

**WAS
IS
WAS**

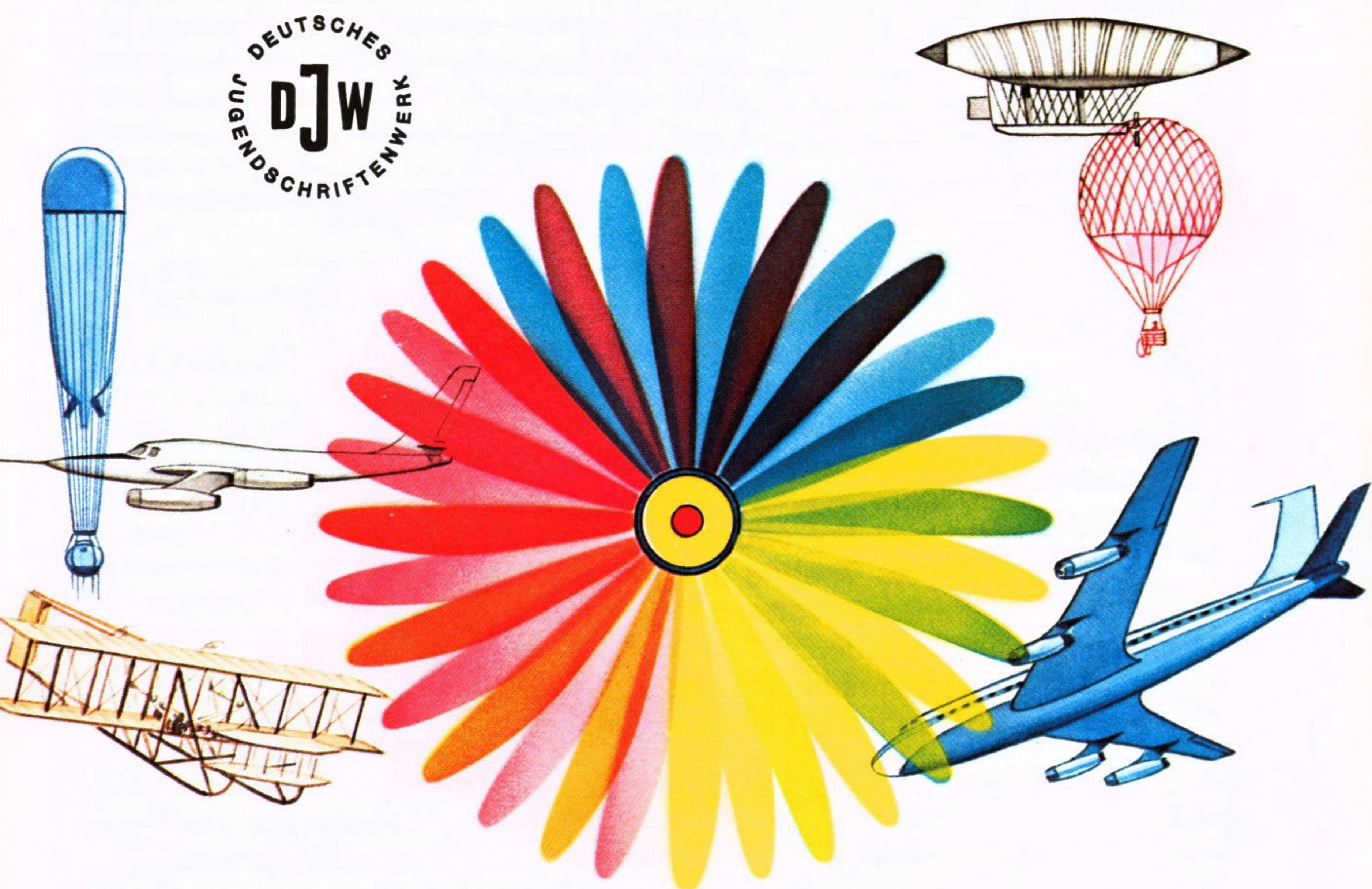
Fliegerei

BAND 10



Ein WAS IST WAS Buch über Fliegerei

von H. J. Highland
Illustriert von George J. Zaffo



Wissenschaftliche Überwachung durch
Dr. Paul E. Blackwood und Ing. Wilfried Heller

NEUER TESSLOFF VERLAG · HAMBURG



Vorwort

Schon immer war es der Wunsch des Menschen, wie ein Vogel fliegen zu können. Sagen und Mythen erzählen davon. Dieser Wunsch hat in dem Menschen gebrannt und ihn angetrieben, Flugversuche zu machen. Anfangs schien der Traum unerfüllbar. Allmählich aber wuchs aus bescheidenen Anfängen der Erfolg: Der Mensch flog. Bald flog er höher und schneller als ein Vogel – und schließlich über die Lufthülle der Erde hinaus.

Dies WAS IST WAS-Buch über die Fliegerei berichtet die spannende Geschichte der zunehmenden Eroberung der Luft durch den Menschen – von den frühen Versuchen bis zur technischen Beherrschung von heute. Es zeigt die ganze Entwicklung auf, von den ersten Flügen mit Ballons, die nur mit dem Wind trieben, zu den Gleitern, den Motorflugzeugen bis hin zu den schnellen Jets und den neuesten Überschallflugzeugen. In vielen Zeichnungen und Fotos werden alle wichtigen Typen der Vergangenheit und Gegenwart vorgestellt, auch neueste Erprobungen wie der Senkrechtstarter. Dargestellt wird auch die Theorie des Fliegens; mit einfachen kleinen Experimenten können Gesetze der Aerostatik und Aerodynamik erlebnishaft erfahren werden.

Zur modernen Verkehrsfliegerei gehört auch der Flughafenbetrieb und die Flugsicherung; Start und Landung, Luftstraßen und Blindflug werden beschrieben.

Im letzten Teil des Buches erfährt der Leser, wie der Raketenantrieb zum Flug im luftleeren Raum führte und welche Aufgaben die vielen Forschungs- und Nachrichtensatelliten erfüllen, die heute unsere Erde umkreisen.

Copyright © 1973 by Grosset & Dunlap, Inc.

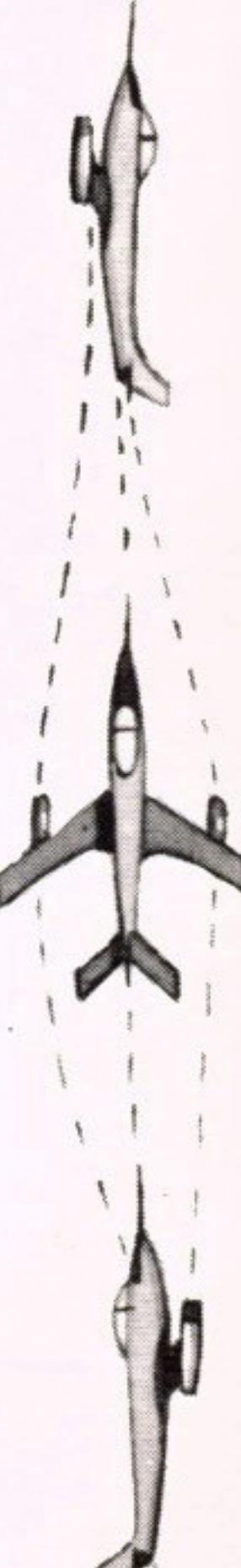
Copyright © 1973 (deutsche Fassung) bei NEUER TESSLOFF VERLAG, Hamburg. Veröffentlicht in Übereinkommen mit Wonder Books/Grosset & Dunlap Inc., New York.

Die Verbreitung dieses Buches oder von Teilen daraus durch Film, Funk oder Fernsehen, der Nachdruck und die fotomechanische Wiedergabe sind nur mit Genehmigung des Neuen Tessloff Verlages gestattet.

ISBN 3-7886-0250/3

Inhalt

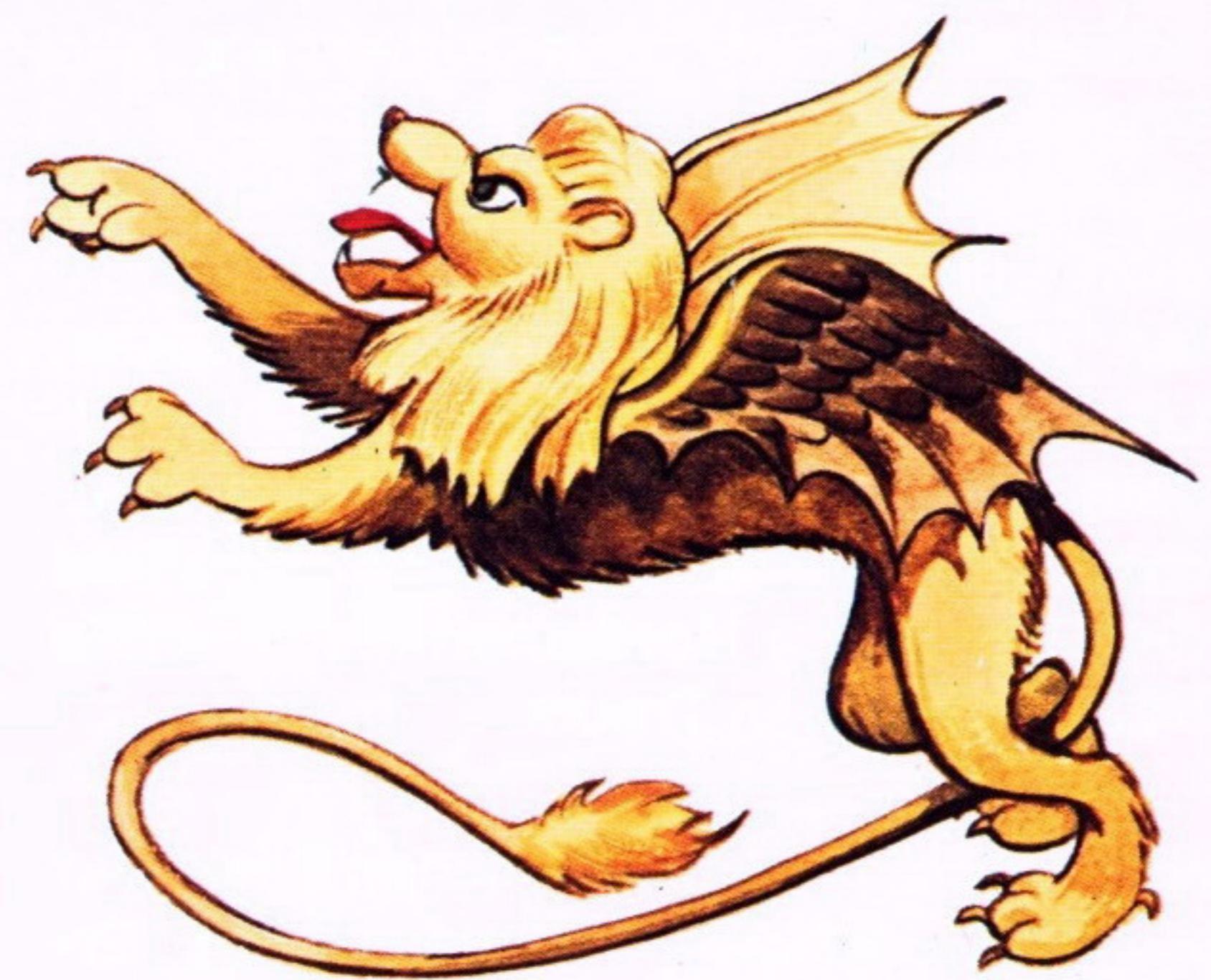
	Seite		
DER TRAUM VOM FLIEGEN			
Wer war der erste Mensch, der fliegen konnte?	5	Wie geht es in die Kurve?	26
Was ist ätherische Luft?	6	Wie kann man den Auftrieb zeigen?	27
Was ist ein Schwingenflugzeug?	7	Wie kann man die Funktion des Höhenruders zeigen?	28
DAS ZEITALTER DER AEROSTATIK		LUFTSTRASSEN AM HIMMEL	28
Was ist Aerostatik?	8	Was sind Luftstraßen?	29
Wie flogen die ersten Ballonfahrer?	8	Kann der Pilot nach Sicht fliegen?	30
Wie konnte der Wasserstoffballon fliegen?	9	Wie können die Piloten bei jedem Wetter fliegen?	30
Wie hießen andere berühmte Ballonfahrer?	10	Wie bereitet der Flugkapitän seinen Flug vor?	31
Was ist ein lenkbares Luftschiff?	10	Welches Flugzeug hat Vorrecht?	32
Wann flogen die ersten Luftschiffe?	11	Wann wird ein neues Verkehrsflugzeug zugelassen?	32
Flugzeuge des Ersten Weltkrieges	12	Das Instrumentenbrett	33
Flugzeuge des Zweiten Weltkrieges	13		
Was ist ein Zeppelin?	14	SCHNELLER ALS DER SCHALL	34
Warum baute man keine Zeppeline mehr?	14	Wann wurde zuerst der Düsenantrieb verwendet?	34
PIONIERE DER LUFTFAHRT		Wie fliegt ein Düsenflugzeug?	34
Was ist Aeronautik?	14	Staustrahlrohr und intermittierendes Staustrahlrohr	36
Wie fliegt ein Gleitflugzeug?	14	Wie ein Turbostrahltriebwerk arbeitet	37
Wer unternahm den ersten erfolgreichen Motorflug?	15	Warum verwendet man „Turboprops“?	38
Wie entwickelte sich die frühe Fliegerei?	16	Was ist die Schallmauer?	38
Die ersten Langstreckenflüge	16	Wie hat der Überschallflug die Form der Flugzeuge verändert?	39
Der erste Alleinflug über den Atlantik	18	Warum fliegen Flugzeuge im Jetstrom?	40
Was war das erste richtige Passagierflugzeug?	19	Was ist ein Senkrechtstarter?	40
Daten und Namen der frühen Fliegerei	20	Linienverkehr mit Überschall?	41
DIE ENTWICKLUNG DER VERKEHRSFLIEGEREI			
FLUG NACH JEDER RICHTUNG		DIE JÜNGSTE LUFTFAHRTGESCHICHTE	42
Die Idee vom Hubschrauber	21		
Wie kann man einen Cayley-Kreisel bauen?	23	RAKETEN UND SATELLITEN	43
Wer baute die ersten Hubschrauber?	23	Wozu verwendete man früher Raketen?	43
Wie fliegt ein Hubschrauber?	24	Wer waren die ersten Raketenforscher?	43
THEORIE UND TATSACHEN DES FLUGES		Wodurch fliegt eine Rakete?	44
Wie kommt es, daß ein Flugzeug fliegt?	25	Wie werden Raketen ferngelenkt?	45
Wodurch steigt und sinkt ein Flugzeug?	25	Was ist ein Satellit?	45
	26	Wie kommt es, daß ein Satellit am Himmel bleibt?	46
		Was sind Trägerraketen?	47
		Wozu verwendet man Satelliten?	48



Der Traum vom Fliegen

Der Traum des Menschen vom Fliegen, der Wunsch, die Sterne zu erreichen, ist so alt wie die Menschheit selbst. Wie begreiflich, daß der vorzeitliche Mensch, der sich einem wilden, angreifenden Ungetüm gegenüber sah, sich danach sehnte, aufzuspringen und wie ein Vogel fortzufliegen.

In alten Sagen und religiösen Überlieferungen finden sich genügend Beweise für die Sehnsucht, fliegen zu können. Aber Wünsche und Träume heben keinen Menschen von der Erde empor, und die wunderbare Fähigkeit, fliegen zu können, blieb den Göttern vorbehalten. Jeder der Götter hatte besondere Mittel zum Fliegen. Bei den alten Griechen lenkte Phaethon, der Sohn des Helios, die wilden Pferde, die den Sonnenwagen zogen. Merkur, der



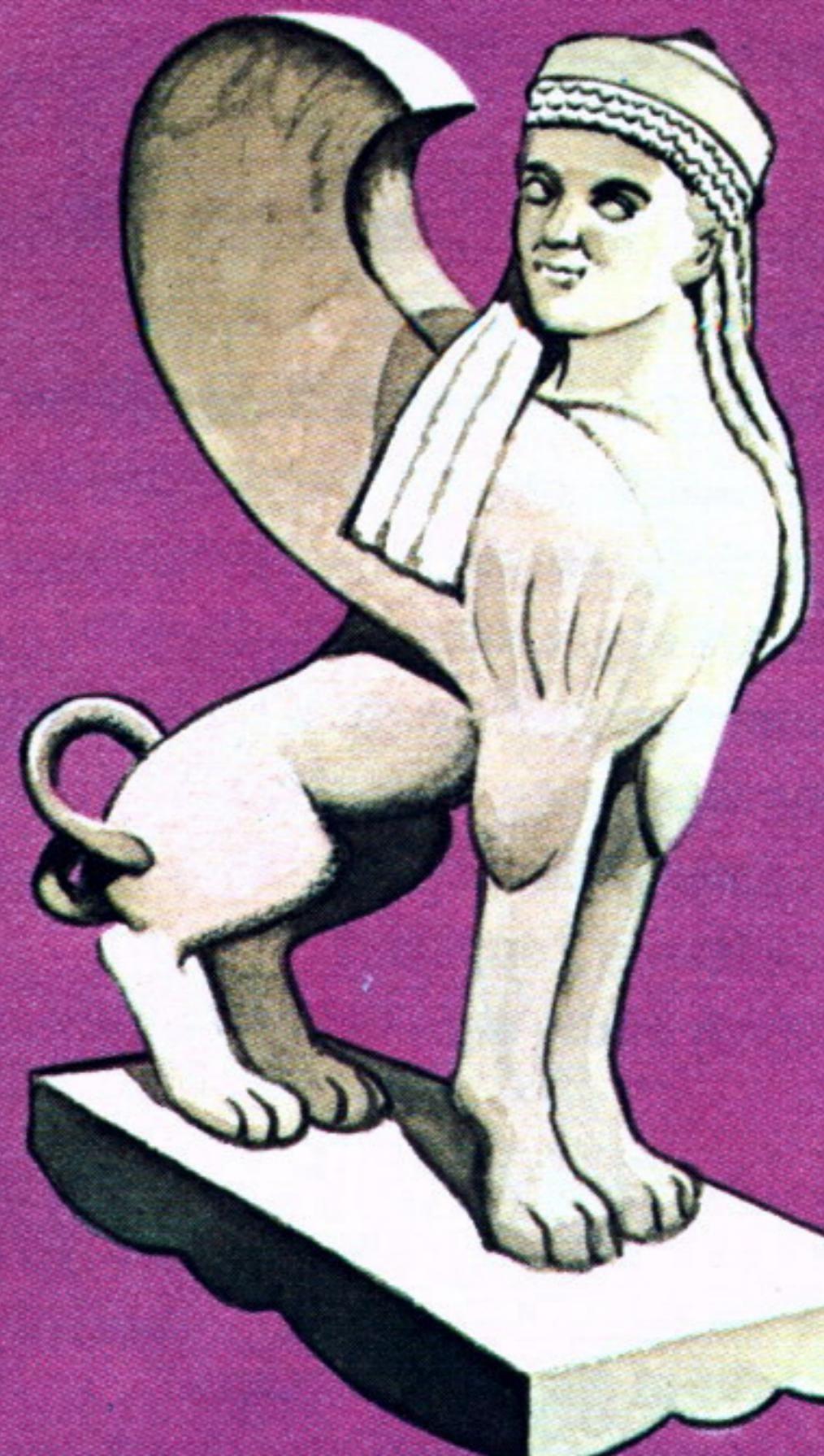
Ein geflügelter Löwe aus dem Mittelalter

Der Holzschnitt von Albrecht Dürer stellt Dädalus und Ikarus dar, wie sie von der Insel Kreta entfliehen. Ikarus stürzt ins Meer.





Nach uralten Vorstellungen konnten Götter und heilige Tiere fliegen. Der geflügelte Stier mit Menschenkopf ist ein assyrisches Bildwerk aus dem 9. Jahrhundert v. Chr.



Die Sphinx, ein Symbol des ägyptischen Königtums, wurde von den Griechen übernommen und von ihnen mit Flügeln ausgestattet. Im 6. Jahrhundert v. Chr. wurde ihr Bildnis oft für Grabmäler verwendet.



Dieser Bildausschnitt einer griechischen Vase aus dem 4. Jahrhundert v. Chr. zeigt den mythischen Helden Bellerophon auf dem geflügelten Götterpferd Pegasus. Sie schlugen vereint die dreiköpfige Chimäre.

Götterbote, hatte einen Helm mit Flügeln und geflügelte Sandalen. Das geflügelte Pferd Pegasus konnte schneller, weiter und höher als alle Vögel fliegen.

Der Traum vom Fliegen war auf der ganzen Welt verbreitet. Im alten Ägypten und Babylon stellte man Stiere, Löwen und selbst Menschen mit Flügeln dar. Die alten Chinesen und Griechen, die Azteken in Mittelamerika und die Irokesen Nordamerikas – alle träumten diesen Traum.

Nach einer alten griechischen Sage war

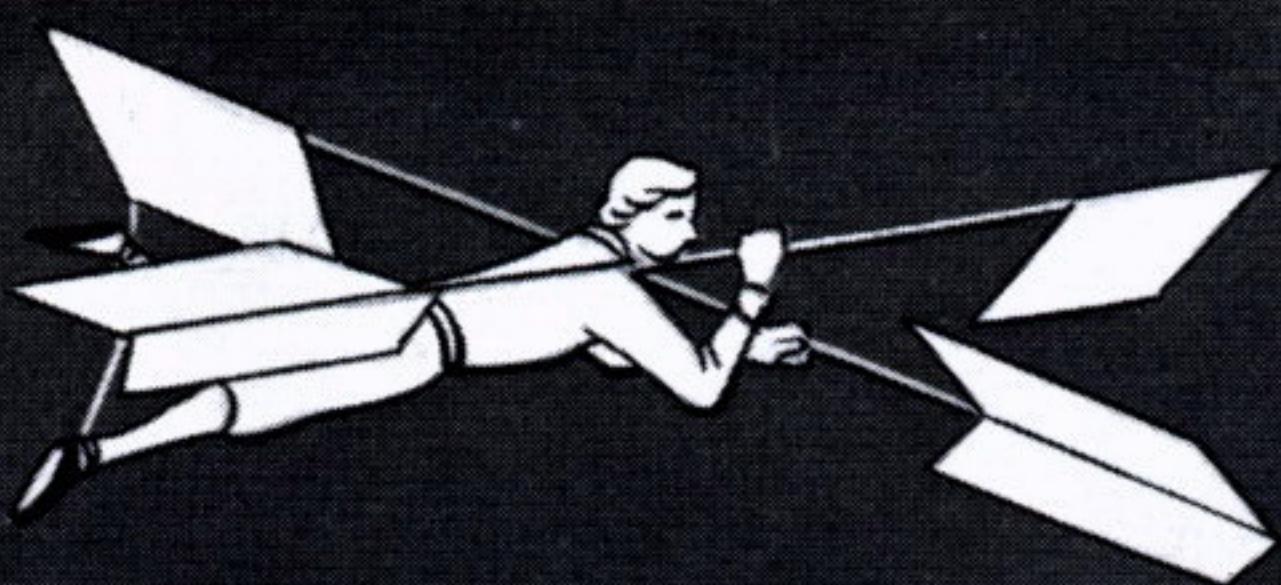
**Wer war der
erste Mensch,
der fliegen
konnte?**

Dädalus, der Erfinder aus Athen, der erste Mensch, der fliegen konnte. Er und sein Sohn Ikarus wurden auf

der Insel Kreta durch König Minos gefangen gehalten. Um zu fliehen, formte Dädalus Flügel aus Wachs, in die er Vogelfedern steckte.

Während des Fluges stieg Ikarus zu hoch, und die Sonne ließ das Wachs schmelzen. Er stürzte ins Meer und ertrank; der Teil jenes Meeres heißt heute noch zu Ehren des ersten Menschen, der dort der Sage nach sein Leben beim Fliegen verlor, Ikarisches Meer. Man sagt, sein Vater habe den Flug fortgesetzt und das einige hundert Kilometer entfernte Sizilien erreicht.

Nach einer alten englischen Sage benutzte König Bladud im 9. Jahrhundert



Der Franzose Besnier behauptete im 17. Jahrhundert, er sei so geflogen, wie es das Bild zeigt.

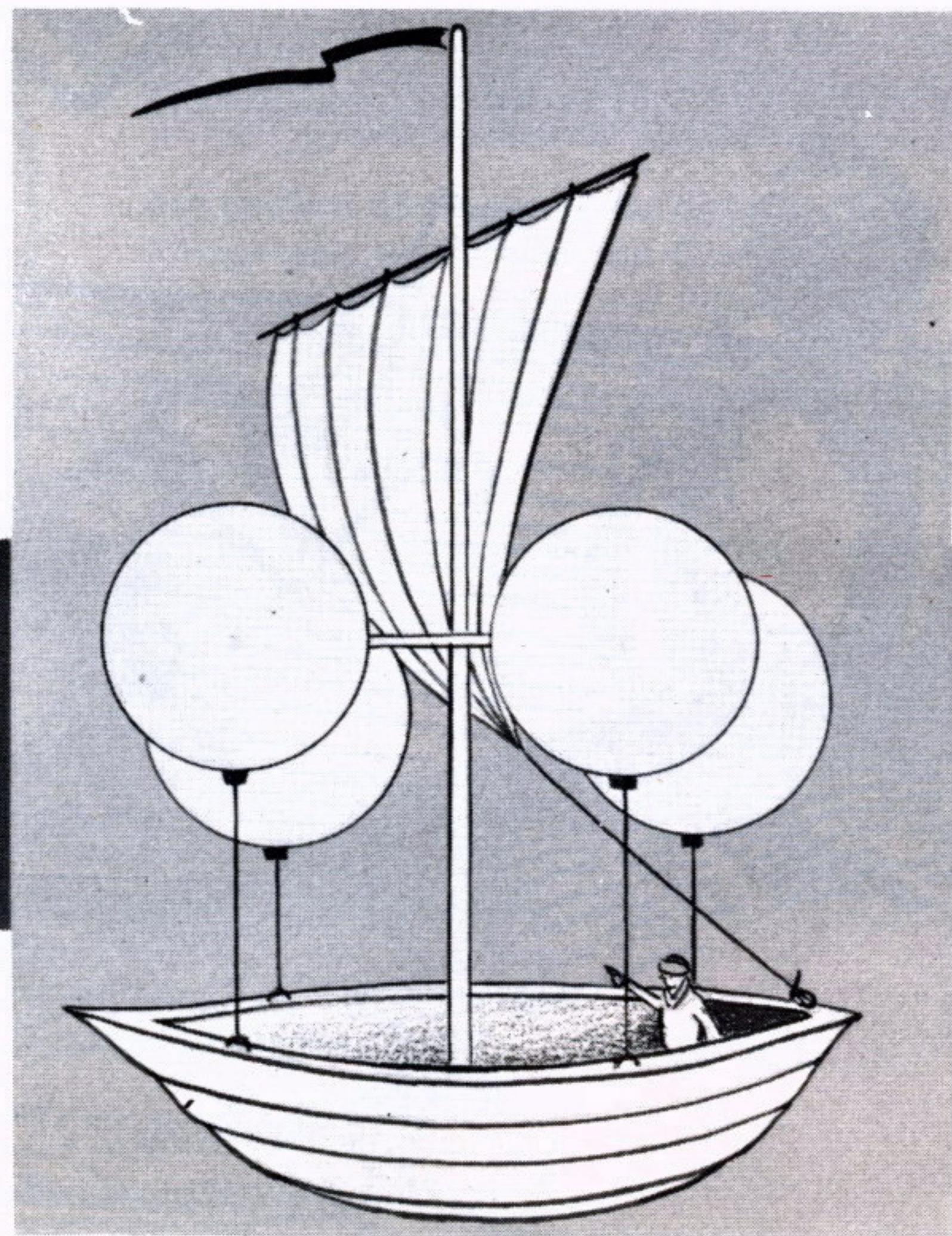
De Lanas Luftboot sollte von vier luftleeren Kugeln in der Höhe gehalten werden.

