Entwicklung der Gemeinde bestehen.
2. Wohnungen innerhalb der im Zusammenhang bebauten Ortsteile nach § 34 des Baugesetzbuches.

Absatz 1 Satz 1 und 2 und Absatz 2 Satz 1 gelten nicht für bauliche Anlagen, für die vor der Festsetzung des Lärmschutzbereichs eine Baugenehmigung erteilt worden ist, sowie für nicht genehmigungsbedürftige bauliche Anlagen, mit deren Errichtung nach Maßgabe des Bauordnungsrechts vor der Festsetzung des Lärmschutzbereichs hätte begonnen werden dürfen [53, 54].

45.3.7 Erstattung von Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen

1. Soweit für einen bestehenden zivilen Flugplatz im Sinne des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 2 der durch Fluglärm hervorgerufene äquivalente Dauerschallpegel $L_{\mathbf{Aeq\ Tag}}$ bei einem Grundstück den Wert von 70 dB(A) übersteigt, entsteht der Anspruch mit der

Festsetzung des Lärmschutzbereichs. Soweit er den Wert 69 dB(A) übersteigt und den Wert 70 dB(A) nicht übersteigt, entsteht der Anspruch mit Beginn des fünften Jahres nach der Festsetzung des Lärmschutzbereichs. Bei einem Grundstück mit einem geringeren Wert entsteht der Anspruch um die entsprechende Anzahl Jahre später. Für einen bestehenden militärischen Flugplatz im Sinne des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 4 gilt Satz 2 mit der Maßgabe, dass auf einem Wert von 73 dB(A) abzustellen ist. Für einen neuen oder wesentlich baulich erweiterten zivilen Flugplatz im Sinne des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 1 gilt der Satz 2 mit der Maßgabe, auf einem Wert von 65 dB(A) abzustellen ist. Für einen neuen oder baulich wesentlich erweiterten militärischen Flugplatz im Sinne des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 3 gilt Satz 2 mit der Maßgabe, dass auf einem Wert von 68 dB(A) abzustellen ist.

2. Dem Eigentümer eines in der Nacht-Schutzzone gelegenen Grundstücks, auf dem bei Festsetzung des Lärmschutzbereichs Einrichtungen nach § 5 Abs.1 Satz 1 oder Wohnungen errichtet sind oder auf dem die Errichtung von baulichen Anlagen nach § 5 Abs. 4 zulässig ist, werden für Räume, die in nicht nur unwesentlichem Umfang zum Schlafen benutzt werden, Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen, bei einem zivilen Flugplatz im Sinne des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 1 und 2 einschließlich des Einbaus Belüftungseinrichtungen, nach Maßgabe der Absätze 3 und 4 und des § 10 erstattet. Soweit für einen bestehenden Flugplatz im Sinne des § 2 Abs. 2 Satz 2 und 4 der durch Fluglärm hervorgerufene äquivalente Dauerschallpegel $L_{\mathbf{Aeq\ Nacht}}$ bei einem Grundstück den Wert von 60 dB(A) übersteigt, entsteht der Anspruch mit der Festsetzung des Lärmschutzreichs, ansonsten entsteht ein Anspruch mit Beginn des sechsten Jahres nach Festsetzung des Lärmschutzbereichs. Für einen neuen oder wesentlich baulich erweiterten Flugplatz im Sinne des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 1 Buchstabe a und Nr. 3 Buchstabe a gilt Satz 2 der Maßgabe, dass auf einem Wert von 58 dB(A) abzustellen ist. Für einen Flugplatz im Sinne des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 1 Buchstabe b und Nr. 3 Buchstabe b ist auf einem Wert von 55 dB(A) abzustellen.
3. Ist ein Lärmschutzbereich aufgrund des § 4 Abs. 3. 4 oder 5 neu festgesetzt worden, werden Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen nicht erstattet, wenn gemäß § 6 bauliche Anlagen sowie Wohnungen schon bei der Errichtung in der bis zur Neufestsetzung geltenden Tag-Schutzzone 2 den Schallschutzanforderungen genügen mussten, und die danach erforderlichen Schallschutzmaßnahmen sich im Rahmen der nach § 7 erlassenen Rechtsverordnung halten. Ferner ist eine Erstattung ausgeschlossen, wenn der nach § 12 Zahlungspflichtige bereits im Rahmen freiwilliger SchalIschutzprogramme oder in sonstigen Fällen Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen erstattet hat, die sich im Rahmen der nach § 7 erlassenen Rechtsverordnung halten. Einer Erstattung steht nicht entgegen, dass ein Grundstückseigentümer oder ein sonstiger nach Absatz 7 Anspruchsberechtigter bauliche Schallschutzmaßnahmen vor dem Zeitpunkt des Entstehens des Anspruchs auf Erstattung der Aufwendungen durchgeführt hat, soweit die Durchführung nach der Festsetzung des der Anspruchsentstehung zugrunde liegenden Lärmschutzbereichs erfolgt ist. Die Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen werden

nur erstattet, soweit sich die Maßnahmen im Rahmen der nach § 7 erlassenen Rechtsverordnung halten.

4. Die Bundesregierung wird ermächtigt. durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates den Höchstbetrag der Erstattung je Quadratmeter Wohnfläche und die Berechnung der Wohnfläche, pauschalierte Erstattungsbeträge sowie Art und Umfang der erstattungsfähigen Nebenleistungen zu regeln.
5. Der Eigentümer eines in der Tag-Schutzzone 1 gelegenen Grundstücks, auf dem bei Festsetzung des Lärmschutzbereichs für einen neuen oder baulich wesentlich erweiterten Flugplatz im Sinne des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 1 und 3 Einrichtungen nach § 5 Abs. 1 Satz 1 und 2 oder Wohnungen errichtet sind oder auf dem die Errichtung von baulichen Anlagen nach § 5 Abs. 4 zulässig ist, kann eine angemessene Entschädigung für Beeinträchtigungen des Außenwohnbereichs in Geld nach Maßgabe der nach Absatz 6 erlassenen Rechtsverordnung verlangen.

   Soweit für einen neuen oder baulich wesentlich erweiterten zivilen Flugplatz im Sinne des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 1 der durch Fluglärm hervorgerufene äquivalente Dauer- schallpegel $L_{\mathbf{Aeq\ Tag}}$ bei einem Grundstück den Wert von 65 dB(A) übersteigt, entsteht der Anspruch auf Erstattung mit der Inbetriebnahme des neuen oder baulich wesentlich erweiterten Flugplatzes, ansonsten entsteht ein Anspruch mit Beginn des sechsten Jahres nach Festsetzung des Lärmschutzbereichs. Für einen neuen oder wesentlich baulich erweiterten militärischen Flugplatz im Sinne des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 3 gilt Satz 2 mit der Maßgabe, dass auf einem Wert von 68 dB(A) abzustellen ist.
6. Die Bundesregierung wird ermächtigt, durch Rechtsverordnung mit Zustimmung des Bundesrates Regelungen über die Entschädigung für Beeinträchtigungen des Außenwohnbereichs zu treffen, insbesondere über den schutzwürdigen Umfang des Außenwohnbereichs und die Bemessung der Wertminderung und Entschädigung, auch unter Berücksichtigung der Intensität der Fluglärmbelastung, der Vorbelastung und der Art der baulichen Nutzung der betroffenen Flächen. Im Übrigen gelten für das Verfahren die Enteignungsgesetze der Länder.
7. An die Stelle des nach den Absätzen 1, 2 und 5 anspruchsberechtigten Grundstückseigentümers tritt der Erbauberechtigte oder der Wohnungseigentümer, wenn das auf dem Grundstück stehende Gebäude oder Teile des Gebäudes im Eigentum eines Erbbauberechtigten oder eines Wohnungseigentümers stehen. Der Anspruch nach den Absätzen 1, 2 und 5 kann nur innerhalb einer Frist von fünf Jahren nach Entstehung des Anspruchs geltend gemacht werden.

Der Halter eines Flugplatzes und die durch das Flugsicherungsunternehmen Beauftragten sind verpflichtet, der nach Landesrecht zuständigen Behörde die zur Ermittlung der Lärmbelastung nach § 3 erforderlichen Auskünfte zu erteilen sowie die erforderlichen Daten, Unterlagen und Pläne vorzulegen (§ 11 (1)).

Zur Zahlung der Entschädigung nach § 8 zur Erstattung der Aufwendungen für bauliche Schallschutzmaßnahmen nach § 9 Abs. 1 und 2 und zur Zahlung der Entschädigung für Beeinträchtigungen des Außenwohnbereichs nach § 9 Abs. 5 ist der Flugplatzhalter verpflichtet (§ 12 Abs. 1 (1)).

Vorschriften, die weiter gehende Planungsmaßnahmen zulassen, bleiben unberührt. Vorschriften, die weiter gehende Entschädigungen gewähren, bleiben unberührt, soweit es sich nicht um die Entschädigung für Beeinträchtigungen des Außenwohnbereichs nach § 9 Abs. 5 handelt (§ 13).

Für die Lärmminderungsplanung nach den §§ 47b und 47d des Bundesimmissionsschutzgesetzes gelten für Flugplätze nach § 4 Abs. 1 Nr. 1 und 2 die Schutzziele dieses Gesetzes sowie diejenigen des Luftverkehrsgesetzes oder einer auf dessen Grundlage erlassenen Verordnung (§ 14). Weiter gehende Lärmminderungsplanungen sind in das Ermessen der zuständigen Behörde gestellt. Anhörung beteiligter Kreise. Soweit Ermächtigungen zum Erlass von Rechtsverordnungen die Anhörung der beteiligten Kreise vorschreiben, ist ein jeweils auszuwählender Kreis von Vertretern der Wissenschaft, der Technik, der Flugplatzhalter, der Luftfahrtunternehmen, der kommunalen Spitzenverbände, der Lärmschutz- und Umweltverbände, der Kommissionen nach § 32 b des Luftverkehrsgesetzes und der für die Luftfahrt und den Immissionsschutz zuständigen obersten Landesbehörden zu hören [53, 54].

45.3.8 Ermittlung des äquivalenten Dauerschallpegels

Der äquivalente Dauerschallpegel für die Tag-Schutzzonen 1 und 2 wird nach Gl. 45.6, der äquivalente Dauerschallpegel für die Nacht-Schutzzone nach Gl. 45.7 ermittelt.

$$L_{Aeq\ Tag} = 10\,lg\left[0{,}75/T \times \sum_{i=1}^{n} T_{10,i} \times 10^{0{,}1\ LAmax,i}\right] \tag{45.7}$$

$$L_{Aeq\ Nacht} = 10\,lg\left[1{,}5/T \times \sum_{i=1}^{n} T_{10,i} \times 10^{0{,}1\ LAmax,i}\right] \tag{45.8}$$

mit:

$L_{Aeq\ Tag}$ = Äquivalenter Dauerschallpegel während der Beurteilungszeit T, tags (6–22 Uhr) in dB(A),

$L_{Aeq\ Nacht}$ = Äquivalenter Dauerschallpegel während der Beurteilungszeit T, nachts (22–6 Uhr) in dB(A),

Lg = Logarithmus zur Basis l0,

T = Beurteilungszeit T (in Sekunden). Die Beurteilungszeit umfasst die sechs verkehrsreichsten Monate (180 Tage) des Prognosejahres,

$\sum_{i=1}^{n}$ = Summe über alle Flugbewegungen tags (6–22 Uhr) bzw. nachts (22–6 Uhr) während der Beurteilungszeit T, wobei die prognostizierten Flugbewegungszahlen für die einzelnen Betriebsrichtungen jeweils um einen Zuschlag zur Berücksichtigung der zeitlich variierenden Nutzung der einzelnen Betriebsrichtungen erhöht werden. Für die Tag-Schutzzonen 1 und 2 sowie die Nacht-Schutzzone beträgt der Zuschlag dreimal die Streuung der

Nutzungsanteile der jeweiligen Betriebsrichtung in den zurück liegenen 10 Jahren (3 Sigma-Wert),

i = Laufender Index des einzelnen Fluglärmereignisses,

$t_{10,i}$ = Dauer des Geräusches des i-ten Fluglärmereignisses am Immissionsort in Sekunden (Zeitdauer des Fluglärmereignisses, während der der Schallpegel höchstens 10 dB(A) unter dem höchsten Schallpegel liegt (10 dB- downtime).

$L_{Amax,i}$ = Maximalwert des Schalldruckpegels des i-ten Fluglärmereignisses am Immissionsort in dB(A), ermittelt aus der Geräuschemission des Luftfahrzeuges unter Berücksichtigung des Abstandes zur Flugbahn und der Schallausbreitungsverhältnisse.

Zusätzlich wird auf der Grundlage der nach § 3 Abs. 2 erlassenen Rechtsverordnung für die Nachtzeit (22–6 Uhr) die Kontur gleicher Pegelhäufigkeit für das Häufigkeits-Maximalpegelkriterium unter Berücksichtigung eines Pegelunterschiedes zwischen außen und innen von 15 dB(A) ermittelt. Die Nacht-Schutzzone bestimmt sich als Umhüllende dieser Kontur und der Kontur gleichen äquivalenten Dauerschallpegels während der Beurteilungszeit T_{Nachts} [33, 34].

45.3.9 Schalltechnische Orientierungswerte für die städtebauliche Planung

Bei der Bauleitplanung nach dem Baugesetzbuch und der Baunutzungsverordnung (BauNVO) sind in der Regel den verschiedenen Nutzungen (z. B. Bauflächen, Baugebiete, sonstige Flächen) folgende Orientierungswerte für den Beurteilungspegel (energie equivalenter Dauerschallpegel) zuzuordnen. Ihre Einhaltung oder Unterschreitung in der städtebaulichen Planung ist wünschenswert, um die mit der Eigenart des betreffenden Baugebietes oder der betreffenden Baufläche verbundenen Erwartung auf angemessenen Schutz vor Lärmbelastungen zu erfüllen:

• Reine Wohngebiete, Wochenendhausgebiete:	tags	50 dB (A)
	nachts	35–40 dB (A)
• Allgemeine Wohngebiete, Kleinsiedlungsgebiete, Campingplatzgebiete:	tags	55 dB (A)
	nachts	40–45 dB (A)
• Kleingartenanlagen, Friedhöfe, Parkanlagen:	tags	55 dB (A)
	nachts	55 dB (A)
• Besondere Wohngebiete:	tags	60 dB (A)
	nachts	40–45 dB (A)
• Dorf- und Mischgebiete:	tags	60 dB (A)
	nachts	45–55 dB (A)

• Kern- und Gewerbegebiete:	tags	65 dB (A)
	nachts	50–55 dB (A)
• Sondergebiete je nach Nutzungsart:	tags	45–65 dB (A)
	nachts	35–65 dB (A)

Diese Beurteilungspegel der Geräusche verschiedener Arten von Schallquellen (Verkehr, Industrie, Gewerbe und Freizeitlärm) sollen aufgrund der unterschiedlichen Einstellung der Betroffenen zu den unterschiedlichen Arten von Geräuschquellen jeweils für sich allein mit den Orientierungswerten verglichen und nicht addiert werden. Für die Beurteilung ist in der Regel tags der Zeitraum von 6.00–22.00 Uhr und nachts der Zeitraum von 22.00–6.00 Uhr zugrunde zu legen.

Der Beurteilungspegel ist wie folgt zu interpretieren. Er wird nach DIN 45645, Teil 1 als Maß für die durchschnittliche Langzeitbelastung der betroffenen Personen oder an ausgewählten Orten in der Beurteilungszeit benutzt. Er entsteht aus dem Mittelungspegel durch Zu- oder Abschläge für bestimmte Geräusche, Zeiten oder Situationen. Der Mittelungspegel wiederum dient zur Kennzeichnung von Geräuschen mit zeitlich veränderlichen Schallpegeln ohne Berücksichtigung von auffälligen Einzeltönen oder Impulsen.

Dabei wird die Verdoppelung oder Halbierung der Einwirkzeit eines Geräusches wie die Erhöhung oder Verringerung seines Mittelungspegels um 3 dB bewertet. In den Mittelungspegel gehen Dauer und Stärke jedes Einzelgeräusches ein.

45.4 Lärmzulassung von Verkehrsflugzeugen

Der Lärmzulassung von Verkehrsflugzeugen erfolgt, indem die Emissionen des Flugzeuges nach einer festgelegten Prozedur im Vorbei- und Überflug gemessen werden. Das Flugzeug erhält dann ein Lärmzertifikat, das auf Verlangen vorzulegen ist, beispielsweise bei der Festlegung der lärmabhängigen Landeentgelte. Für die Zulassung muss nachgewiesen werden, dass die an drei unterschiedlichen Punkten gemessenen EPNdB-Pegel, die in Anhang 16 des ICAO-Abkommens [104,105] festgelegten Grenzwerte nicht überschreiten. Die Messung erfolgt an folgenden Punkten:

- Startüberflug-Messpunkt:
  Dieser Punkt liegt in einer Entfernung von 6.500 Metern ab Beginn der Startrollstrecke auf der verlängerten Mittellinie der Startbahn (Abfluggrundlinie).
- Seitlicher Messpunkt beim Start:
  Dieser Punkt liegt auf einer Linie im Abstand von 450 Metern von der Anfluggrundlinie oder deren Verlängerung, und zwar dort, wo der Lärmpegel während des Starts sein Maximum erreicht.
- Landeanflug-Lärmmesspunkt:

Dieser Punkt befindet sich auf der verlängerten Mittellinie der Landebahn in einer Entfernung von ca. 2.000 m vor der Landebahnschwelle.

Die Anordnung der Lärmmesspunkte für die Lärmzertifizierung gemäß ICAO Annex 16, Kap. 3 zeigt Abb. 45.15.

Alle seit 1977 zugelassenen Flugzeugtypen müssen den Bestimmungen des Kap. 3 entsprechen. In der 33. Vollversammlung der ICAO im Oktober 2001 wurden die Zulassungsanforderungen für Flugzeuge verschärft. Es wurde ein Kap. 4 hinzugefügt, das für alle ab dem 1. Januar 2006 zugelassene Flugzeuge anzuwenden ist. Für die Flugzeuge des Kap. 4 ist der zulässige kumulative Lärmpegel gegenüber dem Kap. 3 um 10 EPNdB niedriger angesetzt. Abbildung 45.16 zeigt die Resultate lärmrelevanter technischer Verbesserungen an Verkehrsflugzeugen zwischen 1960 und 2006.

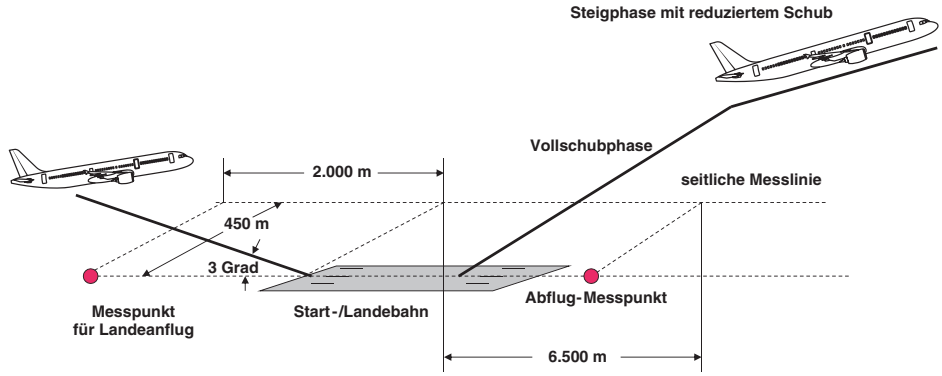


Abb. 45.15 Anordnung der Lärmmesspunkte für die Lärmzertifizierung gemäß ICAO Annex 16, Kap. 3 [150, 151]

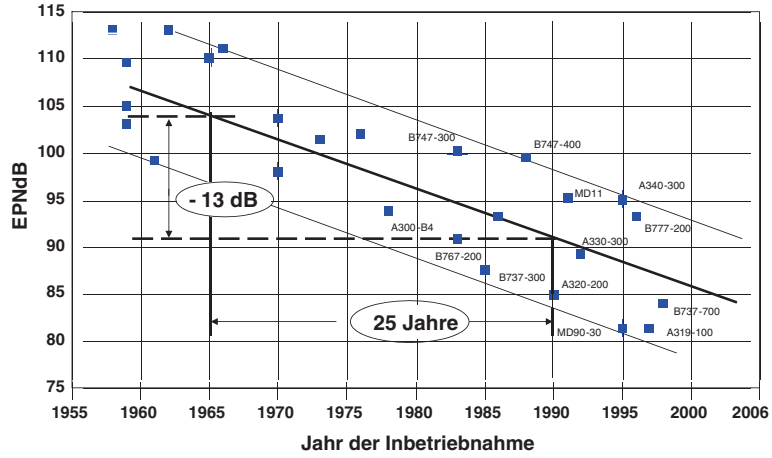


Abb. 45.16 Resultate lärmrelevanter technischer Verbesserungen an Verkehrsflugzeugen [3]

Auch Maßnahmen flugbetrieblicher Art, wie steilere Anflugverfahren, haben Einfluss auf die Lärmkontur am Boden. Abbildung 45.17 zeigt die Lärmreduzierung bei steilerem Anflug (Großraumflugzeug mit 2 Triebwerken) in Abhängigkeit des Anflugwinkels.

Tabelle 45.3 zeigt die Lärmpegel moderner Flugzeuge nach ICAO Annex 16, Kap. 3 in EPNdB (Equivalent Perceived Noise Level, in dB).

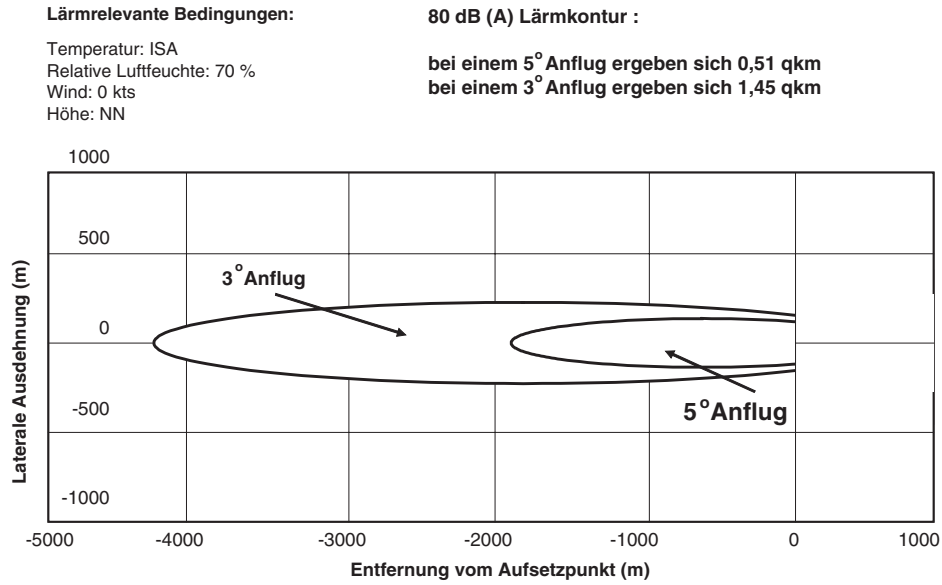


Abb. 45.17 Lärmreduzierung bei steilerem Anflug (Großraumflugzeug mit 2 Triebwerken) in Abhängigkeit des Anflugwinkels [3]

Tab. 45.3 Lärmpegel moderner Flugzeuge nach ICAO Annex 16, Kap. 3 in EPNdB (Equivalent Perceived Noise Level, dB) [150, 151]

Flugzeugmuster	MTOM (Tonnen)	Anzahl der TW	Anzahl der Sitze	Lärmpegel ICAO A.16 Kap.3 (EPNdB)		
				Start	Seitenlinie	Landung
Flugzeugmuster mit Strahlturbinenantrieb						
B 747-400	386	4	524	99,0	98,3	103,3
MD 11	280	3	410	94,9	95,9	103,8
A 340-200	254	4	440	94,4	94,8	97,3
B 777-200	243	2	440	93,3	95,8	99,4
A 330-300	212	2	440	91,6	97,4	98,6
B 767-300	185	2	345	93,2	97,0	100,2
A 300-600	165	2	375	90,0	97,2	99,1
A 310-300	153	2	280	91,5	96,0	98,6

(Forsetzung)

Tab. 45.3 (Forsetzung)

Flugzeugmuster	MTOM (Tonnen)	Anzahl der TW	Anzahl der Sitze	Lärmpegel ICAO A.16 Kap.3 (EPNdB)		
B 757-200	109	2	231	84,8	93,1	95,0
A 321-100	83	2	220	85,4	94,5	95,4
A 320-200	74	2	180	86,6	94,8	96,0
B 737-500	52	2	132	84,0	89,0	97,0
Avro RJ 85	44	4	112	84,3	88,4	97,3
Fokker 100	43	2	109	83,4	89,3	93,1
Canadair RJ	23	2	50	78,2	82,2	92,1
Flugzeugmuster mit Propellerturbinenantrieb						
Saab 2000	23		58	79,1	86,7	87,9
ATR 72-200	22	2	74	86,5	84,7	94,1
Fokker 50	20	2	58	81,0	85,0	96,8
Dash 8-300	19	2	56	85,0	87,3	98,7
ATR 42-300	16	2	50	82,6	83,8	96,8
Dash 8 -100	16	2	37	79,8	86,1	97,5
Dornier 328	14	2	33	81,7	84,0	92,7
Saab 340	12	2	37	77,3	86,0	90,8
Embraer 120	11	2	30	81,2	83,5	92,3

45.5 Entwicklung der Lärmemissionen von Hubschraubern

Die Lärmabstrahlung von Drehflüglern (Hubschraubern) wird von der Umwelt oft als sehr unangenehm empfunden. Zum Hubschrauberlärm tragen im Wesentlichen der Haupt- und Heckrotor sowie die Triebwerke bei. Besonders störend ist der Lärm während des schellen Vorwärtsflugs und des Landeanflugs. Dabei erzeugen Verdichtungsstöße an den Blattspitzen bzw. Interaktionen zwischen Rotorblättern und Wirbel einen scharfen, impulshaften Lärm.

In Abb. 45.18 ist die Entwicklung der Lärmabstrahlung von Hubschraubern seit den ersten Lärmzulassungen dargestellt. Der Trend zum lärmarmen Hubschrauber ist dabei deutlich erkennbar. Im Mittel sind die heutigen Hubschraubermodelle bis zu 12 dB leiser geworden.

Die Reduktion der Lärmemission hat Herstellerfirmen eine zentrale Bedeutung. Infolge verschiedener Maßnahmen war es möglich, bei aktuellen Hubschraubern um bis zu 7 dB unter den Lärmgrenzwerten zu bleiben. Weitere Verbesserungen können durch den Einsatz aktiver Technologien erreicht werden. Derzeit befindet sich ein aktiver Hauptrotor in der Entwicklung, bei dem jedes einzelne Rotorblatt aktiv gesteuert werden kann. Dieses aktive Rotorsystem ermöglicht es, den Lärm schon in der Entstehungsphase

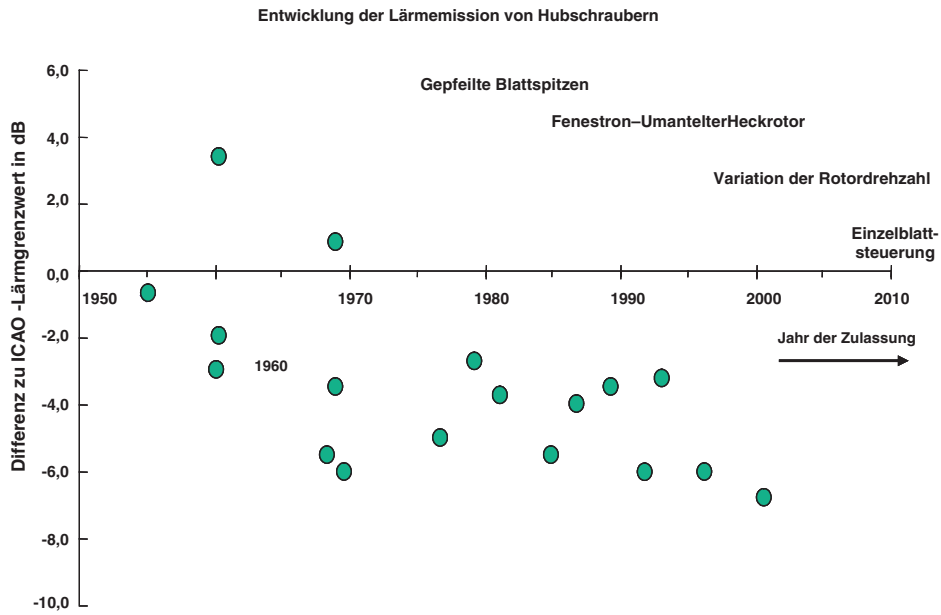


Abb. 45.18 Entwicklung der Lärmabstrahlung von Hubschraubern [167]

zu unterdrücken. Zukünftige Hubschrauber, die über dieses System verfügen, werden die Lärmgrenzwerte um mehr als 10 dB unterschreiten, was einer Halbierung des subjektiven Lärmeindrucks entspricht.

45.6 Fluglärm-Schutzmaßnahmen

Fluglärm-Schutzmaßnahmen aktiver und passiver Art setzen genaue Kenntnisse über die tatsächliche Lärmbelastung voraus. Dazu sind im Umfeld von Flugplätzen heutzutage umfangreiche Lärmmesseinrichtungen installiert. Die Daten dienen einerseits zur fluglärmoptimierten Verfahrensplanung (aktive Maßnahmen), als auch zur Ermittlung der mit Schallschutzeinrichtungen zu versehenden Wohngebiete (passive Maßnahmen).

Als unterstützendes System zur Reduktion des Fluglärms kommt im Bereich der Verfahrensplanung des deutsche Flugsicherungsunternehmens DFS Deutsche Flugsicherung das System FANOMOS (Flight Track and Aircraft NOise MOnitoring System) zur Anwendung. Dieses System ist in der Lage, Flugspuren einschließlich ihrer Höhenprofile auf topographischen Karten darzustellen. Da das System auf Radardaten zurückgreift, wird es im Bereich der Luftraum- und Verfahrensplanung insbesondere unter der Nutzung von Höhenfiltern bei Optimierungsprozessen unter dem Gesichtspunkt Fluglärm genutzt. Es dient einerseits für statistische Auswertungen

von Flugspuren und Flugprofilen und wird andererseits auch bei der Bearbeitung von Fluglärmbeschwerden als objektives Beweismittel herangezogen. Darüber hinaus dient FANOMOS aber auch als Beweismittel bei der Verfolgung von Ordnungswidrigkeiten im Rahmen unzulässiger Abweichungen von vorgegebenen Abflugstrecken durch Luftfahrzeugführer. Das System ist an den internationalen Verkehrsflughäfen in der Bundesrepublik Deutschland verfügbar [57]. Abbildung 45.19 zeigt beispielhaft einen „FANOMOS Plot“ im Bereich des Verkehrsflughafens Frankfurt/M.