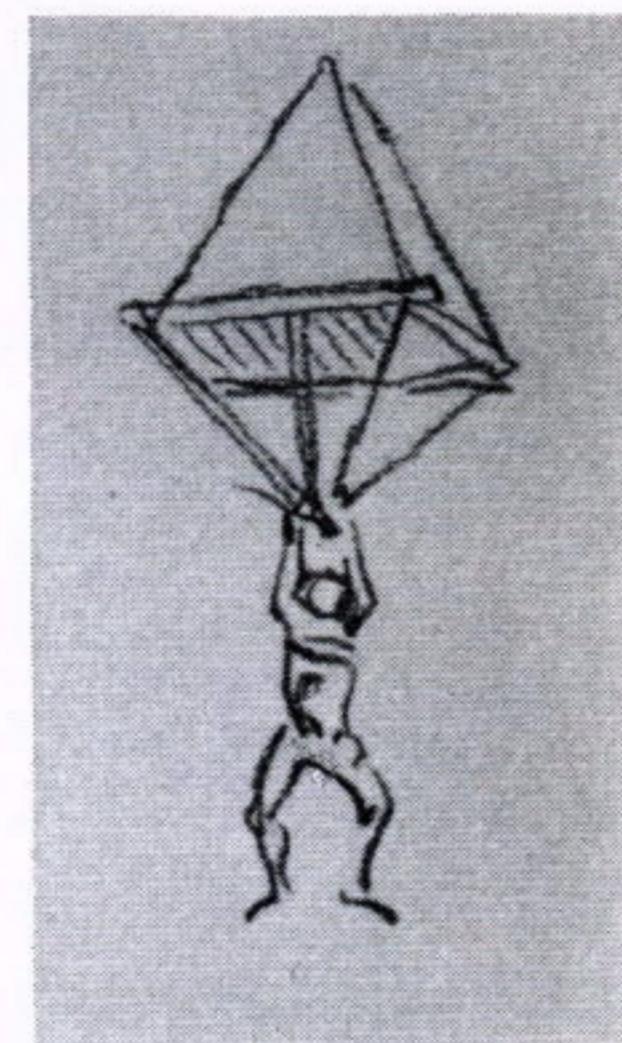
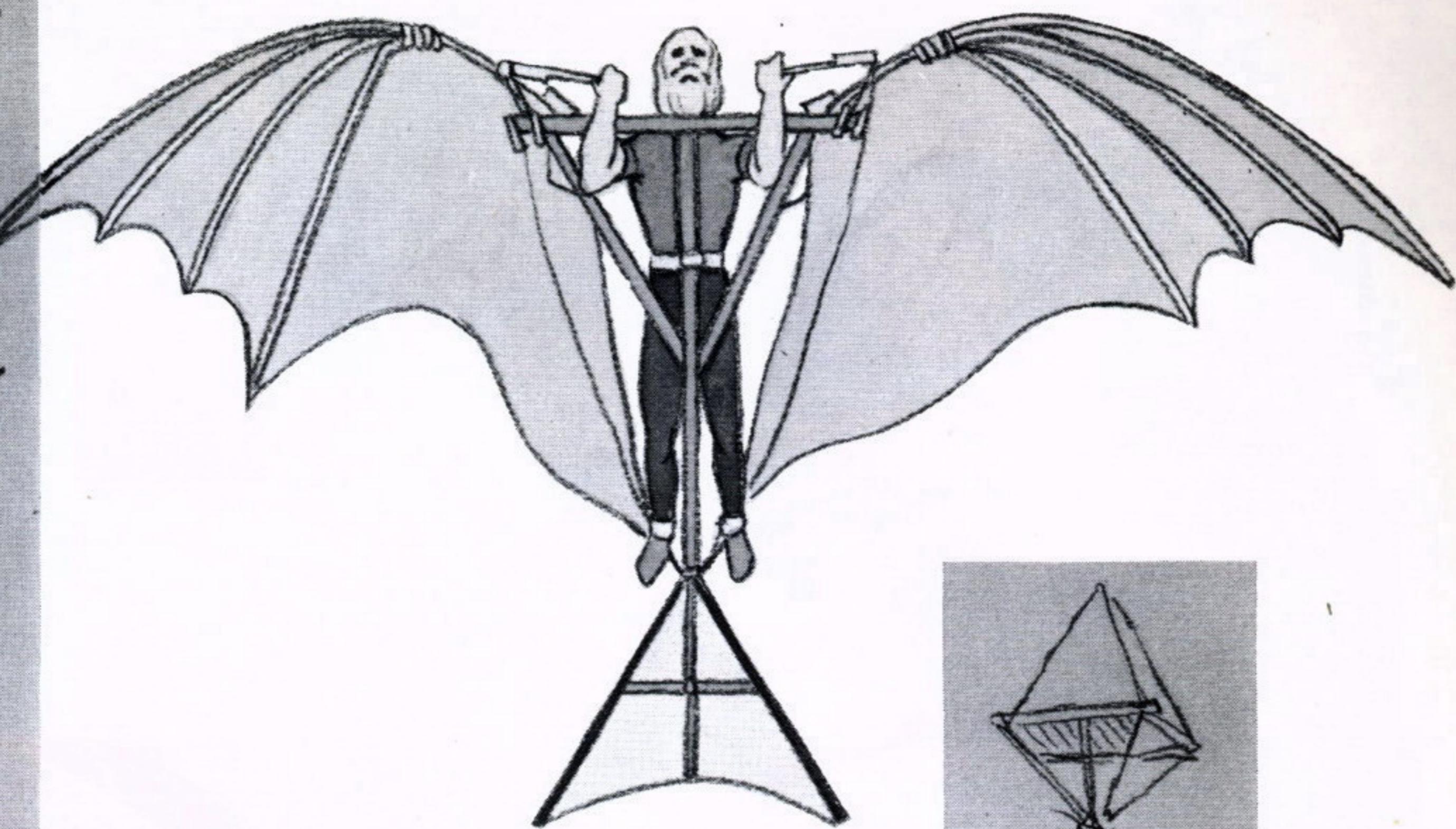
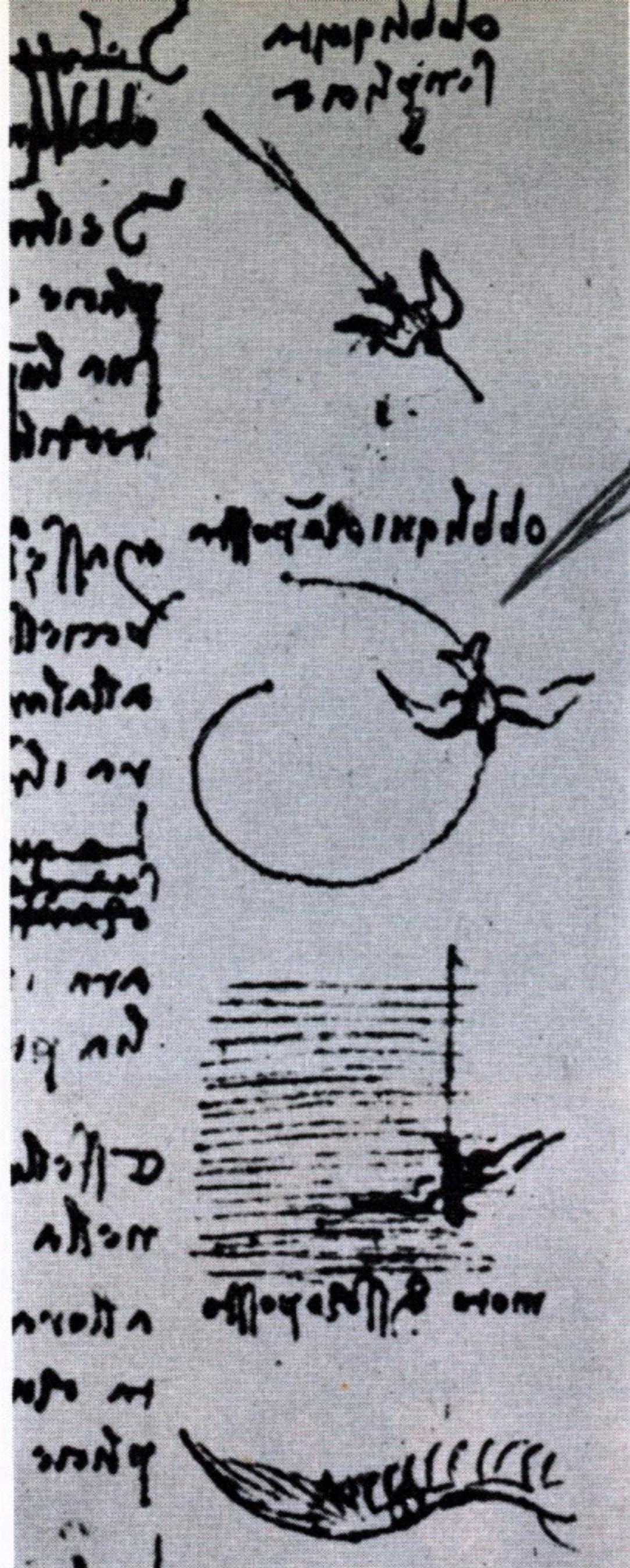
v. Chr. Flügel, um zu fliegen. Aber sein Flug war nur kurz und er stürzte tödlich ab.

Der erste Mensch, der sich wissenschaftlich mit dem Fliegen beschäftigte, war Roger Bacon, ein Engländer, der im 13. Jahrhundert lebte.

Er stellte sich die Luft um und über uns als ein Meer vor und glaubte, daß ein Ballon auf der Luft genauso wie ein Boot auf dem Wasser schweben könne. Ein Ballon – oder Luftboot – sollte mit „ätherischer“ Luft gefüllt werden, um auf dem Luftmeer schweben zu können. Wir wissen nicht, was Bacon mit „ätherischer Luft“ meinte; doch schreiben viele ihm das Verdienst zu, die grundlegende Vorstellung von der Ballonfahrt gehabt zu haben.

Fast 400 Jahre später knüpfte Francesco de Lana, ein italienischer Priester, an Bacons Vorstellung vom Fliegen an. Er entwarf ein Boot mit Mast und Segeln, das durch vier hohle Ku-





Leonardo da Vinci beobachtete Vögel im Flug und machte viele Entwürfe und Aufzeichnungen (links). Er entwarf eine Flugmaschine, einen Schwingenflieger (oben) und erdachte auch einen Fallschirm (rechts).

geln in der Luft gehalten werden sollte. Jede Kugel sollte einen Durchmesser von etwa 6 m haben und aus sehr dünnem Kupfer hergestellt werden. Die Luft sollte aus den Kugeln entfernt werden, so daß sie schweben und das Boot in die Luft heben könnten.

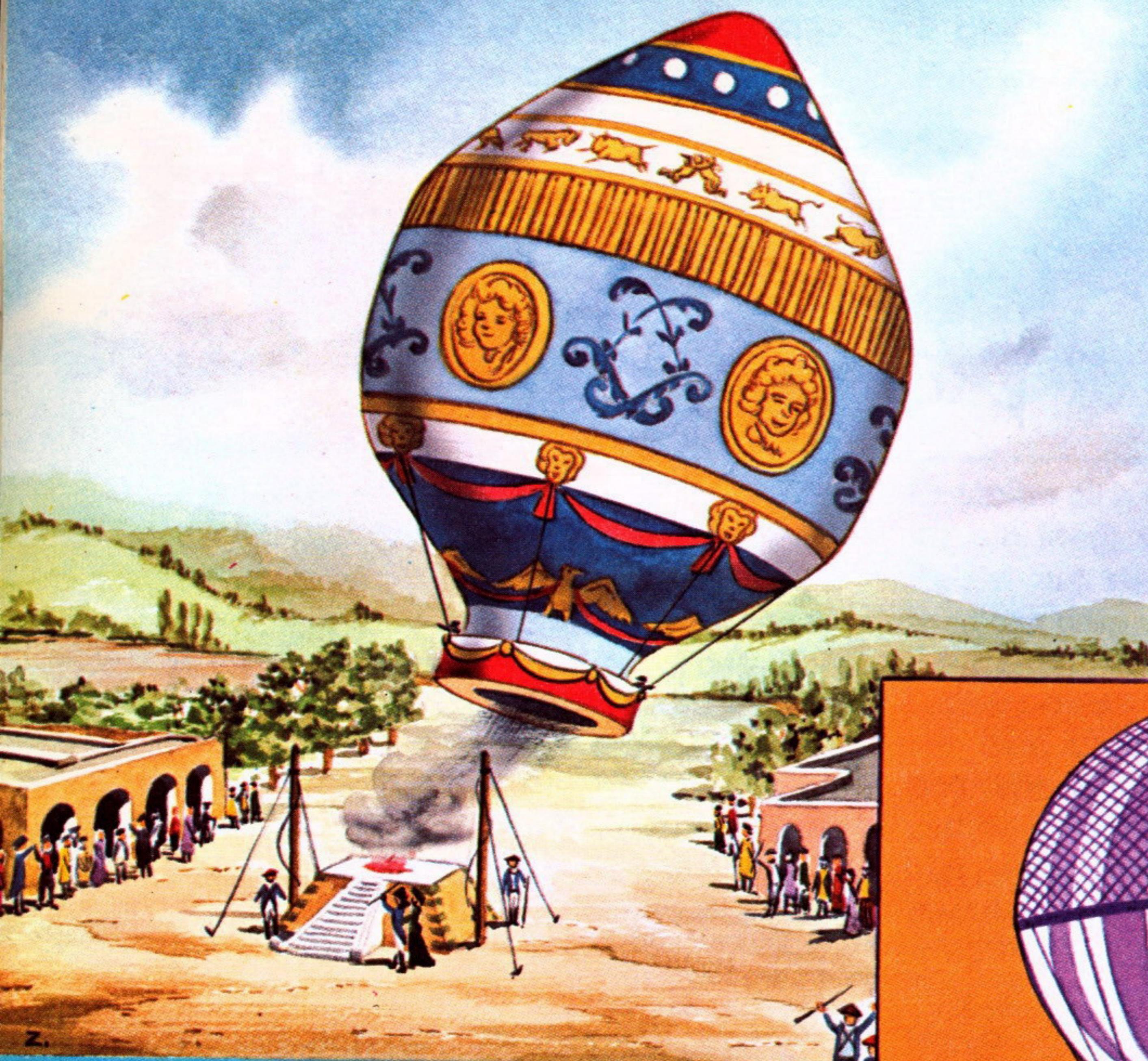
De Lanas Boot wurde niemals gebaut, da es nicht möglich war, in jenen Zeiten Kugeln aus solch dünnem Metall und in solcher Größe herzustellen. Und selbst wenn man die dünnwandigen Kugeln hätte bauen können, wären sie durch den Luftdruck zerstört worden.

Leonardo da Vinci war nicht nur der größte Mathematiker des 15. Jahrhunderts, sondern auch ein bekannter Maler, Architekt, Bildhauer und Ingenieur. Nachdem er den Vogelflug und die Luftbewegung studiert hatte,

Was ist ein Schwingenflugzeug?

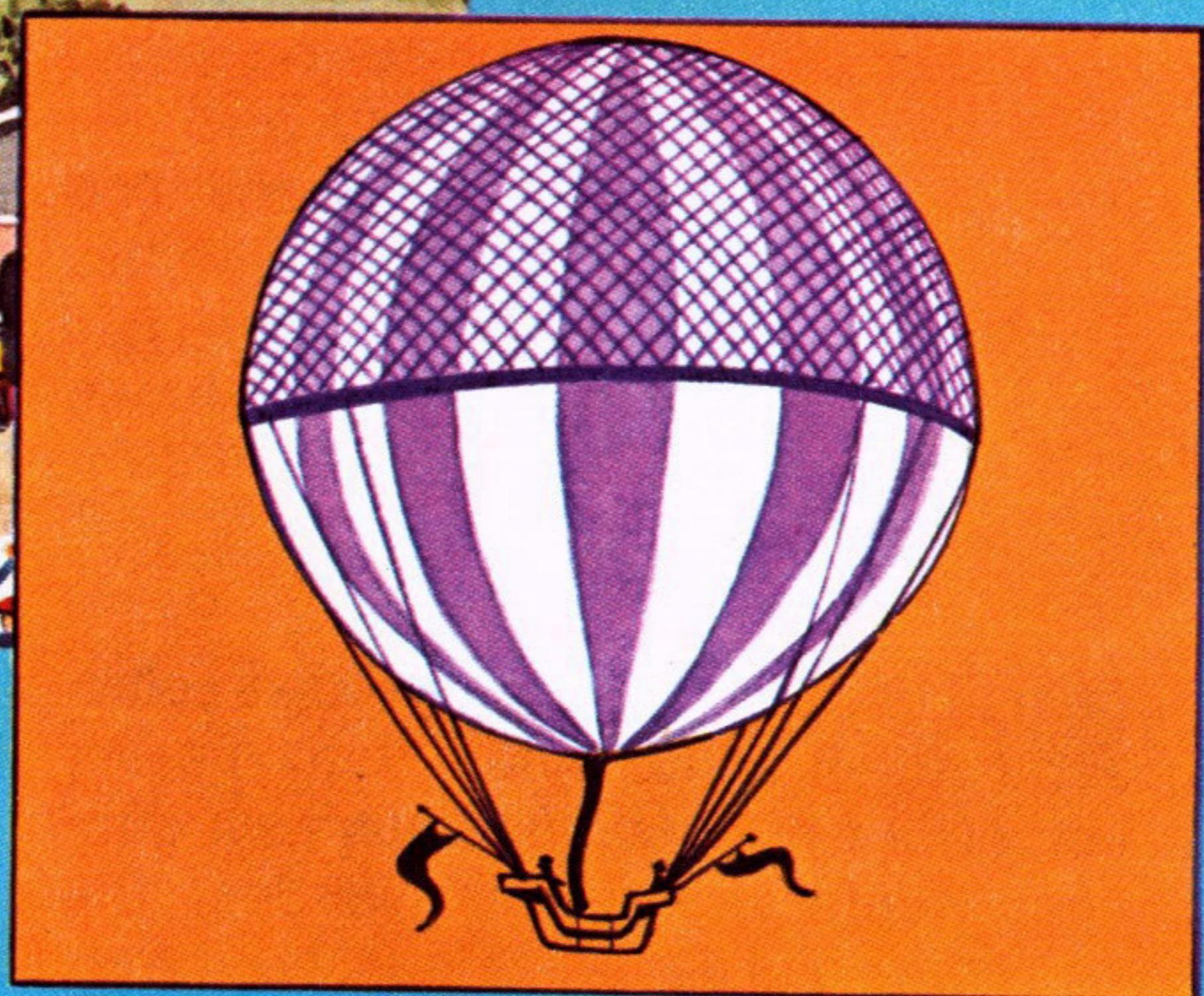
schloß er, daß die Vögel fliegen, weil sie mit den Flügeln schlagen und daß der Mensch das gleiche tun könne. Leonardo entwarf ein Schwingenflugzeug, eine flügelschlagende Flugmaschine. Die Flügel sollten mit den Armen und Beinen bewegt werden. Viele Menschen beschäftigten sich mit dem Gedanken, ein Schwingenflugzeug zu bauen. Robert Hooke unternahm 1660 in England mit diesem Gerät Versuche. Er behauptete, daß er Erfolg gehabt habe, aber er schrieb auch von seinen großen Schwierigkeiten, in der Luft zu bleiben. Er erkannte als erster, daß Federn für einen Flug nicht nötig sind.

Viele Menschen versuchten, mit einem Schwingenflugzeug zu fliegen und scheiterten daran. Ende des 17. Jahrhunderts wies der Italiener Sorelli nach, daß der Mensch niemals mit eigener Kraft fliegen kann. Doch die Versuche gingen weiter.



Links: Die ersten Ballonflüge wurden 1783 von den Brüdern Montgolfier unternommen. Sie benutzten heiße Luft, um einen prächtig geschmückten Ballon steigen zu lassen.

Rechts: Die zweite bemannete Ballonfahrt unternahm 10 Tage nach den Brüdern Montgolfier der französische Physiker J. A. C. Charles mit einem wasserstoffgefüllten Ballon. 200 000 Franzosen beobachteten ihn und seinen Begleiter bei dem zweistündigen Flug, der ihn 43 km weit trug.



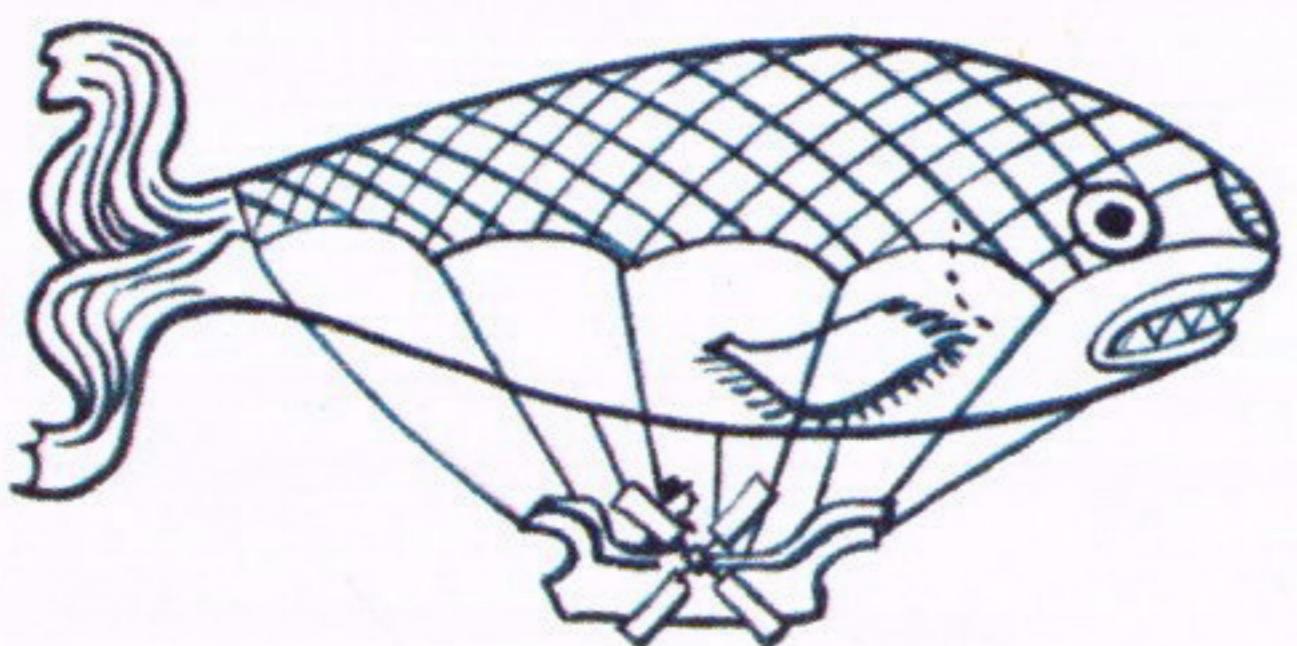
Das Zeitalter der Aerostatik

Im Jahre 1643 bewies Toricelli, ein berühmter Physiker und Mathematiker, mit seinem Quecksilberbarometer, daß die Luft Gewicht und

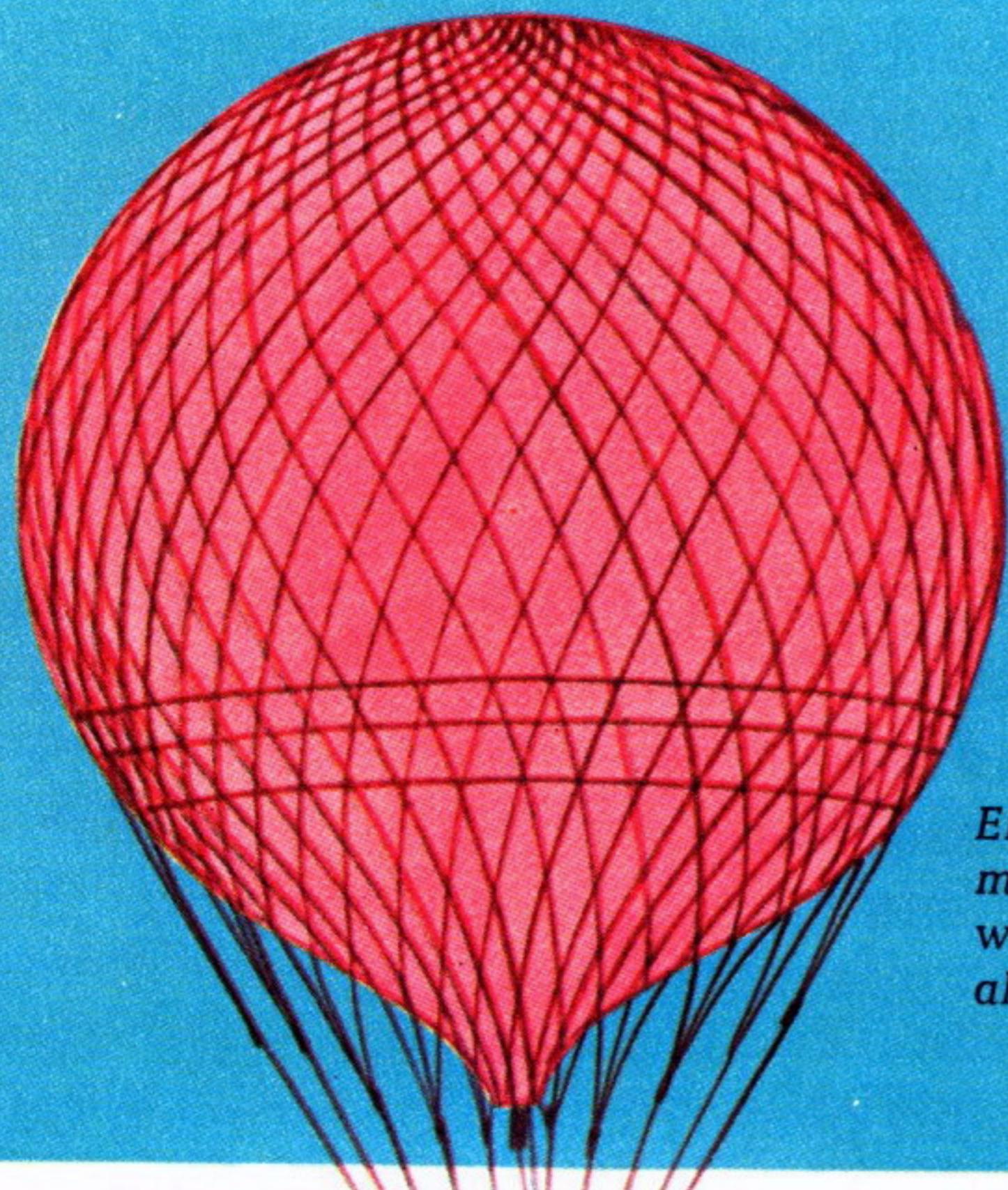
Was ist die Aerostatik?

Dichte wie andere Gase hat. Diese Entdeckung war der Beginn der Wissenschaft von der Aerostatik. Die Aerostatik – die Lehre vom Gleichgewicht der Gase – erforscht die Bedingungen, un-

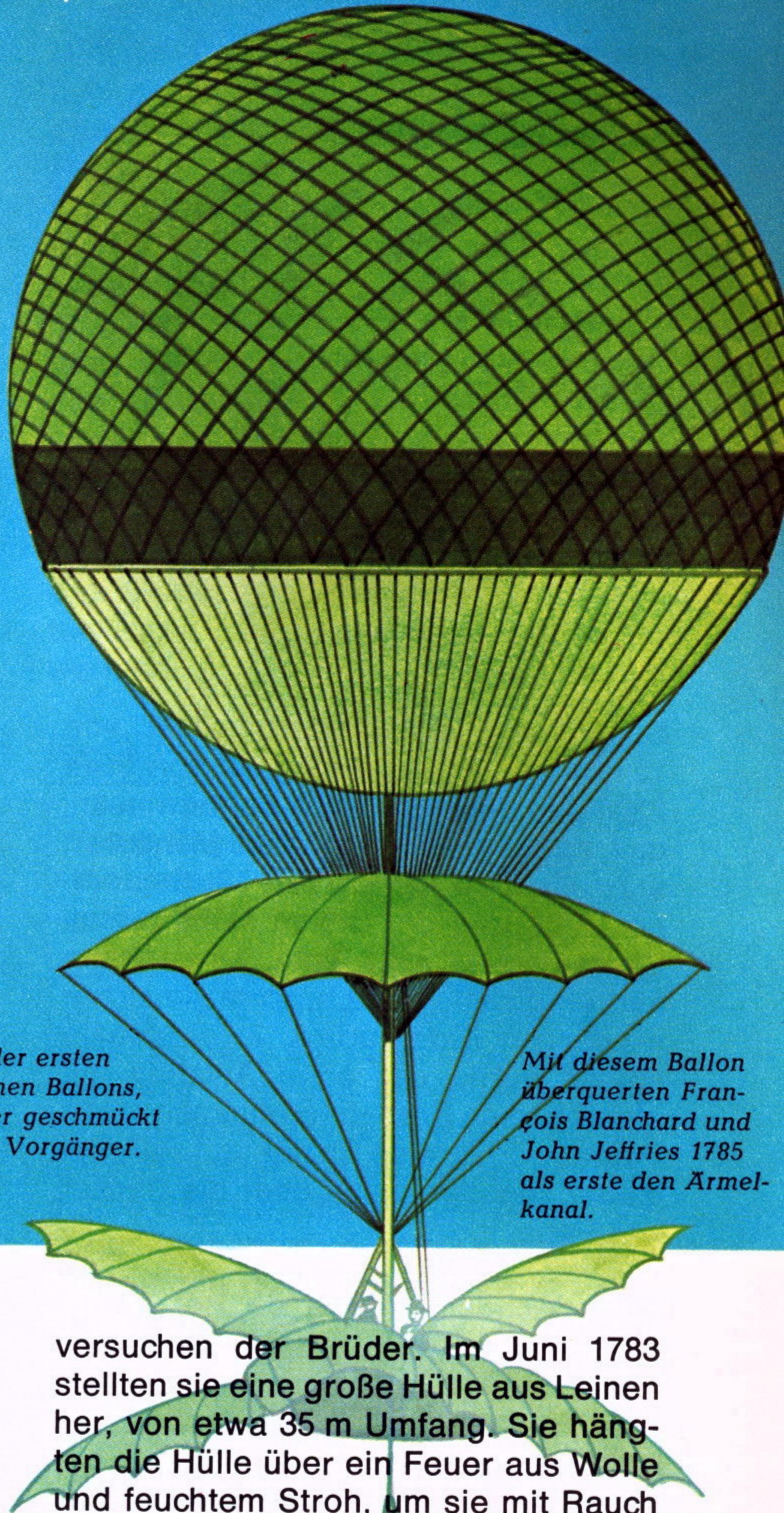
ter denen ein Körper in der Luft einen Auftrieb erfährt und damit die Fähigkeit erhält, in der Luft zu schweben, ähnlich wie Fische und U-Boote im Wasser schwimmen. Wesentlich ausgebaut wurde diese neue Wissenschaft nach 1766, als Henry Cavendish, ein englischer Chemiker, der die Gase erforschte, ein neues Gas entdeckte, das leichter als Luft war. Diese „brennende Luft“ nannte der französische Chemiker Lavoisier später Wasserstoff.



Der wie ein Fisch geformte Flugapparat wurde Anfang des 19. Jahrhunderts in Frankreich entworfen, flog aber nie.



Einer der ersten modernen Ballons, weniger geschmückt als die Vorgänger.



Mit diesem Ballon überquerten François Blanchard und John Jeffries 1785 als erste den Ärmelkanal.

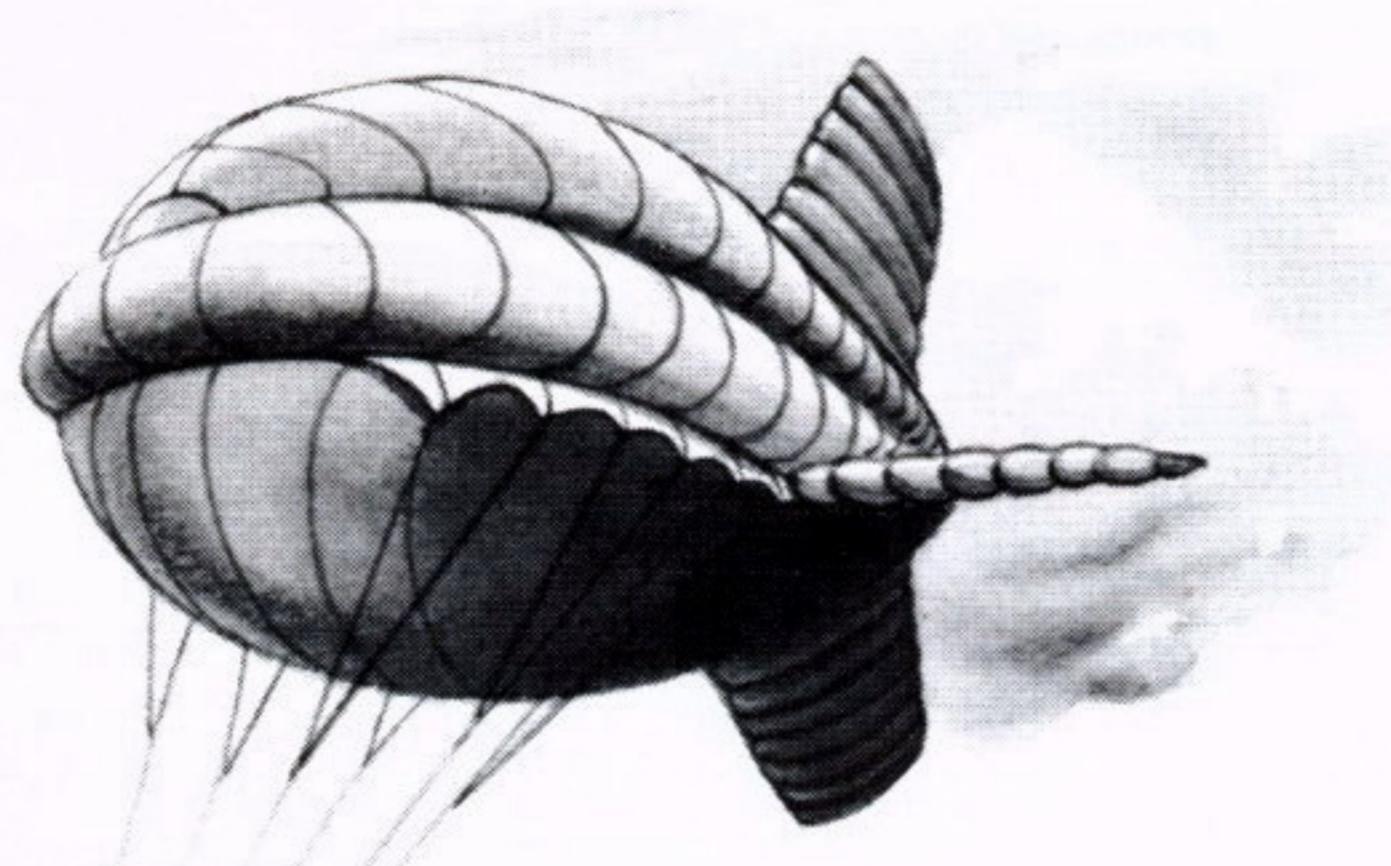
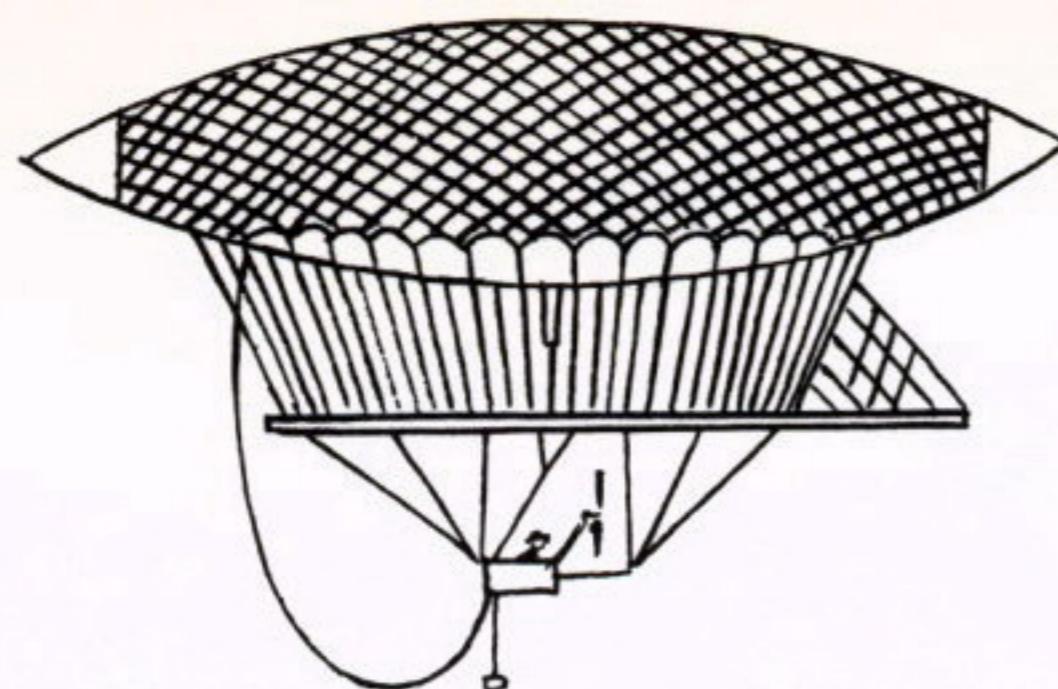
Sechzehn Jahre, nachdem Cavendish

Wie flogen die ersten Ballonfahrer?

fier eines Abends den Rauch eines Kaminfeuers, der durch den Schornstein nach oben stieg. Joseph kam ein Gedanke. Er nahm ein Stück Seide, machte daraus eine unten offene Hülle und hielt sie über das Kaminfeuer. Die Hülle füllte sich mit heißer Luft und schwebte zur Zimmerdecke empor. Das gab den Anstoß zu den Ballonflug-

versuchen der Brüder. Im Juni 1783 stellten sie eine große Hülle aus Leinen her, von etwa 35 m Umfang. Sie hängten die Hülle über ein Feuer aus Wolle und feuchtem Stroh, um sie mit Rauch zu füllen. Die Hülle mit warmer Luft stieg fast 2000 Meter hoch und schwebte etwa 10 Minuten. Sie fiel, als das erhitze Gas in der Hülle abkühlte, wieder zur Erde und landete einige Kilometer weit entfernt. Ein von Menschenhand hergestellter Körper war tatsächlich geflogen.

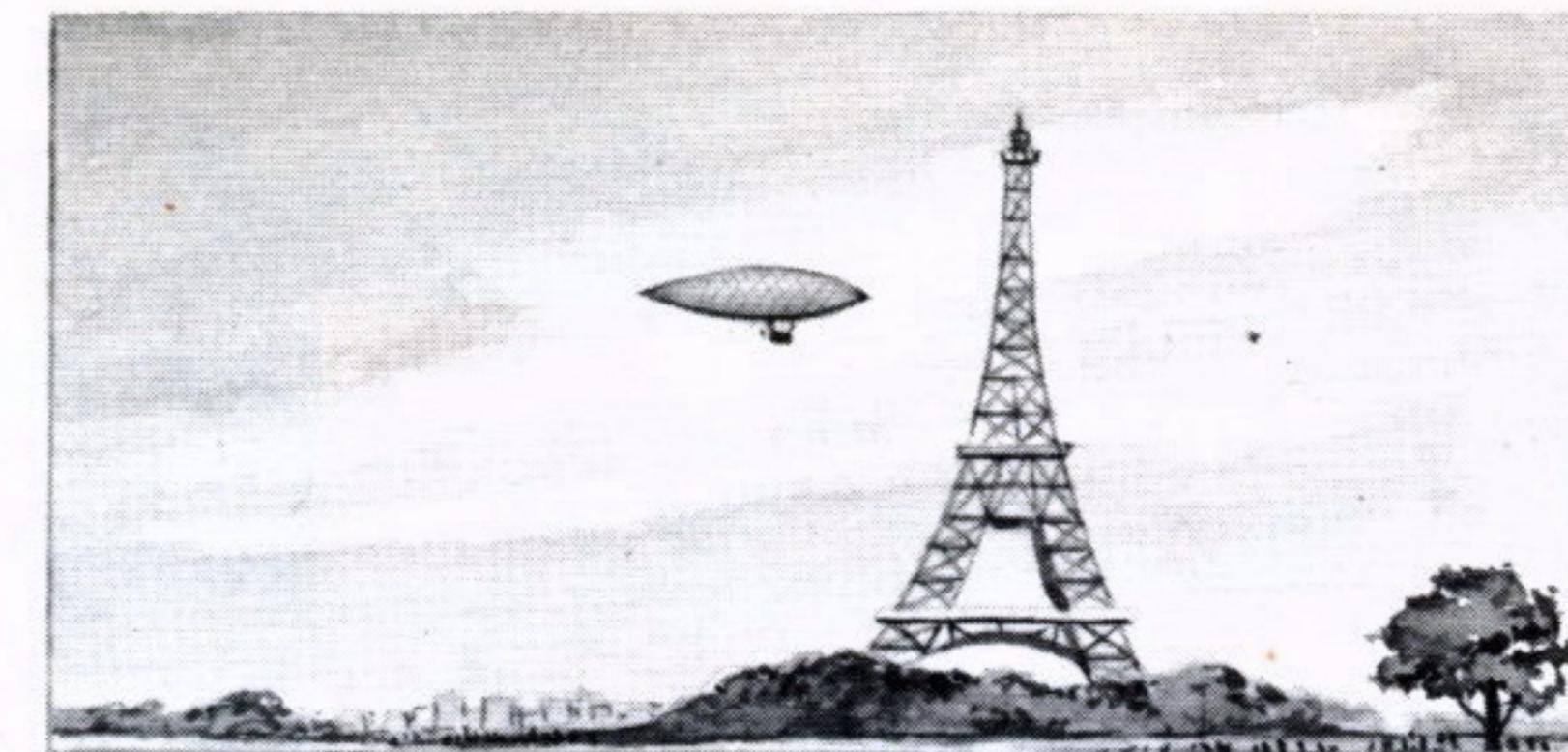
Die Brüder Montgolfier bauten etwas später mit Hilfe der französischen Königlichen Akademie einen anderen



Ballon, der einen Durchmesser von 12 m hatte. Er trug eine Last von etwa 230 kg in die Luft; damit war bewiesen, daß es möglich war, einen Menschen aufzusteigen zu lassen. Am 19. September 1783 trug der Ballon seine ersten Passagiere – eine Ente, einen Hahn und ein Schaf – und brachte sie sicher wieder zur Erde zurück. Zwei Monate später wurde der erste Aufstieg mit Menschen an Bord unternommen: Jean François Pilâtre de Rozier und sein Begleiter segelten damit über die Dächer von Paris.

Kurz nachdem Pilâtre de Rozier die erste Ballonfahrt gemacht hatte, füllte Jacques A. C. Charles, ein französischer Physiker, eine Ballonhülle aus Seide, die durch Kautschuk dicht gemacht worden war, mit dem von Cavendish entdeckten Wasserstoff. Dieser Ballon stieg schneller als die anderen; er blieb zwei Stunden in der Luft und landete schließlich 45 km entfernt. Als Charles Begleiter austieg, erhob sich der Ballon abermals und stieg – zu Charles Entsetzen – bis in 2750 m Höhe.

Wie konnte der Wasserstoffballon fliegen?

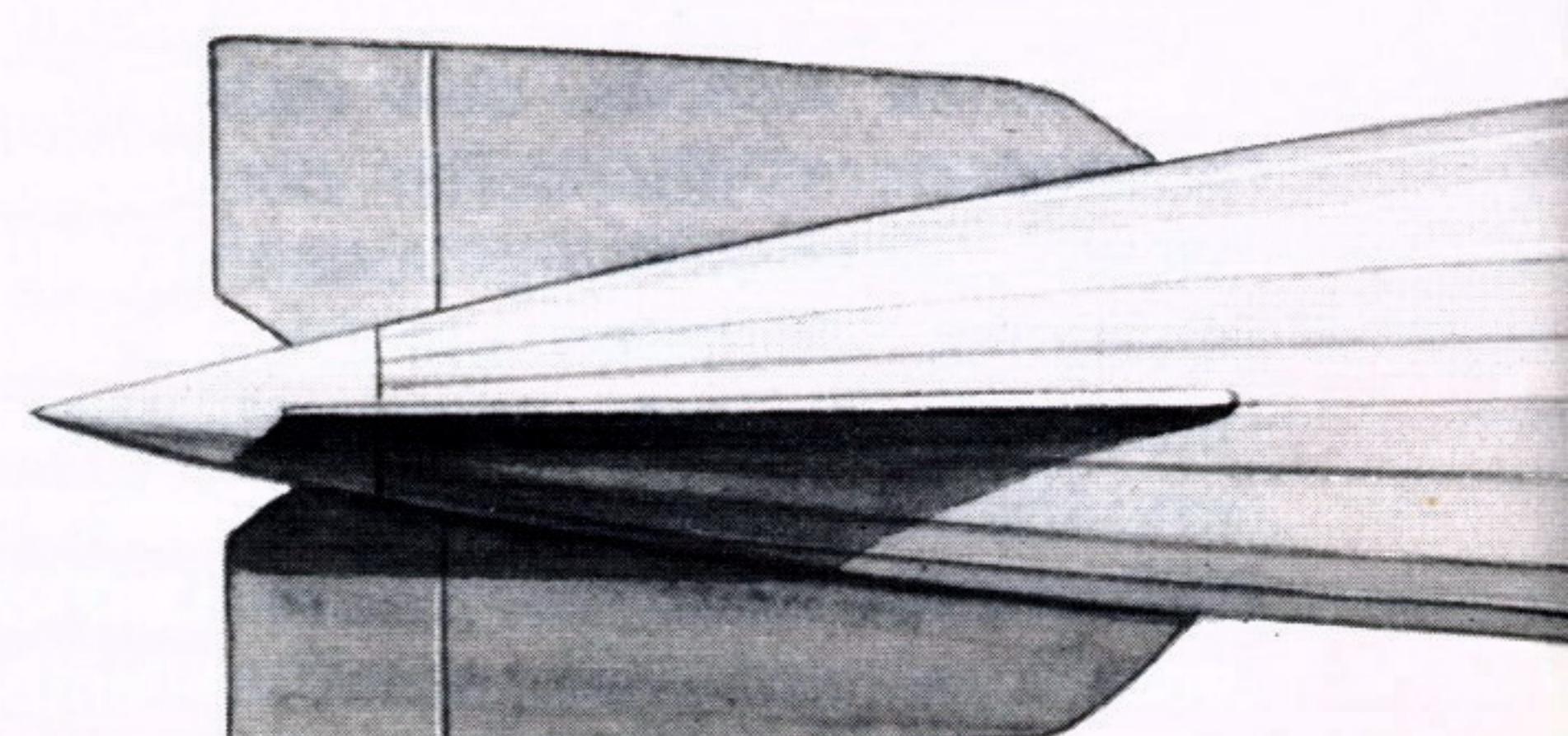


Henry Gifford baute 1852 den ersten lenkbaren Ballon (links oben). Er wurde von einem Propeller bewegt, den eine Dampfmaschine antrieb. Das erste „lenkbare Luftschiff“ (oben) wurde von Alberto Santos-Dumont gebaut. Fesselballons (links) wurden im Ersten und Zweiten Weltkrieg verwendet, um Tieffliegerangriffe zu verhindern.

Die Charlières, wie man solche Wasserstoffballons lange Zeit nannte, stiegen schnell, weil Wasserstoff wesentlich leichter ist als Luft. Das Gewicht der Luft in einem Ballon von etwa 1 m Durchmesser beträgt 8 Pfund, das Gewicht von Wasserstoff in einem gleichgroßen Ballon nur $\frac{1}{2}$ Pfund.

Der berühmteste der frühen Ballonfahrer war François Blanchard. Er führte Ballonfahrten in ganz Europa vor. Seine berühmteste Ballonfahrt ging 1785 von Dover nach Calais über den Ärmelkanal; er beförderte damals die erste internationale Luftpost. Er unternahm auch den ersten Ballonaufstieg in Deutschland; das war 1788 in Frankfurt.

Ein anderer berühmter Ballonfahrer war Kapitän Coutelle von der franzö-



Der Zeppelin hatte ein Metallgerüst. Der Gasraum, in mehrere getrennte Zellen unterteilt, war mit Wasserstoff gefüllt.

sischen Revolutionsarmee; er stieg als erster mit einem Ballon auf, der für Kriegszwecke benutzt wurde. In der Schlacht von Fleurus im Jahre 1794 übermittelte er durch Zeichen Nachrichten an den General Jourdan, der auf diese Weise über den Stand der Schlacht unterrichtet wurde.

Die ersten Ballons bestanden aus einer

**Was ist
ein lenkbares
Luftschiff?**

aufgeblasenen Hülle, an der ein offener Korb, eine Gondel, durch Taue befestigt war. Wenn der

Ballon höher steigen sollte, verringerte der Ballonfahrer – der Pilot – das Gewicht des Ballons, indem er kleine Sandsäcke, die an den Seiten der Gondel befestigt waren, abwarf. Sollte der Ballon sinken, öffnete er ein Ventil und ließ etwas Gas entweichen. So konnte man den Ballon steigen und sinken lassen, aber es gab keine Möglichkeit, den Flug zu steuern. Wenn der Ballon einmal in der Luft war – und die Menschen mit ihm –, war er vom Winde abhängig.

Man probierte Segel und Ruderblätter, um die Ballons steuern zu können.

Aber erst als die Dampfmaschine so weit entwickelt war, daß sie die Antriebskraft liefern konnte, gelang es, lenkbare Flugkörper zu bauen.

Das lenkbare Luftschiff bestand aus einer langen, spitzzulaufenden, mit Gas gefüllten Hülle; es hatte Kabinen oder Gondeln für Passagiere an der

Unterseite. Das Luftschiff nutzte zwar auch den Wind aus, verwendete aber durch Kraftmaschinen angetriebene Propeller.

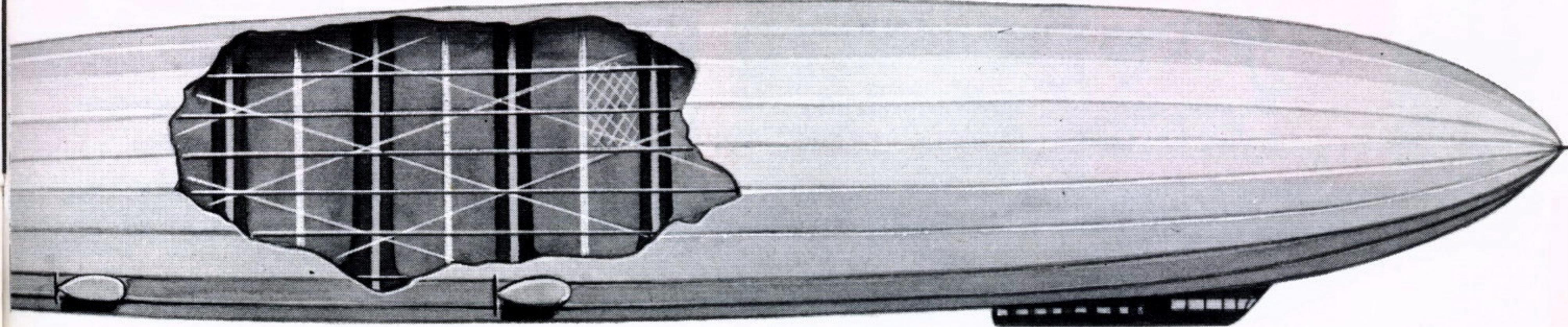
Um zu steigen und zu sinken, benutzten die ersten Luftschiffe ein Gewicht, das verschoben werden konnte. Wenn man das Gewicht nach vorn verschob, ging die Nase des Luftschiffes nach unten; wurde das Gewicht zum Heck hin bewegt, zeigte die Nase aufwärts. Bei späteren Luftschiffen benutzte man waagerechte Schwanzflossen, um die Auf- und Abwärtsbewegungen zu steuern. Senkrechte Schwanzflossen dienten dazu, nach links oder rechts zu wenden.

Im Jahre 1852, fast 70 Jahre nachdem

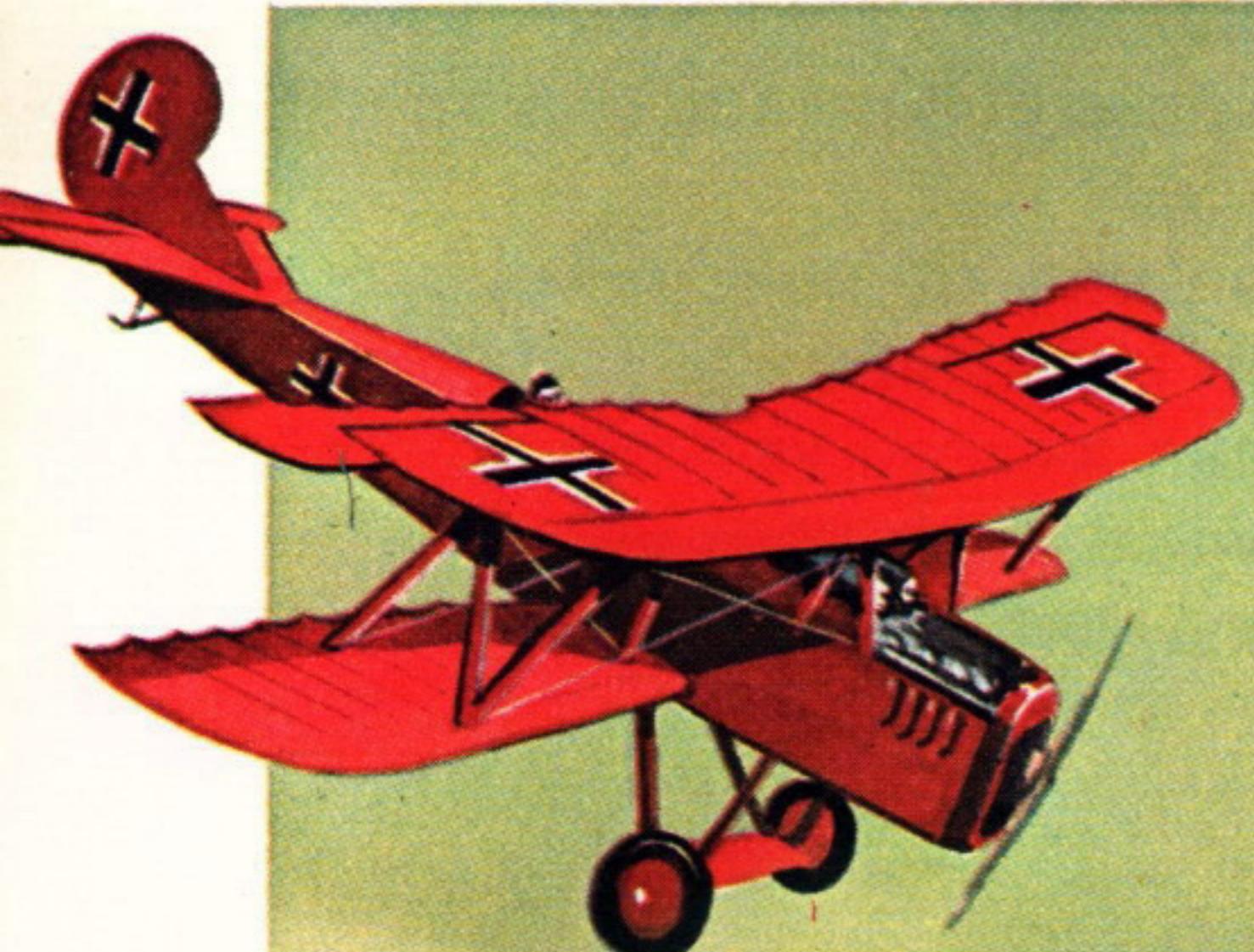
**Wann flogen
die ersten
Luftschiffe?**

der erste Montgolfière-Ballon bei Lyon aufgestiegen war, baute Henri Giffard, ein französischer Ingenieur, das erste brauchbare Luftschiff. Es hatte die Form einer Zigarre, war 44 m lang und mit einer kleinen 3 PS-Dampfmaschine ausgerüstet, die einen Propeller antrieb. Wegen der niedrigen Geschwindigkeit, die unter 8 km in der Stunde lag, trieb das Luftschiff bei starkem Wind rückwärts.