Als weiteres unterstützendes System kommt im Rahmen der Verfahrensplanung bei dem deutsche Flugsicherungsunternehmen DFS Deutsche Flugsicherung das System NIROS (Noise Impact Reduction and Optimisation System) zur Anwendung. Die Funktionsweise des Systems lässt sich vereinfacht wie folgt beschreiben. Im System hinterlegt ist die Besiedlungsstruktur und Bevölkerungsdichte im Einzugsbereich eines Flugplatzes. Das System ist in der Lage, die Lärmausbreitung einer im System definierten Luftfahrzeugklasse unter Berücksichtigung einer möglichst realitätsnahen, lateralen und vertikalen Flugspurerwartung auf den zu untersuchenden Abflugstrecken zu berechnen. Der auf diese Weise entstehende „Noise Foot Print“ lässt sich wiederum, gewichtet mit der Bevölkerungsdichte, darstellen und bildet so ein quantitatives Belastungsmaß für die untersuchten Flugprofile über bewohnten Gebieten. Darüber hinaus besitzt das System

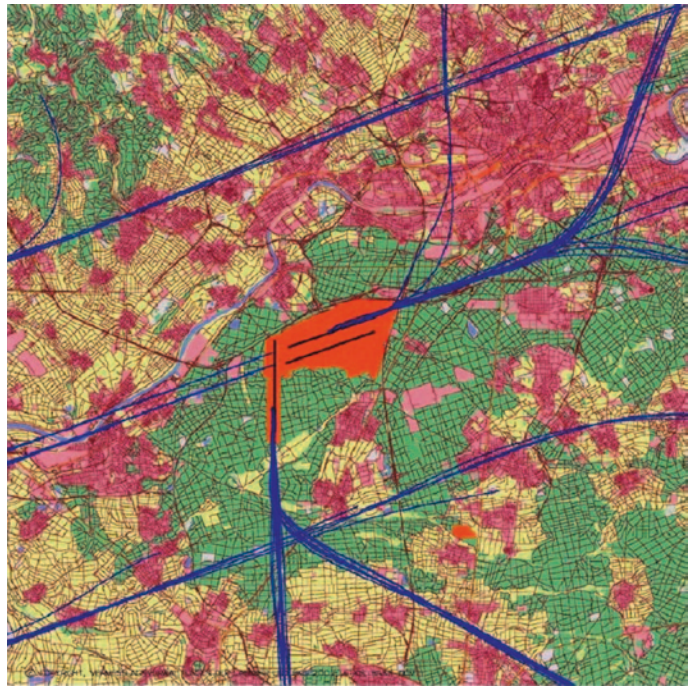


Abb. 45.19 „FANOMOS Plot“ im Bereich des Verkehrsflughafens Frankfurt/M [57]

auch einen auf dieses Belastungsmaß ausgerichteten Optimierungsalgorithmus für die jeweils vorgegebenen Streckenführungen.

Da das deutsche Flugsicherungsunternehmen DFS Deutsche Flugsicherung mit der Entwicklung von NIROS Neuland betreten hat, ist das System noch nicht endgültig ausgereift, und eine flächendeckende Nutzung nicht möglich. Es gibt Schwachpunkte bei NIROS (z. B. die Nutzung von Terraindaten, die Aktualität von Besiedlungsdichten), die der Bearbeitung bedürfen. Vor diesem Hintergrund kann und sollte das System auch keinesfalls die manuelle Planungsarbeit mittels topographischer Karten bei der Verfahrenserarbeitung ersetzen, kann jedoch im Rahmen einer direkt vergleichenden Untersuchung von Alternativen durchaus zur Unterstützung des Planungsprozesses herangezogen werden [53].

Abbildung 45.20 zeigt Noise Foot Prints verschiedener Verkehrsflugzeuge beim Start [102].

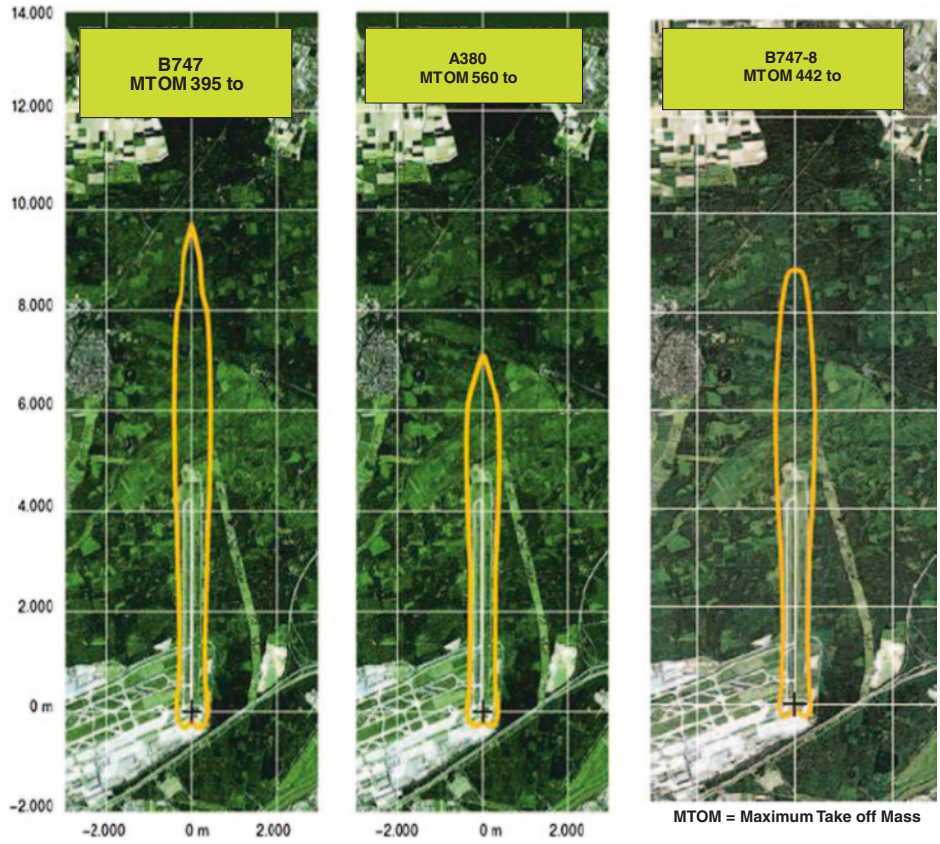


Abb. 45.20 Noise Foot Prints verschiedener Verkehrsflugzeuge [102]

45.6.1 Passive Schutzmaßnahmen

Mögliche Schallschutzmaßnahmen in Schlafräumen sind normalerweise die Installation von schallgedämmten Lüftern und der Einbau von Schallschutzfenstern. Das Schutzgebiet wird durch die Kontur der Nacht-Schutzzone des Fluglärmgesetzes begrenzt. Zur Beurteilung der Fluglärmbelastung, insbesondere in der Nacht, wird auch die Häufigkeitsverteilung von Einzelschallereignissen herangezogen. Üblicherweise werden hierzu die bei Überflügen an einer Messstelle einer Fluglärmmessanlage verursachten Maximalpegel in Pegelklassen von jeweils fünf dB(A) Breite zusammengefasst. Diese Maximalpegelverteilungen sind für die Betroffenen von besonderem Interesse. Denn aus ihnen lässt sich ablesen, wie häufig besonders laute Fluglärmereignisse durchschnittlich auftreten.

Auch Baumaßnahmen, wie Schallschutzwände, zählen zu den passiven Schallschutzmaßnahmen. Abbildung 45.21 zeigt die Schallschutzwand, die die Flugbetriebsflächen des Verkehrsflughafens Frankfurt/M gegen die Gemeinde Kelsterbach (Hessen) abschirmt.

45.6.2 Aktive Schutzmaßnahmen

45.6.2.1 Lärmoptimierte An- und Abflugverfahren

Ein Ansatz zur Lärmminderung ist die Optimierung von Abflug und Landeanflug, und zwar nicht nur hinsichtlich der Frage, wo geflogen wird, sondern auch wie. Ein steiler Steigflug sorgt schnell für große Überflughöhen und damit für weniger Schalleimmission

Abb. 45.21 Schallschutzwand im Bereich des Verkehrsflughafens Frankfurt Main [167]

am Boden. Allerdings erfordert er eine höhere Triebwerksleistung, was wiederum mehr Schall emittiert. Dasselbe gilt für den Landeanflug. Je langsamer das Flugzeug fliegt, desto leiser ist es. Um langsam zu fliegen, müssen andererseits aber die Landeklappen ausgefahren werden, die wiederum eine der Hauptursachen für den aerodynamischen Lärm sind.

Trotz dieser gegebenen physikalischen Gesetzmäßigkeiten wurden lärmmindernde An- und Abflugverfahren entwickelt, entsprechende An- und Abflugwegeführungen festgelegt, damit die Lärmbelastung der betroffenen Gebiete ein erträgliches Niveau nicht überschreitet. Ferner zählen auch Nachtflugbeschränkungen an Verkehrsflughäfen, Noise Preferential Runways mit längeren Rollwegen oder auch, soweit vertretbar, Rücken- (Tail-) bzw. Querwind- (Crosswind-) Starts zu betrieblichen Maßnahmen, die zur Minderung der Geräuschbelastung führen.

Das Standardanflugverfahren im Instrumentenflug besteht grundsätzlich aus den vier Segmenten Anfangsanflug, Zwischenanflug, Endanflug und Fehlanflug. Dieses Standardanflugverfahren wird im Regelfall auf konventionellen Navigationsanlagen abgestützt, als Ganzes berechnet und veröffentlicht. Mit diesem Standardverfahren lässt sich jedoch ein höheres Flugverkehrsaufkommen durch die Flugsicherung nicht abwickeln. Vor dem Hintergrund, dass die Flugsicherung zwischen einzelnen Luftfahrzeugen lateral u./o. vertikal Mindestabstände (Staffelung) herzustellen hat, sieht die flugsicherungsbetriebliche Praxis vielmehr so aus, dass die Anflugführung zum Endanflug mittels Radar oder für entsprechend ausgerüstete Luftfahrzeuge mittels taktischer (virtueller) Wegpunktfolgen (GPS/FMS Transitions), die als alternative Flächennavigationsverfahren der Radarkursführung entsprechen, erfolgt.

Diese „GPS/FMS Transitions“ stellen dabei auf der Anflugseite die frühzeitige betriebliche Nutzung moderner Navigation sicher. Idealtypisch werden durch diese Verfahren flugsicherungsbetriebliche Erfordernisse mit den technischen Entwicklungen im Navigationsbereich kombiniert. Weitere Vorteile ergeben sich durch die exakte Einhaltung der Flugwege sowie der Möglichkeit zu einer bordseitig optimierten Flugführung. Die Anwendung dieser Verfahren führt zum einen zu einer Lärmminderung in der Fläche und macht sich darüber hinaus auch in einer Kraftstoffersparnis für die Luftfahrzeuge bemerkbar.

Der Endanflug selbst erfolgt auf den letzten ca. 20 km nur im Geradeausanflug auf der Verlängerung der Landebahnmittellinie mittels Eigennavigation der Luftfahrzeuge zum Aufsetzpunkt. Es wird hier nach Präzisions- und Nichtpräzisionsanflugverfahren unterschieden.

Präzisionsanflugverfahren sind sehr genau und beinhalten neben der lateralen Kursführung auch eine Vertikalführung der Luftfahrzeuge. Diese Verfahren gibt es derzeit nur auf konventioneller Basis (z. B. Instrumentenlandesystem). Demgegenüber sind Nichtpräzisionsanflugverfahren in der lateralen Führung im Regelfall nicht so genau wie Präzisionsanflugverfahren und bieten vor allem keine Vertikalführung. Planungstechnisch werden diese Verfahren auf konventionelle Funknavigationsanlagen abgestützt (z. B. NDB/DME oder VOR/DME). Alle Nichtpräzisionsanflugverfahren werden in Deutschland

allerdings zur Erhöhung der Genauigkeit mittels GPS (GPS Overlay Verfahren) unterstützt. Es werden aber in Deutschland bereits Nichtpräzisionsanflugverfahren als reine Flächennavigationsverfahren auf der Basis von GPS angeboten.

Die flugbetrieblichen und flugsicherungsmäßigen Vorgaben lassen bei den Anflugverfahren allerdings keinen allzu großen operationellen Spielraum. Die Maßnahmen zur Reduktion der Geräuschbelastung betreffen seitens der Anflugstreckenführung die beiden ersten Anflugsegmente, seitens des Flugzeuges die Anflugkonfiguration und den Abbremsvorgang nach dem Aufsetzen auf der Landebahn [140].

Die Flugzeugführer sollten ihren Anflug so einteilen, dass das Anfangsanflugfunkfeuer mit einer Fluggeschwindigkeit verlassen werden kann, die eine Reiseflugkonfiguration des Flugzeuges erlaubt. Die Fluggeschwindigkeit sollte bis zu einer Entfernung von ca. 12 MN vor der Landebahnschwelle beibehalten werden. Für diesen Teil des Anflugs wird eine angezeigte Fluggeschwindigkeit von 210 $\pm$ 10 kt empfohlen, sofern nicht aus Flugleistungsgründen eine höhere Fluggeschwindigkeit erforderlich ist.

Der anschließende Teil des Anfluges bis zu einem Punkt kurz vor dem Voreinflugzeichen sollte mit einer Fluggeschwindigkeit von von 160 $\pm$ 10 kt geflogen werden, wobei die Auftriebshilfen in eine für das jeweilige Flugzeug geeignete Zwischenposition gefahren werden und das Fahrwerk eingezogen bleibt. Diese Flugphase wird normalerweise den Übergang vom Horizontalflug zum Sinkflug auf dem Gleitweg einschließen, der eine Höhe von nicht weniger als 3.000 ft über der Aufsetzzone angeschnitten werden sollte.

Das Flugzeug sollte sich kurz vor oder über dem Voreinfugzeichen in Landekonfiguration befinden, d. h. zu diesem Zeitpunkt sollte das Fahrwerk ausgefahren, die Auftriebshilfen in Landestellung gefahren und eine sichere Anfluggeschwindigkeit stabilisiert sein.

Unabhängig von den angesprochenen GPS/FMS Transitions haben sich in der Vergangenheit bereits Verfahren zur Einsparung von Kraftstoff und zur Minderung der Geräuschemissionen der Flugzeuge entwickelt.

Zu nennen ist beispielsweise der **Continuous Descent Approach (CDA).** Das Verfahren kann auf Anforderung durch den Flugzeugführer angewandt, oder von der Flugverkehrskontrolle angeboten werden. Es ist nur in Verbindung mit einem ILS-Anflug möglich.

Die Flugzeuge werden von der Anflugkontrolle mittels Radar geführt und für einen kontinuierlichen Sinkflug zu der Zwischenanflugshöhe so freigegeben, dass nach Erreichen dieser Zwischenanflugshöhe auf dem Landekurs, noch etwa eine NM zum Erfliegen des Gleitweges im Horizontalflug zur Verfügung steht. Dieses Zwischenanflugsegment dient der Geschwindigkeitsreduzierung. Es wird davon ausgegangen, dass der kontinuierliche Sinkflug mit 300 ft/NM (Sinkwinkel ca. 3 Grad) bis zur freigegebenen Höhe durchgeführt wird.

Müssen aus bestimmten Gründen (z. B. Stafflung, Luftraumstruktur, Hindernisse) anfänglich Höhen zugewiesen werden, die über der Zwischenanflugshöhe liegen, werden diese Beschränkungen so frühzeitig aufgehoben, dass der kontinuierliche Sinkflug mit 300 ft/NM nicht unterbrochen werden muss.

Angaben über die Entfernung vom Aufsetzpunkt werden mit der Freigabe zum Sinkflug sowie in der Regel bei 20, 15 und 10 NM vom Aufsetzpunkt an den Flugzeugführer übermittelt. Dadurch wird der Flugzeugführer in die Lage versetzt, nötige Korrekturen an der Sinkrate vorzunehmen.

Ein weiteres bekanntes Geräusche reduzierendes Anflugverfahren trägt die Bezeichnung **Low Drag/Low Power-Approach** und folgt der Philosophie, dass das Flugzeug bei reduziertem Luftwiderstand auch eine geringere Antriebsleistung benötigt.

Flugbetrieblich beruht das Verfahren darauf, die Endanflugkonfiguration bedeutend später einzunehmen als beim Standard Approach.

Das bedeutet für den Flugzeugführer einen erhöhten Arbeitsaufwand, beginnend im Bereich des Outer Markers bis ca. 1.000 ft über Grund, indem er in relativ kurzer Zeit Schub, Geschwindigkeit und Trimmung stabilisieren muss.

Die geräuschmindernde Wirkung, d. h. reduzierte Geräuschemissionspegel und Schalleinwirkzeiten, wird in den Anflugsegmenten Initial- und Intermediate-Approach durch die widerstandsarme Flugzeugkonfiguration (Clean Configuration) und die noch hohe Anfluggeschwindigkeit erzielt .

Beim **Two Segment Approach** handelt es sich um einen aus zwei Segmenten bestehenden Landeanflug, der mit unterschiedlichen Gleitwinkeln durchgeführt wird. Das erste Segment wird mit einem Gleitwinkel von 6 Grad bis 1.000 ft über Grund, das zweite mit einem Gleitwinkel von 3 Grad erflogen.

Die Herabsetzung der Geräuschemission wird einerseits durch das steilere Anflugverfahren im ersten Segment, andererseits auch durch die wiederum reduzierte Triebwerksleistung bewirkt. Das Verfahren ist nicht unumstritten, da es flugsicherheitsrelevante Punkte berührt:

- hohe Sinkraten in Bodennähe,
- Gefahr der Gleitwegunterschreitung beim Segmentübergang,
- Konfigurationsänderung in Bodennähe,
- problematischer Geschwindigkeitsabbau auf dem 6° Bahnsegment,
- hohe Leerlaufleistung bei Triebwerken mit großem Bypassverhältnis bedingt Konfigurationsprobleme im 6° Bahnsegment.

Der **Delayed Flap Approach** beruht letztendlich darauf, die Landeklappen zu einem möglichst späten Zeitpunkt auszufahren. Auch dieses Verfahren ist darauf ausgerichtet, die Endanflugkonfiguration möglichst spät einzunehmen, um die Geräuschemission an der Schallquelle, dem Triebwerk, zu reduzieren. Problematisch ist bei diesem Verfahren, dass der Geschwindigkeitsabbau innerhalb von 10 NM Segmentlänge stattfinden muss und das Erreichen der stabilen Endanflugkonfiguration erst 500 ft über Grund erfolgt.

Maßnahmen flugbetrieblicher Art, wie steilere Anflugverfahren, haben Einfluss auf die Lärmkontur am Boden.

Die Erarbeitung von **Abflugverfahren** erfolgt nach flugsicherungsbetrieblichen Erfordernissen. Dabei wird aus Gründen des Lärmschutzes aber bereits im ersten Ansatz

versucht, möglichst dünn besiedeltes Gebiet für diese Verfahren zu nutzen. Auch die Möglichkeiten technischer Entwicklungen im Navigationsbereich werden im Rahmen der Verfahrensplanung bereits frühzeitig genutzt (z. B. GPS/FMS Overlay-Verfahren). Durch die Beratung der Flugverfahren in der Fluglärmkommission (gem. § 32b LuftVG) wird sichergestellt, dass die entstehenden Lärmbetroffenheiten angemessen berücksichtigt werden und ein entsprechender Lärmlastenausgleich stattfindet.

Die rechtsförmliche Festlegung der Abflugstrecken erfolgt auf der Grundlage der Beratung durch die Fluglärmkommission nach pflichtgemäßer Abwägung aller Belange durch das Luftfahrt-Bundesamt.

Aus Lärmschutzgründen wird in Deutschland eine möglichst enge Bündelung aller Flüge auf der Idealspur des entsprechenden Verfahrens gefordert. Aufgrund der vielen Parameter, die die Navigationsgenauigkeit von Luftfahrzeugen beeinflussen, lässt sich diese Vorgabe unter optimaler Nutzung der bordseitigen navigatorischen Möglichkeiten häufig nicht im ersten Ansatz erreichen. Durch entsprechende Optimierungsschritte wird jedoch versucht, diesem Ziel weitest möglich zu nähern.

Lärmmindernde Abflugverfahren werden auch als **Noise Abatement Take-off Procedures** bezeichnet. Ein gewisses Potential zur Reduktion des Lärms liegt in den Parametern, die die Startlauf und Steigflug determinieren. Der Flugzeugführer selbst kann nur die flugzeugspezifischen Parameter (Flugwerk, Triebwerk) beeinflussen. Tabelle 45.4 zeigt die wesentlichen

Tab. 45.4 Startlauf- und Steigflugbeeinflussende Parameter

Parameter		A320-211	A340-642	A380-841
flugbertriebliche Parameter	Klimaanlage	“Aus”	“Aus”	“Aus”
	Enteisungsanlage	“Aus”	“Aus”	“Aus”
	Klappenstellung	“1 + F”	“1 + F”	“1 + F”
	Abflugmasse	73.500 kg	368.000 kg	560.000 kg
	Startschub	FLX 44	FLX 39	FLX 42
	Geschwindigkeit V_R	163 kt	177 kt	164 kt
	Geschwindigkeit $V_2 + 10$ kt	174 kt	199 kt	181 kt
	Cutbackhöhe	1.500 ft	1.500 ft	1.500 ft
	Geschwindigkeit bis 10.000 ft	250 kt	268 kt	250 kt
startbahn spezifische Parameter	verfügbare Startbahnlänge	4.000 m	4.000 m	4.000 m
	Startbahnneigung	0 %	0 %	0 %
	Startbahnbeschaffenheit	“troken”	“troken”	“troken”
	Startbahnhöhe	0 ft über NN	0 ft über NN	0 ft über NN
Atmosphärische Parameter	Luftdruck	1013, 25 hPa	1013, 25 hPa	1013, 25 hPa
	Luftfeuchte	80 %	80 %	80 %
	Temperatur	15 °C	15 °C	15 °C
	Wind	0 kt	0 kt	0 kt

Parameter, beispielhaft für ausgewählte Flugzeugtypen, die den Startlauf und Steigflug in ihren Ausprägungen determinieren. Die flugbetrieblichen Parameter repräsentieren das MOD ATA Startverfahren unter ISA Bedingungen.

Neben den flugzeugspezifischen Parametern ist auch die flugbetrieblich festzulegende Cutback Höhe (temporäre Reduktion des Schubs) von signifikanter Bedeutung. Die Abb. 45.22, 45.23, 45.24 und 45.25 zeigen die Höhenprofile und die resultierenden Noise Foot Prints für die Flugzeugtypen Airbus 320-211 und A380-841 bei Variation der Cutback Höhen [181].

45.6.2.2 Lärmrestriktionen und Lärmkontingente

Mir der Einführung von Lärmrestriktionen flugbetrieblicher Art werden die An- und Abflugkapazitäten der betroffenen Flugplätze beschränkt. Folgende Betriebsbeschränkungen sind grundsätzlich möglich und werden von vielen Verkehrsflughäfen angewendet:

- Nutzungsbeschränkungen der verfügbaren Start-/Landebahnen;
- zeitliche Beschränkungen des Flugbetriebs (Nachtflugbeschränkungen);
- Entgeltordnungen für die Flugplatznutzung nach Lärmkategorien;
- Einzuhaltende Immissionsgrenzwerte im Umfeld von Flugplätzen;
- Begrenzung der Anzahl der Flugbewegungen (Flugbewegungskontingente).

Kontingentmodelle stellen an Flugplätzen eine Form des aktiven Schallschutzes dar. Bei der Anwendung von Flugbewegungskontingenten ist die absolute Anzahl der

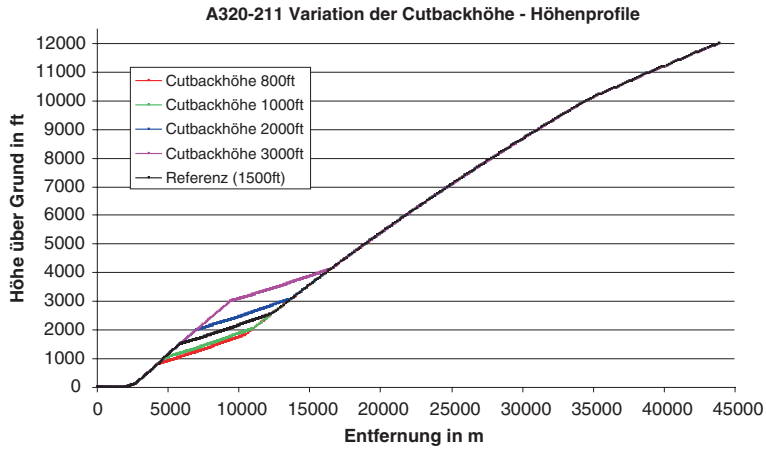


Abb. 45.22 Höhenprofile Airbus 320-211 bei Variation der Cutback Höhen [181]

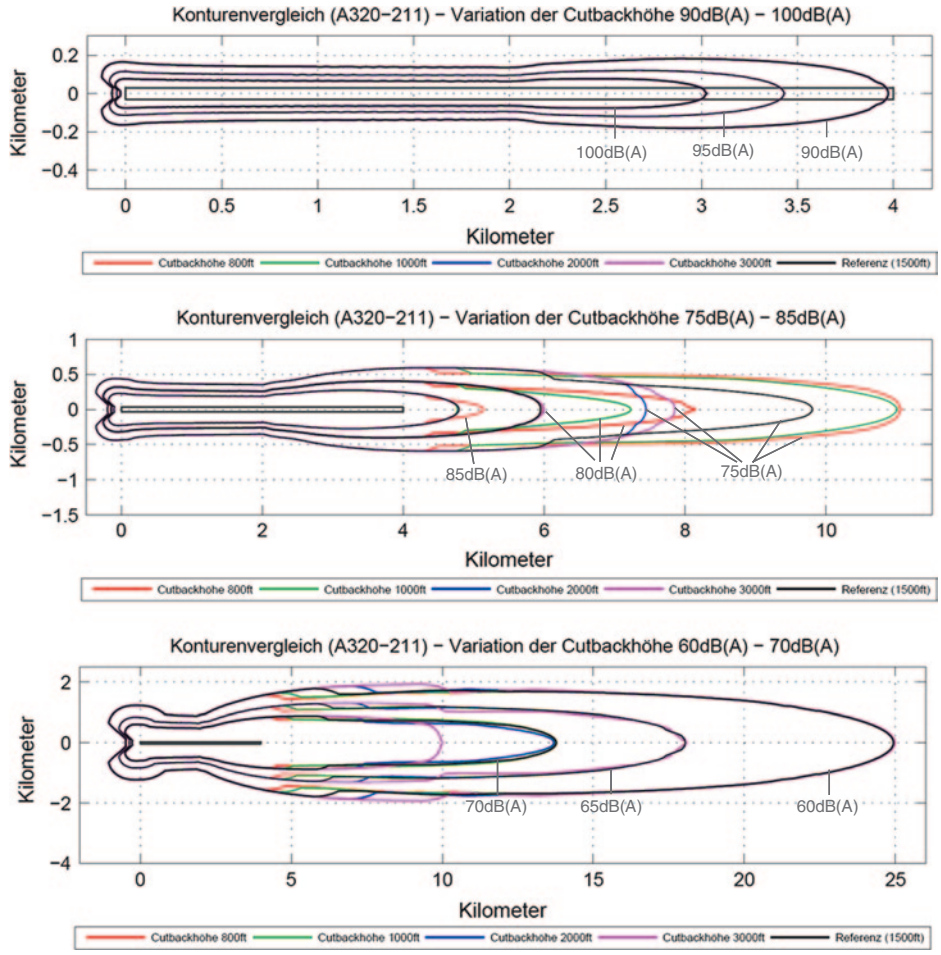


Abb. 45.23 Konturenvergleiche (Noise Foot Prints) Airbus 320-211 bei Variation der Cutback Höhen [181]

Flugbewegungen pro Jahr oder pro Flugplanperiode u./o. die maximale Geräuschbelastung anhand von Obergrenzen der Geräuschemissionen limitiert.

Lärm- und Flugbewegungskontingentmodelle finden auf einigen deutschen Flughäfen Anwendung.

45.6.2.3 Flugbeschränkungen

Auch Flugbeschränkungen zu bestimmten Zeiten zählen zu den aktiven Maßnahmen zum Schutz von Fluglärm.

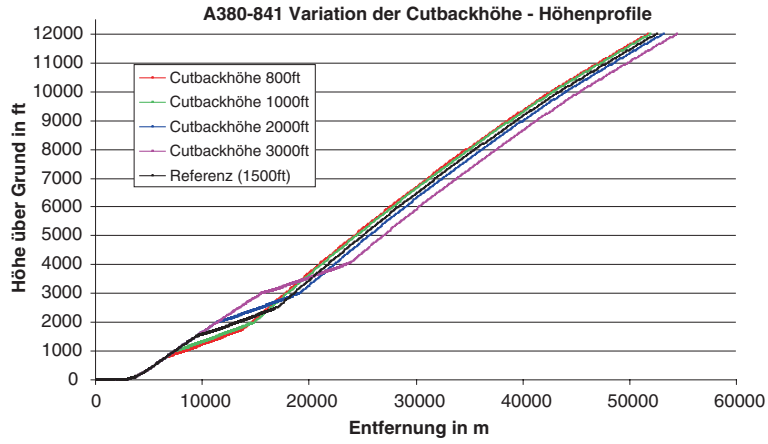


Abb. 45.24 Höhenprofile Airbus 380-841 bei Variation der Cutback Höhen [181]

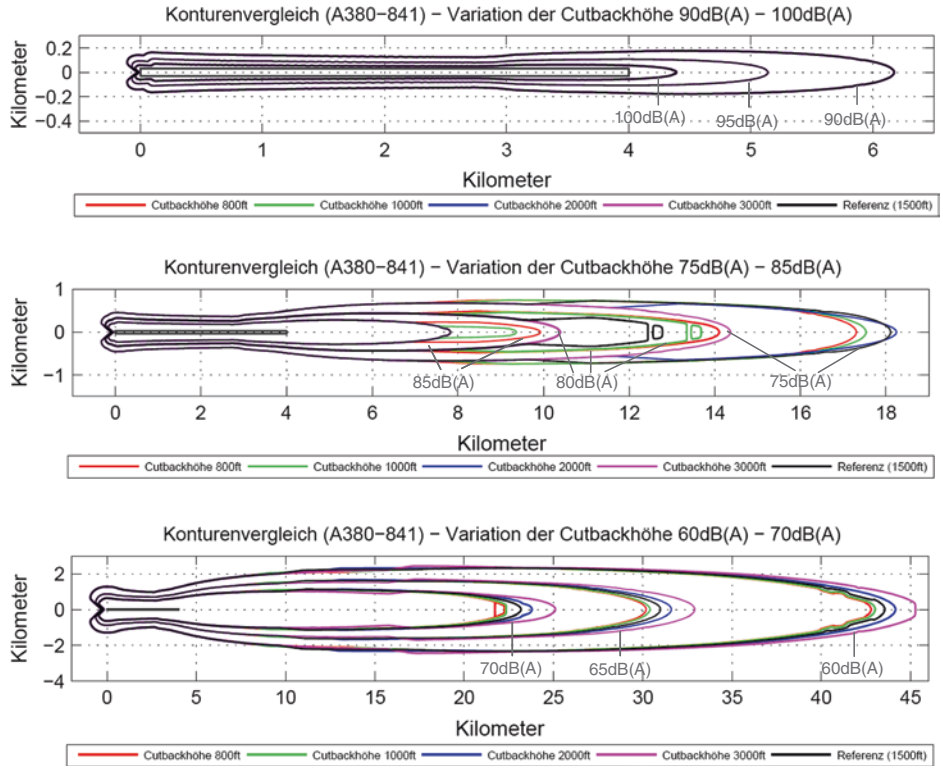


Abb. 45.25 Konturenvergleiche (Noise Foot Prints) Airbus 380-841 bei Variation der Cutback Höhen [181]

Die Abb. 45.26 (a–c) zeigen beispielhaft die Zeiten mit Flugbeschränkungen für verschiedene Verkehre am Verkehrsflughafen Frankfurt/M.