In den folgenden Jahrzehnten bauten noch andere Franzosen und auch deutsche Ingenieure noch manches neue Luftschiff. Das erste wirklich brauchbare baute 1899 Ferdinand Graf von Zeppelin.



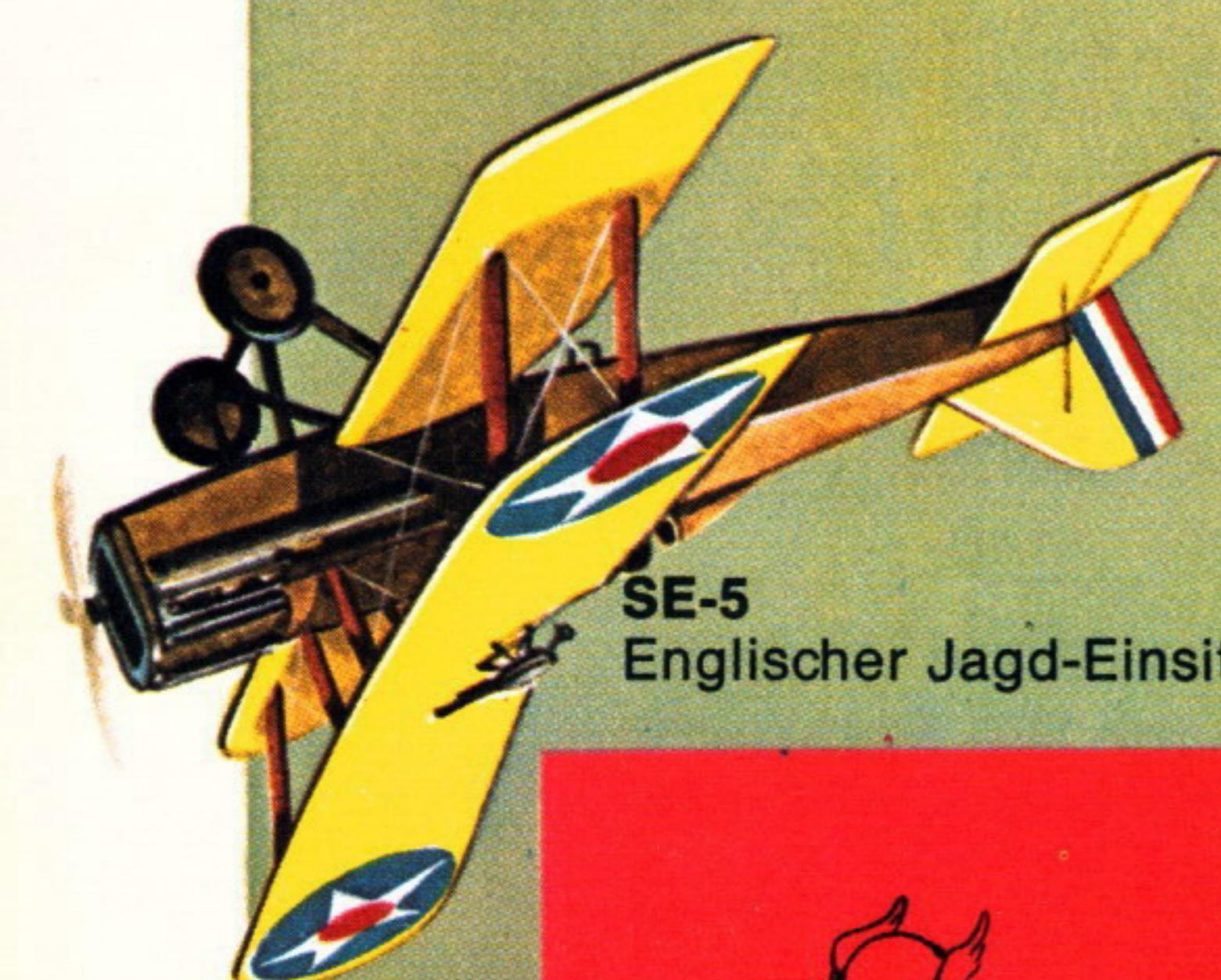
Flugzeuge des Ersten Weltkrieges



Fokker D-7
Deutscher Jagd-Einsitzer



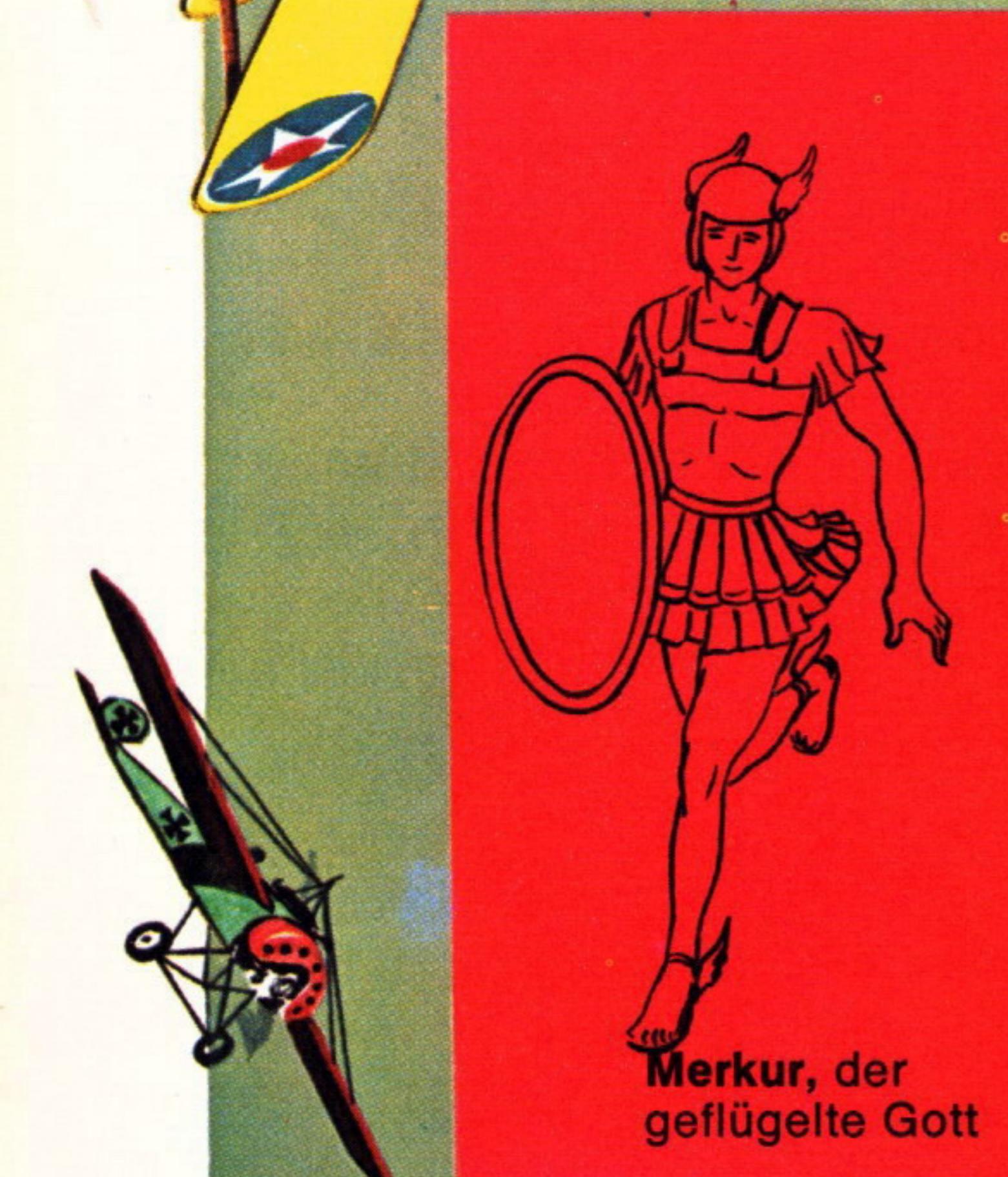
Spad
Französischer Jagd-Einsitzer



SE-5
Englischer Jagd-Einsitzer



R. Wal
Zweisitziges
deutsches Kampfflugzeug



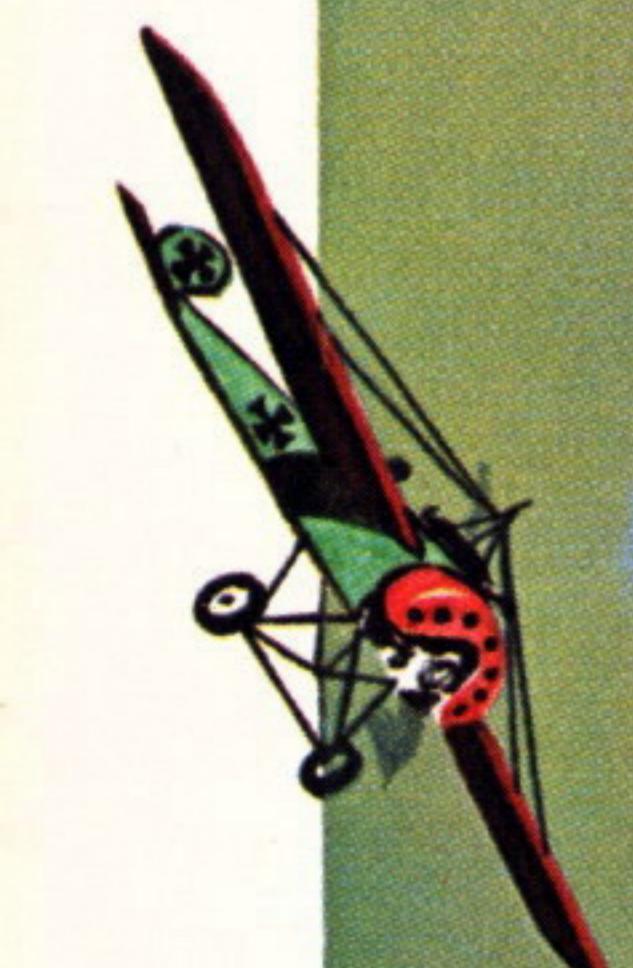
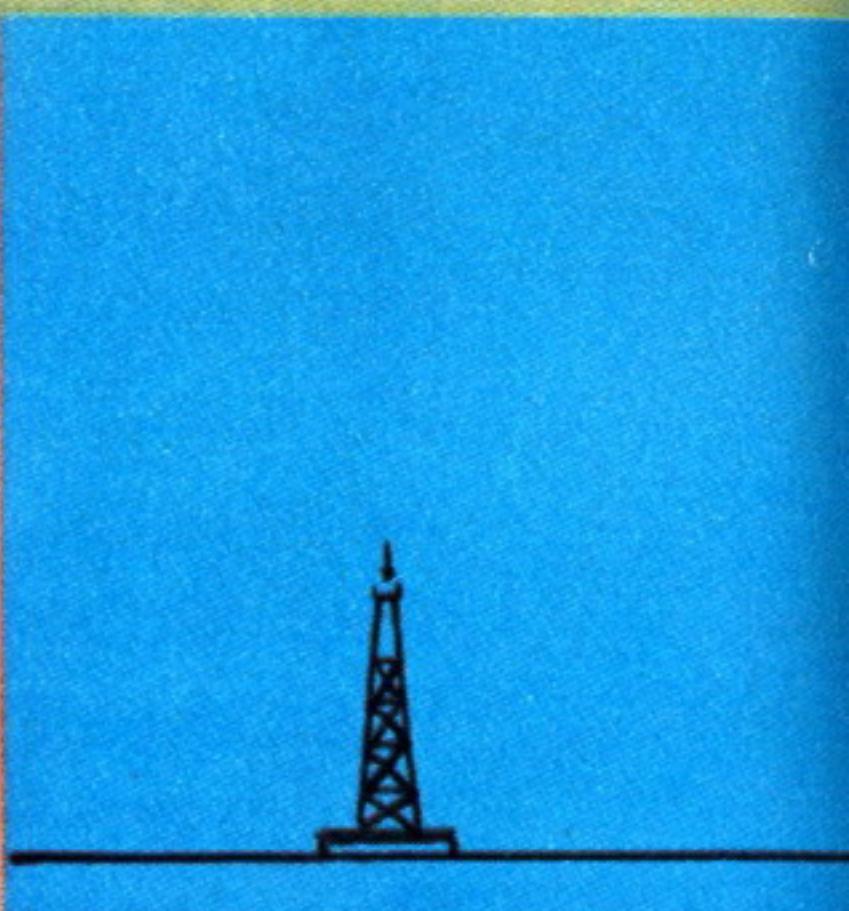
Fokker E-4
Einsitziger deutscher
Jäger im Einsatz



Schwingenflugzeug
(Entwurf da Vinci)



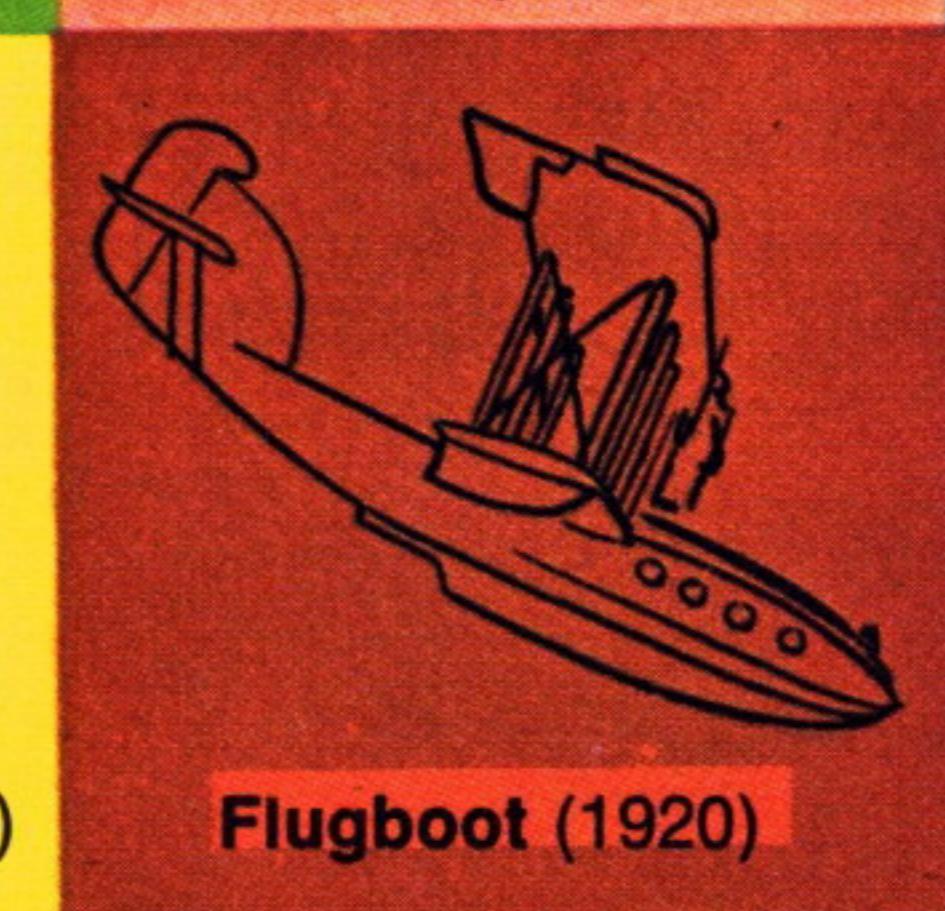
Ballon



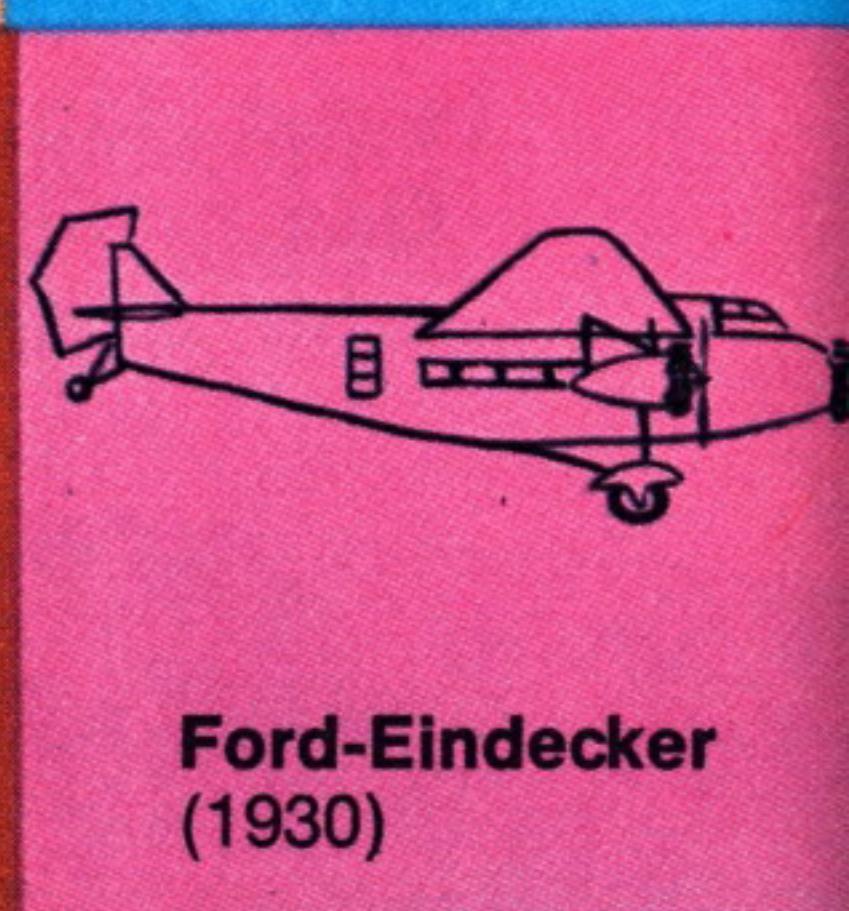
**Merkur, der
geflügelte Gott**



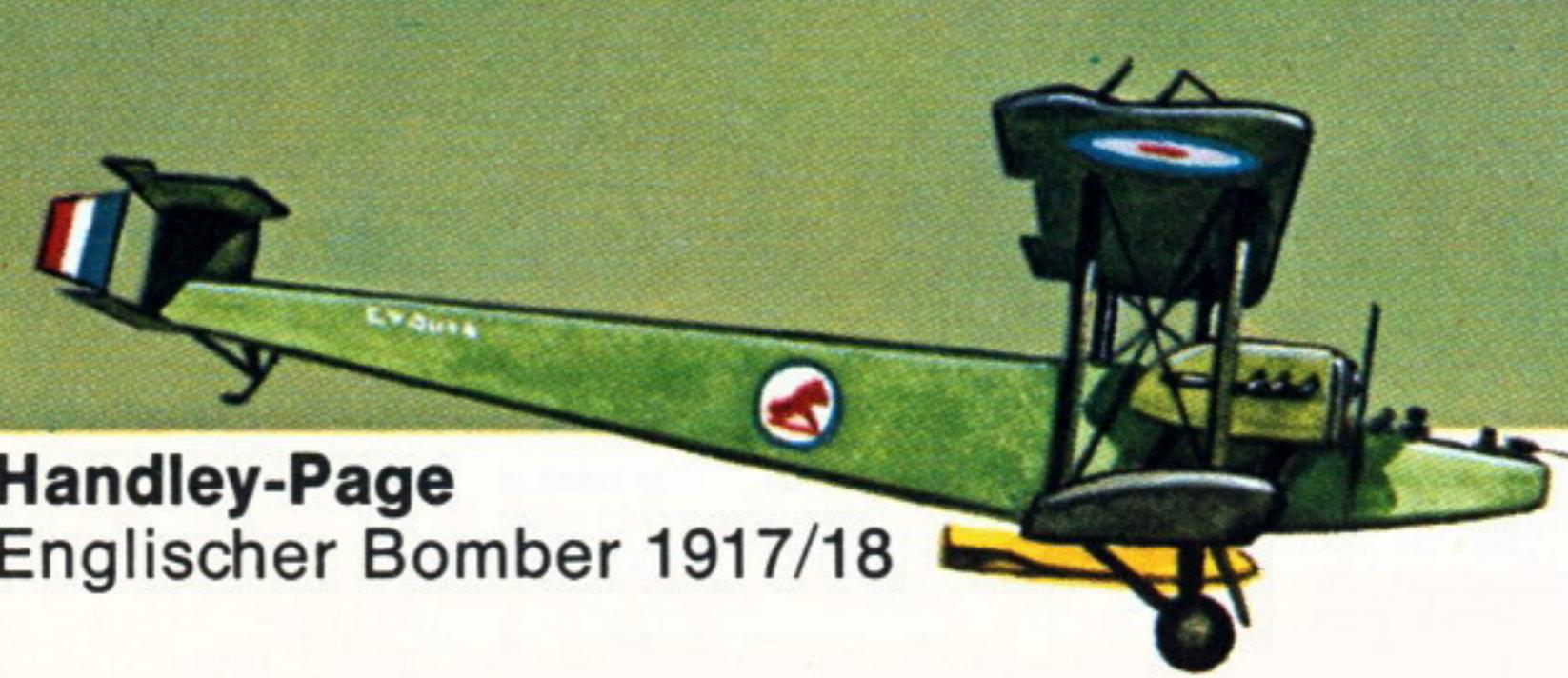
Wright-Flugzeug
(Erster Motorflug 1903)



Flugboot (1920)



Ford-Eindecker
(1930)

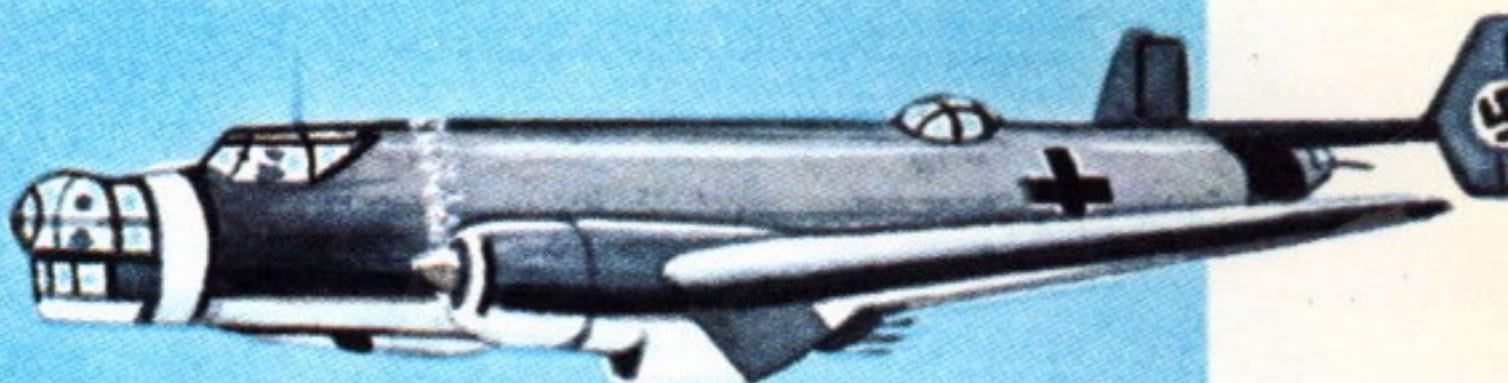


Handley-Page
Englischer Bomber 1917/18

Flugzeuge des Zweiten Weltkrieges



Spitfire
Englischer Jäger



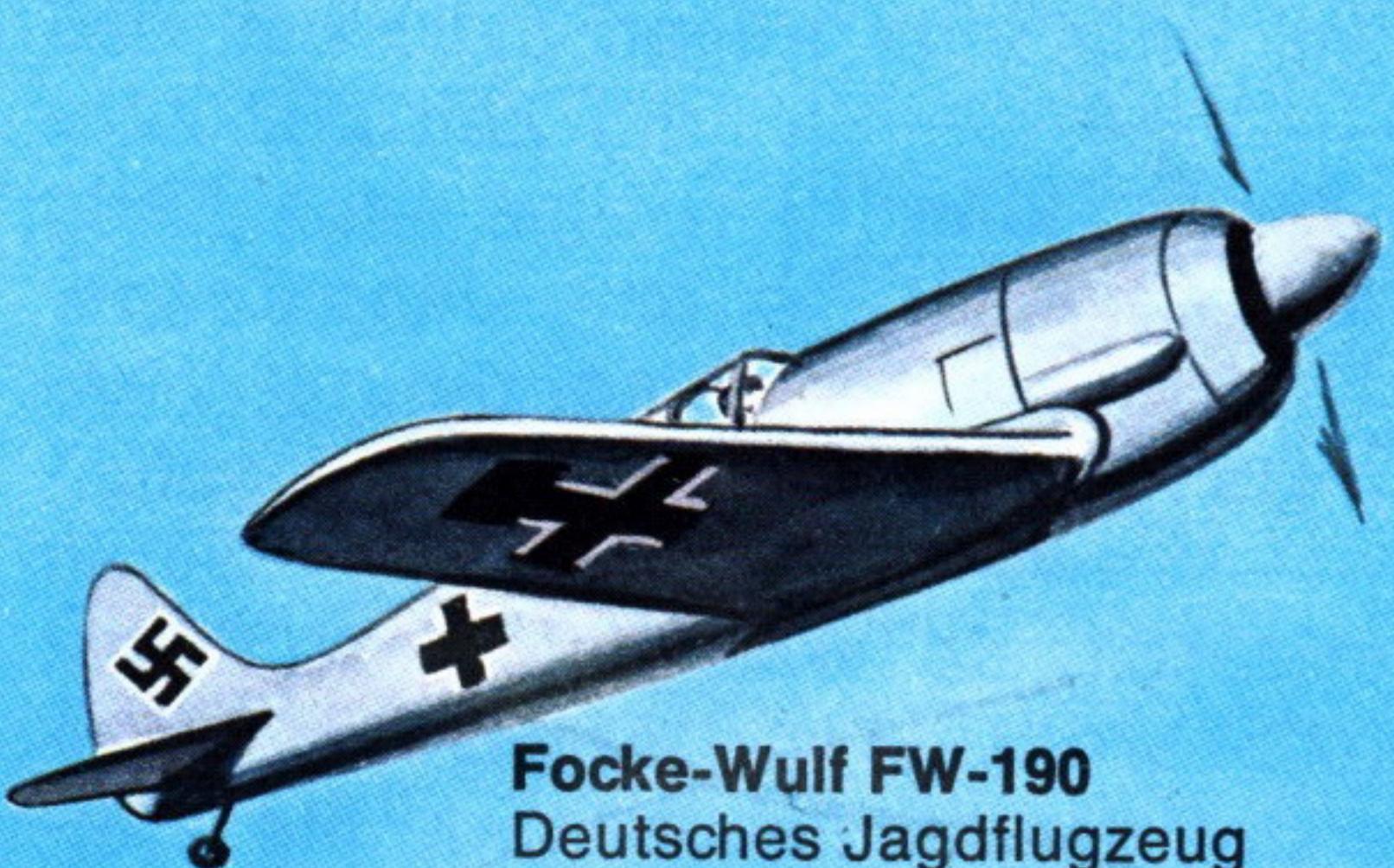
Junkers Ju 86
Deutscher Bomber



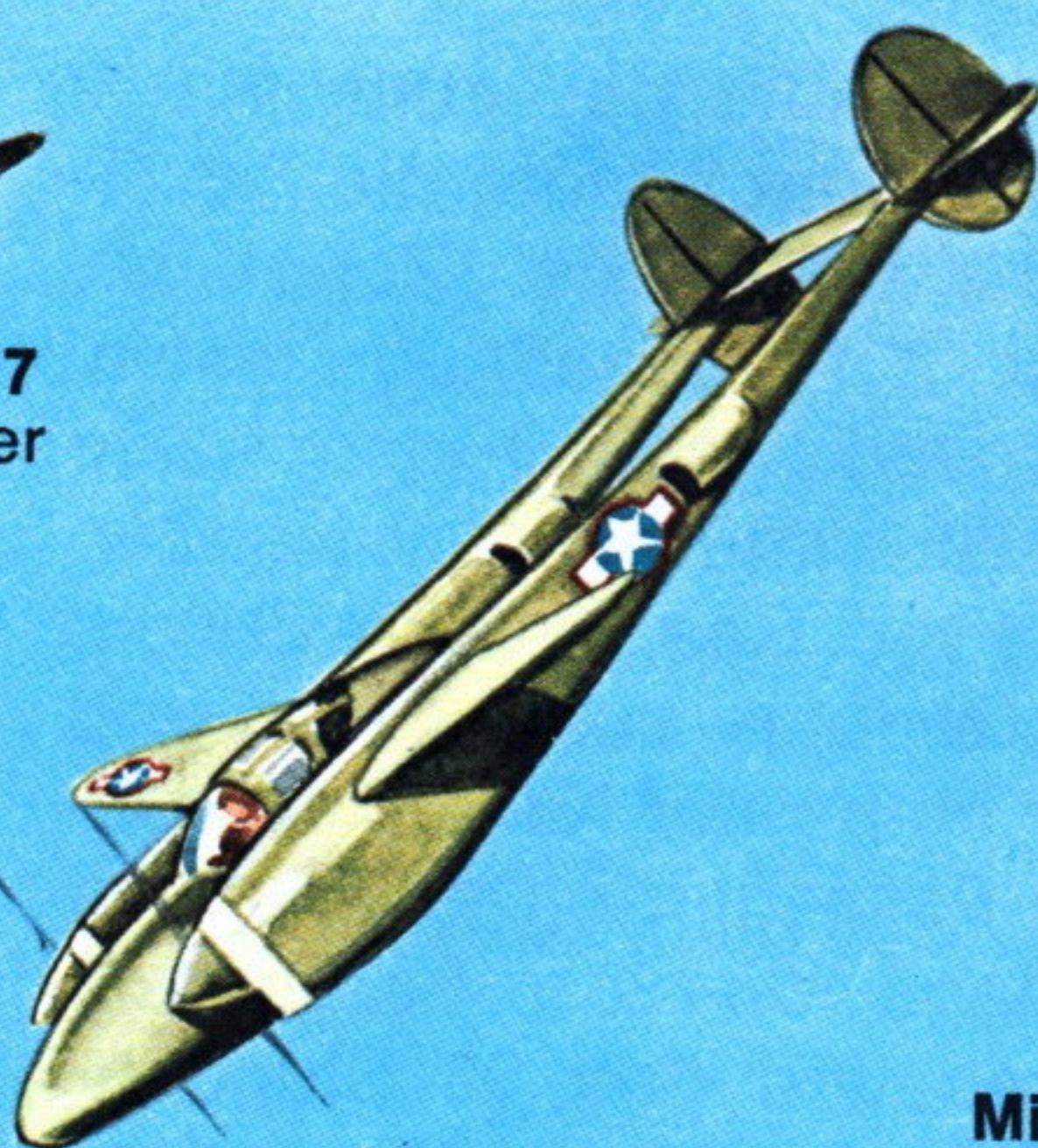
Bell P-39
Amerikanischer Jäger



Fliegende Festung B-17
Amerikanischer Bomber



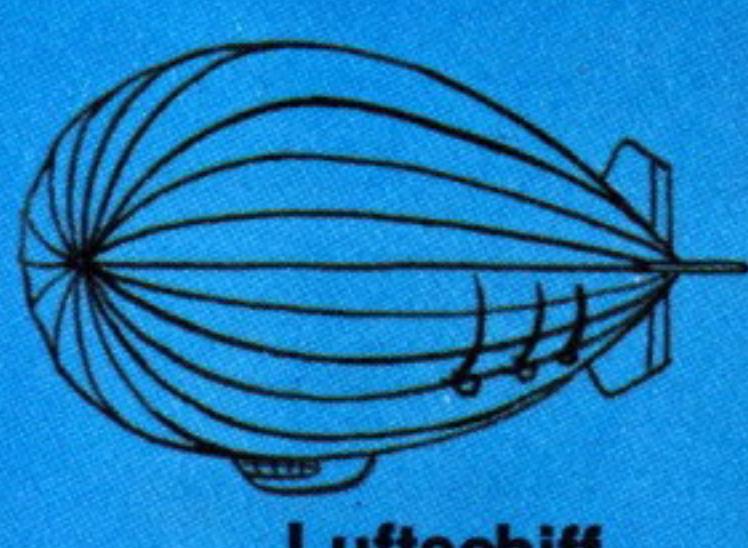
Focke-Wulf FW-190
Deutsches Jagdflugzeug



Lockheed P-38
Schwerer Jäger der USA



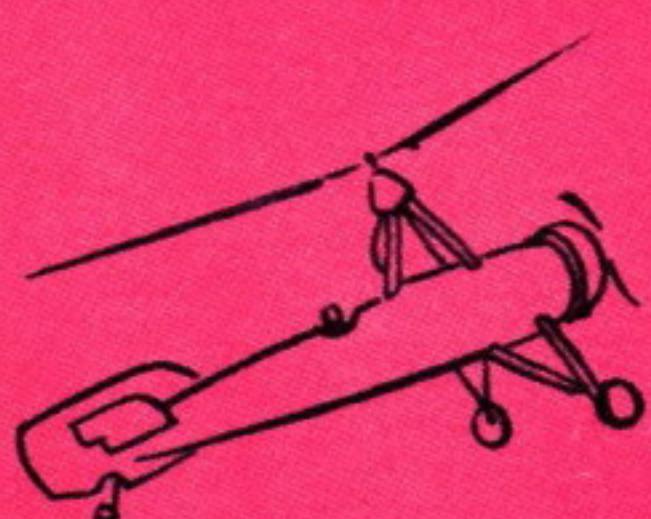
Mitsubishi Zero
Japanischer Jäger



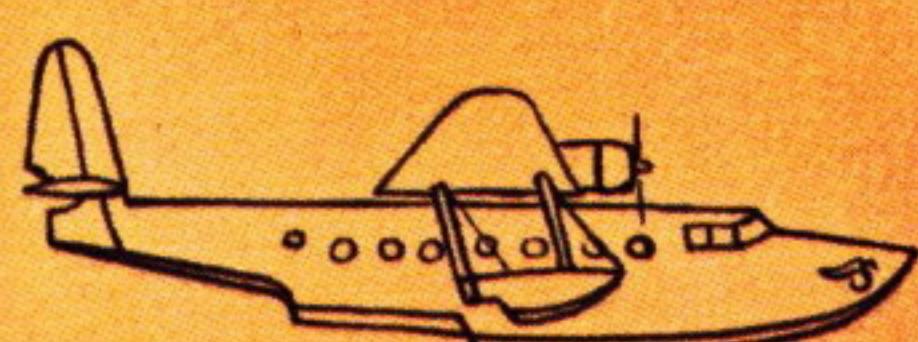
Luftschiff

Segelflugzeug (Gleiter)

Ältere Bauart mit Möwenflügeln und Verstärkungsstreben



Autogiro, Kombination zwischen Flugzeug und Hubschrauber



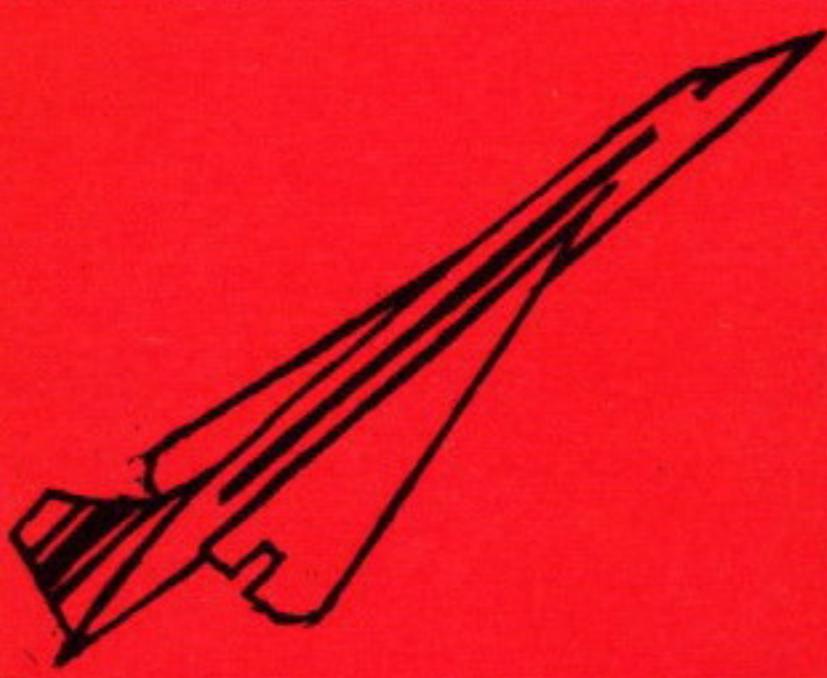
Sikorski Flugboot
(1940)



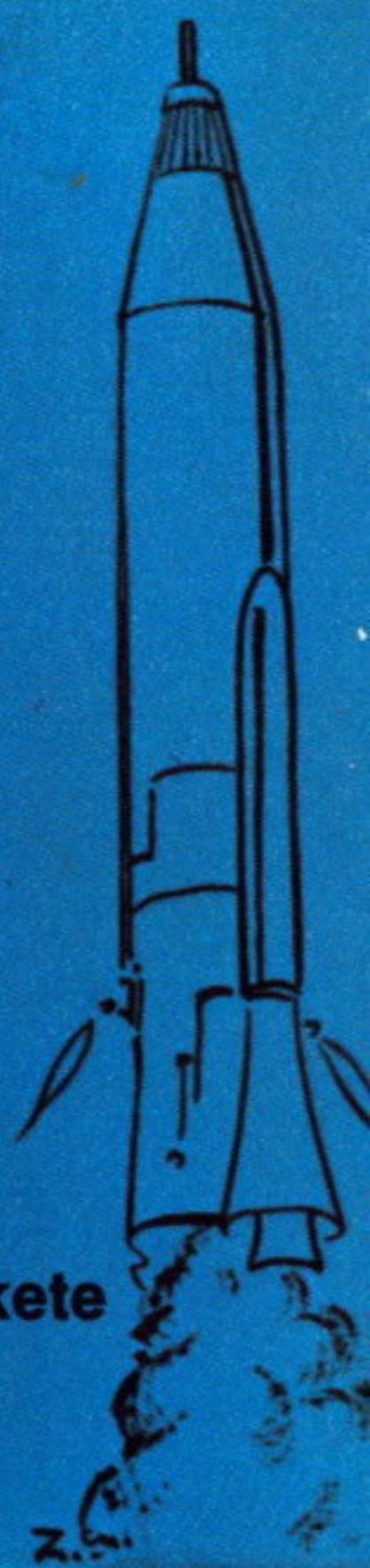
Verkehrsflugzeug für Langstrecken (1950)



Düsenflugzeug (1960)



Überschall-Verkehrsflugzeug (1970)



Rakete

Mustang P-51
Schwerer US-Jäger zum Schutz von Bomberverbänden



Die frühen Luftschiffe waren unstarr.

Was ist ein Zeppelin?

Es wären lange, mit Gas gefüllte Hüllen, an denen die Gondeln mit den Propellern befestigt waren.

Indem man Längsstreben zur Verstärkung benutzte, bekam man ein halbstarres Luftschiff.

Graf Zeppelin baute das erste starre Luftschiff. Nach ihm nannte die Bevölkerung solche Luftschiffe „Zeppelin“. Der erste „L Z 1“ besaß ein festes, starres Gitterwerk, das mit einer Hülle überzogen war. Im Innern befanden sich mehrere mit Gas gefüllte Zellen; unter dem Gerippe aus Längs- und Querträgern hing eine Kabine für Besatzung und Passagiere. Der Zeppelin hatte eine Länge von 128 m, besaß zwei 15 PS-Motoren und flog 32 Stundenkilometer. Bald bauten auch andere deutsche Firmen Luftschiffe. Von 1914 bis 1918 wurden etliche für Kriegszwecke verwendet. Nach dem Kriege begannen auch andere Länder, starre Luftschiffe zu bauen.

Im Jahre 1929 brauchte LZ 127 „Graf Zeppelin“ ungefähr 10 Tage (reine Flugzeit), um 35 000 km um die Erde zu fliegen. Zeppeline brachten Passagiere, Fracht und Post in viele Gegen-

den der Erde. Der größte Zeppelin, der je gebaut wurde, hieß „Hindenburg“ (245 m Länge und 40 m Durchmesser). Seine Fluggeschwindigkeit betrug 125 Stundenkilometer. Er machte 63 Flüge, davon 37 über den Atlantik. In dem 1936 fertiggestellten Luftriesen gab es fließendes kaltes und warmes Wasser, eine Bar und eine Musikkapelle sowie ein windgeschütztes Promenadendeck für Spaziergänge an der frischen Luft. Im Mai 1937 explodierte die „Hindenburg“ bei der Landung in Lakehurst (USA) und brannte aus.

Zwei Umstände trugen dazu bei, daß

Warum baute man keine Zeppeline mehr?

die Zeit der Zeppeline zu Ende ging. Jene Zeppeline, die mit Wasserstoff gefüllt wurden, waren

gefährlich, da Wasserstoff ein leicht brennbares Gas ist. Der letzte mit Wasserstoff gefüllte Zeppelin war die „Hindenburg“.

Helium, ein natürliches, leichtes Gas, das nicht brennt, stand den Deutschen damals nicht zur Verfügung. Aber auch die Amerikaner und die Briten gaben den Bau auf, nachdem einige Luftschiffe trotz Heliumfüllung in schlechtem Wetter verloren gingen.

Pioniere der Luftfahrt

Man hat Sir George Cayley den „Vater der Aeronautik“

genannt, weil er zeugen; sie umfaßt auch die Aerodynamik.

als erster die vielen Erfahrungen und Erkenntnisse Cayley war Engländer, er lebte von 1773–1857. Er war überzeugt, daß es möglich sein müsse, ein Flugzeug durch die Luft fliegen zu lassen, wenn es nur leicht genug sei und wenn Luft gegen die Flügel gepreßt werden könnte, indem man das Flugzeug durch die Luft bewege.

Um das Flugzeug leicht zu machen,

Was ist Aeronautik?

retisch zusammenfaßte. Aeronautik ist die Wissenschaft vom Fliegen, einschließlich der Theorie und Konstruktion von Ballons, Luftschiffen und Flug-

verwendete er anstatt massiver Holzteile Kreuzverspannungen zum Verstärken der Flügel. Das zweite Problem – das Flugzeug durch die Luft zu bewegen – sollte durch eine Maschine gelöst werden, die den Propeller antrieb. Cayley entwarf einen Verbrennungsmotor, für den Erdöl oder Benzin, wie wir es heute nennen, verwendet werden sollte. Aber der Brennstoff war zu teuer, und Cayley war gezwungen, auf seine Maschine zu verzichten. Erst 100 Jahre später wurde eine solche Maschine mit Erfolg gebaut.

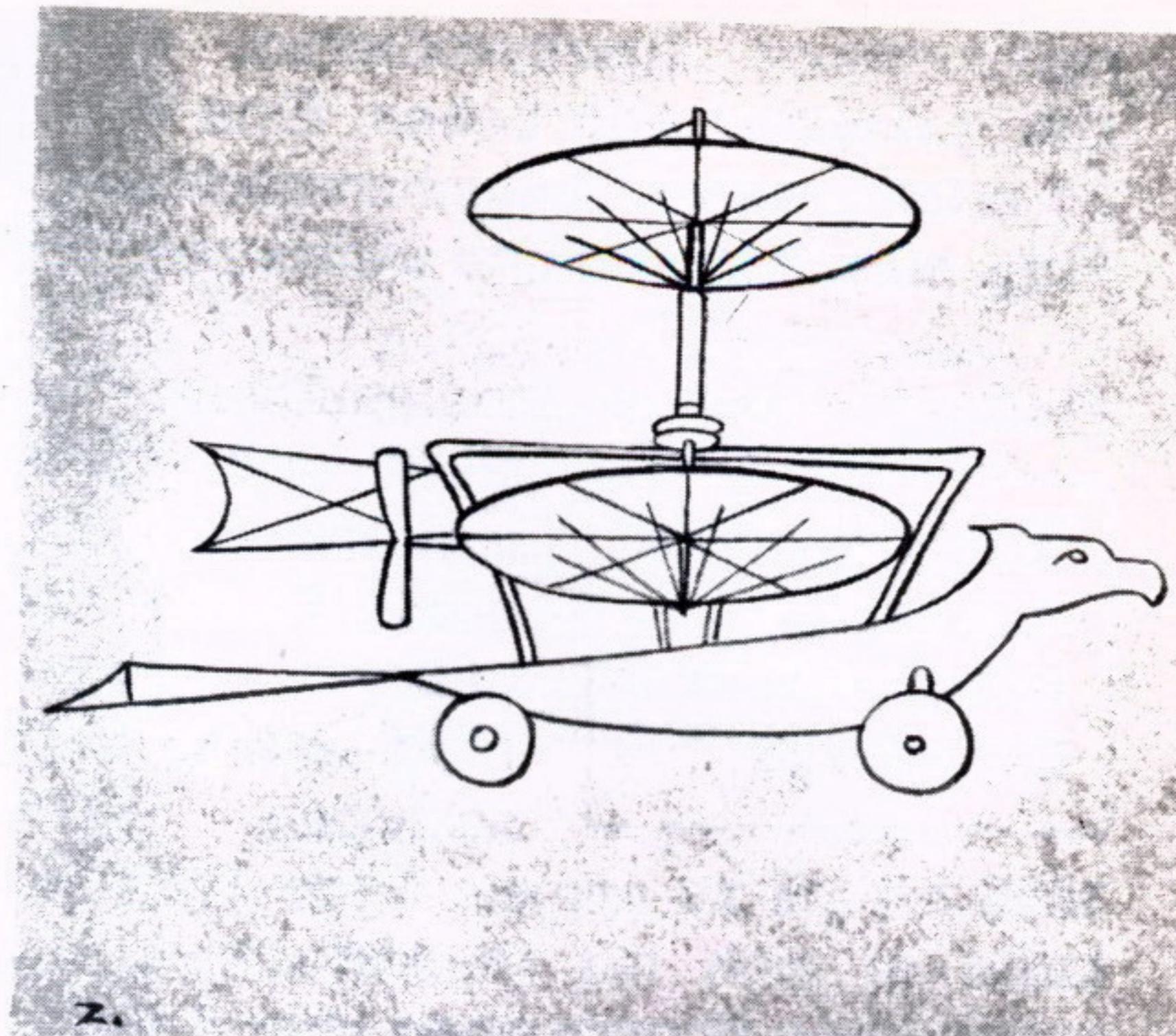
Unmittelbar vor den erfolgreichen Motorflugzeugen war

der Gleiter entwickelt worden. Als Segelflugzeug ist er heute noch beliebt. Das Gleit-

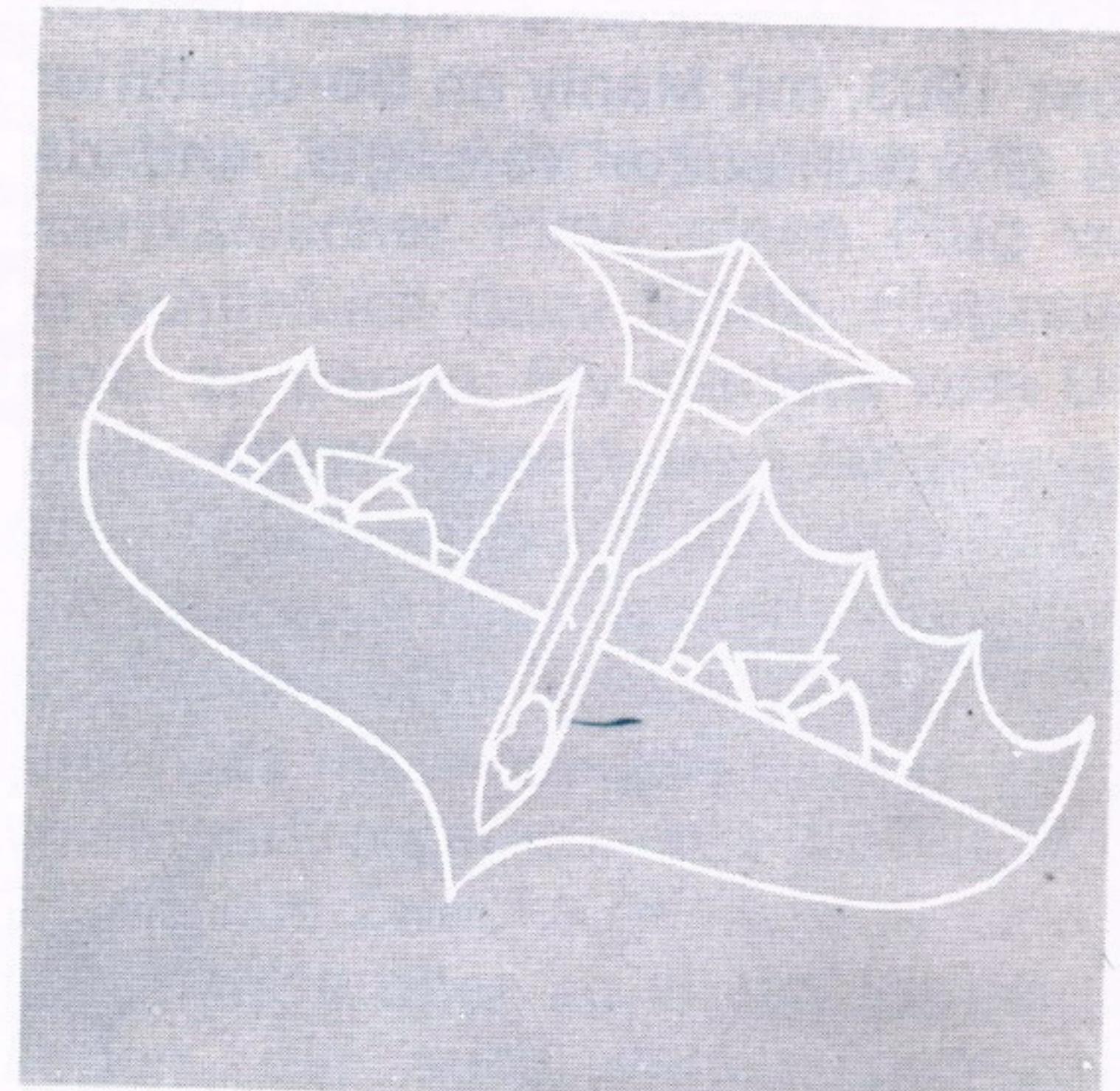
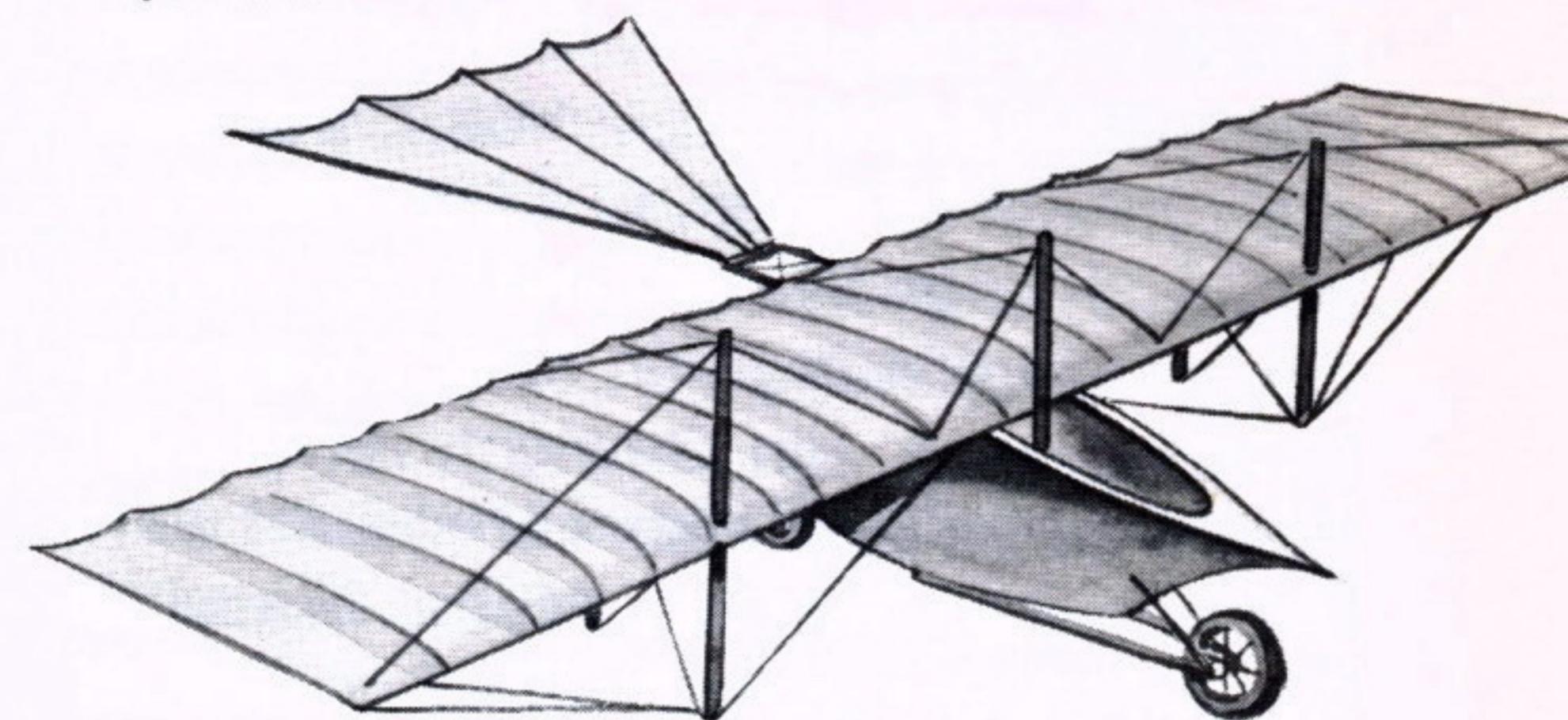
flugzeug benutzt Luftströmungen für seinen Flug. Es kann von einem hohen Hügel oder durch Winden- oder Autoschlepp gestartet werden. Beim Anrollen verursacht die Luft, die an den Flügeln vorbeiströmt, den nötigen Auftrieb. Der Gleiter erhebt sich in die Luft. Bei günstigem Wetter wird der Gleiter von den Aufwinden erfaßt. Er steigt in die Höhe und gleitet abwärts, wenn der Aufwind nicht mehr kräftig genug ist. Den größten Beitrag zu dieser Entwicklung lieferten Otto und Gustav Lilienthal. Noch während sie die Schule besuchten, baute Otto seinen ersten Gleiter mit Flügeln, die 1 m breit und 2 m lang waren. Otto Lilienthal machte 1891 in Anklam (Pommern) seinen ersten erfolgreichen Gleitflug. Die beiden Brüder hatten beobachtet, daß die Vögel gegen den Wind starten, und sie machten es mit ihren Gleitern ebenso. Sie bauten viele Eindecker und Doppeldecker und unternahmen über 2000 erfolgreiche Flüge.

Otto Lilienthal hätte wahrscheinlich mit einem Flugzeug fliegen können, wenn eine brauchbare Maschine vorhanden

Wie fliegt ein Gleitflugzeug?



George Cayley, der Vater der Aeronautik, baute 1804 einen erfolgreichen Gleiter (oben). Er plante auch ein Flugzeug mit Kraftantrieb (unten) und entwarf dafür einen Verbrennungsmotor; aber er hatte nicht genug Geld, seinen Entwurf zu erproben.



Henson und Stringfellow bauten 1848 ein 6 m großes Modell, das zum erstenmal mit Maschinenkraft flog.

gewesen wäre. Bei dem Versuch, ein Höhensteuer auszuprobieren, verlor Otto Lilienthal sein Leben. Eine Windbö erfaßte seine Versuchsmaschine im Flug, sie stürzte ab und wurde zerstört.