Abb. 45.26 Flugbeschränkungen für verschiedene Verkehre am Verkehrsflughafen Frankfurt/M [103]

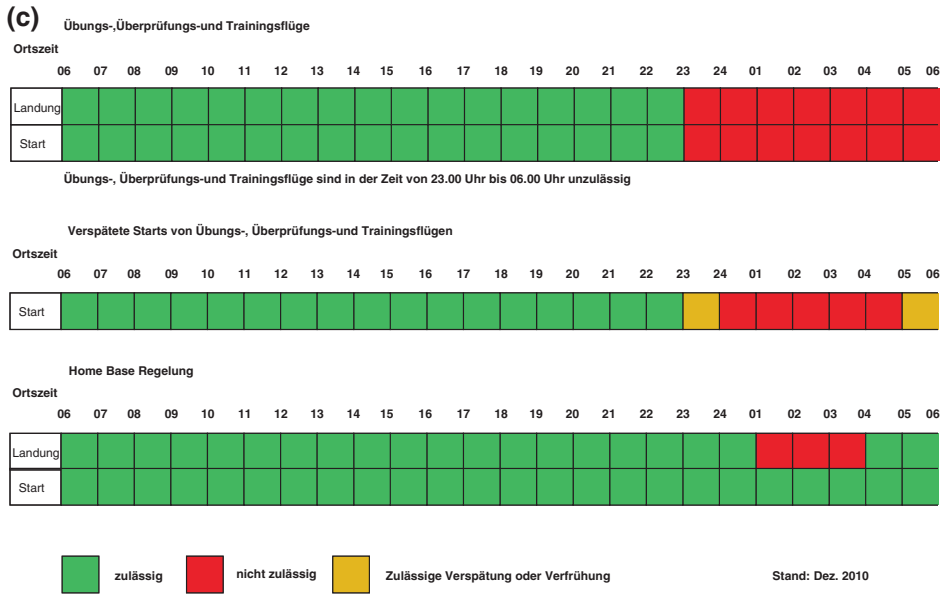


Abb. 45.26 (Fortsetzung)

45.7 Stand der Lärmforschung

Luftfahrtindustrie, Betreiber von Luftfahrtgerät und Wissenschaft haben sich unter Führung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) gründlich und umfassend mit dem Thema Fluglärm auseinander gesetzt. Nach über fünf Jahren Forschung liegen entsprechende Ergebnisse vor.

Wohlstand benötigt Mobilität von Gütern und Personen. Allerdings ist jede Form von Verkehr mit Lärm verbunden und damit Gegenstand gesellschaftlicher Auseinandersetzungen. 50 % der Bevölkerung sind nach einer Umfrage des Umweltbundesamtes von Verkehrslärm betroffen. Eine Voraussetzung für mehr Mobilität ist, dass es gelingt, den Lärm auf ein akzeptables Maß zu senken.

Das Projekt „Leiser Flugverkehr“ umfasste beispielsweise das Thema Lärm in seiner ganzen Breite. Untersucht wurden sowohl Technologien, mit denen man Triebwerke leiser betreiben kann, als auch Ansätze zur Senkung des aerodynamischen Lärms. Experten setzten sich mit Lärm mindernden Flugverfahren und mit verkehrspolitischen Konzepten auseinander, arbeiteten an der Optimierung von Verfahren zur Lärmberechnung und suchten nach Wegen, wie man die Schallausbreitung besser modellieren und damit die Aussagefähigkeit von Lärmprognosen verbessern kann. Und schließlich ging es auch darum, die Beurteilung der Wirkung von Nachtfluglärm auf eine solide Basis zu stellen.

Auf zehn bis zwölf Dezibel (dB) schätzt das DLR das langfristige Potential zur Lärmminderung, entsprechend einer Halbierung der vom menschlichen Ohr wahrgenommenen Lautstärke. Ein Airbus A320 wäre dann so leise wie heute ein kleiner Regionaljet und eine Boeing B747 nicht lauter als heute eine Boeing B737. Allerdings dürften die Technologien dazu erst Ende des kommenden Jahrzehnts zur Verfügung stehen. Kurzfristig dürften zwei bis drei Dezibel an Lärmminderung möglich sein, in einem Zeithorizont von fünf bis zehn Jahren etwa fünf bis sechs Dezibel, wenn also die nächste Generation von Passagierflugzeugen in Dienst gestellt wird. Bei diesen Flugzeugmustern dürfte sich die Größe des Lärmteppichs gegenüber den heute im Einsatz befindlichen, vergleichbaren Flugzeugmuster um rund 40 % verringern [75].

Schon in den letzten Jahren hatten die Deutsche Lufthansa und das DLR erfolgreich eine gezackte Auslassdüse an einem Triebwerk eines Airbus A319 getestet und bei Messungen nachgewiesen, dass diese die Schallemissionen des Triebwerksstrahls um ein Dezibel verringert werden kann. Mit einer Chevron-Düse auch an der Hinterkante der äußeren Triebwerksverkleidung sind etwa drei Dezibel erreichbar. Inzwischen haben auch die Firmen Rolls-Royce und Boeing ähnliche Versuche mit Erfolg durchgeführt.

Damit Triebwerke um eine Größenordnung leiser werden, muss auch das Nebenstromverhältnis erhöht, und damit den Anteil der Luft, der nicht durch das Triebwerk strömt, sondern vom Fan außen vorbeigeleitet wird, erhöht werden. Je höher das Nebenstromverhältnis, desto niedriger ist die Geschwindigkeit des heißen Triebwerksstrahls und desto weniger Lärm wird erzeugt. Ein Nebenstromverhältnis von eins zu sechs ist heute üblich, die neuen Rolls-Royce-Triebwerke für die Airbusse A340–600 und A380–800 erreichen Verhältnisse von 1:8. Langfristig notwendig sind aber nach Einschätzung der Wissenschaftler Nebenstromverhältnisse von 1:12. Solche Triebwerke hätten einen erheblich größeren Durchmesser als heutige Triebwerke, mit den entsprechenden Folgen für die Auslegung des Flugzeuges.

Allerdings ist es weder beim Flugzeug insgesamt noch beim Triebwerk ausreichend, eine Lärmquelle zu optimieren, da dann die anderen Lärmquellen dominieren. Da der Fan, der vordere Schaufelkranz, die wichtigste interne Lärmquelle des Triebwerks ist, konzentrieren sich die Arbeiten auf den Entwurf eines lärmarmen Fans.

Ein weiterer Ansatz, den Wissenschaftler schon lange verfolgen, ist der Einsatz von Gegenschall. Dabei werden die Schallwellen der Lärmquelle so von entsprechenden Gegenwellen überlagert, dass sich Wellenberg und Wellental jeweils überlagern und sich so auslöschen. Was in der Theorie zunächst einfach klingt, ist bei einem komplexen Schallfeld wie in einem Triebwerkseinlauf allerdings eine höchst komplizierte Aufgabe. Denn das Schallfeld muss mehrfach pro Sekunde über eine Vielzahl von Mikrofonen vermessen werden, woraus dann die Signale für eine entsprechend große Anzahl Lautsprecher in Echtzeit errechnet werden müssen.

Ein weiteres Verfahren ist darin zu sehen, im Triebwerk Gegenschall zu erzeugen, indem man die Umströmung der Schaufelspitzen durch Luftstrahlen gezielt verändert. Im Landeanflug ist der aerodynamische Umströmungslärm heute schon so laut wie die Triebwerke selbst. Umströmungslärm entsteht durch die Verwirbelung

der Luft am Fahrwerk, an den Landeklappen, an der Hinterkante der Flügel und durch Wechselwirkung zwischen Fahrwerk und Klappen. Wissenschaftler bemühen sich, im Bereich von Fahrwerk und Klappen eine Lärmminderung von drei Dezibel erreichen.

Eine wichtige Voraussetzung für weitere Forschungsarbeiten ist die Ursachenanalyse der Lärmentstehung. Dazu dienten diverse Untersuchungen an Fahrwerken und an Tragflügel von Flugzeugen im Windkanal.

Dabei könnten heutzutage auch einzelne Lärmquellen, wie beispielsweise Tankdruckausgleichsöffnungen unter dem Tragflügel identifiziert werden. Die Luftströmung streicht wie über einen Flaschenhals über diese Öffnungen und erzeugt zwei laute, unangenehme Töne. Kleine Wirbelgeneratoren vor jedem Loch lösen dieses Problem. Der Gesamtlärm eines modernen Flugzeuges kann durch die Summe der Maßnahmen im Landeanflug um 6 dB vermindert werden.

Es zeigte sich weiterhin, dass der Lärm, der an der Hinterkante umströmter Flächen wie Tragflügel oder den Vorflügeln entsteht, durch Bürsten oder poröse Endkanten erheblich verringert werden kann. Auch das Fahrwerk stellt mit seinen vielen Streben, Rädern, Leitungen und Öffnungen eine ganze Ansammlung von Einzelschallquellen dar. Messungen im Windkanal ergaben, dass eine allerdings nicht praktikable Vollverkleidung den Fahrwerkslärm um 20 dB senken würde. Mit einer realitätsnahen und nachrüstbaren Strömungsgünstigen Verkleidung einzelner Komponenten konnten die Wissenschaftler aber ein Lärmminderungspotenzial von immerhin bis zu 3 dB aufzeigen [75]. Die Ausführungen zeigen, dass das technologische Potential zur Reduzierung des Fluglärms noch nicht ausgeschöpft ist.

45.8 Der grüne Flughafen

45.8.1 Begriffsbestimmung und Definition

Eine verbindliche Definition für den Begriff „Green Airport“ ist in der Literatur nicht zu finden. Die Begriffe „Green“ und „Airport“ erscheinen in Kombination zunächst widersprüchlich. Der Begriff „grün“ hat heutzutage allerdings eine umweltverträgliche, umweltfreundliche Bedeutung. Dies ist in Verbindung mit einem Verkehrsflughafen zunächst schwer vorstellbar. „Green“ steht in diesem Zusammenhang für das Bestreben, notwendige Verkehrs-/Geschäftsprozesse umwelt- und Ressourcen schonend zu gestalten. Kostendruck, Klimaschutz und gesetzliche Vorgaben sind Gründe, sich mit dem Thema auch in den Bereichen des Transportwesens (Flughafenwesens) zu befassen.

Die ISO 14001 legt u. a. den Schwerpunkt auf einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess als Mittel zur Erreichung der jeweils definierten Zielsetzung in Bezug auf die Umweltleistung einer Organisation (Unternehmen, Dienstleister, Behörde etc.).

Der kontinuierliche Verbesserungsprozess beruht auf der Methode Planen-Ausführen-Kontrollieren-Optimieren (Plan-Do-Check-Act, PDCA):

- Planen: Festlegung der Zielsetzungen der Prozesse, um die Umsetzung der Umweltpolitik der Organisation zu erreichen,
- Ausführen: die zielgerechte Umsetzung der Prozesse,
- Kontrollieren: Überwachung der Zielerreichung der Prozesse,
- Optimieren: Gfs. Korrekturen der Prozesse (Anpassungen).

Hierzu sollte ein Unternehmen eine betriebliche Umweltpolitik, Umweltziele und ein Umweltprogramm festlegen, sowie ein entsprechendes Managementsystem aufbauen, das für die Zielerreichung verantwortlich ist. Um die gewünschte Umweltleistung erzielen zu können, sollte die Organisation, basierend auf ihrer Umweltpolitik (den Zielsetzungen hinsichtlich Umweltschutzes), im ersten Schritt ein Umweltmanagementsystem aufbauen und umsetzen. Durch regelmäßige Überprüfung der gesetzten (Umwelt-) Ziele und des Umweltmanagementsystems sollte die kontinuierliche Verbesserung der relevanten Prozesse erreicht werden. In der Norm wird hervorgehoben, dass sie keine absoluten Anforderungen für die Umweltleistung festlegt. Sie fordert aber die Einhaltung der Verpflichtungen, die sich die Organisation selbst in ihrer Umweltpolitik auferlegt. Allerdings muss die definierte unternehmensinterne Umweltpolitik u. a. die Erfüllung der geltenden rechtlichen Vorgaben und bzw. der Richtlinien des Gesetzgebers beinhalten.

Die Anforderungen der ISO 14001 an ein Umweltmanagementsystem sind auch Kernbestandteil vom EMAS (Eco-Management and Audit Scheme). EMAS verlangt die Erfüllung dieser Anforderungen und darüber hinaus noch eine "Umwelterklärung". Besondere Anstrengungen sind zu unternehmen hinsichtlich der Einhaltung von Rechtsvorschriften, der Umweltleistung, der externen Kommunikation und der Beziehungen, sowie der Einbeziehung der Arbeitnehmer.

Hieraus ergibt sich eine besondere Qualität von EMAS, vor allem durch die Ausrichtung auf Kommunikation, Partizipation, Dialog und Transparenz. Dies schafft Vertrauen und bringt Verbindlichkeit sowie Dynamik in den Prozess der kontinuierlichen Verbesserung der Umweltperformance.

EMAS basiert auf einer gesetzlichen EG-Verordnung und wird nach deutschem Umweltauditgesetz von staatlich zugelassenen und beaufsichtigten Umweltgutachtern bzw. Umweltgutachterorganisationen geprüft. EMAS wird nicht zuletzt auch deshalb von der deutschen Umweltpolitik, den Umweltbehörden und der am Umweltschutz interessierten Öffentlichkeit bevorzugt. EMAS-Anwender werden in ein öffentlich zugängliches EU-Register eingetragen, können das EMAS-Logo verwenden und ihre Umwelterklärung in das EU-Verzeichnis „EMAS Environmental Statements Library" aufnehmen lassen. EMAS gilt als das anspruchsvollere, aber auf Europa bzw. den deutschsprachigen Raum beschränkte System, während die ISO 14001 über die EU hinausgehende, internationale Akzeptanz hat.

45.8.2 Umweltauswirkungen durch Flugplatzverkehre

Der Anteil des globalen Luftverkehrs an den weltweiten CO_2 Emissionen beträgt ca. 2,2 %. Den größten Anteil besitzt mit ca. 70 % der Straßenverkehr. Dass sich die Verhältnisse in den nächsten Jahren umkehren, ist nicht zu erwarten. Auch für den Straßenverkehr wird ein Zuwachs des Verkehrsaufkommens prognostiziert. Ein Verkehrsflughafen ist eine Luftverkehrsinfrastruktureinrichtung. Wenn man die benötigte Fläche mit der anderer Verkehrsträger, wie Schiene und Straße vergleicht, so macht diese einen äußerst geringen Anteil aus. Die in Deutschland von Autobahnen und Bundesstraßen unmittelbar beanspruchte und somit der Vegetation entzogene Fläche beträgt ca. 700 Quadratkilometer. Berücksichtigt man nur die Vorrang- und Leistungsstrecken der Deutschen Bahn ohne Nebenstrecken, so ergibt sich eine versiegelte Fläche von ca. 300 Quadratkilometern. Die Start-/Landebahnen der maßgeblichen deutschen Flugplätze mit Fluglinienverkehr beanspruchen hingegen nur eine Fläche von 5,6 Quadratkilometer.

Die Emissionen von Verkehrsflughäfen resultieren vor allem aus dem Betrieb, der Abfertigung und Wartung von Luftfahrzeugen, dem Betrieb der Flughafen-Bodenverkehrsdienste, dem Betrieb der Flughafenanlagen und Infrastruktureinrichtungen sowie aus den luft- und landseitigen Verkehren. Die direkten Kohlendioxidemissionen eines Flugplatzes enthalten die Flugzeugemissionen bis 300 Meter über Grund. Die 300 Meter über Grund repräsentieren einen Anteil von ca. 92 %. Die Emissionen der stationären Quellen entsprechen ca. 4,3 % der Gesamtmenge, die Emissionen der bodengebundenen Verkehre auf dem Vorfeld und den Betriebsstraßen entsprechen ca. 3,4 % der Gesamtmenge. (Die Zahlenwerte gelten für große Verkehrsflughäfen, in Abhängigkeit des Verkehrsaufkommens) Die auf einem Verkehrsflughafen befindliche Emittenten sind im Wesentlichen:

- Luftfahrzeuge (speziell Flugzeuge),
- Verkehrs- und Transportmittel,
- Gebäude und Infrastruktureinrichtungen,
- Mit temporären Baumaßnahmen verbundene Verkehre von Baufahrzeugen.

Die Luftfahrzeuge, die an einem Verkehrsflughafen starten, landen, rollen oder parken, sind zu einen großen Anteil die Schadstoffemittenten eines Verkehrsflughafens. Der Einfluss der Flughafenbetreiber auf diese Emittenten zur Senkung der ausgestoßenen Emissionen ist nur marginal möglich. Den Flughafenbetreibern steht als Instrument zur Senkung der Emissionen die Erhebung von emissionsabhängigen Landegebühren zur Verfügung. Hierzu wurde Anfang 2008 ein Pilotprojekt an den zwei größten deutschen Verkehrsflughäfen, Frankfurt/M und München, ins Leben gerufen. So sind die Entgelte für Start und Landung an diesen Standorten nach den Emissionsbudgets der Luftfahrzeuge gestaffelt. Dadurch wird ein Anreiz für die Luftverkehrsgesellschaften gegeben, modernere, schadstoffarme Luftfahrzeuge (Flugzeuge) einzusetzen, um somit auch die Betriebskosten d. h. die Entgelte/Gebühren vor Ort zu senken.

Energieverbrauch von Verkehrsflugzeugen

46

Unter dem Energieverbrauch des Verkehrsmittels Flugzeug ist im wesentlichen der Kraftstoffverbrauch zu verstehen. Dieser darf jedoch nicht isoliert betrachtet werden, sondern ist immer in Relation zu der erbrachten Transportleistung zu sehen. In der Zivilluftfahrt wird die Transportleistung üblicherweise in den Einheiten Passagierkilometer (für die Beförderung einer Person über eine gewisse Distanz (km)), oder Tonnenkilometer (für den Transport von Fracht (Gütern) über eine gewisse Distanz (km)), angegeben. Der Kraftstoffverbrauch der verschiedenen Flugzeugmuster lässt sich dann beispielsweise in „X Liter Kerosin pro 100 Passagierkilometer" oder auch pro „Sitzkilometer" angeben. Der Kraftstoffverbrauch für den Transport von Fracht (frachtspezifischer Kraftstoffverbrauch) wird auch in „Gramm Kerosin pro Tonnenkilometer" angegeben. Den so definierten Kraftstoffverbrauch bezeichnet man als „spezifischen Kraftstoffverbrauch".

Der Kraftstoffverbrauch repräsentiert den jeweiligen Stand der Technik im Flugzeugbau und in der Kraftstoffentwicklung. Die Entwicklung zur Einsparung von Kraftstoff ist aber bei weitem noch nicht abgeschlossen. Sowohl die Hersteller von Flugzeugen als auch die Hersteller von Triebwerken sehen weitere Einsparungspotentiale durch technologische Verbesserungen bei Flugwerk und Triebwerk. Abbildung 46.1 zeigt beispielhaft die Reduzierung der Kraftstoffverbrauche der Airbus-Flugzeuge in Abhängigkeit der verfügbaren Technologien und dem jeweiligen Stand von Forschung und Entwicklung im Zeitablauf ab 1970. Der Flugzeughersteller Airbus erwartet bis zum Jahr 2020 nochmals eine Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs von ca. 30 %, bezogen auf die Verbrauche heutiger Verkehrsflugzeuge.

Abbildung 46.2 zeigt die Reduktion der spezifischen Kraftstoffverbrauche der Airbus Flugzeuge, bezogen auf eine MD 11 im Jahre 1990.

Eine ähnliche Tendenz lässt sich innerhalb der Flugzeugfamilien aufzeigen. Nimmt man der Kraftstoffverbrauch eines Airbus A300-B2 mit 100 % an, so ergibt sich in Relation

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_46,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

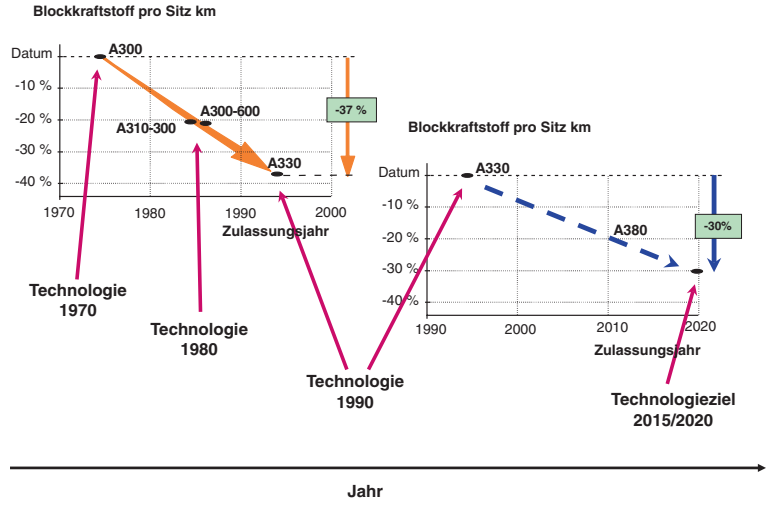


Abb. 46.1 Reduzierung des spezifischen Kraftstoffverbrauchs der Airbusflugzeuge im Zeitablauf [3]

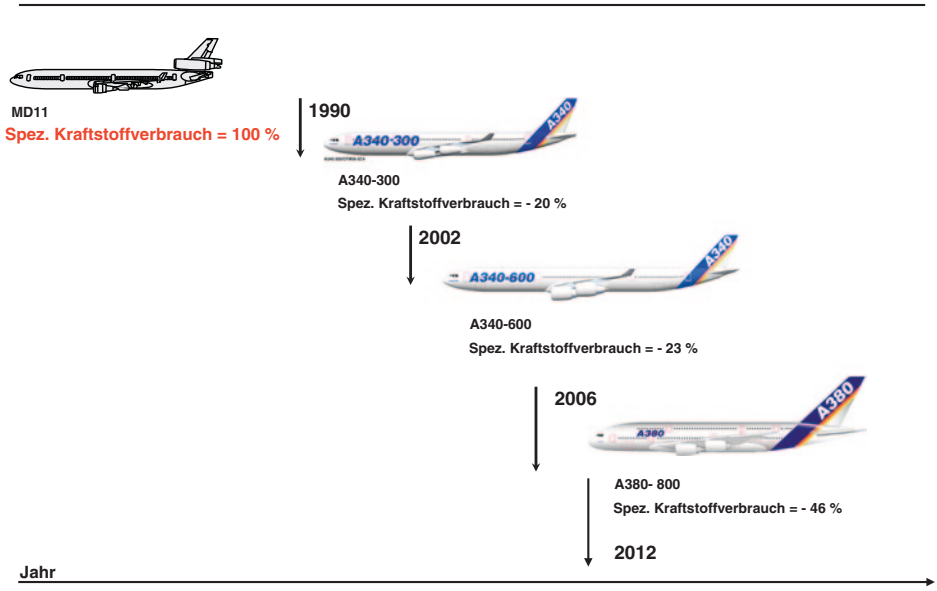


Abb. 46.2 Reduktion der spezifischen Kraftstoffverbrauche am Beispiel von Airbus Flugzeugen, im Vergleich mit der MD11 = 100 % [3]

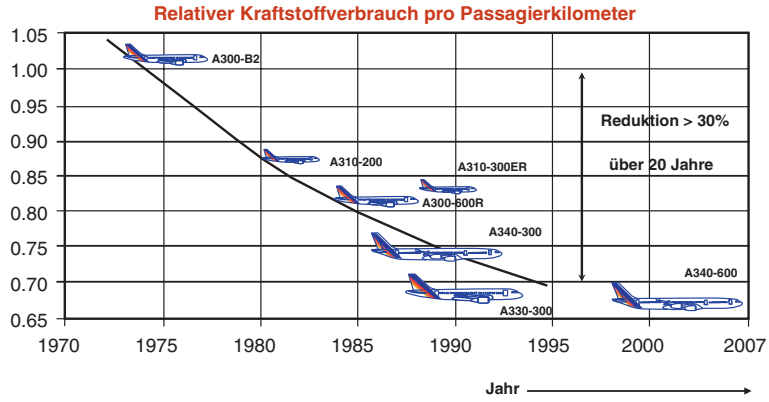


Abb. 46.3 Reduktion des Kraftstoffverbrauchs pro Passagierkilometer im Vergleich [3]

zum Airbus A340-600 eine Kraftstoffreduktion von ca. 35 %. Dies entspricht einem Zeitraum von ca. 25 Jahren an Forschung und Entwicklung (Abb. 46.3).

Die Beispiele zeigen, dass der Verkehrsträger Luftverkehr und insbesondere das Verkehrsmittel Flugzeug einer ständigen Weiterentwicklung im Hinblick auf eine angemessene Umweltverträglichkeit unterliegt. Die bedeutet vor allem die Reduktion von spezifischen Kraftstoffverbrauchen einerseits, aber auch die weitere Reduktion von Schadstoffemissionen und Fluglärm andererseits. Im Sinne gemeinsamer Ziele arbeiten die Hersteller- und Ausrüstungsindustrie mit Forschungsinstituten eng zusammen.

46.1 Entkopplung von Transportleistung und Umweltbelastung

Die Nachfrage nach Transportleistungen im Luftverkehr ist nach wie vor ungebrochen. Der Luftverkehrsmarkt ist ein Wachstumsmarkt, der kontinuierliche Steigerungsraten bzgl. der nachgefragten Transportleistungen aufweist. Ohne Luftverkehr ist die globale Weltwirtschaft nicht mehr denkbar. Dies gilt für den Transport von Personen, wie auch für die Transport von Gütern aller Art.

Insofern ist auch die aus dem Luftverkehr resultierende Umweltbelastung immer in Bezug zur erbrachten Transportleistung zu sehen. Nur in dieser Weise ist eine objektive Betrachtung oder auch der Vergleich mit bodengebundenen Verkehrsträgern möglich und zulässig. Die Abb. 46.4 verdeutlicht diese Zusammenhänge beispielhaft und global. Während die umgesetzte Transportleistung (TKT) der Lufthansaflotte von 1991 bis 2011 um 302 % zunahm, nahmen die Schadstoffemission einzelner Schadstoffe dazu, relativ gesehen, ab. Dies ist nicht zuletzt auf den Betrieb moderner Verkehrsflugzeuge zurückzuführen.

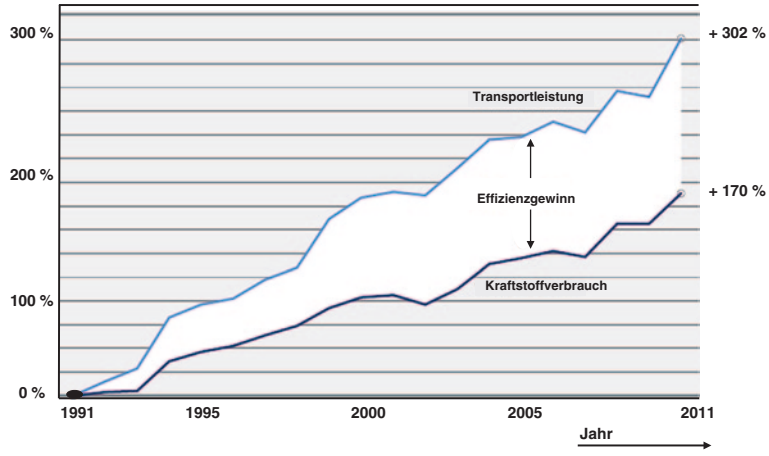


Abb. 46.4 Beispiel Transportleistung versus Umweltbelastung der Lufthansa-Konzernflotte [51]

46.2 Technologien zur Reduzierung der Emissionen von Flugzeugen

Die Technologiepotentiale zur weiteren Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs werden derzeit mit ca. 50 % eingeschätzt (Abb. 46.5).

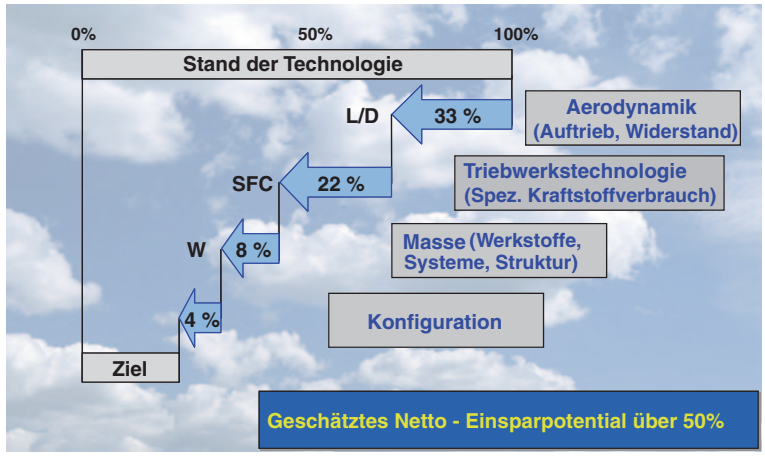


Abb. 46.5 Technologiepotentiale zur Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs [3]

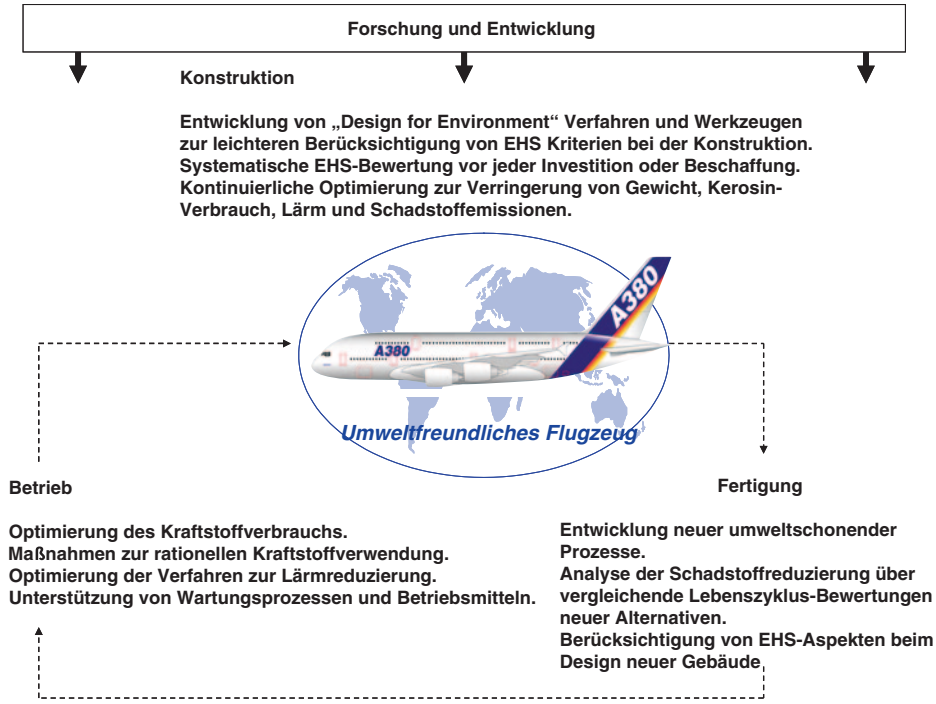


Abb. 46.6 Bereiche der Forschung und Entwicklung, Beispiel Airbus A380-800 [3]

Abbildung 46.6 zeigt die wesentlichen Bereiche der Forschung und Entwicklung am Flugzeug, an denen gearbeitet wird, um die steigenden Anforderungen an die Umweltverträglichkeit stetig zu verbessern.

Luftverkehr und Klima

47

47.1 Atmosphäre und Klima

Klima kennt keine Grenzen. Der Schutz des Klimas ist eine globale Herausforderung. Die Frage, in welchem Maß die durch menschliche Aktivitäten verursachten Emissionen klimarelevante Spurengase das Weltklima beeinflussen, ist in vielen Ländern Gegenstand intensiver Diskussion und Forschung.

In Deutschland werden seit 1992 unter Führung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt [74] in einem Verbundprogramm von mehr als 20 Forschungsinstituten die Auswirkungen des weltweiten Luftverkehrs auf das Klima untersucht. Aus den Ergebnissen geht hervor, dass die Wirkung der Luftfahrtemissionen auf die Atmosphäre bisher falsch eingeschätzt wurde. Die am Verbundprogramm beteiligten Wissenschaftler sind sich einig, dass die Behauptung einer „besonderen Klimaschädlichkeit" des Luftverkehrs nach dem neuesten Stand der Forschung nicht gerechtfertigt ist.

Nachfolgend werden die wichtigsten Begriffe aus dem Bereich Atmosphäre und Klima erläutet und der aktuelle Kenntnisstand zur Bedeutung der Luftverkehrsemissionen dargestellt.

47.1.1 Atmosphäre

Die Atemluft besteht aus Stickstoff (ca. 78 % N_2) und Sauerstoff (ca. 21 % O_2) sowie zahlreichen Spurengasen, die jeweils nur in geringer Konzentration vorkommen (ca. 1 %).

Die gesamte, unsere Erde umgebende Lufthülle, wird als Atmosphäre bezeichnet. Diese teilt man in Schichten ein, die, von der Erdoberfläche beginnend, mit zunehmender Höhe als Troposphäre, Stratosphäre, Mesosphäre und Thermosphäre bezeichnet werden. Die Grenzen zwischen diesen Schichten sind jeweils durch einen Vorzeichenwechsel des vertikalen Temperaturverlaufs gekennzeichnet.

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2_47,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Die Troposphäre ist die „Wetterküche“ der Atmosphäre. Da die Temperatur mit zunehmender Höhe rasch absinkt (je 1.000 m um sechs bis sieben Grad Celsius), und die in Bodennähe erwärmte Luft aufsteigt, findet in der untersten Atmosphärenschicht eine ausgeprägte vertikale Durchmischung statt. Weltumspannende Windsysteme sorgen für die horizontale Durchmischung. In die Troposphäre eingebrachte Schadstoffe werden in der Regel innerhalb kurzer Zeit vom Regen ausgewaschen. Dadurch beschränkt sich die Verweildauer der Schadstoffe in dieser Atmosphärenschicht meist auf wenige Tage.

Zwischen Troposphäre und Stratosphäre erreicht die Temperatur bei minus 50 bis minus 60 Grad Celsius ein Minimum. Diese Zone relativ konstanter Temperatur nennt man Tropopause. Die Höhe der Tropopause schwankt mit der Jahreszeit. Im Mittel liegt sie bei 8 km über den Polen und 16 km über den Tropen. In mittleren geographischen Breiten beträgt die Tropopausenhöhe 10–12 km.

In der Stratosphäre steigt die Temperatur aufgrund der Absorption ultravioletter Strahlung durch das stratosphärische Ozon mit zunehmender Höhe wieder an. Die Obergrenze der Stratosphäre ist erneut durch eine Umkehr des vertikalen Temperaturverlaufs gekennzeichnet. Den sich anschließenden Schichten der Lufthülle, Mesosphäre (50–90 km) und Thermosphäre (über 90 km), wird kein Einfluss auf das Klima beigemessen. Abbildung 47.1 zeigt die Atmosphärenschichten und den vertikalen Temperaturverlauf.

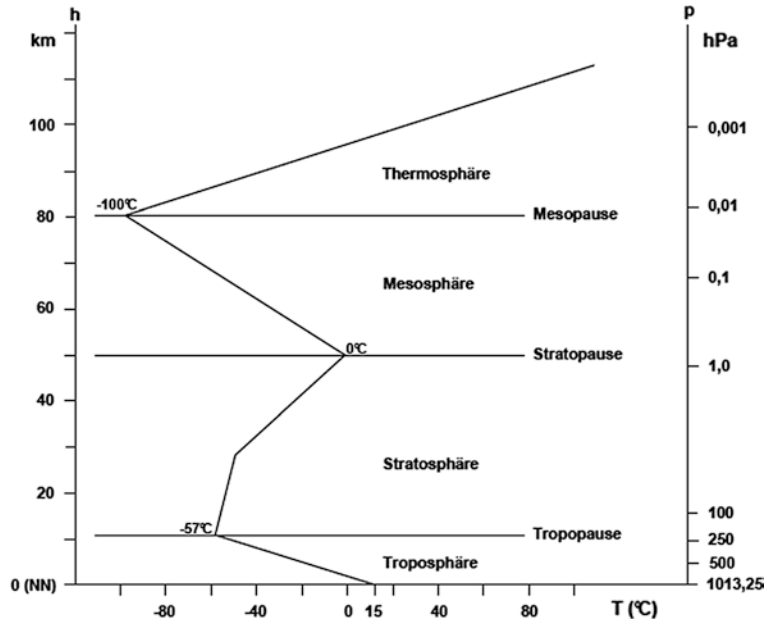


Abb. 47.1 Atmosphärenschichten und vertikaler Temperaturverlauf [181]

47.1.2 Natürlicher Treibhauseffekt

Der Strahlungshaushalt der Erde ist gekennzeichnet durch die relativ kurzwellige Sonneneinstrahlung mit einem Maximum im Wellenlängenbereich des sichtbaren Lichts, die bei Auftreffen auf die Erdoberfläche Wärme umgesetzt und von dort als langwellige Wärmestrahlung (Infrarotstrahlung) in das Weltall zurückgestrahlt wird. Wegen der Anwesenheit klimawirksamer Spurengase in der Erdatmosphäre, die die kurzwellige Sonneneinstrahlung durchlassen, die von der Erdoberfläche abgegebene langwellige Wärmestrahlung jedoch absorbieren, beträgt die globale mittlere Temperatur in Erdbodennähe anstelle von minus 18 Grad Celsius plus 15 Grad Celsius. Dieser natürliche Treibhauseffekt ist Voraussetzung und Garantie für das menschliche Leben auf der Erde.

47.1.3 Anthropogener Treibhauseffekt

Da durch Verbrennung fossiler Energieträger, aber auch durch Freisetzung chemischer Produkte sowie durch die landwirtschaftliche Produktion, Abfalldeponien, großflächige Brandrodungen etc. verstärkt klimawirksame Spurengase freigesetzt werden, die sich in der Atmosphäre anreichern, ist eine künstliche Verstärkung des natürlichen Treibhauseffektes möglich.

Die Klimaforschung schätzt den Beitrag der einzelnen Treibhausgase zu diesem anthropogenen, d. h. durch menschliche Aktivitäten verursachten, zusätzlichen Treibhauseffekt wie folgt ab:

- Kohlendioxid (CO_2) 50 %,
- Methan (CH_4) 13 %,
- Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) 24 %,
- Lachgas (N_2O) 5 %.

Indirekte Effekte, u. a. durch Zunahme des troposphärischen Ozons (O_3) bedingt, werden mit ca. 8 % angegeben.

Der zwischenstaatliche Ausschuss über Klimaänderungen IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) rechnet bei Unterlassung von Gegenmaßnahmen bis zum Jahr 2100 mit einem Anstieg der mittleren globalen bodennahen Lufttemperatur um zwei Grad Celsius. Mit diesem veröffentlichten Wert korrigierte das IPCC eigene, frühere Berechnungen zum Ausmaß des anthropogenen Treibhauseffekts nach unten. Noch im Jahr 1990 war man von einem um 50 % stärkeren Temperaturanstieg ausgegangen. Begründet wird die Korrektur durch verfeinerte eingesetzten Rechen- und Simulationsmodelle. Abbildung 47.2 zeigt schematisch den Treibhauseffekt.

Der Wissensstand über die einzelnen identifizierten Schadstoffe, deren Verweildauer in den unterschiedlichen Atmosphärenschichten, sowie die chemischen Reaktionen

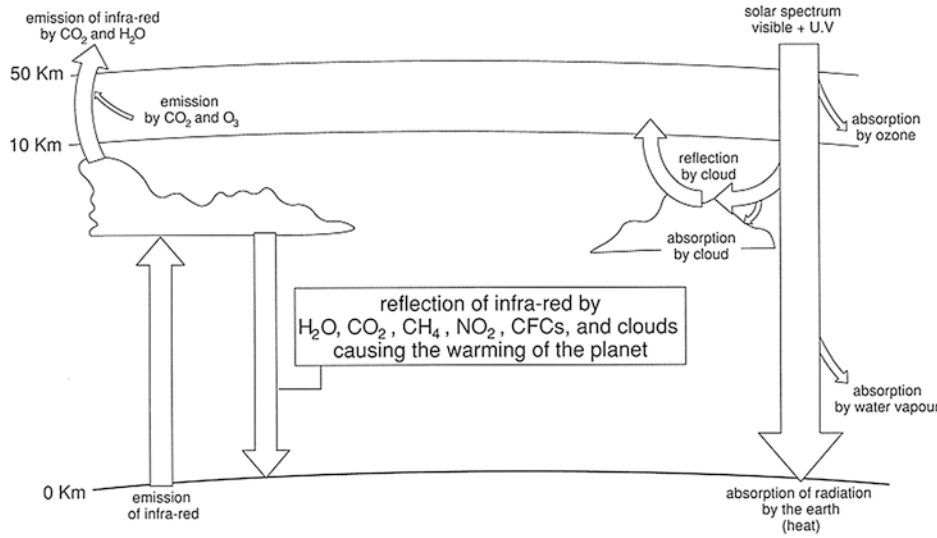


Abb. 47.2 Prozess des Treibhauseffektes

und damit verbundenen Langzeitauswirkungen auf die atmosphärischen Parameter, wie beispielsweise die Temperatur, ist teilweise noch gering, ist aber Gegenstand weltweiter intensiver Forschung.

47.1.4 Ozon

Ozon ist ein aus drei Sauerstoffatomen bestehendes Molekül (O_3). Die Hauptmenge des atmosphärischen Ozons befindet in der Stratosphäre, wo es durch die photolytische Spaltung von Sauerstoff (O_2) gebildet wird. Die Ozonmenge in der Troposphäre repräsentiert dagegen nur etwa ein Zehntel der atmosphärischen Ozongesamtsäule. Hauptquelle des troposphärischen Ozons ist die photochemische Bildung durch Kohlenwasserstoffe (C_xH_y) und Stickoxide (NO_x).

Während überhöhte Ozonkonzentrationen in der Troposphäre negative Auswirkungen haben (Verstärkung des Treibhauseffektes sowie in Bodennähe Schleimhautreizungen beim Menschen und Schädigung von Pflanzen), wirkt es in der Stratosphäre als lebens- notwendiger Filter für die energiereiche UV-B-Strahlung der Sonne. Der Bereich der Stratosphäre, in dem der größte Teil des atmosphärischen Ozons enthalten ist, wird als Ozonschicht bezeichnet. Sie liegt in einer Höhe zwischen 20 und 30 km. In ihr wird der größte Teil der UV-B-Strahlung absorbiert. Abbildung 47.3 zeigt die Änderungen der Ozon-Konzentration in der Atmosphäre. Verringerungen der Ozongesamtsäulendichte haben Intensitätszunahmen zellschädigender UV-B-Strahlung am Erdboden zur Folge.

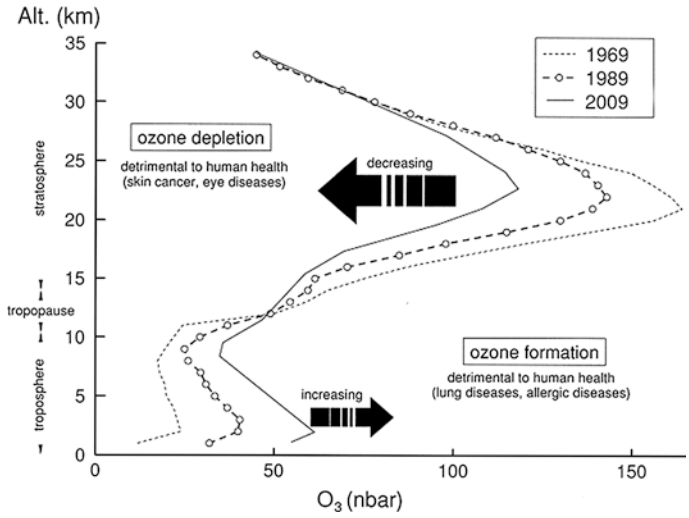


Abb. 47.3 Änderungen der Ozon-Konzentration in der Atmosphäre

47.1.5 Ozonloch

Bereits im Jahre 1985 entdeckte man, dass über der Antarktis während der Monate September und Oktober signifikante Abnahmen der Ozonkonzentration stattfanden. Inzwischen gilt es als sicher, dass dieses jährlich wiederkehrende „Ozonloch" durch Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) verursacht wird. Bis vor wenigen Jahren hatten diese organischen Halogenverbindungen ihre größte Anwendung als Treibmittel in Spraydosen, wurden bei der Kunststoffverschäumung eingesetzt, fanden Verwendung als Löse- und Reinigungsmittel sowie als Kühlmittel. Die internationale Staatengemeinschaft erarbeitete daraufhin einen Stufenplan zum weltweiten Ausstieg aus Produktion und Verwendung FCKW erarbeitet.

47.2 Auswirkungen des Luftverkehrs auf Atmosphäre und Klima

Der Luftverkehr trägt durch die Kerosin-Verbrennungsprodukte die, abhängig von den Betriebsbedingungen der Triebwerke in der Reiseflughöhe eines Luftfahrzeuges als Schadstoffe in die Atmosphäre emittiert werden, zur Umweltverschmutzung bei.

47.2.1 Kohlendioxid

Kohlendioxid (CO_2) ist das bedeutendste anthropogene Treibhausgas. Es wird in großer Menge bei Verbrennung der aus pflanzlichen und tierischen Ablagerungen

entstandenen fossilen Energieträger freigesetzt. Seit Beginn der Industrialisierung hat sich die CO_2-Konzentration in der Atmosphäre um rund 20 % erhöht. In der Bundesrepublik Deutschland stellen Kraftwerke mit einem Anteil von 35 % die größte anthropogene Kohlendioxid-Quelle dar. Weitere wesentliche Emittenten sind die Industrie (23 %), die Haushalte (19 %) und der Straßenverkehr (18 %).

Dem Luftverkehr werden in der Bundesrepublik Deutschland ebenso wie im internationalen Maßstab, 2,2 % der anthropogenen CO_2-Emissionen zugerechnet.

Da Kohlendioxid ein langlebiges Spurengas ist, verteilt es sich unabhängig vom Ort der Freisetzung relativ gleichmäßig über die Atmosphäre. Das Klimawirkungspotential von CO_2 ist von Umgebungsbedingungen wie Ausbringungshöhe und Temperatur unabhängig. Der CO_2-bedingte Beitrag des Weltluftverkehrs zum anthropogenen Treibhauseffekt ist damit vergleichsweise einfach abzuschätzen. Er wird derzeit mit ca.1,3 % beziffert.

47.2.2 Kondensstreifen

Da dünne hohe Wolken durchlässig für einfallende Sonnenstrahlen sind, die Wärmeabstrahlung der Erde jedoch behindern, gelten sie als potentiell klimawirksam.

Hieraus ergab sich u. a. die Fragestellung, welche Bedeutung der kondensstreifenbedingten zusätzlichen Wolkenbildung beizumessen ist.

Nur unter bestimmten atmosphärischen Voraussetzungen werden die Wasserdampfemissionen eines Flugtriebwerkes als Kondensstreifen sichtbar. Der ermittelte Bedeckungsgrad des Himmels durch Kondensstreifen wird weltweit mit durchschnittlich dem einmillionsten Teil des sichtbaren Himmelsausschnittes angegeben. Diese auf den Luftverkehr zurückzuführende zusätzliche Bewölkung ist so gering, dass sie für das Weltklima ohne Bedeutung ist.

Die weiteren Forschungen dienen der Untersuchung lokaler Wirkungen im Bereich der Hauptflugrouten mit Hilfe umfangreicher Messeinrichtungen an Bord von Verkehrsflugzeugen, sowie die Betrachtung persistenter, d. h. langlebiger Kondensstreifen, die etwa 6 % aller Kondensstreifen ausmachen. Im Bereich der Hauptflugrouten erreicht der Bedeckungsgrad des sichtbaren Himmelsausschnittes durch Kondensstreifen einen Wert von bis zu 1 %.

47.2.3 Stickoxide

Stickoxide (NO_x) tragen über komplexe Wirkungsabläufe sowohl zum Ozonabbau als auch zur Ozonbildung bei und beeinflussen damit den Ozonhaushalt der Atmosphäre. Der auf den Weltluftverkehr entfallende Anteil an den gesamten anthropogenen Stickoxidemissionen aus Verkehr und Industrie beträgt 2–3 %.

Die Forschung hat bisher keinen Hinweis auf einen Zusammenhang zwischen dem festgestellten Ozonabbau in der mittleren Stratosphäre und den NO_x-Emissionen des Luftverkehrs ergeben. Statt dessen gilt es als gesichert, dass Stickoxide

aus Flugtriebwerken nicht nur in der Troposphäre, sondern auch im Bereich von Tropopause und unterer Stratosphäre ozonbildend wirken. Den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen zufolge beträgt dadurch verursachte Temperaturanstieg wenige hundertstel Grad nach 20 Jahren.

Abbildung 47.4 zeigt global die Emissionsanteile nach Verursachern in der Bundesrepublik Deutschland. Die Darstellung basiert auf einer Untersuchung des Umweltbundesamtes.

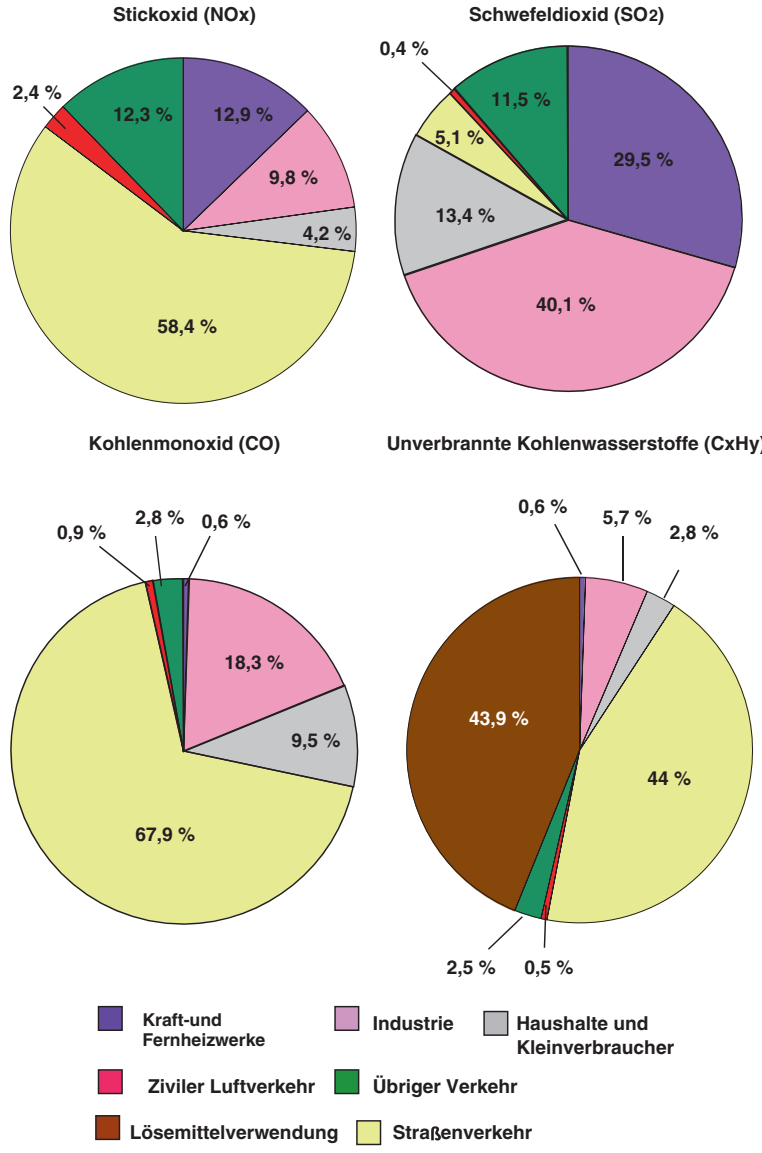


Abb. 47.4 Emissionsanteile nach Verursachern in der Bundesrepublik Deutschland

47.3 Sachstand und Entwicklung

Nach heutigen Erkenntnissen ist der Luftverkehr weder für die Ozondefizite in der mittleren Stratosphäre verantwortlich, noch kann ihm pauschal eine „extreme Klimaschädlichkeit“ nachgesagt werden. Für die Luftfahrtindustrie besteht dennoch keine Veranlassung, in ihrem Bestreben nach umweltverträglicher Optimierung ihrer Produkte nachzulassen. Bei den hohen Wachstumsraten des Weltluftverkehrs gilt es, die spezifischen Emissionen von Luftfahrzeugen kontinuierlich weiter zu reduzieren.

So konnte der spezifische Kraftstoffverbrauch, der seit Einführung der ersten Generation von Strahlverkehrsflugzeugen bereits um mehr als die Hälfte gesenkt werden. In absehbarer Zeit ist eine nochmalige Halbierung zu erwarten. Im gleichen Maß verringern sich die spezifischen Kohlendioxid- und Wasserdampfemissionen. Neben der weiteren Senkung des Kraftstoffverbrauchs und des CO_2-Ausstoßes wird insbesondere die weitere Reduktion der spezifischen Stickoxidemissionen von Flugtriebwerken zu einem vorrangigen Entwicklungsziel.

Die Flugplätze unterstützen diese Zielsetzung und treten über das Airport Council International (ACI) für eine Anpassung des ICAO-Emissionsstandards für Stickoxide an den Stand der Technik ein. Die seit 1996 wirksame Absenkung des NO_x-Grenzwertes um 20 % war zwar eine wichtige Etappe auf diesem Weg, das Reduktionspotential ist damit jedoch noch lange nicht ausgeschöpft.

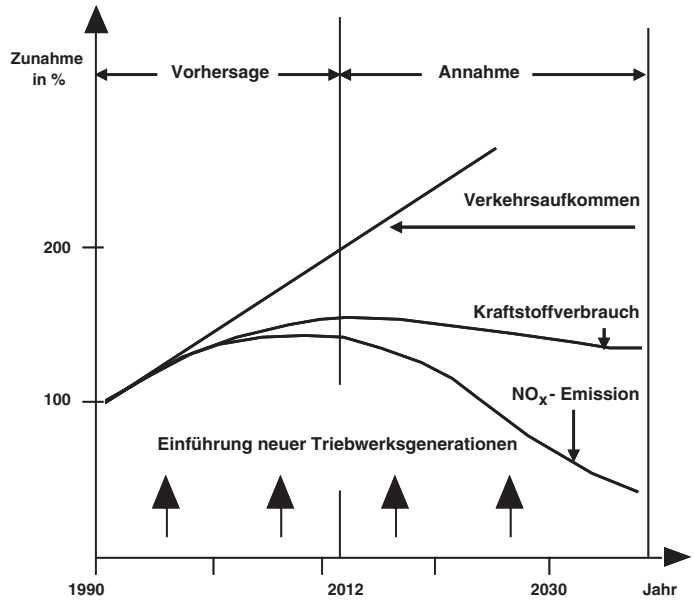


Abb. 47.5 Vorhergesagtes Verkehrsaufkommen versus Kraftstoff-/Schadstoffentwicklung

Schon für die meisten der sich heute in der Produktion befindlichen Flugzeuge ist der die Einhaltung des NO_x-Grenzwertes machbar. So liegen die spezifischen Stickoxidemissionen der Boeing 747–400 beispielsweise um 37 % niedriger als bei der Boeing 747–200. Aus dem Ersatz der DC 10 durch den Airbus A340 resultiert eine Reduktion der NO_x-Emissionen um ca. 40 %. Während diese flugzeugspezifischen Verbesserungen sich in erster Linie aus der höheren Kraftstoffeffizienz der neuen Flugzeugmuster ergeben, kann durch neuartige Triebwerkskonzepte ein zusätzliches NO_x-Reduktions-potential erschlossen werden.

Die CFM-Triebwerke der Airbus Flugzeugmuster A319, A320 und A321 sind mit gestuften Brennkammern ausgerüstet. Mit dieser neuen Triebwerkstechnologie wird der aktuelle ICAO-Grenzwert für Stickoxidemissionen, je nach Triebwerksversion um 44–59 % unterschritten. Abbildung 47.5 zeigt einen generellen Ausblick auf die weiterhin erwartete Zunahme des Verkehrsaufkommens bei gleichzeitiger weiterer Reduktion des Kraftstoffverbrauchs, verbunden mit einer weiteren Reduktion an emittierten Schadstoffen.

47.4 Luftqualität im Flugplatzbereich

Die Schadstoffemissionen von Luftfahrzeugen, die im Flugplatznahbereich die Luftqualität beeinträchtigen, konnten seit den 60er Jahren kontinuierlich reduziert werden. Im einzelnen konnten folgende Verbesserungen der Luftqualität erzielt werden:

Die Menge der von modernen Luftfahrzeugen emittierten unverbrannten Kohlenwasserstoffe (HC) konnte um 90 % reduziert werden. Auch beim Kohlenmonoxid (CO) wurden vergleichbare Verbesserungen erzielt.

Verbesserungen im Triebwerk-Design, höheres Nebenstromverhältnis, hitzebeständigere Werkstoffe etc. ermöglichen eine vollständigere und wirksamere Kraftstoffverbrennung und tragen so zu einem geringeren Schadstoffausstoß bei. Bei den hohen Temperaturen oxidiert allerdings in einer sekundären Reaktion Sauerstoff mit Stickstoff. Das dadurch entstehende Stickoxid (NO_x) kann das Ozongleichgewicht der Atmosphäre beeinflussen.

Über strenge behördliche Vorschriften und freiwillige Maßnahmen der Luftfahrtindustrie wird sichergestellt, dass von Luftfahrzeugen emittierte Schadstoffe einen möglichst geringen Anteil an der Beeinträchtigung der lokalen Luftqualität haben. Dazu tragen auch flugplatzinterne Maßnahmen zur Reduzierung der Schadstoffemissionen bei. Als Beispiele sind die stationären Energieversorgungssysteme der Luftfahrzeuge als Ersatz der Auxiliary Power Unit (APU), die Modernisierung der flugplatzinternen Energieversorgung insgesamt, sowie moderne Fuhrparks zu nennen. Ein Teil der Vorfeldfahrzeuge lässt den Betrieb mit Elektro- bzw. Hybridantrieben zu. Ein weiterer direkter Einflussbereich betrifft die stationären Emissionsquellen wie z. B. die mit Gas und Öl betriebenen Feuerungsanlagen sowie die stationären und mobilen Netzersatzanlagen, die für Notfälle (z. B. Stromausfall) vorgehalten werden. Auch die Anbindung der Flugplätze an öffentliche schienengebundenen Verkehrsträger entlasten die Umwelt und das Flugplatzklima.

Seit den 70er Jahren werden auf Flugplätzen und in deren Umgebung zahlreiche Untersuchungen zur Luftqualität durchgeführt. Auf mehreren deutschen Verkehrsflughäfen sind permanente Messstationen installiert, die kontinuierlich Auskunft über die lufthygienische Situation vor Ort geben. Neben den „klassischen" Luftschadstoffen Stickoxide, Kohlenwasserstoffe, Kohlenmonoxid und Schwefeldioxid können weitere Spurengase und Partikel erfasst werden. Die Resultate zeigen, dass die negativen Auswirkungen des Flugbetriebes auf die Luftqualität erheblich überschätzt werden. Alle bisher durchgeführten Untersuchungen haben ergeben, dass die auf den Flugplätzen ermittelten Luftschadstoffkonzentrationen die Belastungen in benachbarten Stadtgebieten deutlich unterschreiten und weitgehend der Situation im unmittelbaren Umland entsprechen.

Zur Messung von Luftschadstoffen aus dem Flugbetrieb kann ein optisches Verfahren verwendet werden. Das System misst mit einem Lichtstrahl entlang einer Messstrecke von 500–1.500 m, wie viel Licht einer bestimmten Frequenz absorbiert wird und ermittelt daraus die Konzentrationen der Schadstoffe. Um Informationen darüber zu erhalten, welchen Anteil bestimmte Verursacher an der Gesamtbelastung einer Region haben, wurden Rechenmodelle entwickelt, die für einen vorgegebenen Untersuchungsraum alle relevanten Schadstoffquellen und deren Emissionen erfassen. Dazu wurde z. B. das Schadstoff-Ausbreitungsmodell LASPORT entwickelt. Dieses Ausbreitungsmodell wurde bisher auf den Flughäfen Düsseldorf (regelmäßige Ausbreitungsrechnungen), Leipzig/Halle, Zürich und Frankfurt/M (Einzelstudien mit Verkehrsszenarien) eingesetzt und wird nach den neuesten Erkenntnissen ständig weiterentwickelt.

Die Ozonbildung im bodennahen Bereich ist ein Phänomen, das vor allem im Sommer eine wichtige Rolle in Ballungsgebieten spielt. Zu Sommersmog oder photochemischem Smog kommt es bei intensiver Sonnenstrahlung und hohen Temperaturen. Durch eine photochemische Reaktion werden aus Abgasen Ozon und weitere die Schleimhaut reizende Stoffe gebildet. Wichtigste Vorläufersubstanzen des Ozons sind Stickoxide und Kohlenwasserstoffe.

Für die Ozonbelastung an heißen Tagen sind jedoch ausschließlich die Emissionen maßgebend, die in Bodennähe freigesetzt werden. Im unmittelbaren Umfeld des Flughafens kann daher der Beitrag des Luftverkehrs zur Ozonbildung im Vergleich zum Hauptverursacher Straßenverkehr als gering eingestuft werden. [76]

Die Luftschadstoffe, die am Flugplatz entstehen, entwickelten sich in den zurückliegenden 20 Jahren unterschiedlich. Die Mengen des Kohlenmonoxids (CO) als auch der Kohlenwasserstoffe (HC) konnten deutlich reduziert werden, während der Ausstoß von Schwefeldioxid (SO_2) auf annähernd gleichem Niveau verblieb. Demgegenüber sind die Stickoxide beträchtlich angestiegen. Entsprechend den Vorgaben der Aufsichtsbehörden werden die Emissionen der Luftfahrzeuge bis zu einer Höhe von 300 m über Grund ermittelt.