Professor Langley, Mathematiker, Physiker und Architekt, war der letzte große Pionier der Lüfte, dessen Flugversuche fehlgeschlagen. Von

1866 an bis zu seinem Tode 1906 befaßte er sich mit theoretischen und praktischen Forschungen über Aerodynamik und lieferte die Antworten auf mehrere Fragen, die gelöst werden mußten, bevor die Fliegerei erfolgreich werden konnte.

Für sein „Aerodrome“ konstruierte und baute Langleys Assistent Charles Manly den ersten Sternmotor, bei dem die Zylinder in einem Kreis um die Kurbelwelle angeordnet sind. Der Motor mit einer Leistung von 52 PS wog nur 57 Kilogramm, ein Gewichtsverhältnis, das 20 Jahre lang nicht verbessert werden konnte. Und der Motor brauchte Benzin als Brennstoff – Cayleys Traum ging nach 100 Jahren in Erfüllung.

Langleys „Aerodrome“ sollte am 7. Oktober 1903, mit Manly an Bord, starten. Die Startschleuder versagte, und das

Wer unternahm den ersten erfolgreichen Motorflug?

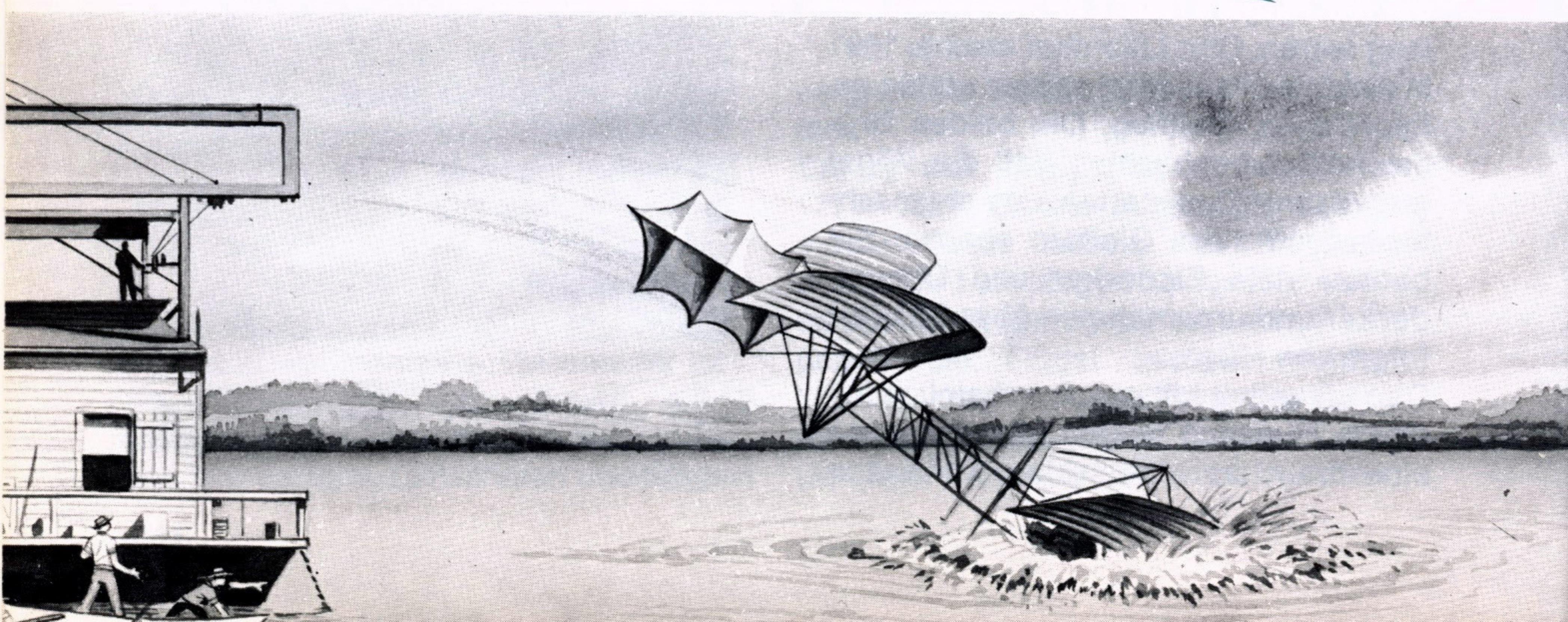
Flugzeug fiel ins Wasser. Das gleiche geschah bei einem zweiten Versuch. Am 17. Dezember 1903 unternahmen die Gebrüder Wright in Kitty Hawk in Nord-Karolina (USA) den ersten erfolgreichen Flug.

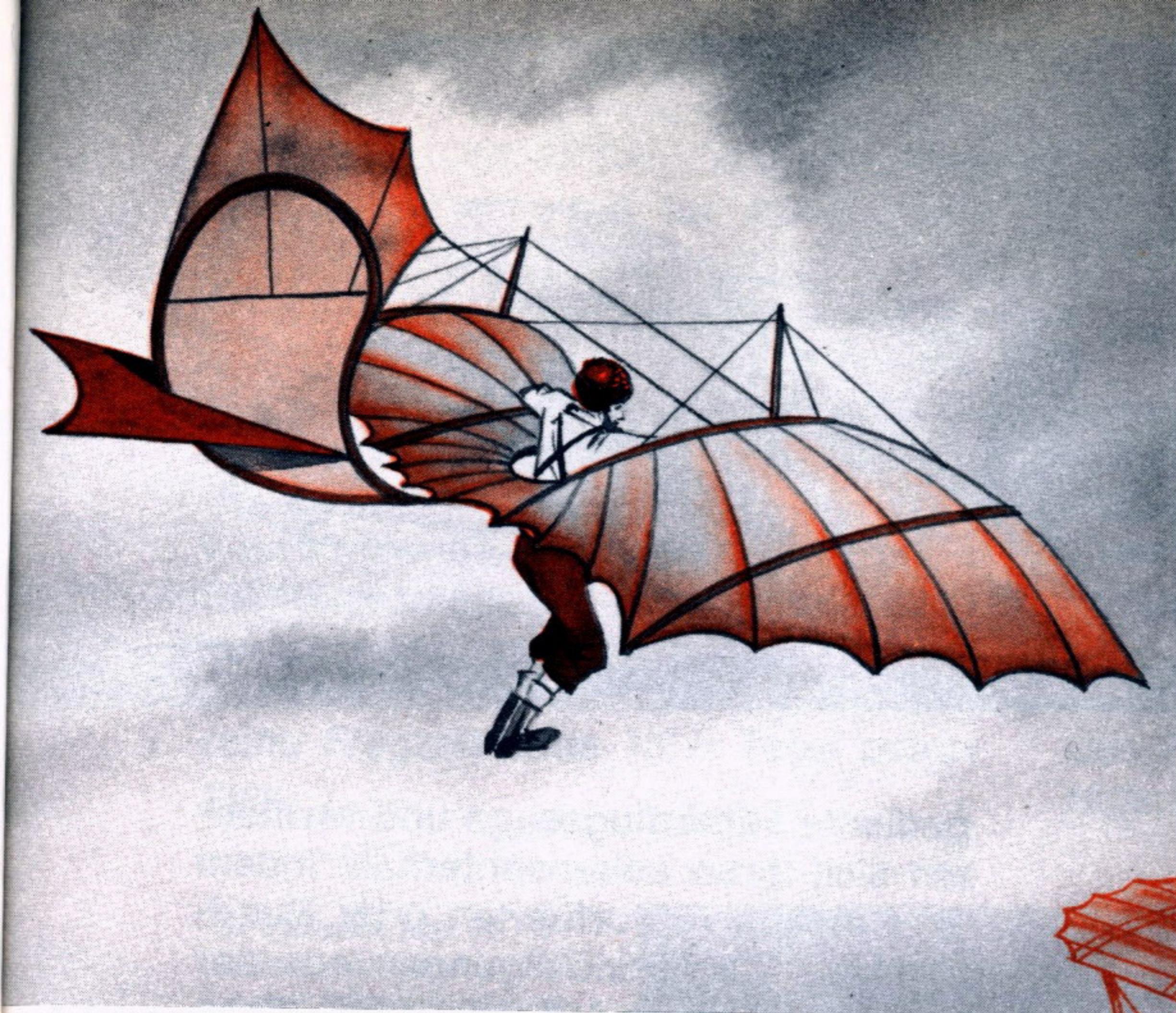
Wilbur und Orville Wright waren Fahrrad-Fabrikanten in Dayton (Ohio); schon um 1900 bauten und flogen sie Gleiter, mit denen sie zwei Minuten in der Luft bleiben konnten. Nach vielen Versuchen mit Modellen, die sie in einem Windkanal prüften, entwarfen und bauten sie selbst einen 4-Zylinder-Motor, der über 200 Pfund wog und 16 PS entwickelte. Sie montierten diesen Motor in einen Doppeldecker, und Orville Wright unternahm damit bei Kitty Hawk im Jahre 1903 vier erfolgreiche Flüge. Der erste dauerte nur 12 Sekunden und erreichte eine Weite von 36 m. Beim vierten Versuch schaffte das Flugzeug 260 Meter und blieb 59 Sekunden in der Luft.

Die Gebrüder Wright arbeiteten weiter

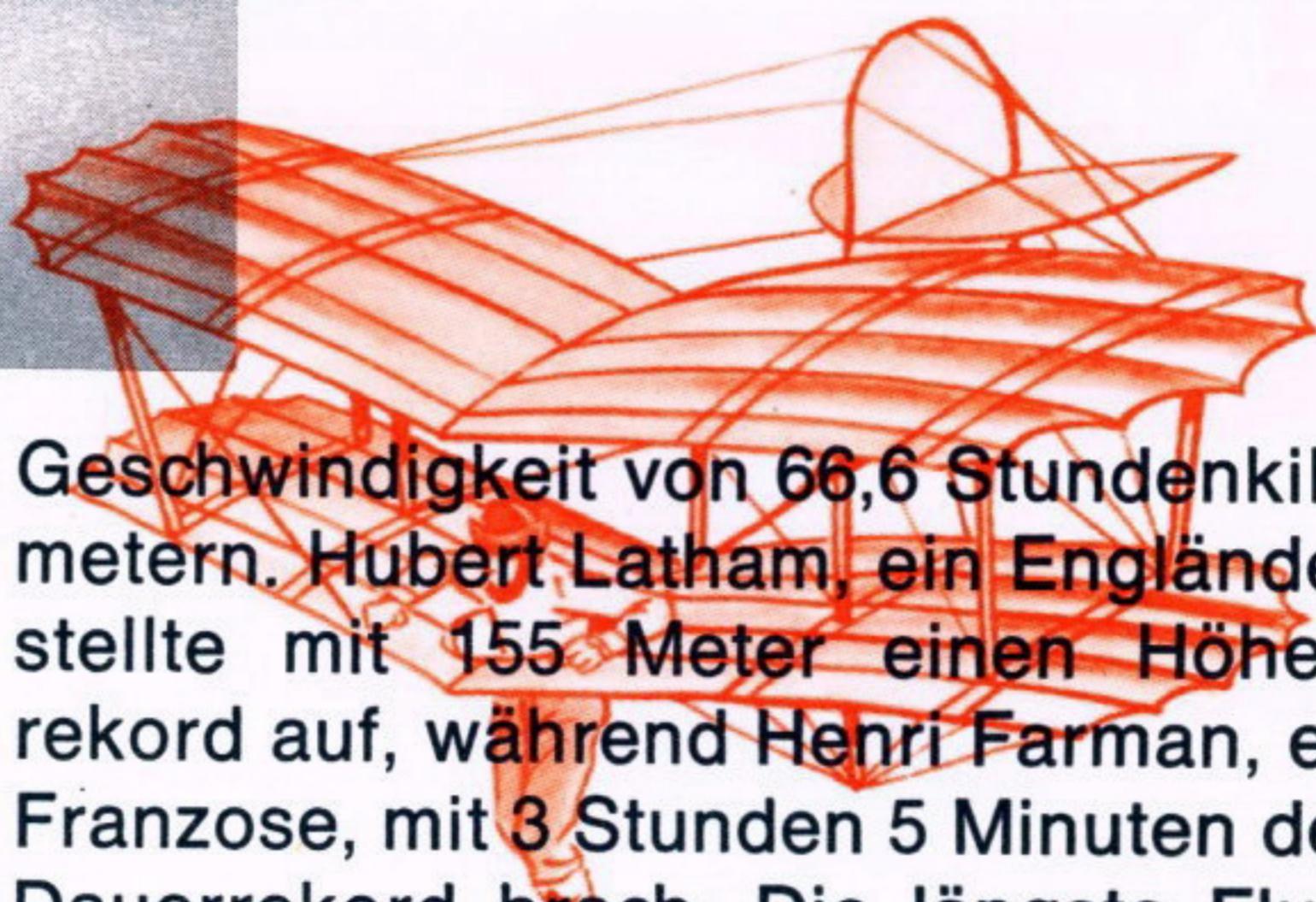
Wie entwickelte sich die frühe Fliegerei?

an den Plänen für ein Motorflugzeug. 1908 entwickelten sie für die US-Armee ein Militärflugzeug, und 1909 zeigten sie, daß ein Flugzeug auch einen zweiten Mann tragen





Die Brüder Otto und Gustav Lilienthal bereiteten den Weg für das Flugwesen von heute. Mit vielen Gleitern machten sie etwa 2000 erfolgreiche Versuche. Otto Lilienthal stürzte am 9. August 1896 aus 15 m Höhe tödlich ab.



Geschwindigkeit von 66,6 Stundenkilometern. Hubert Latham, ein Engländer, stellte mit 155 Meter einen Höhenrekord auf, während Henri Farman, ein Franzose, mit 3 Stunden 5 Minuten den Dauerrekord brach. Die längste Flugstrecke dieser Veranstaltung betrug 190 km.

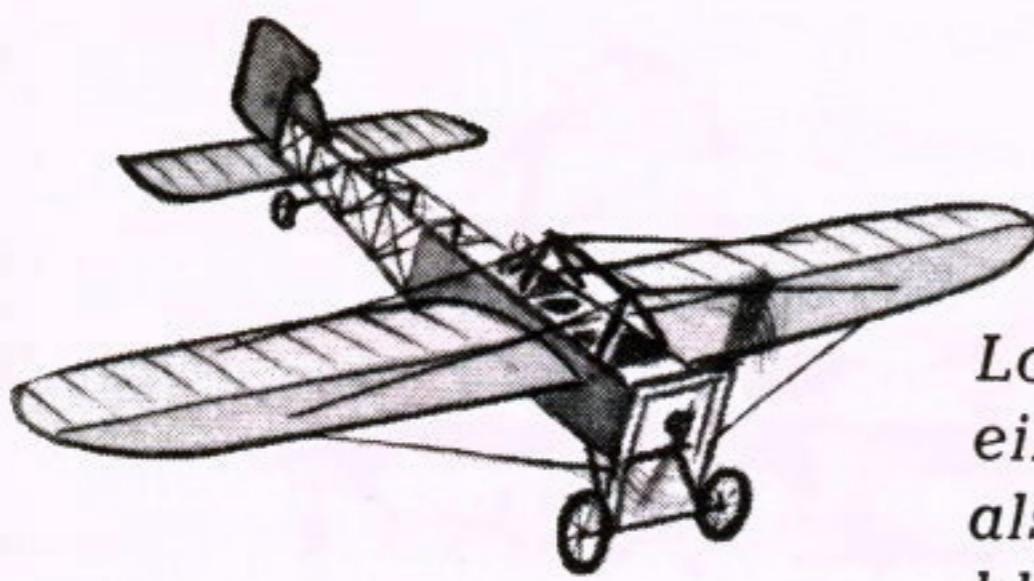
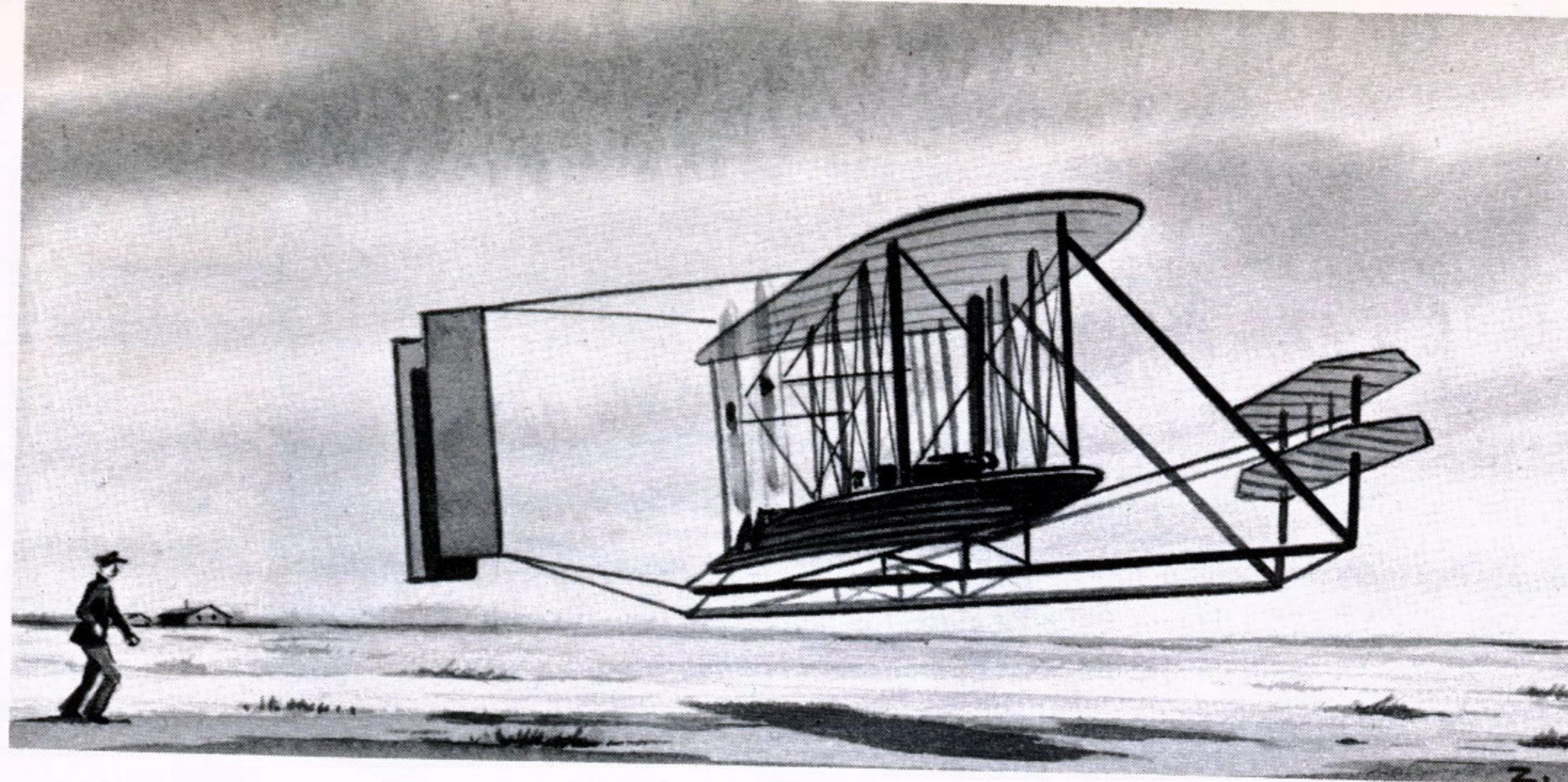
In Deutschland baute Gradey als erster einen Eindecker, mit dem er im Herbst 1908 in Magdeburg flog. August Euler (Frankfurt) und Jatho (Hannover) waren andere deutsche Pioniere der frühen Fliegerei.

Im Jahre 1910 führte Eugene Ely, ein amerikanischer Pilot, einen Flug vor, der schließlich dazu führte, Flugzeugträger zu bauen. Ely startete vom US-Schiff „Birmingham“ und landete auf dem US-Schlachtschiff „Pennsylvania“. Der Ausbruch des ersten Weltkriegs beschleunigte die Entwicklung der Fliegerei. Das Interesse galt zwar in erster Linie dem Vorhaben, die Flugzeuge für militärische Zwecke geeigneter zu machen, führte aber zu vielen Verbesserungen, die auch dem allgemeinen Flugwesen zugute kamen. Viele ehemalige Kriegsflieger wandten sich der Zivilluftfahrt zu. Manche erwarben aus-



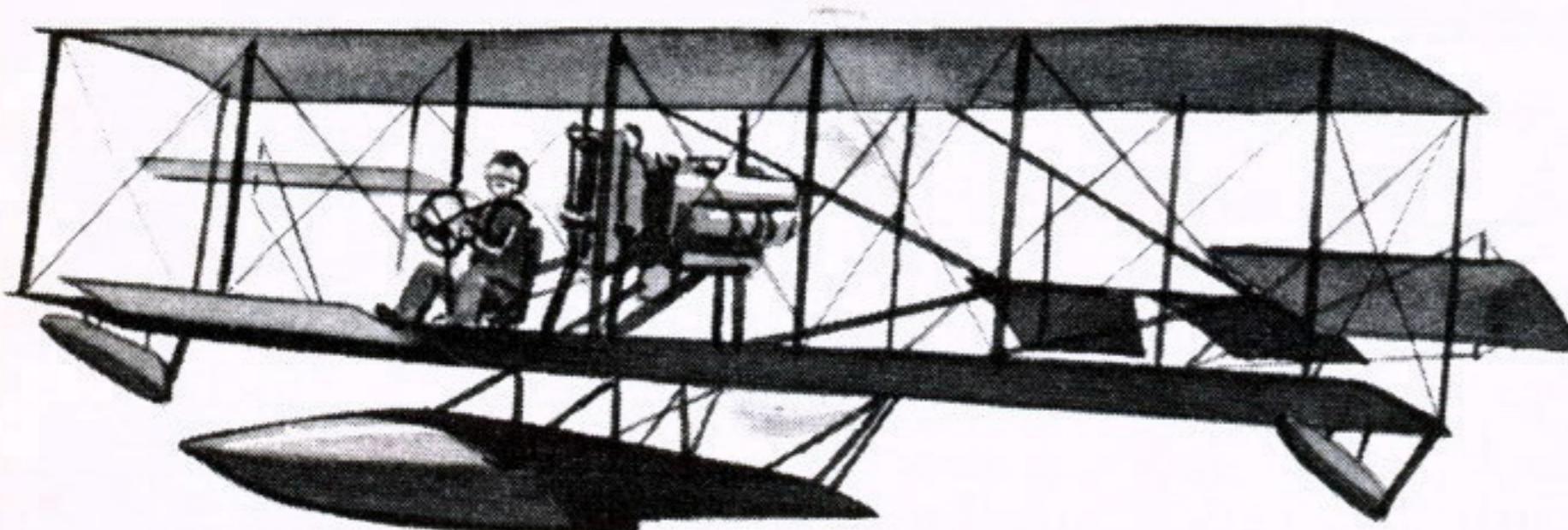
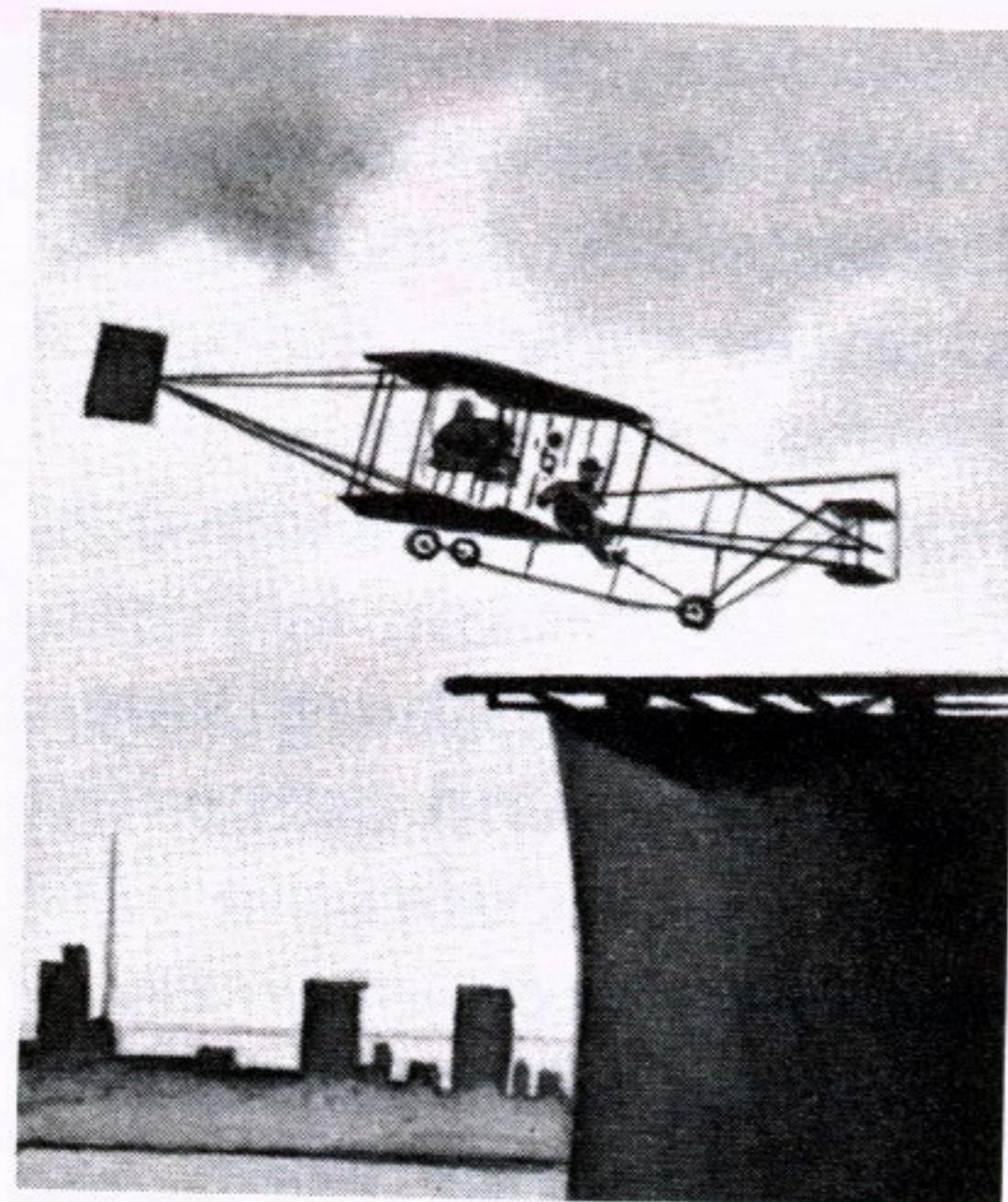
Zweimal versagte die Startschleuder, als Samuel Langleys Flugzeug starten sollte. Sein Benzinmotor blieb 20 Jahre lang unübertrffen.

Am 17. Dezember 1903 flogen die Gebrüder Wright in den Dünen von Kitty Hawk (USA) das erste „Schwerer-als-Luft“-Flugzeug.



Louis Blériot erzielte einen neuen Rekord, als er 1909 mit seinem kleinen Eindecker den Ärmelkanal überflog.

Das erste Flugzeug, das auf einem Schiff startete und landete, wurde von dem Amerikaner Eugene Ely im Jahre 1910 geflogen.



Glenn Curtis entwarf, baute und flog Flugzeuge, für die er Vogelnamen wählte: Falke, Adler, Kondor.

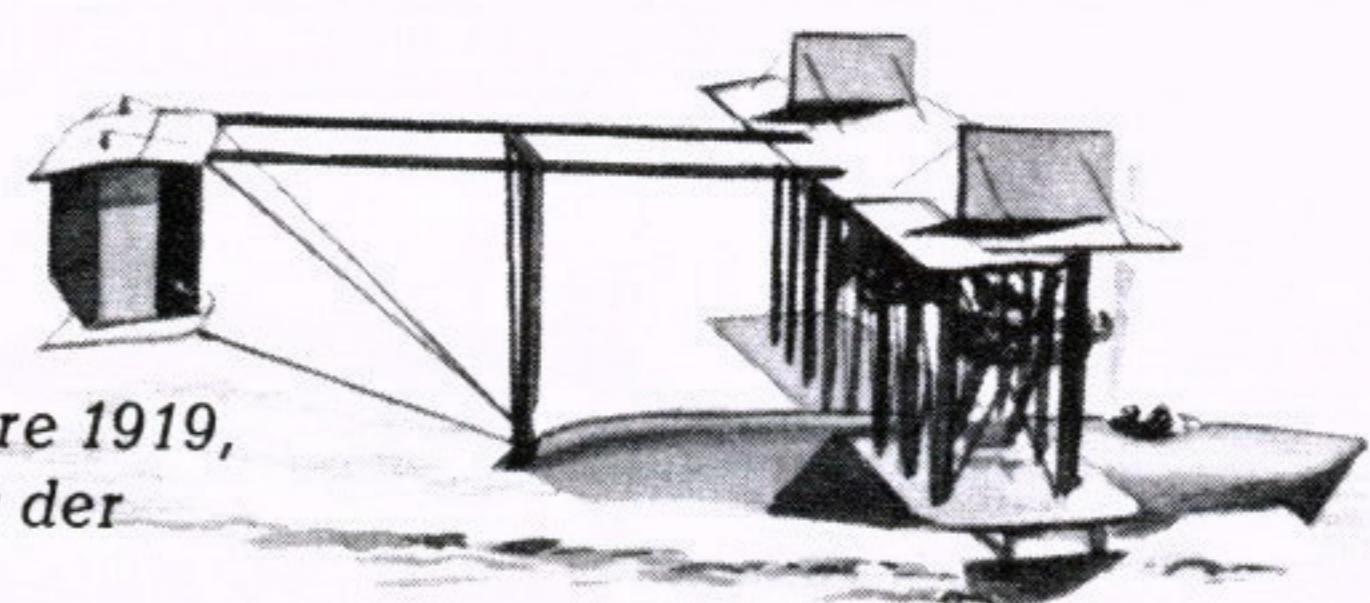
Die Curtiss NC-4 bewies im Jahre 1919, daß auch die Weite des Ozeans der Fliegerei keine Grenze setzte.

gediente Militärflugzeuge und verdienten sich ihren Lebensunterhalt, indem sie Flugkünste vorführten oder Rundflüge zu Stadtbesichtigungen aus der Vogelperspektive anboten. Auch diese sogenannten „Luftzigeuner“ halfen dabei, die Fliegerei voranzubringen.

Im Mai 1919 machte die Curtiss NC-4

Die ersten Langstreckenflüge

Fluggeschichte: mit ihr wurde zum ersten Mal der Atlantik überquert. Drei Aufklärungsflugboote der amerikanischen Marine, die nur auf dem Wasser starten und wassern konnten, flogen von Long Island ab. Jede Maschine hatte fünf Besatzungsmitglieder: zwei Piloten, einen Funker, zwei Ingenieure. Nur eine der drei Curtiss-Maschinen vollendete den Flug nach Plymouth in England über eine Entfernung von 6300 km. 50 Zerstörer lagen auf dem Atlantik; sie dienten den Flugzeugen als Wegweiser und sollten notfalls Hilfe leisten. Die reine Flugzeit

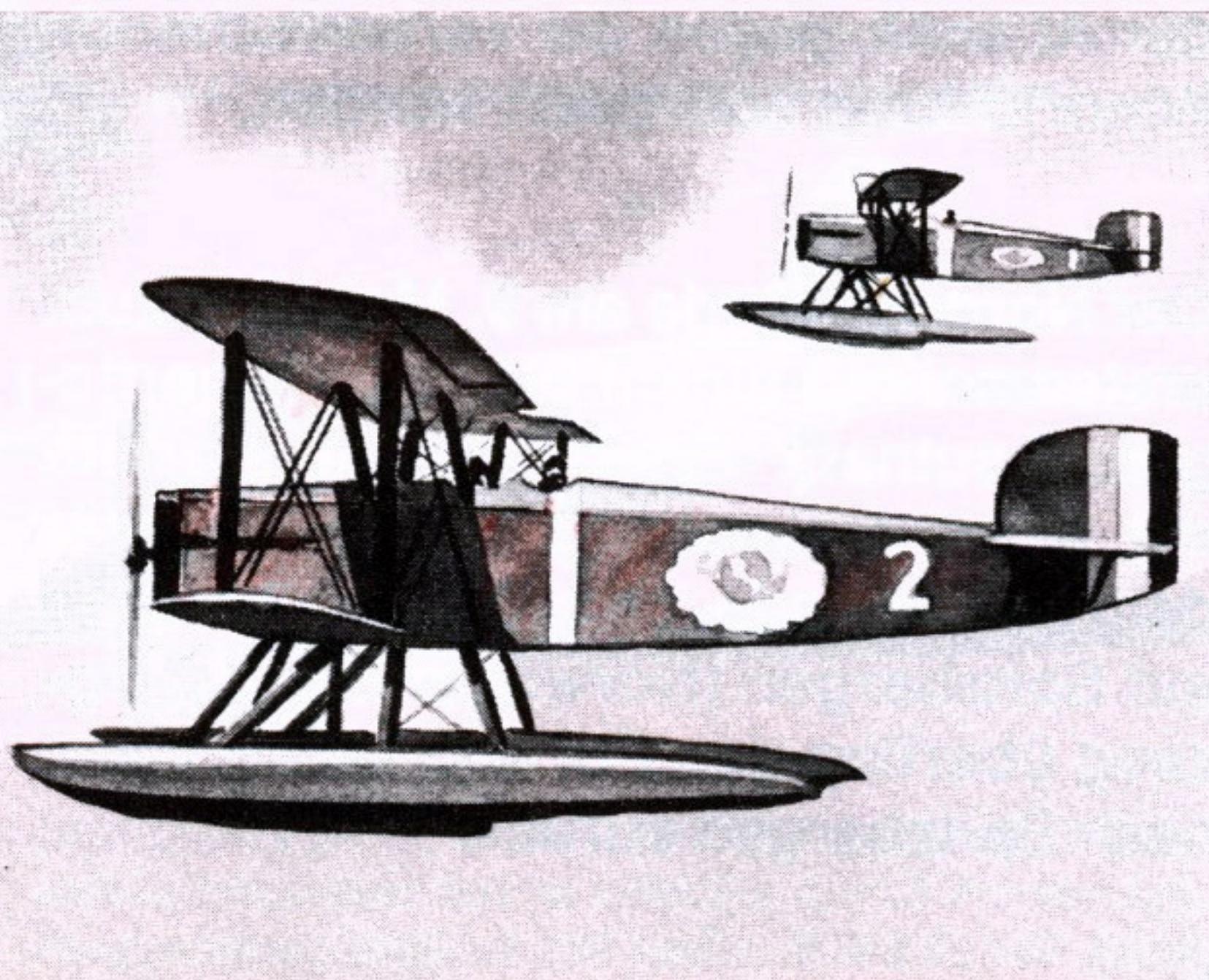


betrug $52\frac{1}{2}$ Stunden, ungerechnet die Zeit für sieben Zwischenlandungen zum Auftanken und für notwendige Reparaturen.

1924 schickte die US-Armee Douglas-Doppeldecker auf einen Flug um die Erde. Vier Flugzeuge starteten am 6. April in Seattle (Washington). Nur zwei, die „Chicago“ und die „New Orleans“, kehrten am 28. September zurück. Sie hatten 28 Länder überflogen, 42 500 km zurückgelegt und zum erstenmal den Pazifischen Ozean überflogen. Die reine Flugzeit hatte $15\frac{1}{2}$ Tage betragen.

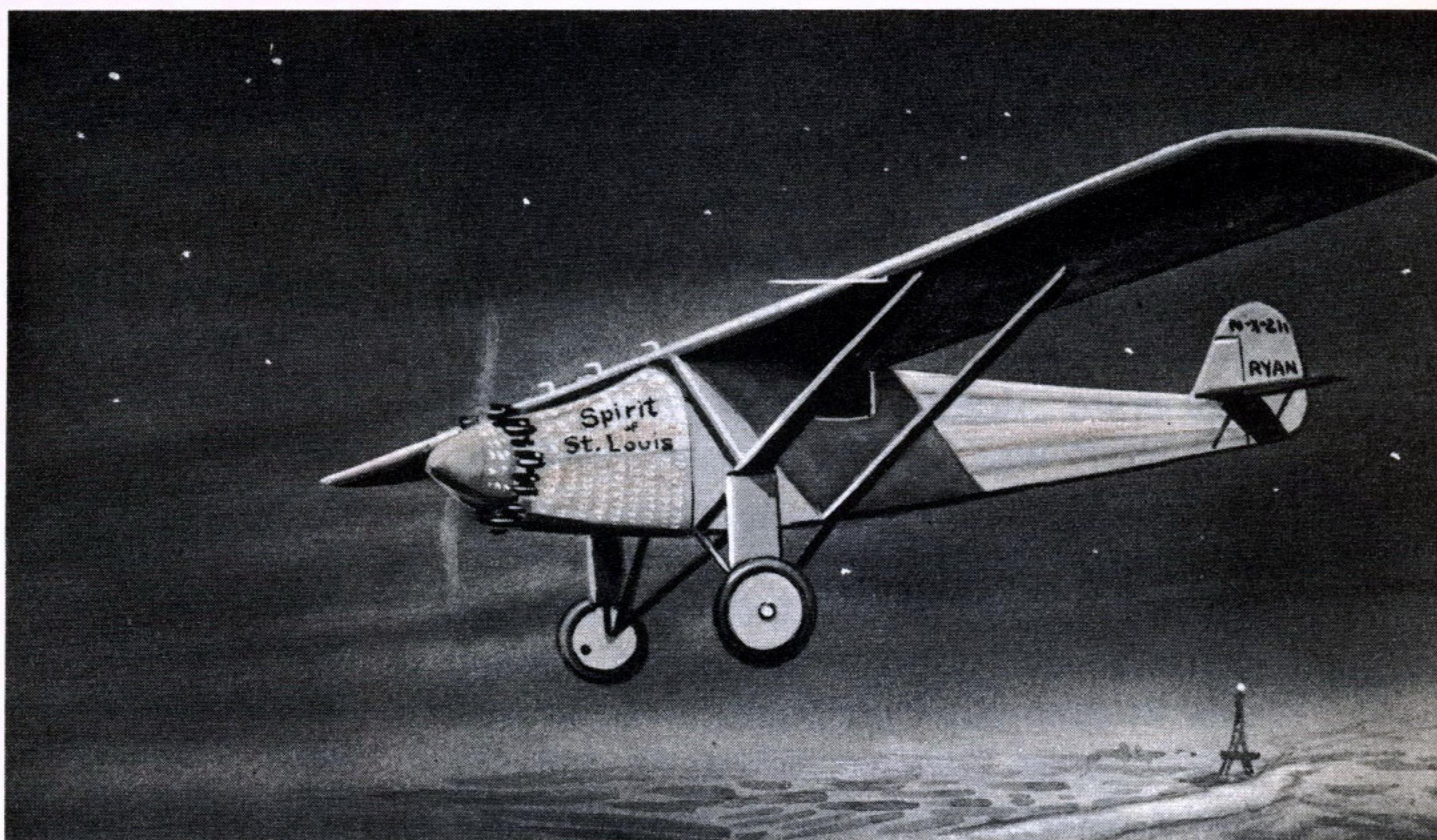
33 Stunden und 30 Minuten, nachdem er auf Long Island gestartet war, landete Lindbergh mit seiner „Spirit of St. Louis“ auf dem Pariser Flugplatz Le Bourget.

Unten: Zwei „Douglas-Weltkreuzer“ unternahmen 1924 den ersten „Rundflug um die Welt“. Auf einigen Strecken wurden die Räder durch Schwimmer ersetzt.



Im Jahre 1919 hatte Raymond Orteig, der in Frankreich geborene Besitzer eines New Yorker Hotels, einen Preis von 25 000 Dollar für den ersten Alleinflug über den Atlantik von New York nach Paris ausgesetzt.

Viele versuchten ihr Glück und scheiterten. Jahre vergingen. Schließlich war es Charles Lindbergh, ein früherer Postpilot und Schauflieger, der sich um den Preis bewarb. Lindbergh, dem einige Geschäftsleute aus St. Louis das



Geld zur Verfügung gestellt hatten, ließ für 10 580 Dollar bei der Ryan-Luftwerft von San Diego einen Spezial-Eindecker mit einem Wright J-5 Whirlwind-Motor bauen. Man arbeitete bei Ryan täglich 18 Stunden und baute auf diese Weise das Flugzeug in 60 Tagen. Lindbergh brachte sein Flugzeug „Spirit of St. Louis“ (Geist von St. Louis) zum Roosevelt-Flugplatz auf Long Island, wo er am 20. Mai 1927 um 7.52 Uhr trotz Nebel und Nieselregen startete. Er hatte keinen Fallschirm, verzichtete auch auf ein Funkgerät, wie es sie damals schon gab, und auf alle „überflüssigen“ Ausrüstungsgegenstände

und Karten, um das Flugzeug so leicht wie möglich zu machen. Allein, ohne jede Funkverbindung, bahnte sich Lindbergh seinen Weg über den Atlantik durch Regen, Hagelschauer, Nebel und heftige Winde; er flog über Irland und England und dann über Frankreich. Er umkreiste den Eiffelturm und landete auf dem Pariser Flughafen von Le Bourget am 21. Mai um 22 Uhr 22 Minuten. Er war in $33\frac{1}{2}$ Stunden 6000 km geflogen.

Eine große begeisterte Menschenmenge empfing den „einsamen Adler“, wie Lindbergh genannt wurde. Er wurde stürmisch gefeiert.

In den zwanziger Jahren wurden die

Was war das erste richtige Passagier- flugzeug?

Das erste „richtige“ Passagierflugzeug der Welt war die deutsche „Junkers F-13“, die schon 1919 mit sechs Personen an Bord ihren Erstflug machte. Es war das erste Flugzeug, dessen Passagiersitze mit Gurten versehen waren und in dem die Fahrgäste in einer geschlossenen Kabine saßen, so daß sie keine Sonderbekleidung wie Schutzbrille, Pelze usw. mehr brauchten.



Junkers F-13 flog 1919 einen Höhenweltrekord von 6750 m. Höchstgeschwindigkeit 173 km/st.

Daten und Namen der frühen Fliegerei

Der erste Luftpostdienst wurde am 15. Mai 1918 zwischen New York und Washington durch die amerikanische Post eingerichtet.

Den ersten Nonstop-Flug über den Atlantik machten am 14. Juni 1919 Kapitän John Alcock und Leutnant Arthur Brown in einem Vickers-Vimy Doppeldecker. Sie flogen in 16 Stunden 12 Minuten von Neufundland nach Clifdon in Irland.

Hermann Köhl, Günther Freiherr von Hünefeld und der irische Fliegeroberst Fitzmaurice starteten 1928 mit einer Junkers W 33 „Bremen“ vom irischen Flugplatz Baldonel zum ersten Ozeanflug in ost-westlicher Richtung. Sie landeten nach einer Flugzeit von 36 Stunden, nachdem sie in den letzten Stunden dauernd Öl verloren hatten, neben dem Leuchtturm Grenny Island bei Neufundland. Nach manchen vergeblichen Versuchen war zum ersten Mal der Atlantik gegen die vorherrschende Windrichtung überquert worden.

Der Nordpol wurde am 9. Mai 1926 zum erstenmal mit einem Flugzeug überflogen. Leutnant Floyd Bennet startete mit einer dreimotorigen Fokker unter dem Kommando von Richard E. Byrd auf Spitzbergen (Norwegen). Das Flugzeug überflog den Pol und kehrte dann nach Spitzbergen zurück.

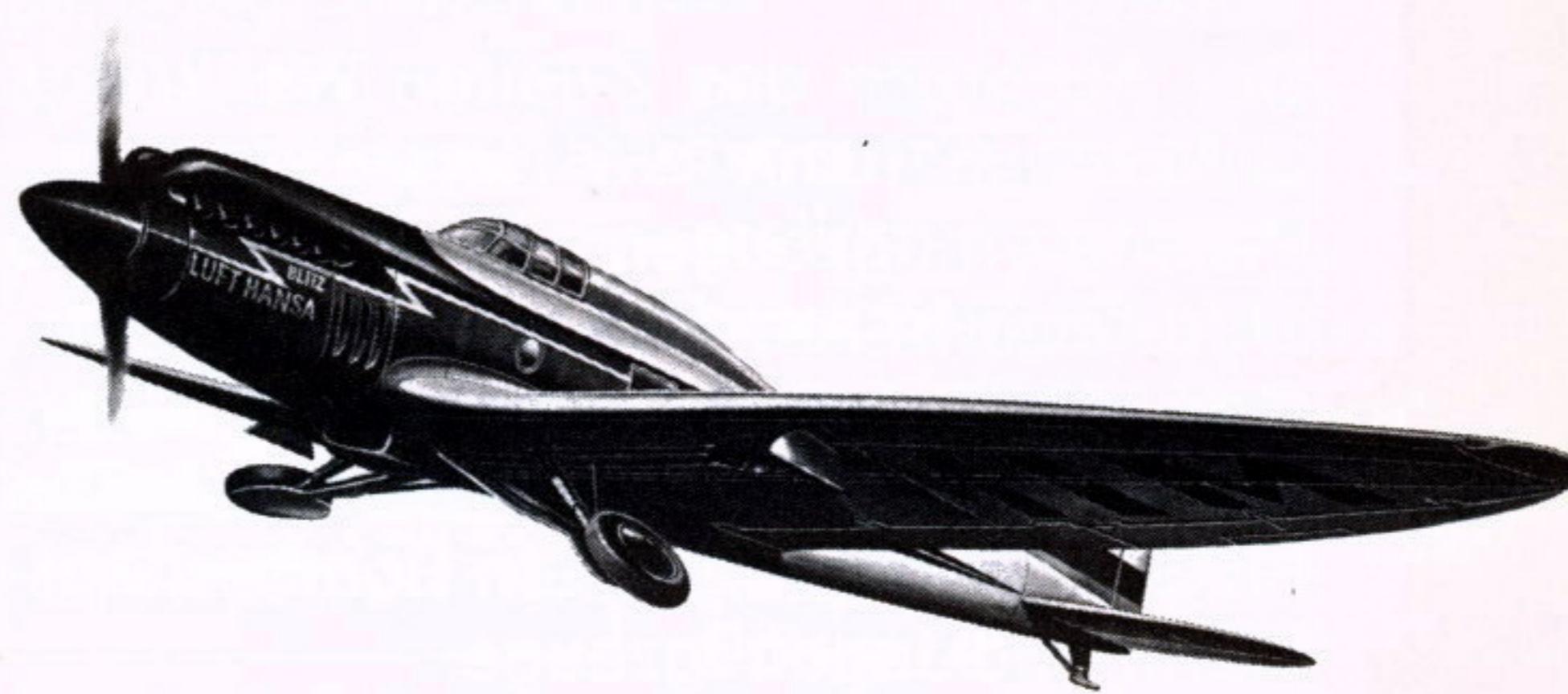
Die Entwicklung der Verkehrsfliegerei

In den dreißiger Jahren entwickelte sich die Verkehrsfliegerei in Riesen-schritten. Immer größere, schnellere, leistungsfähigere Maschinen wurden gebaut. Man begnügte sich bald nicht mehr mit einem Motor, sondern baute Flugzeuge mit zwei, drei und noch mehr Motoren. Wenn sich ein neuer Typ gut bewährte, konnten die Flugzeugfabriken viele Exemplare von ihm bauen und in viele Länder verkaufen. Jede Großstadt hatte nun ihren Flughafen, auf dem Fluggesellschaften für einen Linienverkehr sorgten. (Linienverkehr heißt, daß bestimmte Strecken – oder Linien – regelmäßig zu bestimmten Zeiten geflogen werden.)

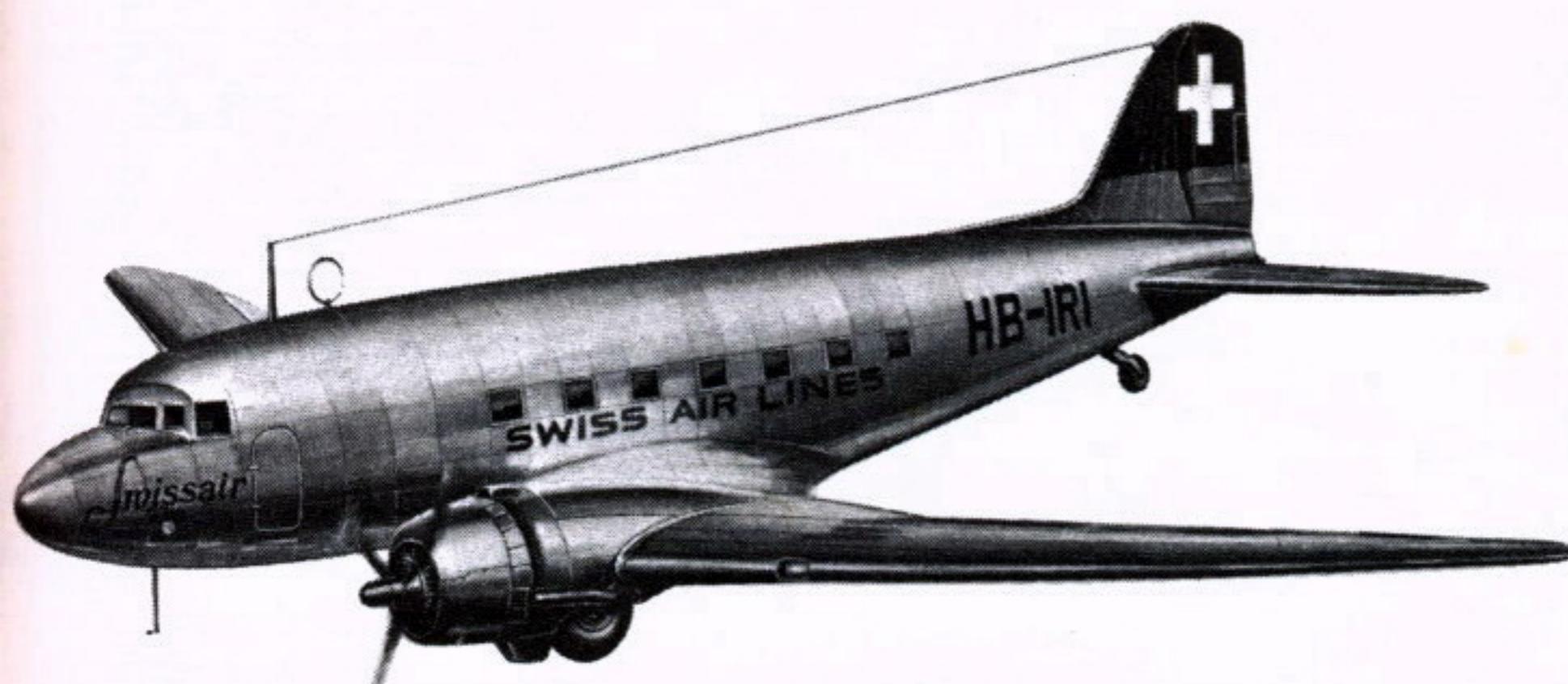
Aber nicht jedes Land konnte eigene Flugzeuge bauen. Die Planung und der Bau eines neuen Flugzeugtyps setzt eine hochentwickelte Industrie voraus und verschlingt außerdem ungeheure Summen. Die Flugverkehrsgesellschaften wählen unter den angebotenen Typen aus, was für ihr Flugprogramm – für längere oder kürzere Strecken, für Personen- oder Frachtbeförderung – am besten geeignet erscheint. Manchmal wird von ihnen auch ein gewünschter Typ bei einer Flugzeugfabrik in Auftrag gegeben. Manche Flugzeugtypen sind geradezu berühmt geworden. Einige von ihnen sollen hier vor gestellt werden.



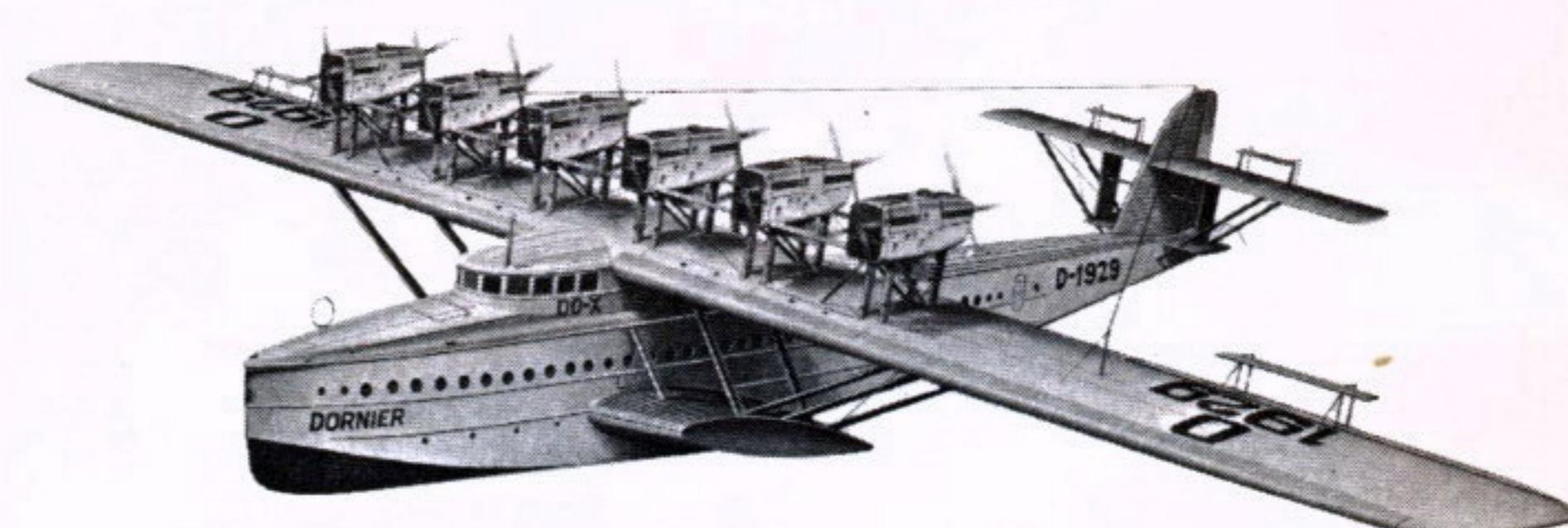
JUNKERS JU 52/3 m, Baujahr 1932. Drei Sternmotoren mit je 760 PS, 17 Passagiere, Fluggeschwindigkeit 255 km/st in 3000 m Höhe. Fast 5000 Maschinen wurden in Deutschland gebaut, nach 1945 weitere in Frankreich und Spanien.



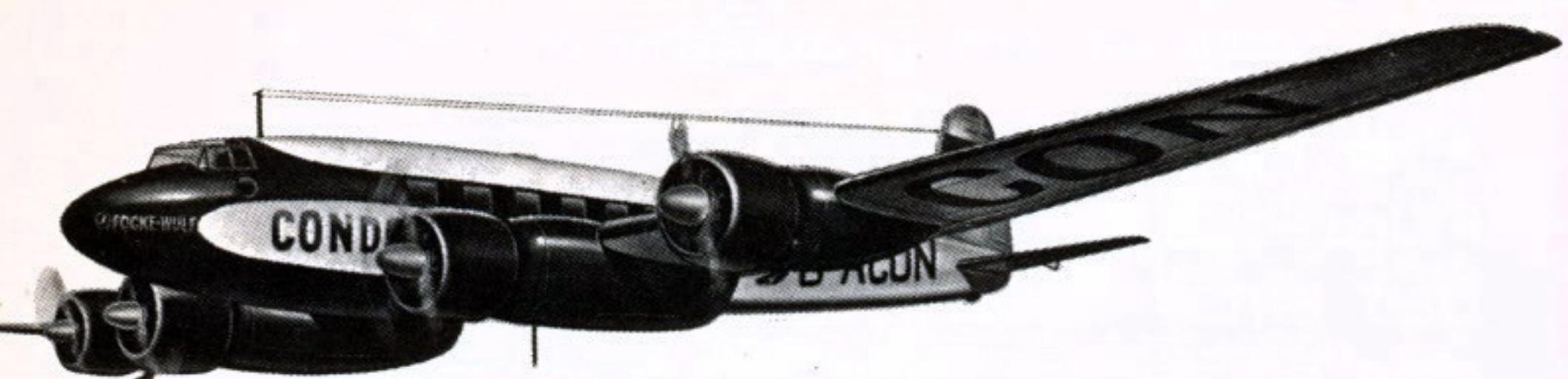
HEINKEL HE 70 G-1 „Blitz“. Das Passagier- und Postflugzeug erfüllte 1933 8 internationale Rekorde. 3 Zwölfzylindermotoren mit je 750 PS, Fluggeschwindigkeit 360 km/st in 5500 m Höhe, Reichweite 890 km mit 5 Passagieren.