47.5 Flora und Fauna

Neben den Lufthygieneuntersuchungen werden in den Einflussbereichen deutscher Verkehrsflughäfen auch zahlreiche Pflanzen- und Bodenuntersuchungen durchgeführt. Alle bisher untersuchten Fälle ergaben nur niedrige Schadstoffkonzentrationen. Eine negative Beeinflussung durch den Flugbetrieb ist nicht festzustellen. Vielfach lagen die auf dem Flugplatzgelände festgestellten Belastungswerte weit unter den Werten von Vergleichsproben, die außerhalb des Flugplatzes entnommen wurden. Auf einigen Flugplätzen werden neben Pflanzen- und Bodenuntersuchungen auch Bioindikationsprogramme durchgeführt. Darunter versteht man die Verwendung von Organismen oder Gemeinschaften von Organismen, deren Lebensfunktionen sich mit bestimmten Umweltfaktoren so eng in Beziehung setzen lassen, dass Rückschlüsse auf diese Umweltfaktoren möglich sind. So eignet sich zum Beispiel Grünkohl zum Nachweis polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK), Tabak zum Nachweis der Schadstoffwirkung von Ozon und Weidegras zum Nachweis von Schwermetallen. Die durchgeführten Bioindikationsprogramme bestätigen Untersuchungsergebnisse, die auch mit anderen Meßmethoden ermittelt wurden. Für alle, mittels Bioindikation untersuchten Substanzen gilt, dass auf den Flugplätzen keine Auffälligkeiten festgestellt werden konnten. (vgl. auch ADV “Luftverkehr und Umwelt” [19])

Anhang: Ausblick auf die Luftfahrt der Zukunft

Die Ausführungen haben die Komplexität des Systems Luftverkehr aufgezeigt. Die Luftfahrtindustrie ist nach wie vor ein Motor für die deutsche Volkswirtschaft. Optimale Luftverkehrsanbindungen zählen zu den wichtigen Standortfaktoren für die Ansiedlung internationaler Unternehmen. Die Arbeitsproduktivität im Luftverkehr liegt in der Bundesrepublik Deutschland weit über dem Bundesdurchschnitt. Knapp 40 % aller ausländischen Besucher kommen per Flugzeug nach Deutschland. Für die exportorientierte deutsche Industrie ist Luftfracht von zentraler Bedeutung. Luftverkehrsgesellschaften transportieren rund 30 % aller Exporte nach Übersee.

Die politischen Rahmenbedingungen und verschärfte Umweltbedingungen führten in der europäischen Luftverkehrswirtschaft zum Emissionshandel und zu Nachtflugverboten. Weiterhin wurde eine Luftverkehrssteuer für die Luftverkehrsgesellschaften eingeführt.

Trotz dieser Erschwernisse ist der soziale und volkswirtschaftliche Stellenwert der Luftfahrt und der Luftfahrtindustrie in Deutschland und auch in Europa heute und in der Zukunft unumstritten. Dies zeigen die europäischen Ziele und Programme, die das „Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe“ (ACARE) formuliert hat. Die nachfolgende Zusammenfassung basiert auf der „Strategic Research & Innovation Agenda“ (SRIA) des Advisory Councils [1]. Sie zeigt die globalen Visionen und Herausforderungen sowie die strategischen und politischen Ziele auf, die als Vorgaben in die daraus resultierenden Forschungs- und Industrieprogramme einfließen.

“While the successive releases of the Strategic Research Agenda in 2002, 2004 and 2008 served as guidelines for European research established by the European Commission, member states and public and private stakeholders, a new vision was needed to be developed”.

This prompted the sector to set new, more challenging goals and respond to the future needs of Europe and its citizens over a longer timeframe. This new vision, “Flight path 2050”, was developed by the High Level Group on Aviation Research under the leadership of the European Commission and published in 2011.

It underlines the need for further emissions reductions, recommends maintaining and extending Europe’s leadership, enhancing safety and security as air transport needs grow as well as developing excellent research infrastructure and education for the aviation sector.

In response to the recommendations of “Flight path 2050” a new ACARE organisation (Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe) with new

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2,

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

membership is now in place. ACARE stakeholders have come together over the last year to develop the Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA), that will enable the aims of the new vision to be achieved. The strength of ACARE lies in its membership involving the whole air transport and aeronautics community. This collaborative framework is essential in developing an even more successful Air Transport System in Europe.

Aviation is recognised as one of the top five advanced technology sectors in Europe. It provides close to nine million skilled Jobs, directly and indirectly, and contributes 600 billion Euros to Europe's Gross Domestic Product. Home to some 450 airlines and over 700 airports, European aviation plays a key role in serving society's needs for safe, secure and sustainable mobility, in Europe and all over the world.

Continued growth in European demand for air transport is anticipated for the foreseeable future. More than ever, sustainable mobility is at stake and it is essential that travel is safe, secure, fast, affordable and environmentally friendly. Also, industrial competition is fierce and increasing, not only from established regions but also from new, strong challengers. Finally, the regulatory and taxation environments within and outside Europe have not yet fully converged and prevent a global level playing field.

Maintaining global leadership for aviation in Europe and meeting the needs of citizens are thus the top level objectives that are addressed by "Flight path 2050". This vision for Europe's aviation system and industry is now transposed into a Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA) which provides details on the strategy the aviation sector commends to deliver that vision.

In the last decade, Europe's leadership in aviation has been underpinned by a commonly shared vision and an associated strategic research agenda. This proven methodology is deployed once more and extended to a new time horizon.

The "Flight path 2050" vision addresses two parallel objectives: firstly to serve society's needs for safe, more efficient and environmentally friendly air transport; and secondly, to maintain global leadership for Europe in this sector with a competitive supply chain including large companies and small and medium size enterprises. The vision identifies goals to reach these objectives and recommends addressing the following key challenges:

Challenge 1: Meeting market and societal needs,
Challenge 2: Maintaining and extending industrial leadership,
Challenge 3: Protecting the environment and the energy supply,
Challenge 4: Ensuring safety and security,
Challenge 5: Prioritising research, testing capabilities and education.

According to this vision, in 2050, aviation serves society, brings people together and delivers goods through safe and secure, seamless, cost effective transport chains, adding value through speed, reliability and resilience in a global network. It has a good track record on reducing environmental impacts and contributes to society in other critical, non-transport areas such as climate monitoring, emergency Services, search and rescue and disaster relief.

In its determination to meet the highly ambitious goals set by "Flight path 2050", the Advisory Council for Aviation Research and Innovation in Europe (ACARE) has developed a Strategic Research and Innovation Agenda (SRIA).

Innovation in aviation is complex, capital intensive and takes time, partly driven by very stringent certification requirements, consistent with the paramount importance of safety in the sector. Typically, 15 years can elapse between the generation of a concept and technology being fully developed for a specific application on the next generation of air vehicles. In addition, a shift to a more customer centric and lower carbon Operation has to be achieved requiring new airport operational concepts and development and the use of fuels fit for the future. Infrastructure development is dependent on the availability of excellent research, testing and validation capabilities. Vehicles additionally require platform Integration and full-scale demonstration. For such reasons, the SRIA roadmap is phased over three timescales:

1. Short-term – to 2020
2. Medium-term – to 2035
3. Long-term – to 2050

The precise timing of implementing innovative solutions into new air vehicles, operations and services will be driven by the willingness of society to accept the change, the capacity of the market to afford the change and the capability of innovators to deliver it.

The European aviation world will also need to be underpinned by an efficient and effective policy and regulatory framework that addresses governance, funding and financing issues as a pre-requisite for the Vision 2050 to be realised. This framework should recognise the significant value of aviation to our economies and make sure European companies compete on a level playing field with their worldwide competitors.

The following sections provide an overview of the areas in which research will be conducted. The full SRIA sets goals and actions that are required to address the five key challenges.

Challenge 1: Meeting societal and market needs

Sustainable mobility is essential for Europe's economic development and social well-being. Synergies between good connectivity, wealth and prosperity, cohesion, international relations and stability are long-established and well-known.

Air transport must continue to support economic growth and add value at European, regional and local levels by providing the connectivity required by business, tourism and leisure, as well as providing local employment.

Targets by 2050:

- European Citizens are able to make informed mobility choices.
- 90 % of travellers within Europe are able to complete their journey, door-to-door, within 4 hours.
- A coherent ground infrastructure is developed.

- Flights land within 1 minute of the planned arrival time.
- An air traffic management System is in place that provides a range of services to handle at least 25 million flights a year of all types of vehicles.

The following enablers are needed to achieve the goals:

1. Design of a customer-centric intermodal transportation System: including, for example, knowing future customer profiles and expectations as well as market and societal opportunities and acceptance factors, identifying the benefits and implementation issues of new mobility system concepts, design of the total transport system architecture, mobility Performance assessment and forecast as well as innovative infrastructure planning methodologies.
2. Travel process management: to provide the customer a single ticket for the entire journey as well as travel information capable of delivering robust, relevant, complete and unbiased travel choice before and during a journey. This will also involve enhancing crisis management to mitigate the impacts of serious disrupttion by providing customers with a robust management and recovery mechanism as well as protecting their rights and interests.
3. Integrated air transport: offering customers a vastly improved seamless travel experience, integrating the points of arrival and departure of all types of air vehicles with other modes of transport, mitigating their impact on their neighbours, strategic and tactical air traffic management and supporting information, communication, navigation and surveillance infrastructure, and delivering system intelligence and autonomy.

Challenge 2: Maintaining and extending industrial leadership

The European industry is currently a world leader in aviation and contributes very positively to European economic welfare. Decision makers, stakeholders and society have recognized the strategic role of this industry and the need to maintain and extend its leadership through an appropriate and balanced regulatory framework putting European companies on a level playing field with their competitors from all over the world.

This leadership position will be maintained and extended by Europe's industry remaining innovative and competitive, developing and delivering high quality products quickly and efficiently, meeting time-critical market demands and serving the customers needs for passenger, freight and non-transport services such as maintenance, repair and overhaul (MRO) and air traffic management (ATM). In 2050, innovative products and services demanded by the market are based on state of the art design, manufacturing and certification processes as well as support tools. They are underpinned by partnerships

between manufacturers, airlines, MRO Operators, airports, and air navigation service providers working together and collaborating with other modes of transport. Global regulation and standardization is strongly influenced by Europe, is light touch, streamlined and results in a global level playing field in the market for both products and services. Research and innovation are supported by strong, coherent European research networks and partnerships between the relevant private and public actors, including industry, research institutes, universities and government.

Targets by 2050:

- The whole European aviation industry is strongly competitive, delivers the best products and services worldwide and has a share of more than 40 % of its global market.
- Europe has retained leading edge design, manufacturing and system integration capability and jobs supported by high profile, strategic, flagship projects and programmes which cover the whole innovation process from basic research to full-scale demonstrators.
- Streamlined systems of engineering, design, manufacturing, certification and upgrade processes have addressed complexity and significantly decreased development costs (including a 50 % reduction in the cost of certification). A leading new generation of Standards is created.

The following enablers are needed to achieve the goals:

1. Continuous development of new technologies, new vehicles and their demonstration and flight test.
2. Efficient development and manufacturing process featuring seamless integration of design and manufacturing capabilities.
3. Continued and focussed investment in research and Innovation to be at the forefront of new technologies.
4. A fair and balanced set of global regulations and standards to create a global level playing field.
5. Innovative business models, regulations and incentives to accelerate innovation.
6. Efficient certification of aviation products.

Challenge 3: Protecting the environment and the energy supply

Aviation has an important role to play in reducing greenhouse gas emissions as well as noise and local air quality issues. Although in global terms, the aviation industry is responsible for around 2 % of human-induced carbon dioxide emissions, this may increase in proportion as other sectors move to “de-carbonise”, and as demand for air transport in Europe continues to grow.

The goals set by "Flight path 2050" in this area are profoundly ambitious and will only be met if better methods and processes facilitate the search for new solutions. More efficient aircraft and engines will need to be developed and integrated in radical new configurations to improve fuel efficiency and address climate change. Better operational and flight management procedures will also be needed to improve air traffic management efficiency. Improved maintenance technologies will also help to prevent degradation of fuel efficiency in ageing aircraft and thus reduce the flying fleet's emissions. Improved understanding of non-CO_2 contributions to climate change, including NO_X, particulates, and contrails and their dependence on operational parameters, will enable the sector to take a "cradle to grave" approach to protecting the environment and the energy supply in aviation.

Targets by 2050:

- CO_2 emissions per passenger kilometre have been reduced by 75 %, NO_X emissions by 90 % and perceived noise by 65 %, all relative to the year 2000,
- Aircraft movements are emission-free when taxiing,
- Air vehicles are designed and manufactured to be recyclable,
- Europe is established as a centre of excellence on sustainable alternative fuels, including those for aviation, based on a strong European energy policy,
- Europe is at the forefront of atmospheric research and takes the lead in formulating a prioritised environmental action plan and establishes global environmental Standards.

The following enablers are needed to achieve the goals:

1. Dynamic allocation of targets between stakeholders, permanent survey of research results and regularly updated research priorities.
2. Extraordinary technological effort to define the air vehicles of the future.
3. Improved air operations and traffic management, achieved initially through the deployment phase of Single European Sky And Research (SESAR), allowing for short/medium-term traffic growth in Europe.
4. Improved airport environment (including heliports) which, being at the heart of the intermodal transport System, must deliver a service that meets the needs of passengers while mitigating its environmental impact.
5. Availability of affordable, sustainable, alternative energy sources for commercial aviation which will depend on liquid hydrocarbons for at least several decades.
6. Mastering aviation's climate impact to allow low impact operations planning, deeper analysis of the formation/dissipation of contrails and induced cirrus clouds and their contribution to global warming to evaluate the actual environmental impact of a given flight and to optimise flight operations according to atmospheric conditions.
7. Incentives and regulations that create the right framework to promote environmentally friendly behaviour as a part of business-as-usual throughout all lifecycle phases from new aircraft design and development, over the whole operational period, up to aircraft end-of-life.

Challenge 4: Ensuring safety and security

Aviation of the future, as a diversified and integrated transport System, will be tightly interwoven with other transport modes, surface and waterways. Methodologies need to identify the emergence of future risks such as cyber threats and data integrity and to accommodate these through improved design, manufacturing and certification processes.

New technologies will increasingly change the dynamic of design, operation, management and regulation of the air transport System. New standards and procedures will be required and a system-wide Safety and Security Management System will be implemented to operate throughout the whole chain of air transport activities.

The human dimension needs significant attention to ensure that in the future air vehicles, procedures and supporting Systems are designed for the individual. The air transport System must demonstrate resilience in its response to safety or security threats, based on an understanding of human and organisational performance and how to infuse a positive safety culture at all levels and respond to a fast changing scenario.

Research must anticipate a more fully integrated interdependent system across all transport modes to identify, address and overcome the emergent characteristics of complex System operations.

Targets by 2050:

- Overall, the European Air Transport System has less than one accident per ten million commercial aircraft flights.
- Weather and other environmental hazards are precisely evaluated and risks are properly mitigated.
- Air Transport operates seamlessly through interoperable and networked systems allowing manned and unmanned air vehicles to safely operate in the same airspace.
- Efficient boarding and security measures allow seamless security for global travel. Passengers and cargo pass through security controls without intrusion.
- Air vehicles are resilient by design to current and predicted on-board and on-the-ground security threat evolution, internally and externally to the aircraft.
- The Air Transport System has a fully secured global high bandwidth data network, hardened and resilient by design to cyber-attacks.

Enablers covering the following aspects are detailed to achieve the goals:

1. Expectations by society for levels of safety and security, the associated burdens and the need to provide privacy and dignity.
2. Air vehicle operations and traffic management particularly relating to cyber threats and the integration of autonomous vehicles into airspace.
3. Design, manufacturing and certification to include safety and security at all stages.
4. Human factors accounting for re-alignment of responsibility and the balance of decision making between the human and the machine.

Challenge 5: Prioritising research, testing capabilities and education

Aviation is a high-technology sector which combines extraordinary demands on research and innovation with long lead times. Decisions in R&D may have consequences on the future of the aviation sector decades after they have been made.

To maintain its world-leading position and competitiveness in the dynamic global market, Europe's aviation sector must be underpinned by world class capabilities and facilities in research, test and validation, and education as well as a world-beating workforce.

Targets by 2050:

- European research and innovation strategies are jointly defined by all stakeholders, public and private, and implemented in a coordinated way with individual responsibility. This involves the complete innovation chain from blue sky research up to technology demonstration.
- A network of multi-disciplinary technology clusters has been created based on collaboration between industry, universities and research institutes.
- Strategic European aerospace test, simulation and development facilities are identified, maintained and further developed. The ground and airborne validation and certification processes are integrated where appropriate.

The following enablers are needed to achieve the goals:

1. Optimisation of the research and innovation lifecycle: encompassing the full European aviation sector, defining research roadmaps which cover all the successive steps of the innovation cycle.
2. Modern infrastructure: high quality R&D infrastructure as a fundamental pillar of efficient high-technology research, ranging from wind tunnels to experimental aircraft, all organized in a network for use by all stakeholders.
3. A skilled workforce: possessing the quality, skills and motivation to meet the challenges of the future; and being supported by a harmonised and balanced approach covering the entire scope: from attracting talent over primary and secondary education to apprenticeship, academia and life-long professional development.

To achieve the "Flight path 2050" goals for European Aviation, Europe must:

- Lead the development of an integrated resilient European air transport system that will meet the mobility needs of European citizens as well as the market needs.
- Maintain global leadership for a sector that is highly advanced and anticipated to grow.

- Establish efficient and effective policy and regulatory frameworks, which ensure a global level playing field and allow European industry to prosper and compete fairly under market conditions in order to stimulate research, technology and innovation.
- Put in place incentives, which are accompanied by long-term programmes with continuity across R&T efforts over many years. This requires developing mechanisms that provide public sector investment both at European and national level, complemented by public/private partnerships.
- Champion sustainable growth so that noise and greenhouse gas emissions can be further reduced and innovative, affordable, alternative energy sources can be developed.
- Maintain the sector's safety track record and enable solutions to increasing security risks to be "built-in" to future designs.
- Provide long term thinking to develop State of the art infrastructure, integrated platforms for full-scale demonstration and meet the critical need for a qualified and skilled workforce for today and the future.

ACARE has demonstrated the strength of working closely together across the whole aviation Community including air transport, the manufacturing industry, research establishments, universities, regulatory authorities, Member States and the European Commission.

ACARE stakeholders are committed to continue playing a pivotal role in providing the means for collaboration and cooperation at a European and global level.

Today Europe is a world leader in aviation: the SRIA represents a vital contribution to maintaining and expanding this excellence in the future and provides guidance on the research, development and innovation needed to deliver the "Flight path 2050" Vision [1].

Literatur

1. ACARE (2012) Advisory council for research and innovation in Europe. Strategic research & innovation agenda, executive summary. EC, Brüssel
2. Aero International (2012) Current market outlook, London
3. Airbus Deutschland (2006) Airbus Deutschland GmbH, Hamburg
4. Airbus Industries S.A.S. (2012) AI Toulouse
5. Airbus Industries S.A.S. (2012) Verkehrsprognosen. AI Toulouse
6. Airbus Industries S.A.S. (2002) Getting to grips with aircraft performance. AI Toulouse
7. Airbus Industries S.A.S. (2000) A319/A320/A321, Aircraft technical description. AI Toulouse
8. Airbus Industries S.A.S. (2009) A319/A320/321, Flight crew operating manual. System description 1, REV 34. AI Toulouse
9. Airbus Industries S.A.S. (2009) Flight crew manual A300-600. Communications. AI Toulouse
10. Airbus Industries S.A.S. (2000) A340, Aircraft technical definition, systems and powerplant, Vol. 2. AI Toulouse
11. Airbus Industries S.A.S (2009) A380-800, Technical training manual. AI Toulouse
12. Airbus Industries S.A.S. (2006) A380-800, Airplane characteristics for airport planning. AI Toulouse
13. Airbus Industries S.A.S. (2006) Flight deck and systems briefing, A380-800 navigation. Integrated standby instrument system. AI Toulouse
14. Airbus Industries S.A.S. (2010) The future by airbus. AI Toulouse
15. Airbus Industries S.A.S. (2011) ETOPS, 4 or against? AI Toulouse
16. Airline Operators and Pilots Association Germany, Egelsbach
17. Amt für Flugsicherung der Bundeswehr (2004) Frankfurt am Main
18. Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (2011) ADV, Berlin
19. Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (2011) Luftfahrt und Umwelt. ADV, Berlin
20. Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (2012) Verkehrsstatistiken. ADV, Berlin
21. Arnold D (2004) Handbuch Logistik, 2. Aufl. Springer, Berlin. ISBN 3-540-40110-5
22. AWI (2010) Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, Bremerhaven
23. Bauhaus Luftfahrt e.V. (2012) München
24. Berliner Flughäfen GmbH (2011) Berlin
25. BFU (2011) Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung, Braunschweig
26. BGBl. I (1997) Bundesgesetzblatt, 2888–2889, Berlin
27. BGBl. I (1997) Bundesgesetzblatt, 2890–2892. Berlin
28. BGBl. I S. 35 (1999) Landeplatz-Lärmschutz-Verordnung, Berlin
29. Board of Airline Representatives in Germany, Frankfurt

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2,

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

30. Bodenabfertigungsdienst-Verordnung (1997) vom 10. Dez 1997 (BGBl. I S. 2885), die zuletzt durch Artikel 1 der Verordnung vom 10. Mai 2011 (BGBl. I S. 820) geändert worden ist, Berlin
31. Boeing (2007) Boeing Commercial Airplane Company, Seattle
32. Boschung (2006) Boschung Mecatronic GmbH, Heppenheim
33. Bundesministerium des Innern (2011) B 3 – 643 140/9. Berlin
34. Bundesministerium der Justiz (2005) Bundesanzeiger. Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Genehmigung der Anlage und des Betriebs von Hubschrauberflugplätzen vom 19.12.2005, Berlin. ISSN 0720-6100
35. Bundesminister für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen (2001) In: Telematik im Verkehr, Baustein einer Integrierten Verkehrspolitik, Bonn und Berlin
36. Bundesminister für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (2011) Berlin und Bonn
37. Bundesverband der Deutschen Luftverkehrswirtschaft (2012) Berlin
38. Bundesverband der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie (2012), Berlin
39. CAE (2011) CAE Electronics, Montreal
40. Clarke Bill (1996) Aviators guide to GPS. The McGraw-Hill Companies Inc., New York
41. Delair (2007) Informationen zu *darts*^{4D}-AMAN/DMAN, *sally*-RMAN, A-CDM. Delair Air Traffic Systems GmbH, Braunschweig
42. Deutsche Industrie Norm (2007) DIN-Norm 31051. Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin
43. Deutsche Industrie Norm (1983) DIN 9020, Teil 1. Masseaufteilung für Luftfahrzeuge schwerer als Luft, Massehauptgruppen und Massebegriffe, Übersicht. Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin
44. Deutsche Industrie Norm (1983) DIN 9020, Teil 2. Masseaufteilung für Luftfahrzeuge schwerer als Luft, Massehauptgruppen und Massebegriffe, Definitionen. Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin
45. Deutsche Lufthansa (2012) Deutsche Lufthansa AG, Frankfurt am Main
46. Deutsche Lufthansa (2010) Deutsche Lufthansa Berlin-Stiftung, Berlin
47. Deutsche Lufthansa (2010) Flight crew manual. Deutsche Lufthansa AG, Frankfurt am Main
48. Deutsche Lufthansa (2012) Lufthansa Cargo AG. Verkehrsflughafen Frankfurt/Main und Kelsterbach (Hessen)
49. Deutsche Lufthansa (2007) Lufthansa Technik AG, Hamburg
50. Deutsche Lufthansa (1988) Jet airplane performance. Lufthansa Consulting GmbH, Köln
51. Deutsche Lufthansa (2011) Umweltkonzepte Konzern. Deutsche Lufthansa AG, Frankfurt/Main
52. Deutsche Lufthansa (2011) Lufthansa Flight Training Center. Frankfurt Flughafen
53. Deutscher Bundestag (2006) Gesetz zur Verbesserung des Schutzes vor Fluglärm in der Umgebung von Flugplätzen, Drucksache 16/508, Berlin
54. Deutscher Bundestag (2006) Gesetz zur Verbesserung des Schutzes vor Fluglärm in der Umgebung von Flugplätzen, Anschluss-Drucksache 16(16)198, Berlin
55. Deutscher Bundestag (2006) Gesetz zur Verbesserung des Schutzes vor Fluglärm in der Umgebung von Flugplätzen, Drucksache 16/508, Berlin
56. Deutsches Institut für Normung e. V. (2012) Berlin
57. DFS Deutsche Flugsicherung (2012) Langen
58. DFS (2012) DFS Deutsche Flugsicherung, Luftfahrthandbuch der Bundesrepublik Deutschland (AIP), Band I und II. DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Langen (Hessen) (Anmerkung: Der Abdruck der Luftfahrtkarten erfolgte mit freundlicher Genehmigung der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH. Die Karten haben Beispielcharakter und dürfen *nicht* für navigatorische Zwecke benutzt werden!)

59. DFS (2004) DFS Deutsche Flugsicherung, Luftfahrthandbuch der Bundesrepublik Deutschland (AIP), VFR. DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Langen (Hessen)
60. DFS (2005) DFS Deutsche Flugsicherung, Richtlinien für die Anlage und den Betrieb für Flugplätze im Sichtflug- und Instrumentenflugbetrieb für die Bundesrepublik Deutschland. DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Langen (Hessen)
61. DFS (2000) DFS Deutsche Flugsicherung, Nachrichten für Luftfahrer Teil II (II-41/00), Maßeinheiten zur Verwendung bei der Musterzulassung von Luftfahrzeugen. DFS Deutsche Flugsicherung, Langen (Hessen)
62. DFS (1992) DFS Deutsche Flugsicherung, Büro Nachrichten für Luftfahrer, Verordnung über die Flugsicherungsausrüstung der Luftfahrzeuge, Sonderdruck der DFS Deutsche Flugsicherung, Langen (Hessen)
63. DFS (2005) DFS Deutsche Flugsicherung, Büro Nachrichten für Luftfahrer, Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Kennzeichnung von Luftfahrthindernissen, NfL Teil I, 5/05. DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Langen (Hessen)
64. DFS (1999) DFS Deutsche Flugsicherung, Ortung im Luftverkehr, Ein Beitrag zur Sicherheit und Kapazitätssteigerung. DFS Deutsche Flugsicherung, Offenbach am Main
65. DFS (1998) DFS Deutsche Flugsicherung, Die Technik der Flugsicherung, Die Zukunft gestalten. DFS Deutsche Flugsicherung, Langen (Hessen)
66. DFS (2012) DFS Deutsche Flugsicherung, Luftsicherheitsgesetz, LuftSiG, Sonderdruck der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Langen (Hessen)
67. DFS (2011) DFS Deutsche Flugsicherung Luftverkehrsgesetz (LuftVG), DFS Deutsche Flugsicherung, Büro Nachrichten für Luftfahrer. DFS Deutsche Flugsicherung, Langen (Hessen)
68. DFS (2011) DFS Deutsche Flugsicherung, Luftverkehrsrecht, Erste Durchführungsverordnung zur Betriebsordnung für Luftfahrtgerät (Anwendungsbestimmungen zu Anhang III – EU-OPS- der VO (EWG) Nr. 3922/91 (1. DV LuftBO), DFS Deutsche Flugsicherung, Büro Nachrichten für Luftfahrer, Langen (Hessen)
69. DFS (2012) DFS Deutsche Flugsicherung, Luftverkehrs-Bausordnung LuftBO. Sonderdruck der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Langen (Hessen)
70. DFS (2012) DFS Deutsche Flugsicherung, Luftverkehrs-Ordnung LuftVO. Sonderdruck der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Langen (Hessen)
71. DFS (2012) DFS Deutsche Flugsicherung, Luftverkehrs-Zulassungs-Ordnung LuftVZO. Sonderdruck der DFS Deutsche Flugsicherung, Langen (Hessen)
72. DFS (2012) DFS Deutsche Flugsicherung, Verordnung über die Erhebung von Kosten für die Inanspruchnahme von Diensten und Einrichtungen der Flug sicherung beim An- und Abflug (FS- An- und Abflug-Kostenverordnung – FSAAKV). DFS Deutsche Flugsicherung, Langen (Hessen)
73. DFS (2011) DFS Deutsche Flugsicherung, Kostenverordnung der Luftfahrtverwaltung LuftKostV. Sonderdruck der DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Langen (Hessen)
74. DLR (2003) Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Braunschweig Flughafen
75. DLR (2007) Lärmforschung, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Braunschweig
76. DWD (2011) Deutscher Wetterdienst, Zentralamt/Flugwetterdienst, Offenbach a. M.
77. EASA (2012) Certification specifications and acceptable means of compliance for large aeroplanes CS-25. Europäische Agentur für Flugsicherheit, Köln
78. EASA (2012) Europäische Agentur für Flugsicherheit, vgl. EU-OPS, Köln
79. EASA (2012) Europäische Agentur für Flugsicherheit, OPS 1.430, Abschnitt E, Allwetterflugbetrieb, Köln
80. EASA (2011) Europäische Agentur für Flugsicherheit, EU-OPS 1.605, Abschnitt J, Masse und Schwerpunktlage

81. EC (2009) Single European Sky, ATM Research Programme. European Commission, Brüssel
82. EC (2003) Galileo, Global Satellite Navigation Services for Europe. European Commission, Directorate-General VII Transport, Brüssel
83. ECAC (2007) Paris
84. ECAC (1991) ECAC handbook on airport guidelines, Paris
85. EEC (2008) Commission regulation, No 859/2008, Annex 1, OPS 1.255, Fuel Policy, Brüssel
86. EG (2011) Verordnung Nr. 549/2004 Begriffsbestimmungen, Brüssel
87. EG (2011) Verordnung Nr. 859/2008, EU-OPS 1, Abschnitte F, G, H, I, Brüssel
88. EG (2002) Verordnung Nr. 1592/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates, vom 15. Juli 2002, Brüssel
89. EG (2002) EG-Verordnung Nr. 2320/2002 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dez 2002, ABl. Nr. L 355/1, zur Festlegung gemeinsamer Vorschriften für die Sicherheit in der Zivilluftfahrt, Brüssel
90. EG (2004) Verordnung (EG) Nr. 793/2004 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. April 2004 zur Änderung der Verordnung (EWG) Nr. 95/93 des Rates über gemeinsame Regeln für die Zuweisung von Zeitnischen auf Flughäfen der Gemeinschaft (Konsolidierter Text), Brüssel
91. EG (2011) Verordnung Nr. 549/2004 Begriffsbestimmungen, Brüssel
92. EG (2011) Verordnung Nr. 859/2008, EU-OPS 1, Abschnitte F, G, H, I, Brüssel
93. EU (2011) OPS 1.192, Terminologie, Brüssel
94. Eurocontrol (2012) Europäische Organisation zur Sicherung der Luftfahrt, Brüssel
95. Eurocontrol (2012) Central Office for Delay Analysis (CODA), Brüssel
96. EWG (1996) Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 228/1, Entscheidung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Juli 1996, Brüssel, Belgien
97. EWG (1992) Amtsblatt der Europäischen Ge meinschaften Nr. L 240/8, Verordnung Nr. 2408/92 des Rates vom 23. Juli 1992, Brüssel, Belgien
98. EWG (2010) VO (EWG) 3922/91, Anhang III, OPS1, Abschnitt K, OPS 1. …ff
99. EWG (2007) VO (EWG) 2408/92 Artikel 2, Begriffsbestimmungen, EWG, Brüssel, Belgien
100. Ferriere R (2011) Besancon
101. Flughafenkoordinator der Bundesrepublik Deutschland (2004) Verkehrsflughafen Frankfurt, Frankfurt/Main
102. Fraport (2012) Bildarchiv. Verkehrsflughafen Frankfurt/Main, Frankfurt am Main
103. Fraport (2011) Firmen-Informationen. Verkehrsflughafen Frankfurt/Main, Frankfurt am Main
104. Fraport (2004) Digitaler Bündelfunk, Systembeschreibung. Verkehrsflughafen Frankfurt/Main, Frankfurt am Main
105. Fraport (2012) Flughafenentgelte, Entgelte für Zentrale Bodenverkehrsdienst- Infrastruktureinrichtungen (Stand 01. Januar 2012) FBA-WE, BVD-IE. Verkehrsflughafen Frankfurt/Main, Frankfurt am Main
106. Fraport (2004) Gepäckförderanlage Fraport. Verkehrsflughafen Frankfurt/Main, Frankfurt am Main
107. Fraport (2007) Informationen zu DMAN-FRA. Fraport AG, Frankfurt/Main
108. Fraport (2000) Kompendium Luftverkehr. Airport Academy, Verkehrsflughafen Frankfurt/Main, Frankfurt am Main
109. Fraport (2010) Winterdiensthandbuch. Verkehrsflughafen Frankfurt/Main, Frankfurt am Main
110. FSAV (2004) Verordnung über die Flugsicherungsausrüstung der Luftfahrzeuge vom 26. Nov 2004 (BGBl. I S. 3093), Berlin, Deutschland
111. Honeywell Airport Systems (2007) Produkt-/Bildarchiv. Honeywell Airport Systems GmbH, Wedel

112. IATA (2004) Airport development reference manual, 9. Aufl. International Air Transport Association, Genf, Montreal
113. IATA (1995) Airport terminal reference manual, 6. Aufl. International Air Transport Association, Genf, Montreal
114. ICAO (1998) Document 8168-OPS/611, Bd. I, 4. Aufl. Procedures for air navigation services, Aircraft operations, Part V, Chapter 3. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
115. ICAO (1993) Document 8168-OPS/611, 4. Aufl. Procedures for air navigation services, Aircraft operations, Bd. 1, Flight procedures. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
116. ICAO (1993) Procedures for air navigation services, aircraft operations, Bd. II, Construction of visual and instrument flight procedures, 4. Aufl. Doc 8168-OPS/611. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
117. ICAO (1984) Aerodrome design manual, Doc 9157-AN/901. Part 1: Runways, 2. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
118. ICAO (2005) Aerodrome design manual, Doc 9157-AN/901. Part 2: Taxiways, aprons and holding bays, 4. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
119. ICAO (1983) Aerodrome design manual, Doc 9157-AN/901. Part 3: Pavements, 2. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
120. ICAO (2004) Aerodrome design manual, Doc 9157-AN/901. Part 4: Visual aids, 4. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
121. ICAO (1983) Aerodrome design manual, Doc 9157-AN/901. Part 5: Electrical systems, 1. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
122. ICAO (1987) Airport planning manual, Doc 9184-AN/902. Part 1: Master planning, 2. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
123. ICAO (2002) Airport planning manual, Doc 9184-AN/902. Part 2: Land use and evironmental control, 3. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
124. ICAO (1983) Airport planning manual, Doc 9184-AN/902. Part 3: Guidelines for consultant/construction services, 1. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
125. ICAO (1990) Airport services manual, Doc 9137-AN/898. Part 1: Rescue and fire fighting, 3. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
126. ICAO (2002) Airport services manual, Doc 9137-AN/898. Part 2: Pavement surface conditions, 4. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
127. ICAO (1991) Airport services manual, Doc 9137-AN/898. Part 3: Bird control and reduction, 3. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
128. ICAO (1996) Airport services manual, Doc 9137-AN/898. Part 5: Removal of disabled aircraft, 3. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
129. ICAO (1983) Airport services manual, Doc 9137-AN/898. Part 6: Control of obstacles, 2. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
130. ICAO (1991) Airport services manual, Doc 9137-AN/898. Part 7: Airport emergency planning, 2. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
131. ICAO (1983) Airport services manual, Doc 9137-AN/898. Part 8: Airport operational services, 1. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
132. ICAO (1984) Airport services manual, Doc 9137-AN/898. Part 9: Airport maintenance practices, 1. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
133. ICAO (2004) Guidance on the balanced approach to noise management, Doc 9829/AN451, 1. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
134. ICAO (2011) Heliport manual, 3. Aufl. Doc 9261-AN/903. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
135. ICAO (2001) Manual on certification of aerodromes, Doc 9774, AN/969. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal

136. ICAO (2005) Safety management, Document Doc 9774 AN/969. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
137. ICAO (2005) Safety management manual, Doc 9859-AN/460, Part 1–3. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
138. ICAO (1991) Security manual for safeguarding civil aviation against acts of unlawful interface, 4. Aufl. Doc 8973/4-Restricted. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
139. ICAO (1981) Advisory circular issue no.1, Microwave landing system, ICAO Circular 165-AN/104. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
140. ICAO (2004) Annual report of the council. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
141. ICAO (2011) Annex 2, Rules of the air. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
142. ICAO (2011) Annex 6, Operation of aircraft. Part I: International commercial air transport – aeroplanes. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
143. ICAO (2011) Annex 8, Airworthiness of aircraft. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
144. ICAO (2011) Annex 10, Aeronautical telecommunications. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
145. ICAO (2004) Annex 11, Air traffic services. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
146. ICAO (2011) Annex 14, Bd. I, Aerodrome design and operations, 3. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
147. ICAO (2011) Annex 14, Bd. II, Heliports, 2. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
148. ICAO (2011) Annex 14, Bd. II, Hubschrauberflugplätze, Sonderdruck des Büros Nachrichten für Luftfahrer. DFS Deutsche Flugsicherung, Langen (Hessen)
149. ICAO (2004) Annex 15, Aeronautical information service. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
150. ICAO (2011) Annex 16, Bd. I, Environmental protection, Aircraft noise, 3. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
151. ICAO (2011) Annex 16, Bd. II, Environmental protection, Aircraft engine emissions, 2. Aufl. lnternational Civil Aviation Organisation, Montreal
152. ICAO (2011) Annex 17, 8. Ausgabe, Luftsicherheit (Übersetzung), Sonderdruck des Büros Nachrichten für Luftfahrer. DFS Deutsche Flugsicherung GmbH, Langen (Hessen)
153. Initiative Luftverkehr (2006) Masterplan zur Entwicklung der Flughafeninfrastruktur, Frankfurt am Main
154. Intraplan (2006) Luftverkehrsprognose deutschland 2020 als grundlage für den „Masterplan zur Entwicklung der Flughafeninfrastruktur zur Stärkung des Luftverkehrsstandortes Deutschland im internationalen Wettbewerb". Intraplan Consult GmbH, München
155. Jeppesen (2007) Jeppesen GmbH, Neu Isenburg
156. Joint Aviation Authorities (2007) JAA Headquarters, Hoofddorp
157. Joint Aviation Authorities (2004) JAR-OPS 1, Subpart F, G, H, J. Joint Aviation Authorities, Hoofddrop
158. Joint Aviation Authorities (2010) JAR-25, Large aeroplanes. Joint Aviation Authorities, Hoofddrop
159. Laufer J (2002) Ermittlung der Griffigkeit von Verkehrsflächen mittels KFZ-Datenspeicherung. Hochschule Konstanz, Konstanz
160. LBA (2011) Luftfahrtbundesamt, Braunschweig
161. Luftfahrtnorm (1970) LN 9300, Flugmechanik, Begriffe, Benennungen, Zeichen, Grundlagen. Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin

162. Mensen H (2003) Handbuch der Luftfahrt, 1. Aufl. Springer, Berlin. ISBN 3-540-585702
163. Mensen H (2004) Moderne Flugsicherung, 3. Aufl. Springer, Berlin. ISBN 3-540-205810
164. Mensen H (2011) Planung, Anlage und Betrieb von Flugplätzen. Springer, Berlin. ISBN 978-3-540-68106-9
165. Mensen H (2011) Foto mit freundlicher Genehmigung der Deutschen Lufthansa
166. Mensen H (2011) Foto Luftfahrtmuseum Flugplatz Berlin Gatow, Berlin
167. Mensen H (2012) eigene Darstellung oder eigenes Photo
168. MTU (2006) Münchener Turbinen Union Aero Engines Holding AG, München
169. NASA (1999) International Runway Friction Index, Research Aims To Prevent Accidents on Hazardous Runways, FS-1999-07-45-LaRC 61. Ames Research Center, San Francisco
170. NFS Navigations- und Flugführungs- Systeme GmbH (1998) Feldversuch München ILS/MLS/DGPS, Abschlußbericht, Dasa. Ulm
171. Øveraasen (2005) Øveraasen AS, Norwegen
172. Pfohl Hans-Christian (1995) Logistiksysteme, Betriebwirtschaftliche Grundlagen, 5. Aufl. Springer, Berlin
173. Planco (2000) Ergänzung der Methodik der Bundesverkehrswegeplanung zur Berücksichtigung der Auswirkungen von Verbesserungen der Hinterlandverkehrsinfrastruktur auf den See- bzw. Flughafenwettbewerb. Planco Consulting GmbH, Essen
174. Pompl W (2001) Luftverkehr. Springer, Berlin
175. Richtlinie 2008/101/EG des Europäischen Parlaments und des Rates (2008) vom 19. November 2008 zur Änderung der Richtlinie 2003/87/EG zwecks Einbeziehung des Luftverkehrs in das den Handel mit Treibhausgas Emissionszertifikaten in der Gemeinschaft, Brüssel
176. Schnell K (2001) Zivil/militärische Integration, Grundlagen, DFS Länderforum. DFS Deutsche Flugsicherung, Langen
177. Siemens AG (2012) Siemens Produkt-/Bildarchiv, Fürth
178. Verband deutscher Flugleiter e. V. (2012) Frankfurt am Main
179. Vereinigung Cockpit e. V. (2012) Neu Isenburg
180. Verkehrslandeplatz Egelsbach (2012) Hessische Flugplatz GmbH Egelsbach, Egelsbach
181. Weidner S (2012) Sensitivitätsanalyse startlauf- und steigflugbeeinflussender Parameter von Verkehrsflugzeugen im Hinblick auf die Lärmimmissionen und die Kraftstoffverbrauche. Dissertation TU Berlin 2012, Nürnberg
182. Wöhe (1976 ff) Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre. Verlag Vahlen, München

Sachverzeichnis

A
ABC-Analyse, 1372
Abfertigung, 1101
  betriebliche, 1101
  Fahrzeuge, 1153
  Geräte, 1153
  Maschinen, 1153
  verkehrliche, 1101
Abfertigungsgebühr, 1263
Abfertigungshalle, 681
Abfertigungsorganisationseinheit, 1127
Abfertigungsprozess, 678, 1121
  DV-/IT-Technologien, 1131
  Frachtflugzeug, 1124
  Kommunikationstechnologien, 1131
  Passagierflugzeug, 1122
    mit Beifracht, 1124
Abfertigungstypen, 1116
Abflug
  einmündende Startbahnen, 560
  in Gegenrichtung, 561
  mit Flugverkehrskontrolle ohne Radar, 560
  sich kreuzende Startbahnen, 560
Abflugbereich, 661
  Gesamtvorfahrtlänge, 661
Abflugfläche, 760
Abfluggate, 695
Abfluggepäck, originäres, 686
Abflugverfahren, 570, 591
  lärmminderndes, 593
Abfragesignal, 936
Abgrenzungsrechnung, 1257
Abholer, 650
Abrollkurve, 749
Abschreibung, 1285, 1313
Abstellentgelt, 1334
Abtastsignal, 914
Accelerate-Go Distance, 188
Accelerate-Stop Distance, 188
Aerodrome Manual, siehe Flughafenhandbuch
Aerodrome-Chart, 578
Aerodynamik, 85, 228
Aeronautical Fixed Telecommunication Network (AFTN), 852
Aeronautical Information Publication, siehe Luftfahrthandbuch
Aeronautical Information Service, siehe Flugberatungsdienst
Aeronautical Telecommunication Network (ATN), 346, 824, 853
Aeroplane Flight Manual (AFM), 142
Aggregations-Umfeld, 456
Air Operators Certificate, 405
Air Traffic Control (ATC), 393
  Flugplan, 248
Air Traffic Management (ATM), 343, 421
  Simulator, 339
Air Traffic Services, 516
  Route, 520
Air Transport Association (ATA), 124
  Chapter Verzeichnis, 124
  Systematik der Flugzeugsysteme, 124
Airborne Collision Avoidance Systems (ACAS), siehe auch Kollisionswarnsystem, 345
Airborne Separation Assurance System (ASAS), 346
Airbus, 28, 87, 351
  A320neo Familie, 351
  A380, 105
  ConceptPlane, 353
Aircraft Operation Manual (AOM), 151
Airliner, hybrider, 357

H. Mensen, *Handbuch der Luftfahrt*, DOI: 10.1007/978-3-642-34402-2,
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Airport Configuration, 772
Airport Council International (ACI), 394
Airway Marker, 907
Airworthiness Directive (AD), 139
Airworthiness Standards, 139
Aktionsraum, siehe Luftraum
Akustik, 1425
  physikalische Grundlagen, 1425
Alarmstufen, 506
All-Call-Abfrage, 942
Allgemeine Luftfahrt, 23
Allianz, strategische, 1237
Allowed Traffic Load, 183
Allwetterflugbetrieb, 526
Amortisationsrechnung, 1299
Amplitudenmodulation (AM), 856
An- und Abfluggebühr, 1286
An- und Abflugverfahren, lärmoptimiertes, 1455
An-/Abflugverfahren, 778
Analog/Digital Konverter (ADC), 944
Anbieteroligopol, 1190, 1213
Andockführungssystem, optisches, 1059
Anfangsanflugfunkfeuer, 589
Anfangsanflugpunkt, 578
Anfangsanflugsegment, 572
Anflug
  in Gegenrichtung, 561
  mit Flugverkehrskontrolle ohne Radar, 559
Anflugbefeuerungssystem, 1015, 1019
Anflugfeuer, 1018
Anflugfläche, 758
Anflugkonfiguration, 195
Anflugsektor, 623
Anflugverfahren, 570
  lärmminderndes, 583
Angebotsflexibilität, 13
Anhörungsbehörde, 620
Ankunftsgepäck, 686
Anlagen des ruhenden Verkehrs, 664
Anlagevermögen, 1313
Annuitätenmethode, 1300
Anschlusskabotage, 405
Antennenanlage, 866
Antrag auf Planfeststellung, 622
APAPI-System, 1033
Approach Lighting System (ALS), 898
Aquaplaning, 190
Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen (ADV), 441
Arbeitslastmodell, 340
Arbeitsschutz, 1108
Arrival-Manager, 978
Arrivalservice, 1129
Asset-based Financing, 1396
Asset-based Lending, 1400
Association Francaise de Normalisation (AFNOR), 73
Association of European Airlines (AEA), 412
  Organisationsstruktur, 414
Atmosphäre, 1475
Attitude Director Indicator (ADI), 29, 907
Aufsetzzonenfeuer, 1045
Aufsetzzonenmarkierung, 995
Auftrieb, 228
  der Tragfläche, 230
  des Höhenleitwerks, 230
Auftriebsbeiwert, 228
Augmentationsservice, 885
Auslegungsrichtlinien Cockpit, 122
Außenfinanzierung, 1398
  mit Eigenkapital, 1398
  mit Fremdkapital, 1399
Außenkettenfeuer, 1041
Ausweichbestimmungsflugplatz, 222
Ausweichempfehlung, 961, 962
Ausweichflug, 248
Ausweichflugplatz, 158, 254
Ausweichkraftstoff, 220
Ausweichmanöver, 546
Ausweichregeln, 546
Automated People Mover, 696
Automatic Dependance Surveillance, 955
Automatic Direction Finder (ADF), siehe Funkpeilanlage, automatische
Azimutführungseinheit, 1060
Azimuth Guidance for Nose-in Stands, 1060

B

Baggage Reconciliation, 692
Balance Chart, 232, 234
Balanced Field Length, 188
Baugesetzbuch, 628
Bauschutzbereich, 622, 624
  beschränkter, 625
Baustellenkoordinationsfahrzeug, 1161
Bedarfsplanung, 1372, 1385
  strategische, 1386
Bedürfnis, 1180

Befeuerung, 1007
von Objekten, 1087
Befeuerungssystem, 1007
für die Anflugführung zur Landebahn, 1038
für Sichtanflüge, 898
Beförderungsangebot, 437
Beförderungsdokument, 380
Beförderungspflicht, 13, 14
Begegnung, gefährliche, 471
Begleiter, 649
Beiladefracht, 89
in Passagierflugzeugen, 22
Beladung, 144, 223, 227
Beladungs- und Schwerpunktsbestimmungs-handbuch, 144
Bereitschaftskosten, 1261
Bereitschaftszeit, 1245
Bermuda-Abkommen, 377
Bermuda-Klausel, 438
Besatzungsdienst, 1111
Beschaffungsplanung, 1372, 1374
Gesamtkostenstruktur, 1381
Bestandskonten, 1304
Bestellpunktsystem, 1378
Bestellrhythmussystem, 1378
Bestimmungsausweichflugplatz, 200
Planungsmindestbedingungen, 201
Bestimmungsflugplatz, 200
Planungsmindestbedingungen, 201
Betankungsdienst, 1111
Beteiligung, 1239
Beteiligungsfinanzierung, 1398
Betriebsabrechnung, 1265
Betriebsanlage, 612
Betriebsausrüstung, 128
Betriebsbeschränkung, lärmbedingte, 429
Betriebsergebnis, 1269
Betriebsergebnisrechnung, 1268
Betriebsgenehmigung, Widerruf, 632
Betriebsgrößeneffekt, 1194
Betriebshandbuch, 135, 136
Betriebskosten
direkte, 1279, 1283
fixe, 1285
variable, 1286
indirekte, 1279, 1288
Betriebsleermasse (Dry Operating Mass)
Toleranzen, 225
Betriebsordnung für Luftfahrtgerät (LuftBO), 129
Betriebspflicht, 14
Betriebspflichtbefreiung, 633
Betriebsschwerpunktbereich, 227
Betriebsvorschrift, 135
Beweglicher Flugfunkdienst, 847
Beyond Economical Repair (BER), 1362
Bilanz, 1306
Formalaufbau, 1307
Wertansätze, 1312
Bilanzaufstellung, 1306
Bilanzgewinn, 1320
Bilanzierungsgrundsätze, 1311
Bilanzverlust, 1320
Bilanzwahrheit, 1311
Blended Wing Body, 103, 352
Blitzfeuer, 1091
Block Fuel, 183, 248
Board of Airline Representatives in Germany, 443
Bodenabfertigung, 982, 983
Bodenabfertigungsdienst, 1103, 1105
Anforderungen, 1113
Aufgabenspektrum, 1110
Verordnung, 1103
Bodenabfertigungsdienstleister, 1128
Bodenannäherungs-Warnanlage, 959
Bodenrollführungssystem, 1048
Bodensignal, 551
Bodenuntersuchung, 607
Boeing, 87
Bord-Boden-Kommunikation, 823
Bordrechnertechnik, 30
Bordverpflegung, 1123
Bordverpflegungsdienst, 1112
Boxwing, 354
Breitenminute, 209
Bremsreibungskoeffizient, 196
Brennkammer, 28
Briefpostsendung, 23
British Standards Institution (BSI), 73
Broadcast Call, siehe Rundspruch
Buchhaltung, 1303
doppelte, 1303
kaufmännische, 1303
Bündelfunk, digitaler, 834
Bundesaufsichtsamt für Flugsicherung, 496
Bundesauftragsverwaltung, 462
Bundesflagge, 80
Bundesminister für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, 465

Bundesministerium
der Verteidigung, 464
des Inneren, 463
Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung, 469
Bundesverband
der Deutschen Luft- und Raumfahrtindustrie, 440
der Deutschen Luftverkehrswirtschaft, 439
Bundesverkehrswegeplan, 40
Burroughs Optical Lense Docking System, 1064
Busbahnhof, 652, 665
Buslinie, 651
Busparkfläche, 665
Bypass Ratio, 243
Bypassluftstrom, 1434

C
Calibrated Airspeed (CAS), 176
Carrier Acquisition, 915
Cash Operating Cost (COC), 1289
Catering, siehe Bordverpflegung
Center of Gravity (CG), siehe Schwerpunkt
Center of Pressure (CP), siehe Druckpunkt
Central Flow Management Unit, siehe Verkehrsflusssteuerungszentrale
Certification Specification (CS), 109
Charterverkehr, 375
Check-in
elektronisches, 683
Fly and Rail, 687
Gepäckabfertigung, 687
Check-in Schalter, 679
City-Pairs, 1191
Claire Liner, 354
Clearway, siehe Freifläche
Cockpit, 28
Auslegungsrichtlinien, 122
Cockpitausrüstung, 122
Code of Conduct for Slotallocation, 403
Code Sharing, 405, 1236
Collision Avoidance Model, 963
Common Check-in Anordnung
Durchgangskonzept, 681
Inselkonzept, 679
Linearkonzept, 679
Common ICAO Data Interchange Network (CIDIN), 854
Complete Unit Handling, 706
Computerreservierungssystem (CRS), 402, 1222
Configuration Deviation List, 144
Confirmed Off-block-Time (COB), 982
Container, 22, 98
Continuous Descent Approach (CDA), 589, 1457
Controlled Flight Into Terrain (CFIT), 471
Controller Pilot Data Link (CPDLC), 345
Convention on International Civil Aviation, 372
Cost Index, 208
Crew-Bus, 653
Crew-Einsatzplanung, 1245
Crew-Konzept, 30
Cross-Border Leasing, 1403
Crossing Advisory, 967

D
Dämpfungseffekt, 1429
Dangerous Goods, 19
Darlehen, langfristiges, 1399
Data Recording Facility (DRF), 1173
Datenkommunikation, 825, 850
Datenkommunikationsdienst, 844
Datenverarbeitungssystem, 713
Dauerflugplan, 197, 248
Dauerschallpegel, 1439, 1443
äquivalenter, 1446
Dead-Head-Flug, 1244
Deckungsbeitrag, 1277
Deckungsbeitragsrechnung, 1270
Decompression, 210
Degarbling, 938
Delayed Flap Approach, 590, 1458
Departure Management System, 982
Deutsche Flugsicherung GmbH, 497
Deutsche Flugsicherung Kommunikationssysteme (DFS), 845
Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt, 447
Deutsche Gesellschaft für Ortung und Navigation, 448
Deutscher Wetterdienst (DWD), 203, 460, 490
Aufgaben, 492
Organisation, 494
Deutsches Institut für Normung, 70
Dichtekorrekturfaktor, 177

Dienstleistungsnormen, 69
Digitaler Zielextraktor (DZE), 944
  Echoerkennung, 946
  Systemaufbau, 946
Direct Operating Costs (DOC), 1279, 1346, 1389
  Berechnung, 1280
Direct Routing, 1170
Direct-Costing, 1271
Diskontierungsmethode, 1300
Distance Measuring Equipment (DME), 872, 910
Distance Modification (DMOD), 965
Dolly, 705, 1157
Doppler-Effekt, 896
Doppler-Radar, 896
Dopplerpeiler, 952
Drift Down Procedure, 215
Dringlichkeitssignal, 549
Druckabfall, 210
Druckkabine, 28, 215
Druckluftentnahme, 242
Druckpunkt, 230
Dry Operating Index (DOI), 234
Dry Operating Mass (DOM), siehe Betriebsleermasse
Durchführungsverordnung, 427
Durchstartfläche, 760

E

E-scan Antenne, 957
EASA Certification Specification, 109
EASA-Bauvorschriften, 107
EATCHIP Programm (European Air Traffic Control Harmonisation and Integration Programme), 343
Echtzeitsimulator, 340
Eigenpeilung, 863
Ein-/Ausreisekontrolle, 692
Einbahnsystem, 725
Einflugzeichensender, 903
Einlagenfinanzierung, 1398
Eintragungszeichen, 79
Einzelkosten, 1260
Einzelkostenrechnung, 1262
Einzelruf, 841
Eiswarnanlage, 1142
Electronic Flight Information System (EFIS), 30, 969
Emergency-Traffic, 1199
Emission, 1415
  Ausbreitungsverhalten, 1420
Emissionshandel, 1420, 1487
Emissionswert, 1330
Endanflugsegment, 573
Engine Condition Monitoring“ (ECM), 1357
Engine Pressure Ratio (EPR), 236
Enhanced Ground Proximity Warning System (EGPWS), 959
Enteisungseinrichtung, 755, 1051, 1151
  Ausgangsfeuer, 1056
Enteisungsfläche, 756
Entgelt
  emissionsbezogenes, 1329
  für Landungen und Starts, 1325
  lärmbezogenes, 1326
  massebezogenes, 1325
Entgeltsystem, 1323
Ephemeriden, 888
Equivalent Airspeed (EAS), 177
Erfolgskonten, 1304
Erfolgsrechnung, kurzfristige, 1268
Ergänzungsausrüstung, 120
  Betriebsart, 121
  Betriebsbedingungen, 121
  Verwendungszweck, 120
Ermüdungsfestigkeitsversuch, 245
Ersatzinvestition, 1296
Erstinstandhaltungssystem 1350
Erweiterungsinvestition, 1296
Eurocontrol, 420
Europäische Agentur für Flugsicherheit, 417
Europäische Integration, 409
Europäische Transportarbeiter-Föderation (ETF), 423
European Aeronautic Defence and Space Company (EADS), 816
European Airlines Research Bureau (EARB), 412
European Aviation Safety Agency (EASA), 417
European Civil Aviation Conference (ECAC), 399, 411
European Regions Airlines Association (ERA), 413
Exhaust Gas Temperature (EGT), 190
Exportkredit, 1401
Expressgut, 17
Extended Twin Operations (ETOPS), 210

F
Fahrstraßen-Halt(eort)feuer, 1066
Fahrstraßen-Halt(eort)markierung, 1005, 1076
Fahrtmesser, 116, 176
Fahrwerk, 1431
Fahrwerksanordnung, 86
Fan Flow Limit, 241
Fan-Triebwerk, 236, 243
Fastzusammenstoß, 471
Federal Aviation Regulations (FAR), 110
Fehlanflug, 158, 578
Fehlanflugpunkt, 574
Fehlanflugsegment, 574, 578
Fehlmengenkosten, 1293, 1382
Felddetektor, 902
Fernmeldevertrag, internationaler, 824
Fernsprechen, 846
Fernsprechnotsystem, 846
Ferry-Flug, 1120
Fertigproduktlager, 1384
Feuereinheit, 1034
Feuerlöschwesen, 722
Finance Leasing, 1403, 1406
Finanzbuchhaltung, 1251, 1302
Finanzierung, 1393
  Arten, 1395
Fixkosten, 14
Flächennavigation, 520
Flächenverbrauch der Luftfahrt, 1413
Flaggenmarkierung, 1087
Flexible Take-off Thrust, 187
Flexible Thrust Procedure, 239, 596
Flight Check-in, 682
Flight Information Region, siehe Fluginformationsgebiet
Flight Operation, 1129
Flight Path 2050, 1488
Flight Track and Aircraft Noise Monitoring System (FANOMOS), 1452
Flottenmasse, 178, 225, 226
Flottenplanung, 1288, 1385
Flottenplanungskonzept, 1390
Flottenpolitik, 1385
Flottenprogramm, 1242
Flottenschwerpunktlage, 225
Flottenwert, 225
Flugalarmdienst, 506
Flugberater, 250
Flugberatungsdienst, 507
Flugberatungsdienst, 636
Flugbeschränkung, 550, 1461
Flugbeschränkungsgebiet, 530, 534
Flugbetrieb
  der Zukunft, 348
  operationelle Aspekte, 151
  technische Sicherheit, 430
Flugbetriebsdienst, 1111
Flugbetriebsfläche, 717
  Markierungen, 988
  Tragfähigkeit von Belägen, 717
Flugbetriebshandbuch, 147
Flugbetriebsmeldung, 1337
Flugbetriebsreserve, 248
Flugbewegung, 63
  Monatsganglinie, 64
  Tagesganglinie, 64
Flugdatenverarbeitung (FDV), 852
Flugdienst, 10
  direkter, 476
Flugdienstzeit, 1245
Flugdokument, 1234
Flugdurchführungsplan, 200, 207, 246, 489, 1125
Flugfernmeldedienst, 509
Flugfernmeldeverkehr, 510, 824
  Dokumentation von Betriebsdaten, 510
Flugfläche, 514
Flugflächensystem, 513
Flugfunkanlage, 824
Fluggastabfertigung, 1110
Fluggastbefragung, 34
Fluggastsitzanzahl, höchste genehmigte, 153
Fluggepäckschein, 380
Fluggeschwindigkeit, 589
Flughafen, 7
  Ausbauplan, 630
  Betrieb, 629
  Betriebsaufnahme, 631
  Flugplanvermittler, 477
  Genehmigung, 616, 629, 630
    Rechtsgrundlagen, 629
  grüner, 1466
  institutioneller Bereich, 698
  Koordinierung, 427, 472, 477
    Berichterstattung, 490
    Beschwerden, 488
    Recht auf Einlegung von Rechtsmitteln, 488

Voraussetzungen, 478
Zusammenarbeit, 490
Koordinierungsausschuss, 480
Koordinierungsparameter, 481
Leitungsorgan, 477
Sicherung, 632
Flughafen-Rundsicht-Radar, 948, 950
Flughafenbenutzungsordnung, 633
Flughafenbetriebsgesellschaft, 614
Flughafenbezugspunkt, 624
Flughafenentgelt, 1323
Flughafenhandbuch, 634
Flughafeninfrastruktur, 340
Flughafenkoordinator, 479, 489
Unterrichtung, 482
Flughafenplanung, 605
prinzipielle Planungshierarchie, 606
Rechtsgrundlagen, 614
Zuständigkeiten, 614
Flughafensystem, 7, 477, 1104
Flughafenunternehmer, 631, 635
Pflichten, 631
Flughafenvermittler, Unterrichtung, 482
Flughafenwesen, 7
Flughandbuch, 142, 151
Fluginformationsdienst (FIS), 502, 723
Terminal-FIS, 503
Fluginformationsgebiet, 205, 510, 515, 538
Kontrollbezirke, 516
Fluglärm, 583, 1435
Schutzmaßnahmen, 1452
Fluglärmimmission, 1438
Fluglärmkommission, 1459
Flugleistung, 151
gesetzliche Bestimmungen, 151
Flugleistungscode, 110, 175
Flugleistungsdaten, 154
Flugleistungsklasse
A, 154
B, 163
C, 170
Flugliniengenehmigung, 1188
Fluglinienluftverkehr, 44
Fluglinienverkehr, 16
internationaler, 374
Flugmeteorologie, 494
Flugpassage
Direktvertrieb, 1219
indirekter Vertrieb, 1221
Flugplan, 250
Flugplangestaltung, 1246
Flugplanmeldung, 505
Flugplanperiode, 476, 486
Flugplanung, 197, 1243
DV-gestützte, 255
meteorologische, 202
operationelle, 207
streckenspezifische Limitierungen, 210
Flugplanvermittler, 479
Flugplatz, 7, 14, 21, 605
Anlage, 642
äußere Merkmale der Luftseite, 724
Elemente, 642
der Luftseite, 714
geeigneter, 198
geographische Koordinaten, 715
konzeptioneller Entwurf, 613
Landseite, 643
luftseitiges Kapazitätsprofil, 774
Master Plan, 609
planfeststellungspflichtiger, 618
Planungshierarchie, 609
Standortauswahl, 608
Struktur, 642
Terminalbereich, 643, 644
Zufahrt- und Abfahrtwege, 645
Flugplatz-Flugplatz-Transportströme, 37
Flugplatzabmessung, 716
Flugplatzbahnhof, 666
Flugplatzbenutzungsordnung, 1106
Flugplatzbetreiber, 723
Flugplatzbezugspunkt, 715
Flugplatzbezugstemperatur, 716
Flugplatzdaten, 715
Flugplatzerkennungszeichen, 1076
Flugplatzhandbuch, 636
Flugplatzhöhe, 715
Flugplatzinformationssystem, 713
Flugplatzkarte, 578, 582
Flugplatzklima, 1483
Flugplatzleuchtfeuer, 1013
Flugplatzmerkmal, 716
Flugplatzumgebung, 780
meteorologische Bedingungen, 780
Flugplatzverkehr, 1468
Umweltauswirkungen, 1468
Flugpreise, 405
Flugprofil, 1453

vertikales, 280, 322
Flugprogramm, 1242
Flugregeln, 251
Flugregelwechsel, 250
Flugrundfunksendung, 503
Flugsegment, 186
Flugsicherheit, 406, 417
Flugsicherung, 427, 625
An- und Abfluggebühren, 1338
Bundesaufsichtsamt, 496
Kontrollzentralen, 847
Telekommunikationssysteme, 845
zivil-militärische, 499
Zweck und Aufgaben, 497
Flugsicherungsausrüstung, 117, 131
für Flüge nach Instrumentenflugregeln, 119
für Flüge nach Sichtflugregeln, 117
Flugsicherungsbetriebsdienst, 498, 500
Flugsicherungsgebühr, 1262, 1286
Flugsicherungsmeldung, 555
Signale, 555
Flugsicherungsorganisation, 10
Flugsicherungssimulator, 339
Flugsicherungssystem, 1167
Datenmanagement, 1173
Kontrolle, 1175
Systemüberwachung, 1175
Flugsicherungsverfahren, 556
Staffelungsverfahren, 556
startende/landende Flugzeuge, 556
Flugsicherungswesen, 460
Flugsimulator, 327
Anforderungen, 328
Aufbau, 330
Aufgaben, 327
Bedienstation für den Instruktor, 333
Bewegungssystem, 333
Cockpitauslegung, 330
Einsatz, 335
Flugverhalten, 329
Geräuschsystem, 333
Interfaces, 333
physiologische Ausrichtung, 327
Qualitätsmanagement, 337
Rechnersystem, 333
Sichtsystem, 332
Unterstützungseinrichtungen, 334
Flugspur, 1453
Flugsteigbrücke, 1154
Flugsteuerung, 28
Flugstreckenführung, 208
Flugtarif, 437
Flugtriebwerk, 1416
Flugüberwachungsinstrumente, 29
Flugübungsgerät
Einsatzgebiete, 329
synthetisches, 328
Flugverfahren, 207
Klassifizierung, 570
Flugverkehrsberatungsdienst, 507
Flugverkehrsdienst, 197
Flugverkehrskontrolldienst, 499
Betriebsanweisungen, 500
Flugverkehrskontrolle, 421, 500, 512, 559, 576, 603, 953
Flugverkehrskontrolllotsen, 393
Flugverkehrskontrollstelle, 118, 248, 250, 721
Flugverkehrskontrollverfahren, 779
Flugversuchsmuster, 245
Flugvorbereitung, 197, 198
Vorgaben des Gesetzgebers, 198
Flugweg
meteorologische Streckenvorhersagen, 202
Planung, 210
Flugwerk, 1430
Flugwetterbetriebsdienst, 493
Flugwetterdienst, 492
Flugwetterwarte, 495
Flugzeit, 1245
Flugzeitoptimierung, 209
Flugzeug
Abfertigung, 1101
Anforderungen an die Flugleistungen, 111
Ausrüstung, 111
Be- und Entladung, 1118
Beladung, 227
betriebliche Anforderungen der Betreiber, 130
bewegliche Einsatzausrüstung, 128
Einteilung
nach dem Einsatzprofil, 86
nach der Bauart, 81
Ent- und Beladung, 1121
Ergänzungsausrüstung, 120
Grundausrüstung, 112
Lufttüchtigkeit, 111
Masse, 224
Ordnungssystem von Hauptgruppen, 125
Polare, 228
Schwerpunktlage, 224
Sonderausrüstung, 128

Standardausrüstung, 127
Wägung, 224
Zulassungsanforderungen, 107
Flugzeugbau, 26
Flugzeugbeleuchtung, 113
Flugzeugbetreiber
betriebliche Anforderun, 130
flugbetriebliche Anforderungen, 139
operationelle Anforderungen, 135
Flugzeugbewertung, 1288
Flugzeugeigentümer, 131
Flugzeugeinsatzplanung, 1244
Flugzeugentwicklung, 27, 350
Flugzeugfinanzierung, 1393, 1402
Flugzeugführer, 131, 203
Ausbildung, 338
Flugzeughalter, 131
Flugzeughypothek, 1396
Flugzeuginstandhaltung, 1343, 1353
Flugzeuginstandhaltung, siehe auch Instandhaltung
Methoden, 1350
Ziele, 1347
Flugzeugkabine, verbotene Gegenstände, 431
Flugzeugkategorie, 571
Flugzeugkauf, fremdfinanzierter, 1399
Flugzeugkennzeichen, 80
Flugzeugkonzept, 343
innovatives, 352
Flugzeugleermasse, 223
Flugzeugmuster, 1116, 1282
Familienkonzepte, 1391
Kurzstrecken, 1116
mit Bulk-Zuladung, 1116
mit Container-/Paletten-Zuladung, 1116
Langstrecken, 1117
Flugzeugmusterspezialisierung, 1391
Flugzeugmusterstandardisierung, 1390
Flugzeugpalette, Arbeitsstationen, 709
Flugzeugpositionierung
Gebäudeposition, 1120
Vorfeldposition, 1121
Flugzeugprogramm, 350
Flugzeugschlepper, 1130, 1159, 1163
Flugzeugservice, 1111
Flugzeugstruktur, 244
Flugzeugsystem
Entwicklung, 130
Systematik, 124
Flugzeugüberholung, 1355
Flugzeugwartung, 1353
Flugzone, geschützte, 1009
Fly by Wire Technologie, 28
Fracht-Ladesystem, 91
Frachtabfertigung, 712, 1110
Frachtaufkommen, 43, 87
Frachtdienst, 1130
Frachtflugzeug, 22, 90, 99, 1117
Nose-Door Version, 97
Frachtgut, 17
Frachtmarkt, 1199
Frachtprodukt, 18
Frachtraum, 103
Frachttransport, 20
Frachttransportmittel, 1156
Frachtumschlag, 702
Franchising, 1239
Freiballon, 254
Freifläche, 188, 742
Freigabe durch Flugsicherung, 198
Fremdkapitalbeschaffung, 1405
Frequency Planning, 1389
Frequenzmodulation (FM), 856
Friction Test, 1143
Fruits, 938
Fuel Index, 234
Fuel-Flow, 237
Functional Blocks of Airspace, 536
Funk-Entfernungsmessanlage, 872
Funkausfall, 219
Funkfeuer, ungerichtetes, 857
Antennenanlage, 861
Funkhöhenmesser-Betriebsfläche, 743
Funknavigationshilfe, 510, 566
Funknavigationskarte, 870
Funknetz, 826
Endgeräte, 833
Funktionen, 827
Gruppenruf, 836
Konzeptionen, 827
Multisite Open Channel, 835
Registrierung, 832
Funkortung, 923
Funkpeilgerät, automatisches (ADF), 119, 857
Funksprechen, 846
Funksprechkommunikationssystem, 825
Funktechnik, 856
Frequenzbereiche, 859
Funkwellen, 924
Ausbreitungsverhalten, 924

Funkzelle, 828
Future Air Navigation System (FANS), 541

G
Galileo, 410, 892
Garbling, 938
Gate, 695
Gate Check-in, 683
Gate-Management, 979
Gebotszeichen, 1067, 1068
Gebotszeichenmarkierung, 1005
Gebrauchstauglichkeitsnormen, 69
Gebühren, 1323
Gegenschall, 1465
Gegensprechsystem, 849
Gelegenheitsverkehr, 16, 1189
Gemeinkosten, 1255, 1260
Genehmigungsbehörde, 632
General Aviation Terminal (GAT), 783
General Cargo, 1200
Geoinformationsdienst der Bundeswehr (GeoInfoDBw), 464
Gepäck, verbotene Gegenstände, 432
Gepäckabfertigung, 685, 1110
  beim Check-in, 687
  vor dem Check-in, 688
Gepäckabfertigungsdienst, 1129
Gepäckausgabe, 689
Gepäckförderanlage, 612, 688
Gepäckstück, 690
  Röntgenanlage, 693
Geräteinstandhaltung, 1360
Geräteinstandhaltungsdienstleistung, 1366
Geräuschemission, 1282
Geräuschmessung, 626
Gesamtkapitalkosten, 1285
Gesamtkostenverfahren, 1268
Geschäftsreiseflugzeug, 477
Geschäftsreisemarkt, 1196
Geschwindigkeit, 176
  instabile, 605
Gesetz der Unterschiedslosigkeit des Preises, 1210
Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm, 1435
Gewerkschaft
  der Flugsicherung, 446
  nationale, 444
Gewinn- und Verlustrechnung (GuV), 1317
Gewinnthesaurierung, 1316
Gewinnvergleichsrechnung, 1298
Giermoment, 186
Glatteiswarnanlage, 1143
Gläubigerpapier, 1401
Gleichgewichtsbedingung, 230
Gleichgewichtspreis, 1209
Gleichwellen-Architektur, 828
Gleitwegführung, 583
Gleitweginformation, 577
Gleitwegsender, 901, 907
Gleitwinkelbefeuerungssystem, 723, 995, 1023
Glide-Slope-Antenne, 905
Glide-Slope-Anzeige, 908
Global Navigation Satellite System (GNSS), 345, 885
Global Orbiting Navigation Satellite System (GLONASS), 885, 890
Global Positioning System (GPS), 877, 885
  Aufbau, 887
  Satellitenstruktur, 887
Go Around Thrust, 238
Go-Shows, 1294
Going-Concern-Prinzip, 1312
Goniometer, 862
Green Airport, 1466
Grenzkosten, 1254
Griptester, 1139
Gross Gradient, 193
Gross Thrust, 235, 239
Große Reparatur, 1353, 1355
Großvaterrechte, 403
Ground Based Augmentation System (GBAS), 345, 917
Ground Movement Chart, 584
Ground Proximity Warning System (GPWS), 959, 967
Grundausrüstung, 112
Grundsätze ordnungsgemäßer Buchführung, 1302
Gutachten, schalltechnisches, 626
Güter
  gefährliche, 19
  Gutsstruktur, 19
  heterogene, 1181
  homogene, 1181
  temperaturempfindliche, 19
  wirtschaftliche, 1181
Gütertransport, 10

H
Haltebalken, 1053
Handelsbilanz, 1306
Hard Time, 1351
Hauptkostenstelle, 1265
Hersteller- und Ausrüstungsindustrie, 815
Herstellerdokumentation, musterspezifische operationelle, 139
Hilfskostenstelle, 1266
Hindernisbegrenzung, 761, 799
Hindernisbegrenzungsfläche, 757, 766, 771, 1089
Hindernisbeschränkung, 757
Hindernisfreifläche, 1036
Hindernisfreiheit, 193, 575, 1035
  beim Start, 155, 163, 171
Hindernismarkierung, 1080
Hinweiszeichen, 1070, 1072
Hochauftriebshilfe, 1433
Hochdeckerkonfiguration, 85
Hochgeschwindigkeitsverkehr (HGV) der Deutschen Bahn, 41
Hochleistungsbefeuerungssystem, 1012
Hochleistungshindernisfeuer, 1081, 1087, 1092
Hochregallager, 710
Höhen-/Druck-Diagramm, 513
Höhenführung, 577, 583
Höhenleitwerk, 232
Höhenmesserkontrollort, 719
Höhenstaffelung, 562
Holding Pattern, siehe Warteschleife
Home Location Register, 832
Horizontal Situation Indicator (HSI), 29, 907
Horizontalfläche, 757
Hörschall, 1426
Hub and Spoke System, 31
Hub-Flughafen, 65
Hub-Verkehr, 41
Hubschrauber, 558
  Bordflugplatz, 794, 804
  Lärmabstrahlung, 1451
Hubschrauber-Boden-(Wasser-)Flugplatz, 787
Hubschrauberflugplatz, 783
  Abmessungen, 786
  auf Bauwerken, 792
  Betrieb, 640, 642
  Genehmigung, 640
  Hindernisbegrenzungsflächen, 795
  Hindernisbeschränkung, 794
  Rettungs- und Feuerlöschwesen, 807
  Sicherung, 642
Hubschrauberfreifläche, 785, 788
Hubschrauberlandedeck, 785, 793, 802
Hubschrauberrollbahn, 786, 789
Hubschrauberstandplatz, 786
Hydroplaning, 190
Hyperbelnavigationssystem, 881

I
Impuls-Radaranlage, 924
Impulskraft, 235
Impulstelegramm, 939
Inbound-Flug, 1118
Incident Probability, 110
Independent Shop 1365
Indicated Airspeed (IAS), 176
Indirect Operating Cost (IOC), 1346
Inertial Navigation System (INS), siehe Trägheitsnavigationsanlage
Inertial Reference System (IRS), 29
Informationsaustausch, 457
Informationserzeugung, 936
Informationsmarkierung, 1006
Informationssystem, 823
Informationszeichen, 1069, 1073
Infrastruktureinrichtung, 1106
Initial Approach Fix (IAF), 572
Initial Cruise Level, 603
Innenfinanzierung, 1396
  mit Eigenkapital, 1397
  mit Fremdkapital, 1397
Inspektion, 1352
Instandhaltung, siehe auch Flugzeuginstandhaltung, 1343
  korrektive, 1352
  luftrechtliche Grundlagen, 1344
  Maßnahmen, 1352
  operationelle Grundlagen, 1346
  präventive, 1351
  wirtschaftliche Grundlagen, 1346
Instandhaltungsdienstleistung, 1363
Instandhaltungskosten, 1286
Instandhaltungsprogramm, 1355
Instruktor Station, 333
Instrument Approach Charts, 578
Instrument Flight Rules (IFR), 28

Instrument Meteorological Conditions (IMC), 194
Instrumenten-Landesystem (ILS), 778
Instrumentenanflugkarte, 580
Instrumentenanflugverfahren, 570
Instrumentenflugregeln (IFR), 115, 198, 549, 855
Instrumentenlandesystem (ILS), 577, 899
  Bordanlage, 903
  Reflektionsflächen, 1150
Instrumentierung, 29
Integrated Initial Flight Plan Processing System (IFPS), 198
Integrated Range, 184, 185
Intercooled Recuperated Aeroengine (IRA) "Green Engine", 359
Interline Abkommen, 1234
Intermediate Fix (IF), 572
Intermodalität, 666
International Air Service Transit Agreement, 375
International Air Transport Agreement, 375
International Air Transport Association (IATA), 328, 389
International Civil Aviation Organisation (ICAO), 5, 385
  Annex Struktur, 388
  Ausschüsse, 386
  Dokumente, 388
  Organisation, 386
International Federation of Air Traffic Controllers Associations (IFATCA), 393
Internationale Transportarbeiter-Föderation (ITF), 394, 423
Internationaler Fernmeldevertrag (IFV), 824
Interrogator, 933
Intersecting Runway, 726
Investitionsprogramm, 1242
Investitionsrechnung, 1295
  Verfahren, 1297
ISDN-Leitung, 847

J
Jahresabschluss, 1305
Joint Aviation Authority, 406, 415, 1345
Joint Aviation Requirement (JAR), 110, 415, 1345
Joint Venture, 1238

K
Kabinendruckverlust, 215
Kabotage, 374
Kalkulationszinsfuß, 1301
Kapazität
  praktische, 774
  technische, 774
Kapazitätsbereitstellungsplanung, 1242
Kapazitätsregelung, 438
Kapitalfreisetzung, 1396
Kapitalgesellschaft, 1305, 1318
  Lagebericht, 1321
Kapitalrückflussrechnung, 1299
Kapitalumschichtung, 1399
Kapitalwertmethode, 1300
Kardioid, 862
Kathodenstrahlröhrentechnologie, 930
Kehrblasgerät, 1144
Kennfeuer, 1015
Kennzeichnung
  beschränkt nutzbarer Flächen, 1096
  gesperrter Flächen, 1096
Kleinflugzeug, 85
Klima, 1475
Klimaforschung, 1477
Kohlendioxid, 1479
Kohlenmonoxid, 1415
Kohlenwasserstoff, 1416, 1483
Kollisionsschutzsystem, 131
Kollisionsvermeidung, 545
Kollisionswarnsystem, 959, 969
  luftgestütztes, 960
Kommandant, siehe auch Flugzeugführer, 203, 218
Kommunikation im Direktmodus, 844
Kommunikationssystem, 823
  auf Flugplätzen, 825
  Endgerätepersonalisierung, 843
  Netzverwalter, 844
  Scanning, 843
  Zugangskontrolle, 842
Kondensatorentladungsfeuer, 1018, 1022
Kondensstreifen, 1480
Konferenzschaltung, 841
Konfigurationsabweichungsliste, s. auch Configuration Deviation List, 144, 198
Konfliktwarnfunktion, 1171
Konkurrenzbeziehung, 1206

Konstruktionsphilosophie, 27
Damage Tolerance, 27
Fall Safe, 27
Safe Life, 27
Kontrollzone, 527, 529, 548
Kooperationen zwischen Luftverkehrsgesellschaften, 1231
betriebliche, 1232
spezielle Formen, 1234
Synergieeffekte, 1233
verkehrliche, 1232
Koordinierungsparameter, 477
Koppelnavigation, 884
Kosten
Erfassung und Zurechenbarkeit, 1260
fixe, 1254
relevante, 1255
Sachumfang, 1256
variable, 1254
Kostenartenrechnung, 1258
Kostennormierung, 1256
Kostenrechnung, traditionelle, 1256
Kostenrechnungssystem, 1255
Kostenschlüssel, 1266
Kostenstellenrechnung, 1263, 1265
Kostenträger, 1264
Kostenträgergemeinkosten, 1266
Kostenträgerrechnung, 1267
Kostenträgerstückrechnung, 1268
Kostenvergleichsrechnung, 1298
Kraftstoff-Endreserve, 218, 221
Kraftstoff-Index, 234
Kraftstoffanteil, 1284
Kraftstoffberechnungsgrundsätze, 221
Kraftstoffkalkulation, 248
Kraftstoffkosten, 1263
Kraftstoffmanagement, 218
Kraftstoffmasse, 178
Kraftstoffmenge, 219
Kraftstoffplanung, 216
Kraftstofftemperatur, 242
Kraftstoffverbrauch, 185, 209, 1469
Kreuzbahnsystem, 557, 726, 777
Kreuzpreiselastizität, 1194, 1207
Kursänderung, 171
Kurzlandeverfahren, 161, 169
landeplatzbezogene Kriterien, 162
Kurzstrecken-Flugreise, 41
Kurzstreckenflugplanung, 256
Kurzstreckenflugverkehr, 15, 668

L

Ladeeinheit, 92, 102
Sondertypen, 103
Ladehilfsmittel, 709
Lademittel, 92, 102
Ladungssicherung, 99
Lagerhaltung, 1369
Planung, 1377
Landeanflug, 195, 551
Signale, 551
Landebahn
kontaminierte, 160, 166, 174
nasse, 160, 166, 174
trockene, 159
Landebahnmarkierung, 988
Landegebühr, 1263, 1286
Landekonfiguration, 166
Landekurs, 573
Landemasse, höchstzulässige, 179
Landeplatz
Betriebsaufnahme, 638
Genehmigung, 637
Sicherung, 639
Landeplatzhalter, Pflichten, 638
Landerichtungsanzeiger, 986
Landeschwelle, 578
Landesplanung, 617
Landestrecke, 195
verfügbare, 153
Landesystem 898
radargestütztes, 920
satellitengestütztes, 578, 917
Landeverbot, 551
Signale, 551
Landing and Take-off Cycle (LTO-Zyklus), 1417
Ermittlung der Emissionen, 1418
Landmarke, 855
Landung, 195, 551
Signale, 551
Längenminute, 209
Langstreckenflugplanung, 282
Langstreckenluftverkehr, 15
Large Aircraft, 576
Lärm, 1426
Lärmemission von Hubschraubern, 1451

Lärmforschung, 1464
Lärmkontingent, 1460
Lärmminderung, 1465
Lärmpegel, kumulativer, 1449
Lärmquelle, 1431
Lärmrestriktion, 1460
Lärmschutzbereich, 1438, 1439, 1441
Lärmzertifizierung, 1449
Lärmzeugnis, 1328
Lärmzulassung von Verkehrsflugzeugen, 1448
Laser-Ausstrahlung, 1008
Launching Customer, 1282, 1356
LD-3 Container, 690
Leasing, 1401
  grenzüberschreitendes, 1403
  Vor- und Nachteile, 1404
Leasing-Vertrag, 1405
Leasinggeber, 1405
Leaving Procedure, 601
Leerkosten, 1255
Leertankmasse, 182
  höchstzulässige, 179, 184
Leichtmetalllegierung, 26
Leistungserstellungsprozess, 1371
Leistungsprogramm, 1242
Leistungsrechnung, 1250
Leveraged Cross-Border Leasing, 1403
Lichtbündel, 1030
  Azimutausbreitung, 1031
Lichter, irreführende, 1008
Lichtsignal, 550
Liefer- und Wirtschaftsverkehr, 654
Liefernormen, 69
Limited Load Grenze, 244
Line Replaceable Units (LRU), 1360
Line Station, 1354
Linienbus, 652
Load & Trim Sheet, 207, 234, 1125
Load Control, 1128
Load Device, 102
Loading and Balance Manual, 144
Local Area Augmentation Services (LAAS), 891
Local Location Register, 833
Local Tracking, 1168
Long Range Cruise, 208
LORAN-System, 878
Lorenzkurve, 1373
Löschmittel, 813
Lounges, 695
Low Drag-/Low Power-Approach, 590, 1458
Low Pressure Rotor Speed, 236
Low-Cost-Segment, 44
Luftfahrt, 6
  allgemeine, 23
  gewerbliche, 23
Luftfahrt-Bundesamt (LBA), 460, 468
Luftfahrtbehörde, 1109
Luftfahrtberatungszentrale (LBZ), 494
Luftfahrtbodenfeuer, 1010
Luftfahrthandbuch, 507, 530
Luftfahrthindernis, 624, 626
Luftfahrtindustrie, 1487
  technische Dokumentation, 124
Luftfahrtleuchtfeuer, 1013
Luftfahrtnormen, 69, 71
Luftfahrtsicherung, 420
Luftfahrttriebwerk, 27
Luftfahrtunternehmen der Gemeinschaft, 476
Luftfahrtunternehmer, 136
Luftfahrtverwaltung, 459
  Aufgaben, 459
  der Bundesländer, 461
  Organe, 460
Luftfahrzeug
  Abstellplatz, 755
  bewegungsunfähiges, 722
    Bergung, 722
  Einteilung, 78
    nach Beanspruchung, 78
    nach Startmasse, 78
    nach Verwendungszweck, 78
  Klassifizierung, 77
    nach deutschem Luftrecht, 77
  Serviceanlage, 611
  Standplatz, 754, 998
    Kennzeichen, 1076
    Markierung, 1004
    Rollführungsfeuer, 1065
  Wirbelschleppenkategorie, 253
Luftfahrzeugkennung, 251
Luftfracht, 7, 17, 60, 704
  Abfertigung im Sortiersystem, 711
  Ausgangsabfertigung, 708
  Bodentransport, 22
  Eingangsabfertigung, 708
  Güter, 18
  Informationssysteme, 711
    globale, 711
    lokale, 712
  physische Abfertigung, 708

Transportkette, 20, 21
Umschlagprozesse, 706
Luftfrachtabfertigung, 707
Arbeitsstationen, 709
Luftfrachtanlage, 612
Luftfrachtbeförderung, 53
Luftfrachtbrief, 380, 1199
Luftfrachtersatzverkehr, 22
Luftfrachtführer, 381, 382
Haftung, 381
Luftfrachtmarkt, 1198
Luftfrachtprognose, 37
Luftfrachtterminal, 699
Abfertigungsbereiche, 703
Auslegungskriterien, 699
Lage, 702
Typen, 701
Luftfrachtterminalanlage, 662
Laderampe, 662
Vorfahrbereiche, 662
Luftfrachttransport, 45
Luftfrachtumschlag, 670
Luftfrachtverkehr, 17, 45
Luftfrachtzentren, 703
Luftfreiheitskonzept, 371
Lufthoheitstheorie, 373
Lufthygieneuntersuchung, 1485
Luftpost, 23, 45, 60
Luftprivatrecht, 369
internationales, 379
Warschauer Abkommen, 379
Luftqualität im Flugplatzbereich, 1482
Luftraum, 6, 420
oberer, 512
Organisation, 510
Struktur, 510, 511
unterer, 512
zeitweilig reservierter, 531
Luftraumkategorisierung, Kennzeichnung „HX“, 527
Luftraumklassifizierung nach ICAO, 538
Luftraumnutzung, Steuerung, 509
Luftraumsektorprofil, 345
Luftraumstruktur, intenationale, 538
Luftrecht
Abkommen von Guadalajara, 383
Bermuda-Abkommen, 377
Haager Protokoll, 382
internationales, 370
nationales, 370
Vereinbarung von Montreal, 382
Vertragssystem von Chicago, 370
Luftschadstoff, 1484
Luftschall, 1426
Luftsicherheit, 430, 463
Luftsicherheitsbehörde
der Bundesländer, 461
Kontrolle von Personen und Fracht, 433
verbotene Gegenstände, 433
Zuverlässigkeitsüberprüfungen, 433
Luftsicherheitsgebühr, 1339
Luftsicherheitsgesetz, 432, 464
Luftsicherheitsrecht, 430
Luftsperrgebiet, 511, 512, 530, 535, 550
Luftsport, 427
Lufttransport, 22
Lufttüchtigkeit, 406
Lufttüchtigkeitsanforderung, 143
Lufttüchtigkeitsanweisung (LTA), 139
Lufttüchtigkeitsforderung, 123
Lufttüchtigkeitsvorschriften
der ICAO, 110
Entwicklung, 175
Lufttüchtigkeitszeugnis, 114
Luftverkehr, 3, 6, 13, 343, 821
administrative Träger, 463
Entwicklung, 25
politische, 31
rechtliche, 31
technische, 26
wirtschaftliche, 30
europäischer, 31
Rechtsnormen, 397
internationaler, 15
Leitung, 821
Lenkung, 821
Liberalisierung, 400, 438
Markteintritt, 437
militärischer, 23
nationaler, 15
öffentlicher, 15
operationeller, 530
operative Träger, 463
politische Bedeutung, 9
privater, 15
Regeln, 543
Sicherungsdienste, 421
soziale Bedeutung, 11
Systembegriff, 453
Überwachung, 821

wirtschaftliche Bedeutung, 9
Zielrahmen, 454
Luftverkehrsabkommen, bilaterales, 376, 437
Luftverkehrsaufkommen, 130
Luftverkehrsbetreiberzeugnis, 136
Luftverkehrsdienst, 475
Luftverkehrsemission, 1422
Luftverkehrsgesellschaft, 10, 14, 15, 36
Ablauforganisation, 1230
als Dienstleistungsunternehmen, 1227
Aufbauorganisation, 1229
betriebliches Rechnungswesen, 1248
Instandhaltungspools, 1364
Kooperationen, 1231
Kostenverursacher, 1261
Organisation, 1227
Produktionsplanung, 1241
Prozessorganisation, 1231
Unternehmensplanung, 1239
Luftverkehrsgesetz, 426, 466, 614, 632, 1345
Luftverkehrsinfrastruktur, 343, 1468
europäische, 343
Flächenverbrauch, 1413
innovative, 343
Luftverkehrsleistung, 13
Luftverkehrsmarkt, 1185, 1187
europäischer, 1201
Instrumentarien der Preispolitik, 1203
isolierter, 1191
Liberalisierung, 410
Marktzugang, 1187
ökonomisch abhängiger, 1193
Segmentierung, 1195
Tarife, 1200
verbundener, 1194
Vollkommenheitsgrad, 1191
Luftverkehrsnachfrage, 34
Luftverkehrsnetz, 36, 398
Luftverkehrsökologie, 1410
Luftverkehrsordnung, 429
Luftverkehrspolitik, 3, 7, 367
Bezugsrahmen, 4
Bundesrepublik Deutschland, 425
europäische, 397
Träger, 409
Verträge und Verordnungen, 407
Ziele, 407
Instrumentarien, 434
administrative Instrumente, 436
finanzpolitische Instrumente, 435
ordnungspolitische Instrumente, 436
internationale, 369, 385
Träger, 385
Ziele, 367, 434
Luftverkehrsprognose, 35
Luftverkehrsrecht, 369, 425
öffentliches, 369
Luftverkehrsregeln, 511
Luftverkehrstechnik, 27
Luftverkehrsunternehmen, 476, 487
Luftverkehrswesen, 7
Luftverkehrswirtschaft, 7, 439
Luftverkehrszulassungsordnung, 429

M

Maastricht UAC, 422
Magnetron, 928
Main Switch, 829
Maintenance, Repair and Overhaul (MRO), 1343
Makro-Umfeld, 456
Malfunctions, 337
Manufacturers Mass Empty, siehe Flugzeugleermasse
Marker, 1077
Verwendung, 1086
Markierung von Objekten, 1082
Marktanalyse, 1215, 1386
Marktbeobachtung, 1216
Marktforschung, 1215
Marktprognose, 1216
Mass-Limited Payload, 183
Massebegriff, 177
Massenleistungsfähigkeit, 10
Massewerte, 181
Maßnormen, 69
Master Minimum Equipment List, 144
Master Plan, 607, 609
Materialermüdung, 245
Materialpooling, 1366
Materialreserve, 1371
Materialwirtschaft, 1369
Aufgabenstellung, 1370
Funktionen, 1370
Maximum Allowed Mass for Take-off (MATOM), 183
Maximum Climb Thrust, 238
Maximum Continuous Thrust, 238
Maximum Cruise Speed, 208

Maximum Range Cruise, 208
Maximum Structural Landing Mass, 179
Maximum Structural Take-off Mass, 179
Maximum Thrust, 190
Maximum Zero Fuel Mass, 179
Mean Aerodynamic Chord (MAC), 230
Meldeverfahren, 1337
  für Fracht und Post, 1337
  für Passagiere, 1337
Mesosphäre, 1476
Meteorological Aerodrome Report (METAR), 205
Mietwagen, 653
Mikrowellenlandesystem (MLS), 577, 909
  Anflugkarte, 918
Mindestausrüstungsliste, 112
Mindestflughöhe, 172
Mindestflugleistung, 111, 175
Mindestkraftstoffmenge, 248
Minimum Control Speed Ground, 186
Minimum Cost Cruise, 208
Minimum Cost Track, 209
Minimum Fuel Track, 209
Minimum Noise Routing, 596, 598
Minimum Time Track, 209
Minimumpeiler, 952
Mittelbereichs-Rundsicht-Radar, 949
Mittelbereichsnavigation, 857
Mittelleistungshindernisfeuer, 1089, 1091
Mittellinienfeuer, 1016
Mittelstreckenluftverkehr, 15
Mittelungspegel, 1426
Mobile-Lounge, 673
Mobilfunk, digitaler, 825, 835
Modal-Split, 36
Mode-S Elementary Surveillance, 943
Mode-S Transponder, 963
Mode-S-Sekundärradaranlage, 942
Modulationssignal, 906
Monopol, 1205
  Preisbildung, 1212
Monopuls-Sekundärradar (MSSR), 940
More Electric Aircraft, 359, 362
Moving Map, 346
Moving Target Detection (MTD), 924
Moving Target Indication (MTI), 931
Multilaterationsverfahren, 957
  Flugführung, 958
  Rollführung, 958
Multiradar Tracking, 1168, 1172
Multiradarüberdeckung, 568, 1168
Multisite Open Channel, 837
Musterberechtigung (Type Rating), 336
Musterzulassung, 419

N

Nachbarschaftsverkehr, 378
Nachfrageelastizität, 14, 1206
Nachfragekurve, 1208
Nachfragerpolypol, 1190
Nachfrageschwankung, 13
Nachkalkulation, 1268
Nachlauftransport, 22
Nacht-Schutzzone, 1437, 1443
Nachtflugbetrieb, 115, 1436
Nachtfluglärm, 1464
Nachtflugverbot, 1487
Nachtkennzeichnung von Windenergieanlagen, 1091
Nahbereichsnavigation, 857
Nahverkehrsbereich, 527
Nautical Air Miles (NAM), 185
Nautische Meile (NM), 875
Navigation Display (ND), 907
Navigationsanlage, 876
  bordautonome, 893
Navigationsinstrumente, 29
Navigationssystem, 526, 855
  funktechnisches, 29
  LORAN (Long Range Navigation), 878
  OMEGA-System, 881
  Sendearten, 856
Nebenkeulenunterdrückung, 937
Nebenstellenruf, 841
Nesting, 1295
Net Flight Path, 193
Net Gradient, 193
Net Height, 193
Net Take-off Flight Path, 593
Net Thrust, 235
Netto Trip Fuel, 183
Nettoflugbahn, 157
Nettostartflugbahn, 156
Netzarchitektur, modulare, 827
Netzaufbau von digitalem Mobilfunk, 825
Netztopologie, 830
Neubewerber, 476
Nicht-Fluglinienverkehr, 374
Nichtpräzisionsanflug, 574, 583

Landebahn, 762, 1017
Niederleistungshindernisfeuer, 1087, 1091
No-Shows, 1293
Noise Abatement Take-off Procedure, 593, 599, 1459
Noise Foot Print, 1453
Noise Impact Reduction and Optimisation System (NIROS), 1453
Noise Preferential Runway, 589
Non Directional Radio Beacon (NDB), siehe Funkfeuer, ungerichtetes
Non Routine Maintenance, 1354
Non-Aviation- (Retail-) Bereich, 698
Nordatlantik Tracksystem, 282, 541
Normatmosphäre, 514
Normenausschuss Luft- und Raumfahrt, 72
Normenorganisation
europäische, 70
internationale, 70
nationale, 70
Normenstelle für Luftfahrt, 71
Not-Sende-/Empfangseinrichtung (NSE), 847
Notbefeuerung, 1013
Notice to Airman (NOTAM), 508
Notruf, 840
Systemfunktionen, 840
Notverfahren, 602
Nurflügler-Konzept, 103
Nurfracht-Luftverkehrsunternehmen, 413
Nutzkosten, 1255
Nutzladefaktor, 1185
Nutzlast (Traffic Load), 13, 91, 178, 179, 223
massebegrenzte, 183
mögliche operationelle, 183
Optimierung, 19
Reichweite, 183
Standardmassen, 226
Nutzlast-Reichweite-Diagramm, 1279
generisches, 184

O
Off-Airport Check-in, 684
Off-Block-Zeit, 254
Offenlegungspflicht, 1321
Öffentlicher Personen-Nahverkehr (ÖPNV), 62
Oligopol, 1205, 1214
Preisbildung, 1213
OMEGA-System, 881
On-Behalf-Flug, 1236
Open Skies Policy, 438
Oper-Rotor-Triebwerk-Konzept, 354
Operating Dry Lease, 1402
Operating Leasing, 1402, 1406
Operating Manual, 147
Operating Wet Lease, 1402
Operational Flight Plan (OFP), 234, 246
Operations Research (OR), 1384
Opportunitätskosten, 1255
Orientierungswert, schalltechnischer, 1447
Original Equipment Manufacturer (OEM), 1365
Orthodrome, 209
Ortungssystem, funktechnisches, 29
Outbound-Flug, 1119
Outer Marker, 590
Overbooking, 1293
Ozon, 1478, 1484
Ozonloch, 1479

P
Packet Switched Network (PSN), 846, 851
Paketdienst, 17
PAPI-System, 1033
Parallax Aircraft Parking Aid, 1063
Parallelbahnsystem, 726
Parkfläche, 664
Parkhaus, 664
Parkleitsystem, 664
Passagedienst, 1129
Passagier, 649
hilfsbedürftiger, 697
Selbstfahrer, 650
Passagier-Abfertigungsprozess, 679
Passagier-Abfertigungsstation, 679
Passagieraufkommen, 38, 41
Jahresganglinie, 65
Passagierbeförderung, 1130
Passagierbus, 1155
Passagierentgelt, 1331
Passagierflugzeug, 86, 87
mit Beiladefracht, 87
Passagierinformationssystem, 844
Passagierluftverkehr, 40
Passagierluftverkehraufkommen, 34
Passagiermarkt, 1195
Passagierservicedienstleistung, 697

Passagierterminal, 646, 668, 670, 671
Abfertigungsvarianten, 678
Einrichtungen, 692
Funktionen, 678
generelle Dimensionierungskriterien, 698
Kapazitäten, 699
Konzepte, 672
Philosophien, 676
Schnittstelle zur Landseite, 668
Vorfahrtbereiche, 646
Passagiertransport, 10, 612
Passkontrolle, 692
Passport-Netzknoten, 846
Pay-off Period, 1299
Peiler, 952, 954
Anwendungen, 953
Performance Model, 335
Performance, siehe auch Flugleistung, 111, 151, 1347
Periodenverbrauch, 1373
Perishables, 19
Personal Travel Segment, 1195
Personenluftverkehr, 15
Personentransportmittel, 1153
Personentransportsystem, 696
Phone Emergency Module (PEM), 846
Pilot Controlled Lighting (PCL), 899
Pitotrohrbeheizung, 114
Plan-Do-Check-Act (PDCA), 1467
Planfeststellungsbehörde, 620, 621
Planfeststellungsverfahren, 616, 618
Planungsmindestbedingung, 201
Planungsnormen, 69
Platzrundenanflug, 591
Platzrundenführungsfeuer, 1037
Polare, 228
Polypol, 1205, 1211
Preisbildung, 1209
Pool-Agreement, 1236
Position Error, 176
Positions-Management, 979
Postabfertigung, 714, 1110
Powered-Lift-Prinzip, 355
Prädetermination, 437
Präzisionsanflugbefeuerung, 1017, 1019
Präzisionsanfluglandebahn, 766
Präzisionsanflugradar, 578, 920, 950
Präzisionsanflugverfahren, 575, 577
Präzisionslandeanflug, 583
Precision Approach Path Indicator (PAPI), 899
Precision Approach Radar, siehe Präzisionsanflugradar
Predictable Accuracy, 886
Preis-Mengen-Steuerung, 1294
Preisbildung, 1203
auf Märkten, 1204
im Monopol, 1212
im Oligopol, 1213
im Polypol, 1209
preispolitische Modelle, 1205
Preiselastizität, 1207
der Nachfrage, 14
Preistheorie, klassische, 1204
Primärradar, 29, 927, 936
Informationsdarstellung, 930
Primary Flight Display (PFD), 907
Privatkommunikation, 841
Privatreisemarkt, 1196
Produktrechnung, 1277
Prognoseflugplan, 36, 40
Prognosemethodik, 33
Prozesskette, 20
Prüfnormen, 69
Pseudo-Random-Noise Code (PRN), 889
Pseudorange-Messung, 885, 888
Puls-Doppler-Verfahren, 924

Q

Qualitätsnormen, 70
Quarzoszillator, 888
Quelle-Ziel-Matrize, 37
Quelle-Ziel-Relation, 35
Querneigung, 160, 171
Querwindkomponente, höchstzulässige, 724
Quick Check-in, 683

R

Radar, 923
Anlagentechnik, 928, 933
Anwendungsformen, 948
Auflösungsvermögen, 927
Frequenzabhängigkeit, 926
Radar Data Network (RADNET), 852
Radar Message Conversion and Distribution Equipment (RMCDE), 852
Radar Vectoring, 341

Radar-Fallback-System, 1172
Radarantenne, 928
Radardatendarstellung, 940
Radargleichung, 925
Radarschirm, 583
Radarsektor, 516
Radarsignalerfassung, 947
Radarsignalverarbeitung, 944
Radarstaffelung, 567
Radarstaffelungswert, 568
Radio Emergency Modul (REM), 847
Radio Switch, 829
Ram Drag, 235
Ram-Effekt, 240
Ramp-Agent, 1127
Randmarker, 1077
  auf unbefestigten Rollbahnen, 1079
  für schneebedeckte Start- und Landebahnen, 1078
Random Navigation oder Area Navigation (RNAV), siehe Flächennavigation
Rating, 237
Rationalisierungsinvestition, 1296
Raumordnungsverfahren, 614, 616, 629
Recapture-Probability, 1293
Rechnungswesen, betriebliches, 1248
  externes, 1301
  internes, 1251
Rechtsformen von Unternehmen, 1228
Regelwerke, ordnungspolitische, 633
Regionalluftverkehr, 31
Reibwertindex, 1141
Reinigungsdienst, 1111
Reisebus, 652
Reiseflug, 165, 172, 207
Reisefluggeschwindigkeit, 208
  konstante, 185
Reiseflughöhe, 603
Reiseflugverfahren, 603
Reisegeschwindigkeit, 199
Relative Bearing Indicator (RBI), 864
Relative Peilung (Relative Bearing, RB), 864
Rentabilitätsvergleichsrechnung, 1299
Reparaturteile, 1372
Repetierfaktor, 1260
Required Navigation Performance (RNP), 523
Resolution Advisory (RA), 966
Rettungswesen, 722
Richtungszeichen, 1071, 1073
Road-Feeder-Service (RFS), 22, 707
Roaming, 828, 832
Roll-Call-Abfrage, 942
Rollbahn, 744
  auf Brücken, 750
  Mittellinienfeuer, 1047
  Mittellinienmarkierung, 998, 1078
  Neigungen, 748
  Oberflächen, 749
  Randfeuer, 1051
  Randmarker, 1078
  Seitenlinienmarkierung, 1098
  Standortzeichen, 1072
  Tragfähigkeit, 748
Rollbahnbefeuerung, 1049
Rollbahnkapazität, 782
Rollbahnkreuzung, 1007
Rollbahnkurve, 744
Rollbahnmindestabstand, 746
Rollbahnschultern, 750
Rollbahnstreifen, 751
Rollfeld-Überwachungs-Radar, 950
Rollflugweg, 790
Rollführungssystem, optisches, 1059
Rollhalt(eort)feuer, 1055
Rollhalt(eort)markierung, 1002
Rollhalteort, 751
Rotationsreserve, 1388
Routennetz, 520
Routensystem, 516
  ozeanisches, 541
Routine Maintenance, 1354
Routine-Perishable-Traffic, 1199
Royalty-Agreement, 1237
Rubber Reversion, 190
Rückstellung, 1315
Ruferweiterbarkeit, 842
Rufumleitung, 841
Rules Against Biased Display, 1225
Rundspruch, 839
Runway Incursion, 1053
Ruß, 1416

S

Safety Management System, 634
Sale-and-Lease-Back Transaktion, 1404
Sammelflugplan, 249
Satellitennavigationssystem, 885
  europäisches, 892
Sättigungskapazität, 774

Schadstoffe, 1415
Schadstoffemission, 28, 1282, 1415
der Flugtriebwerke, 1416
durch bodengebundene Verkehre, 1424
Schall, 1426
Transmission, 1428
Schallausbreitung, 1428
Schalldruck, 1426
Schalldruckpegel, 1426
bewerteter, 1426
Schallemission, 1425, 1426
Schallenergie, 1426
Schallenergiegröße, 1426
Schallfeldgröße, 1426
Schallimmission, 1426
Schallintensität, 1429
Schallpegel, 1426
Schallquellen am Flugzeug, 1430
Schallschutz, 1435, 1437, 1443
bauliche Maßnahmen, 1443
Schallschutzmaßnahme, 1437
aktive, 1455
passive, 1455
Schallsignal, 1426
Scheduling, 1388
Scheibenwischer, 113
Schengener Durchführungsübereinkommen (SDÜ), 692
Schengenvisum, 694
Schienennetz, 42
Schleppzug, 705
Schneefräse, 1144, 1146
Schneeplan, 1133
Schnellabrollbahn, 749
Schnellabrollweg-Hinweisfeuer, 1046
Schnellzeitsimulator, 340
Schub, 239
Einflussparameter, 239
Full-Rated, 239
Schubkraft, 235
Schubkurve, 216
Schubtoleranz, 243
Schuldnerregelung, 1323
Schuldverschreibung, 1401
Schwefeloxid, 1415
Schwellenfeuer, 1041
Schwellenkennfeuer, 1039
Schwellenmarkierung, 992
Schwerpunkt, 223
Schwerpunktsgrenze, 232
Secondary Surveillance Radar (SSR), siehe Sekundärradar
Secondary Switch, 829
Seebäderdienst, 15
Segelflugbetrieb, 555
Signale, 555
Segelfluggelände
Betrieb, 639
Genehmigung, 639
Sicherung 640
Sekundärradar, 29, 932
Sell-Up-Probability, 1294
Sender- und Empfängeranlage, 848
Sendungsgüter, 710
Lager- und Transporttechnik, 710
SESAR-Programm (Single European Sky Air Traffic Management Research Programme), 343
Sharklet, 350
Shop Replaceable Units (SRU), 1360
Short Squitter Meldung, 956
Short Term Conflict Alert (STCA), 1171
Sicherheitsentgelt, 1334
Sicherheitskontrolle, 692
Sicherheitsmindesthöhe, 544
Sicherheitsnormen, 70
Sicherung, elektrische, 113
Sichtanflug-Landebahn, 761, 1017
Sichtanflugkarte, 532
Sichtanflugverfahren, 570
Sichtflugregeln, 113, 118, 514, 544
in, Lufträumen mit der Klassifizierung B bis G, 548
Siedlungsbeschränkung, 614
SIGMET-Warnung, 205
Signal, 549
ausgelegtes, 987
für den Flugplatzverkehr, 550
Signalfeld, 987
Signalisierungsinformation, 830
Signalscheinwerfer, 986
Significant Weather Chart, 203, 277, 317
Simulationstechnik, 338
Simulator, siehe Flugsimulator
Simulatorcockpit, 330
Single European Sky, 343, 348, 410, 422, 511
Sinkflug, 207, 215
Sinkrate, 578
Sitzladefaktor, 1185
Skiddometer, 1139

Sky Wave Correction, 884
Sliding Window Detector, 947
Smog, 1484
SNOWTAM, 1133
Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques, 395
Sonderabschreibung, 1398
Sonderfracht, 19
Sonderverfahren, 602
Special Pulse Identification (SPI), 939
Specific Range, 184
Speditionstransport, 23
Speed Schedule, 605
Speed-Effekt, 240
Sperrgepäck, 686, 691
Sperrungsmarkierung, 1097, 1099
Split Check-in, 684
Spoke-Flughafen, 66
Sprachkommunikation, 834
  administrative, 850
  operationelle, 846
Sprachvermittlungssystem (SVS), 849
Sprechfunk, 847
Stafflungsmindestwert, 562
Stall Speed, 186
Standard Arrival Chart Instrument, 578
Standard Arrival Routes (STARs), 520
Standard Cruise Speed, 208
Standard Instrument Departure Routes (SIDs), 520
Standard-Warteschleife, 600
Standardanflugstreckenführung, 525
Standardmasse, 180, 183
Standortprüfung, 607
Standortzeichen, 1071
Start, 186
Start- und Landebahnbefeuerung, 1012
Start- und Landestrecke, verfügbare, 720
Start-/Landebahn, 724
  Abrollbahnzeichen, 1072
  betriebliche Aspekte, 772
  Bezeichnungsmarkierung, 989
  Breite, 731
  Einteilung nach dem Bezugscode, 725
  Endfeuer, 1043
  feuchte, 153
  Kapazität, 781
  Konfiguration, 725
  kontaminierte, 153
  kreuzende, 726
  Lage der Schwellen, 728
  Mittellinienfeuer, 1044
  Mittellinienmarkierung, 991
  nasse, 154
  Neigungen, 733
  Oberflächen, 735
  parallele, 731
    Mindestabstände, 731
  Querneigungen, 734
  Randfeuer, 1039
  Rollhalt(eort)markierung, 1001
  Schutzfeuer, 1056
  Schwellenmarkierung, 993
  Seitenlinienmarkierung, 996
  tatsächliche Länge, 729
  Terminalanordnung, 773
  Tragfähigkeit, 734
  trockene, 153
  Wendefläche, 736
  Wendeflächenfeuer, 1052
  Wendeflächenmarkierung, 999
Start-/Landebahnende, 741
  Hindernisbeseitigung, 741
  Sicherheitsflächen, 741
Start-/Landebahnkonfiguration, 775
Start-/Landebahnschultern, 735
Start-/Landebahnstreifen, 738
Start-/Landezyklus (LTO-Zyklus), 1417
Startabbruch, 189
Startabbruchstrecke, verfügbare, 153
Startbahn, 768
  mit versetzter Schwelle, 561
Startbahnmarkierung, 988
Startflugbahn, 168, 191
Startflugplatz, 199
Starthöchstmasse, 183
Startkonfiguration, 166
Startmasse, 154
  höchstzulässige, 179
Startrollstrecke, verfügbare, 154
Startschub, maximal verfügbarer, 596
Startstrecke, 186, 188
  verfügbare, 153
Stationswartungsdienst, 1111
Staudruckmessung, 176
Stautemperatur, 240
Steigflug, 191, 207
Steigflugleistung, 596
Steigflugsegment, 596
Steiggeschwindigkeit, 172

Steiggradient, 167
Steigleistung, 167
Steigsegment, 592
Steilanflugverfahren, 161, 168
Steuerbilanz, 1306
Stickoxid, 1415, 1480
Stickoxidäquivalent, 1330
Still Air Distance, 185
Stoffnormen, 70
Stop-over-Programm, 1221
Stoppbahn, 188, 743
Stoppbahnfeuer, 1047
Stoppbahnrandmarker, 1077
Stoppbar, 1053
Stopway, siehe Stoppbahn
Stornierungsverhalten, 1293
Störung, 471
  schwere, 471
Strahltriebwerk, 27, 235
Strahlverkehrsflugzeug, 27
Strapdown-System, 893
Stratosphäre, 1476, 1478, 1482
Streckenausweichflugplatz, 201, 213
Streckenergebnisrechnung, 1272
  als Steuerungsinstrument, 1274
  Kalkulationsschema, 1276
  Systematik und Aufbau, 1273
Streckenflug, konventionelle Staffelung, 562
Streckengenehmigung, 1188
Streckenkraftstoff, 220
Streckenmanagement, 1295
Streckennetz, 566, 1387
Streckenprogramm, 1242
Streckenrecht, 14
Streckenvorhersagen, meteorologische, 202
Streufahrzeug, 1144
Streumittel, 1145
Stromversorgung, 116
Strukturtest, 243
Surface Friction Tester, 1140, 1141
Surveillance-Radar-Equipment (SRE), 949
System Flugplatz, 975

T

Tactical Air Navigation (TACAN), 876
Take-off Flight Path, siehe auch Startflugbahn, 591, 593
Take-off Thrust, 238
Talkgroup, 835
  Merging, 835
Tapley Meter, 1138
Tariff Coordination Conferences, 390
Tarifzonenregelung, 400
Taumittel, 1146
Taumittelaufbringung, 1148
Tax Spared Loan, 1400
Taxi, 651
Taxiway, siehe Rollbahn
Technische Flugdienstvorschrift (TFV), 151
Teilkostenrechnung, 1270
Telekommunikationsanlage, 846
Telekommunikationssystem, 845
  der Flugsicherung, 845
Temporary Reserved Airspace (TRA), 531
Terminal
  der Allgemeinen Luftfahrt, 783
  in Satellitenanordnung, 673
  Mehrebenen-Konzept, 655
  mit Vorfeldparkpositionen, 673
  Pierkonzept, 655, 673
Terminal Aerodrome Forecast (TAF), 205
Terminal Control Area (TMA), 527
Terminal Maneuvering Area (TMA), 340
Terminal-Transportsystem, 696
Terminalkonfiguration, 655
Terminalkonzept
  Kombinationen, 675
  lineares, 672
Terminalmanagement
  flugplatzbezogenes, 677
  luftverkehrsgesellschaftbezogenes, 677
Terminalvorfahrtbereich, 646, 655, 657
Thermal Shocks, 242
Thrust, siehe auch Schub, 235
Tiefflugstrecke, 533
Time Reference Scanning Beam, 910
Tonnenkilometer (TKO), 53, 1422, 1469
Topographie, 210
Total Air Temperature (TAT), 190
Total Component Maintenance, 1367
Total Operating Cost (TOC), 1346
Touristikverkehr, 44
Traffic Advisory, 966
Traffic Information Display (TID), 963
Traffic Load, siehe Nutzlast
Trägheitsnavigation, 29, 856, 893
Trägheitsnavigationsanlage, 29
Tragwerk, 1432

Trainingsszenarien, 336
Transferrichtung, 678
Transit-Flug, 1120
Transitvereinbarung, 375
Transponder, 29, 118, 254, 935, 936
Transponder-Code, 602
Transport, 5
Transportdienst, 1130
  am Boden, 1112
Transportdistanz, 15
Transportkapazität, 13
Transportkette, 20
Transportleistung, 1471
Transportraumgeometrie, 85
Transportvereinbarung, 375
Travel Agency, 1222
Treibhauseffekt
  anthropogener, 1477
  natürlicher, 1477
Treibhausgas, 1479
Triebwerk, 1358, 1434
Triebwerkausfall, 156, 157, 170, 173, 187, 215
  Steigflugsegmente, 191
Triebwerksinstandhaltung, 1357
  Kreisläufe, 1359
Triebwerkskonzept, innovatives, 358
Triebwerksleistung, 190
Triebwerküberwachungsinstrumente, 123
Triffin'scher Koeffizient, 1205
Trim Sheet, 234
Tropopause, 240
Troposphäre, 1476, 1478
Trucking, 22, 62
True Airspeed (TAS), 177, 185
Turboprop-Triebwerk, 243
Turbostrahltriebwerk, 28
Turn around, 1119
Turn Around Time (TAT), 1101, 1363, 1376
Two Segment Approach, 590, 1458

U

Überbuchungsrate, 1293, 1294
Überbuchungsverordnung, 403
Überfluggebühr, 209
Überflur-Anflugfeuer, 1010
Überflurfeuer, 1010, 1082
Überführungsflug, 1262
Überführungsreichweite, 1281
Übergangsfläche, 758
Überschallflugzeug, 357
Überwachungssystem, 923
Überziehgeschwindigkeit, 186
UItimate Load, 244
UKW-Drehfunkfeuer, 865, 869
ULD-Transport, 711
Umfeldbedingungen, 455
Umgrenzungsmarker, 1079
Umlaufteile, 1372
Umlaufvermögen, 1315
Umsatzerlös, 1318
Umsatzsteuer, 1324
Umsteigergepäck, 686
Umweltbelastung, 1471
Umweltmanagementsystem, 1467
Umweltprüfung, strategische, 628
Umweltschutz, 1410
Umweltverträglichkeit, 615
Umweltverträglichkeitsprüfung, 619, 626
Unabhängige Flugbegleiter Organisation e.V., 446
Underload, 234
Unfall, 470
Unit Load Device (ULD), 90, 99
Unterbautragfähigkeit, 718
Unterflurfeuer, 1012

V

V-Bahnsystem, offenes, 727
Value Added Network (VAN), 852, 1174
Veränderungssperre, 620
Verband der Allgemeinen Luftfahrt, 442
Verband Deutscher Flugleiter (VDF), 446
Verbotszeichen, 1067, 1068
Vereinigte Dienstleistungsgewerkschaft (ver.di), 444
Vereinigung Cockpit e.V., 445
Vereisungsschutzeinrichtung, 158
Verfahrensnormen, 70
Verkehr, 5
  intermodaler, 5, 666
  internationale, 5
Verkehrsanlage, landseitige, 612
Verkehrsart, 5
Verkehrsaufkommen, 779
  landseitiges, an Flugplätzen, 53
Verkehrsbetrieb, 6

Verkehrsentwicklung, 33, 46
Bestimmung, 63
Verkehrserwartung, langfristige, 1385
Verkehrsflughafen, 43
Bahnanbindungen, 669
Verkehrsflugzeug
Betriebskosten, 28
Energieverbrauch, 1469
Lärmquellen, 1431
Lärmzulassung, 1448
Verkehrsfluss, 6
Verkehrsflussregelung, 509
Verkehrsflusssteuerungszentrale, 422
Verkehrskoordinationssystem, 975
Abflugbereich, 981
Anflugbereich, 978
Verkehrslandeplatz, 784
Verkehrsleistung, 13, 54, 1183
angebotene, 1184
der Flugplätze, 1184
der Flugsicherung, 1184
der Luftverkehrsunternehmen, 1184
Distributionswege, 1219
funktionale Kriterien, 1183
institutionelle Kriterien, 1183
Nachfragestrukturen, 1187
verkaufte, 1185
Vertriebsformen, 1219
Verkehrsleittechnik, 985
optische, 985
Verkehrsmittel, 6, 62
Verkehrsmittelwahl, 61
Verkehrsnetz, 36
Verkehrspolitik, 3
Verkehrsprofil, 63
Verkehrsprognose, 33
Verkehrsprogramm, 1242
Verkehrsprozess, 975
Verkehrsraum, siehe Luftraum
Verkehrsrecht, 370, 377, 406
Verkehrssektor, 5
Verkehrssteuerungssystem, 975
Abflugbereich, 981
Anflugbereich, 978
Verkehrsstrom
flugplatzbezogener, 60
luftverkehrsbezogener, 60
Verkehrsszenarien, 336
Verkehrsträger, 5
Verkehrswachstum, 41
Verkehrsweg, 6
Verkehrswertigkeit, 6
Verkehrswesen, 5
Verkehrswirtschaft, 6
Verknüpfungspunkt, intermodaler, 665
Verletzung, tödliche, 472
Verpflichtung, gemeinwirtschaftliche, 485
Versetzweg, 791
Verständigungsnormen, 70
Vertical Take-off and Landing (VTOL), 357
Vertikal Speed Indicator, 969
Verwaltungsverfahrensgesetz, 621
Very High Frequency Omnidirectional Radio Range (VOR), 865
Bordanlage, 868
Kontrollpunktmarkierung, 1002
Kontrollpunktzeichen, 1074
Videokonferenz, 854
Visitor Location Register, 833
Visual Approach Slope Indicator (VASI), 899, 1023
Visual Meteorological Conditions (VMC), 194
Vollkostenrechnung, 1256
VOR, siehe Very High Frequency Omnidirectional Radio Range
Vorfahrtbereich, 646
Dimensionierung, 656, 660
Gestaltung, 654, 656
Nutzergruppen nach Verkehrsmitteln, 648
Stellplätze, 659
von Luftfrachtterminalanlagen, 662
von Passagierterminals, 646, 647
Vorfeld, 753, 791
Flutlichtbeleuchtung, 1058
Vorfeldaufsicht, 1161
Vorfelddienst, 1110
Vorfeldfahrzeug, 1158
Vorfeldkapazität, 782
Vorfeldkontrolle, 976, 980
Vorfeldplanung, 979
Vorfeldsicherheitslinie, 1004
Vorlauftransport, 22

W

Wanderfenster, 947
Warning Messages, 337
Wartebucht, 751, 1051

Warteflugverfahren, 248
Warteschleife, 597, 601
Warteverfahren, 597
Wartung, 1352
Wassereinspritzung, 241
Wegpunktnavigation, 919
Weitbereichsnavigation, 877
Weltfrachtluftverkehr, 61
Weltzeit, 885
Werksluftverkehr, 23
Wettbewerb, 14
Wettererscheinungen, signifikante, 280, 322
Wetterkarte, 203
Wettermeldung, 160
Wettermindestbedingung, 168
Whisper-Shout, 963
Wide Area Augmentation Service (WAAS), 891
Wide Cut Fuel, 202
Wide-Body-Flugzeug, 86
Widerstand, 228
Widerstandsbeiwert, 228
Wind-Komponente, 185
Windenergieanlage, 1083
Windgeschwindigkeit, 278, 317
Windrichtung, 278, 317
Windrichtungsanzeiger, 985
Winterdienst, 1132
  operationeller, 1147
  Personalaktivierung, 1151
  Standardräumverfahren, 1150
Winterdienstgerätetechnik, 1144
Winterdiensttechnik, 1138
Winterflugbetrieb, 1132
Winterwetterlage, 1137
Wirbelschleppenkategorien, 560
Wirbelschleppenwarnanlage, 569
Wirtschaftstheorie, 1179
Wirtschaftsverkehr, 62

Y
Yield Management, 1290
  als Wettbewerbsinstrument, 1295

Z
Zahlungspflicht, 1324
Zahlungszeitpunkt, 1324
Zeichen, 549, 1066
Zeitnische, 475, 481
  Abfolge, 477
  Zuweisung, 483
Zeitnischenmobilität, 484
Zeitnischenpool, 483, 486
Zeitraumrechnung, 1301
Zeitschlitz, 915
Zeitstaffelungswert, 563
Zellenroaming, 832
Zielhaltepunktmarkierung, 994
Zinsfuß, interner, 1300
Zivilluftfahrt, internationale Organisationen, 385
Zollgepäcksammellager, 691
Zugtraktor, 1156
Zweifrequenz-Landekurssender, 905
Zweistromtriebwerk (ZTL), 27
Zwischenanflugsegment, 573
Zwischenfeuer, 1089