DOUGLAS DC-3, auch DAKOTA genannt. 2 Doppelsternmotoren mit je 1200 PS, bis 32 Passagiere, Fluggeschwindigkeit 300 km/st. Etwa 13 000 Stück wurden gebaut. Während des Krieges diente sie als Truppentransporter.



FLUGBOOT DORNIER DO X erregte 1929 großes Aufsehen. Es hatte 12 Motoren, sechs mit Vortrieb- und dahinter sechs mit Schubpropellern. 150 Passagiere, Geschwindigkeit 216 km/st, Reichweite 3400 km. Innen hatte es drei Decks, Aufenthalts- und Schlafräume, Bar, Rauchsalon und Küche. Gebaut wurden nur 3 Exemplare.



FOCKE-WULF 200 S-1 „CONDOR“, Baujahr 1938, 4 Sternmotoren mit je 830 PS, 26 Passagiere, Höchstgeschwindigkeit 430 km/st, Reichweite 2300. Schnellstes Passagierflugzeug jener Jahre.



BOEING B 377 „STRATOCRUISER“, Erstflug 1944. 4 Sternmotoren mit je 3500 PS, 75 Passagiere, Geschwindigkeit 545 km/st, Reichweite 7400 km. Bis Ende der 50er Jahre im Linienverkehr.

Ende der dreißiger Jahre hatte man die Passagierflugzeuge bereits mit Druckausgleichs- und Klimaanlagen ausgestattet. So konnte man sich in große Höhen wagen, ohne daß die Passagiere Atembeschwerden bekamen oder froren.

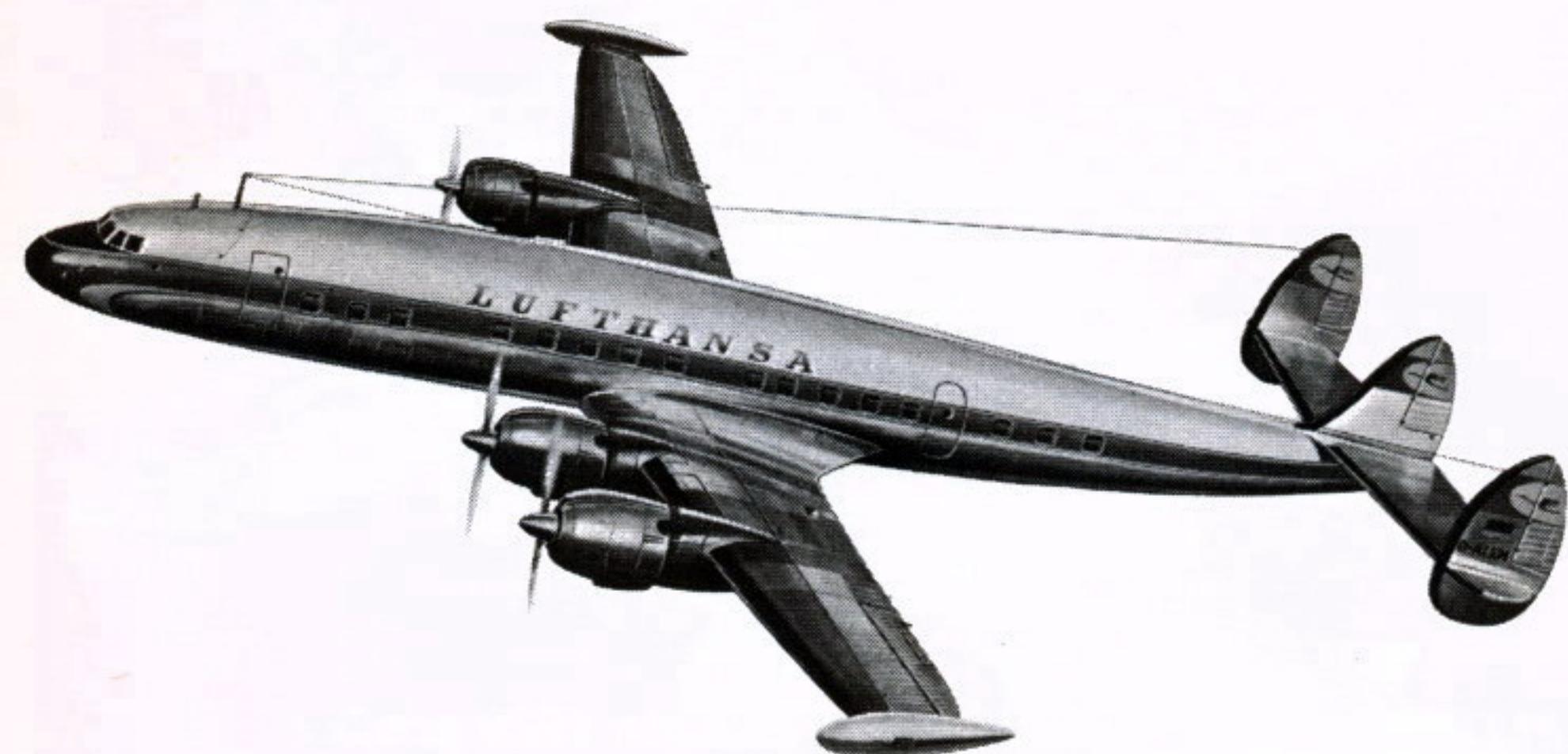
Der Ausbruch des Zweiten Weltkriegs unterbrach dann die Herstellung von Passagierflugzeugen. In Europa und bald auch in Amerika wurden die meisten Maschinen, mit oder ohne Umbauten, für Kriegszwecke verwendet. Die Flugzeugfabriken bauten Bomber, Aufklärer und Jagdflugzeuge.

Eines der letzten Passagierflugzeuge, das vor dem Krieg in den USA entwickelt, aber 1943 als Truppentransporter eingesetzt wurde, war die „Constellation“. Sie konnte als erstes Flugzeug

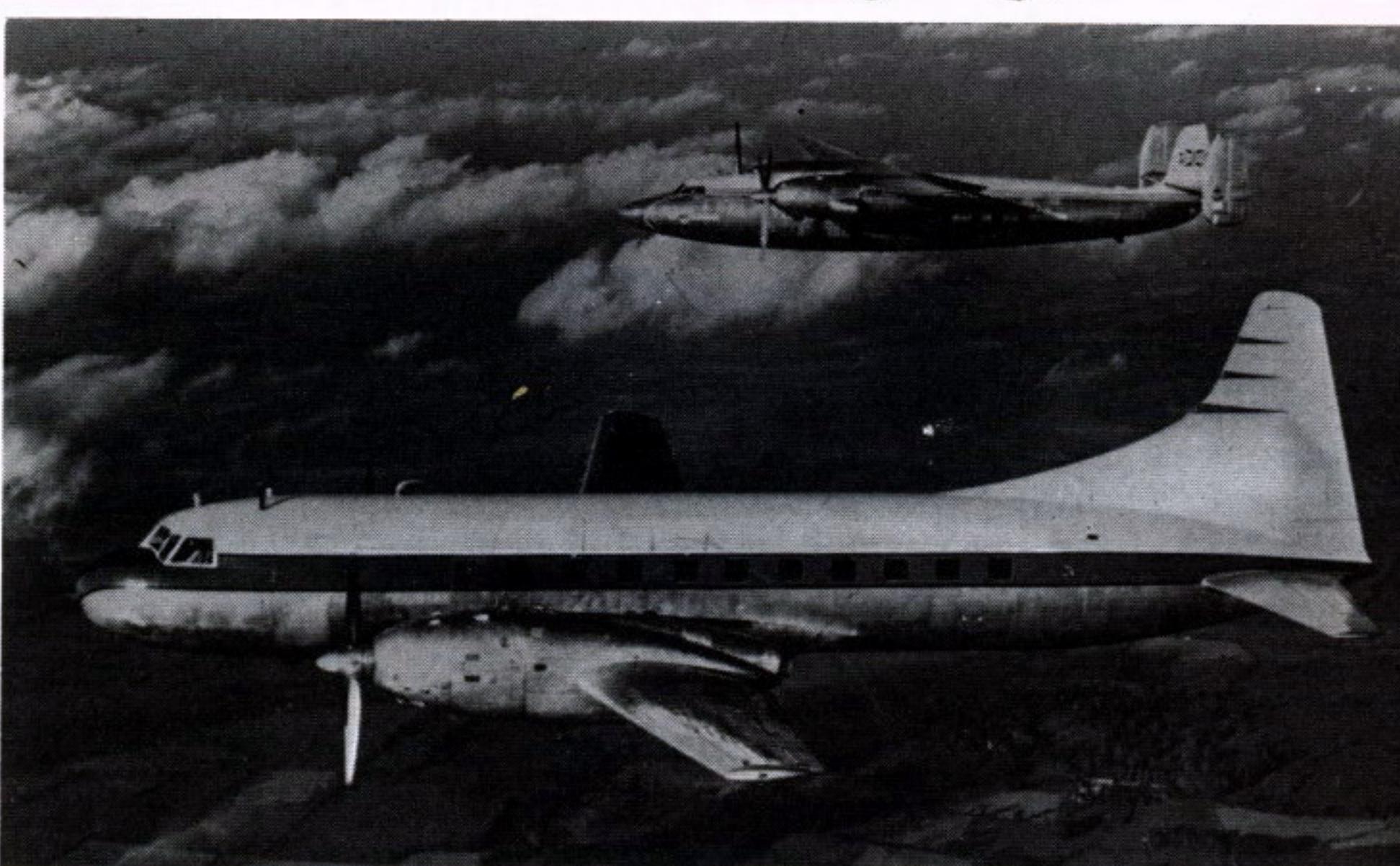
„nonstop“, also ohne Zwischenlandung, die ganze Breite der USA überfliegen. 1951 wurde sie vergrößert und als „Super Constellation“ in den Linienverkehr eingestellt.

Kurz nach dem Krieg erschien das amerikanische Langstreckenflugzeug Boeing B-377 „Stratocruiser“. Auch in Europa wurden bald verbesserte Verkehrsflugzeuge gebaut, die in Technik und Leistung den amerikanischen Typen entsprachen.

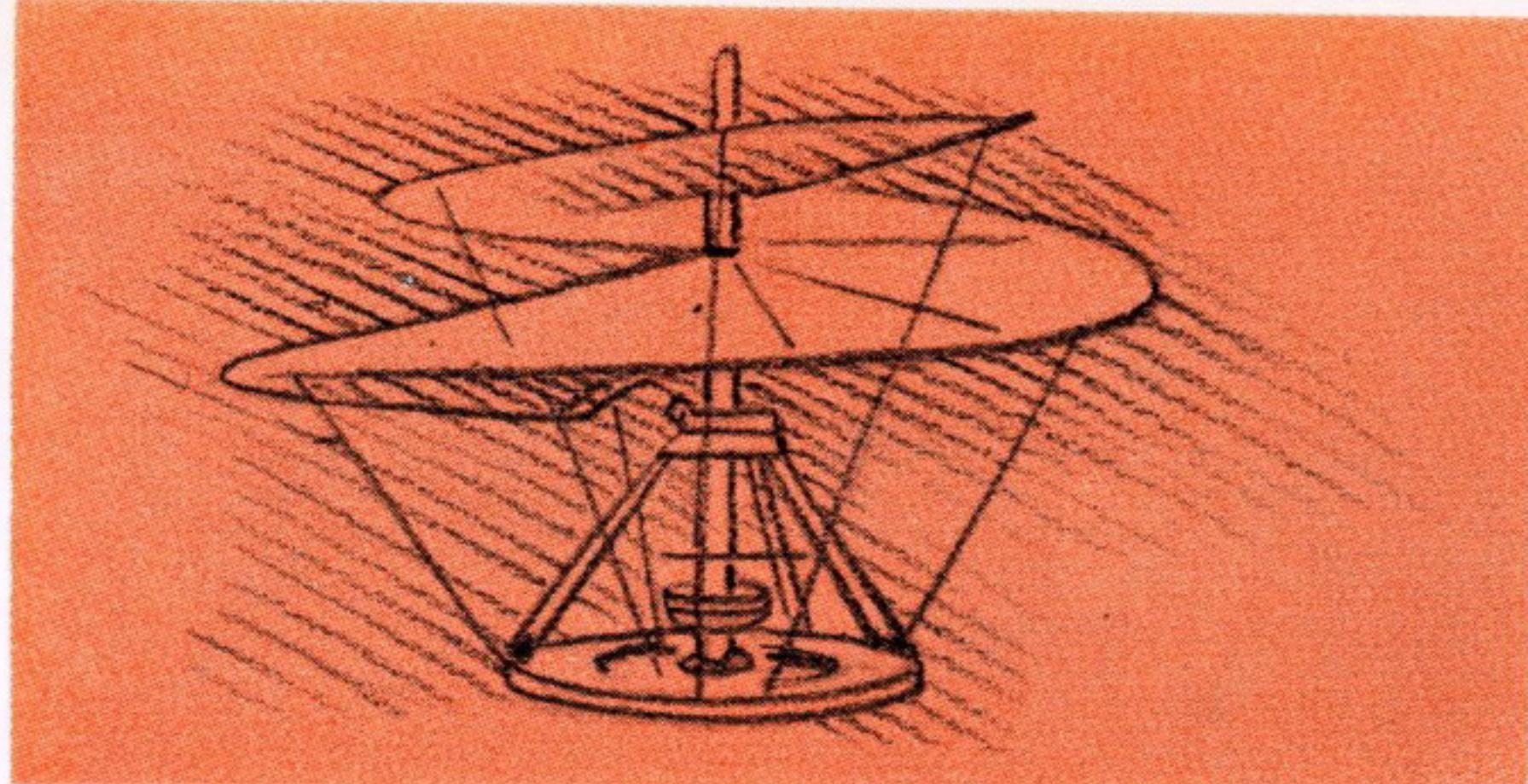
In den sechziger Jahren wurden die Propellerflugzeuge mehr und mehr von den Düsenflugzeugen verdrängt. Heute sieht man Propellermaschinen nur noch auf kleinen Strecken, zum Beispiel für den Seebäderverkehr oder bei Stadtrundflügen; neu gebaut werden sie fast nur noch als Privatflugzeuge.



LOCKHEED L-1049 G SUPER CONSTELLATION, Baujahr 1951. 4 Doppelsternmotoren mit je 3250 PS, bis 94 Passagiere, Höchstgeschwindigkeit 530 km/st in 6000 m Höhe, Reichweite 7400 km.



CONVAIR CV-340 für Mittelstrecken. Zwei Motoren mit je 2400 PS, 44 Passagiere, Höchstgeschwindigkeit 504 km/st in 7000 m Höhe, Reichweite 1670 km.



Leonardo da Vinci entwarf den ersten Hubschrauber

Flug nach jeder Richtung

Ein Hubschrauber kann nach jeder Richtung fliegen, nach oben, nach unten, vorwärts, rückwärts, seitwärts, und er kann auch in der Luft stillstehen. Er kann im Langsamflug nur wenige Zentimeter über den Erdboden oder über Wasser „kriechen“; er kann aber auch einige tausend Meter hoch in die Luft steigen und mit 400 km/Std. Geschwindigkeit fliegen.

Das Genie des 15. Jahrhunderts, Leonardo da Vinci,

Die Idee vom Hubschrauber

entwarf nicht nur einen brauchbaren Fallschirm und das Schwingenflugzeug; er entwarf auch eine sehr eigenartige Flugmaschine. Auf seiner Zeichnung befindet sich oberhalb des Flugkörpers ein großer, schraubenförmiger Propeller, der sich – so hoffte Leonardo – in die Luft bohren und den Flugkörper aufsteigen lassen sollte.

Ein altes Spielzeug ist der „Fliegende Kreisel“, den die Chinesen erfunden haben sollen. Zwei Propeller aus Federn und Holz, an einer Bogensehne befestigt, werden in entgegengesetzte Richtung gedreht. Läßt man los, versetzt die aufgespulte Sehne die Propeller in Drehungen, und das ganze Spielzeug steigt senkrecht in die Luft. Es war der erste von Menschenhand

Der „Fliegende Kreisel“ war das erste erfolgreiche Modell eines künstlichen Flugkörpers, der sich durch Rotation in die Luft erheben konnte.



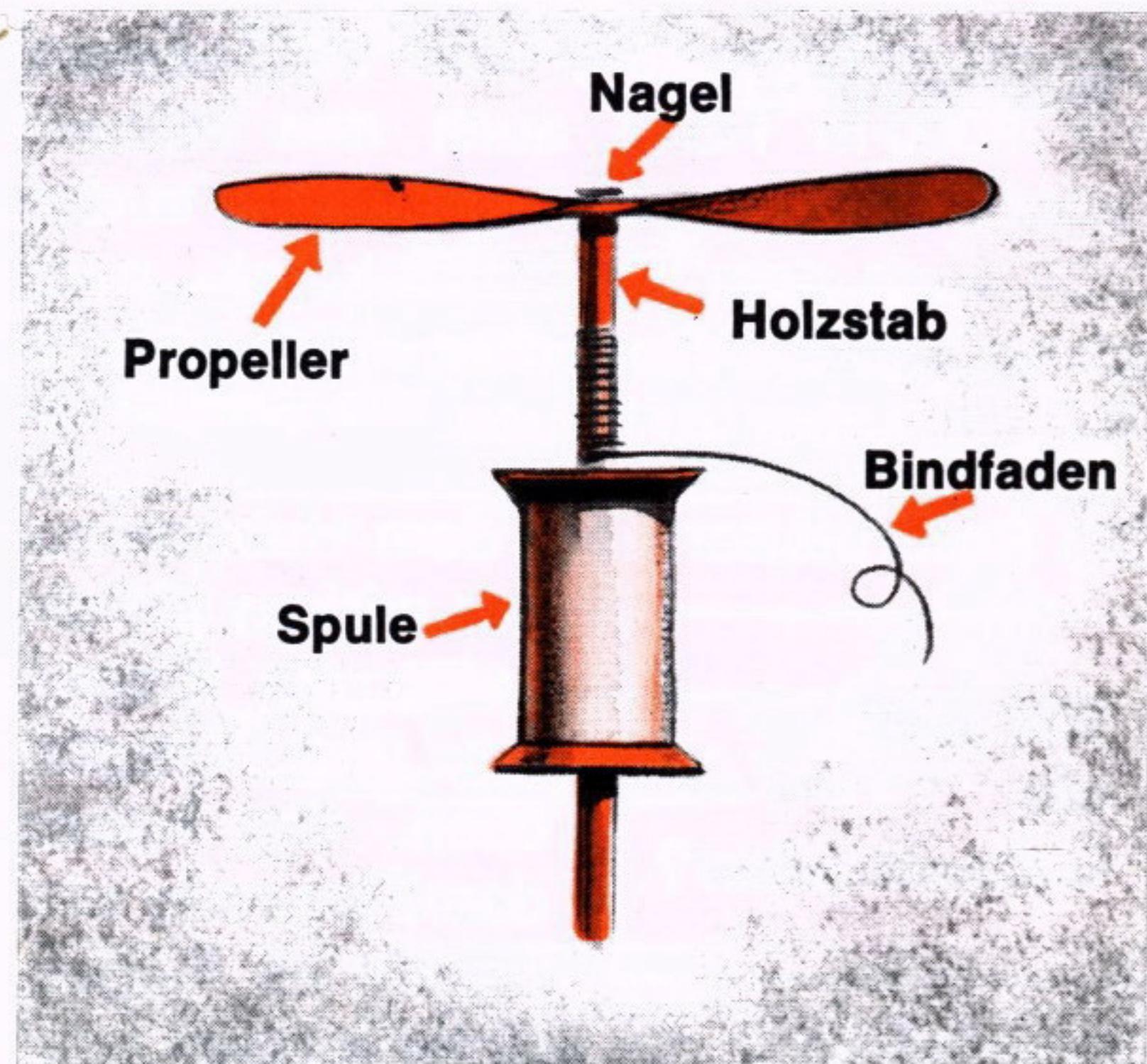
hergestellte Flugkörper, der durch eigene Rotation den Erdboden verlassen konnte. Dieser Kreisel begeisterte George Cayley. Er baute einen ähnlichen, benutzte aber statt der Federn Zinn für die Propellerblätter. Sein Kreisel stieg 30 Meter hoch.

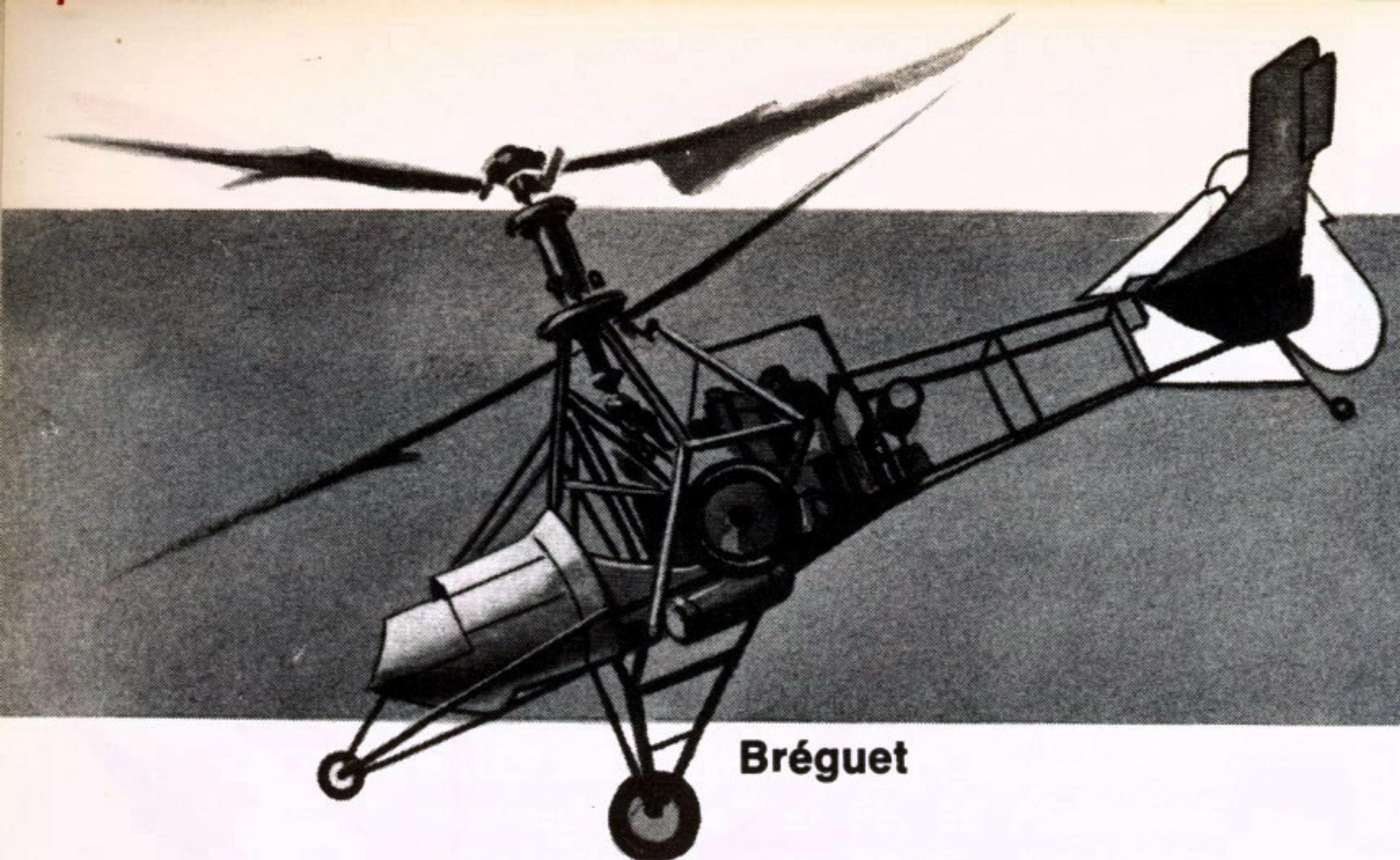
Wenn wir einen ähnlichen Kreisel herstellen wollen,

Wie kann man einen Cayley-Kreisel bauen?

brauchen wir einen kleinen Propeller von 15 cm Länge, eine leere Spule, einen runden Holzstab, der gerade in das Loch der Spule paßt, und einen Bindfaden von gut $1/2$ m Länge.

Der Propeller wird auf das eine Ende des Holzstabes genagelt und der Bind-





Bréguet



Sikorski V5-300

faden etwa 2–3 cm unterhalb des Propellers um den Holzstab gewickelt. Dann stecken wir den Holzpflock in die Spule. Wir halten die Spule mit dem Propeller nach oben in einer Hand und ziehen mit der anderen Hand den Bindfaden kräftig und schnell. Der Propeller dreht sich und steigt mit dem Holzstab in die Luft.

Der erste Hubschrauber von normaler Größe wurde 1907 von Louis Bréguet gebaut. Er erhob sich nur für zwei Minuten anderthalb Meter vom Boden, konnte auch nicht gesteuert werden. Den ersten wirklich gebrauchsfähigen bauten erst 1936 Focke und Achgelis in Bremen. Ihr Drehflügelflugzeug FW 61 stieg auf 400 m Höhe. 1938 schaffte eine FW 61 mit 230 km einen Langstreckenrekord und bald darauf mit 8000 m Höhe auch den Höhenrekord. Wenig später gelang es in den USA auch dem Russen Sikorski, nach jahrelangen Versuchen brauchbare Hubschrauber zu bauen.

Wer baute die ersten Hubschrauber?

Boden, konnte auch nicht gesteuert werden. Den ersten wirklich gebrauchsfähigen bauten erst 1936 Focke und Achgelis in Bremen. Ihr Drehflügelflugzeug FW 61 stieg auf 400 m Höhe. 1938 schaffte eine FW 61 mit 230 km einen Langstreckenrekord und bald darauf mit 8000 m Höhe auch den Höhenrekord. Wenig später gelang es in den USA auch dem Russen Sikorski, nach jahrelangen Versuchen brauchbare Hubschrauber zu bauen.

Die Rotorblätter über dem Hubschrauber wirken gleichzeitig als Propeller und Tragflächen. Sie heben das Flugzeug und lassen es fliegen. Der Pilot kann die Blätter kippen oder

Wie fliegt ein Hubschrauber?

„verstellen“. Will er starten, stellt er die Propellerblätter etwas schräg: der Hubschrauber steigt dann senkrecht hoch. Verringert er die „Steigung“ der Anstellwinkel der Blätter, so verringert sich der Auftrieb, und die Schwerkraft bringt das Flugzeug wieder nach unten. Will der Pilot schweben, in der Luft stillstehen, stellt er die Blätter so, daß der Auftrieb den Zug zur Erde ausgleicht. Es ist nicht leicht, einen Hubschrauber zu fliegen; er ist so wendig und beweglich, daß der Pilot ständig sehr konzentriert sein muß.

Hubschrauber werden heute für viele Zwecke benutzt. Pflanzenschutzmittel werden damit über Felder gestreut, Waldbrände bekämpft, Post befördert, Autostraßen überwacht; verunglückte Menschen in Berg- oder Seenot werden damit gerettet. Und viele Millionen Fernsehzuschauer sahen die Hubschrauber, welche die Mondfahrer aus den Apollo-Kapseln aufnahmen.



BO 105 Mehrzweckhubschrauber

Theorie und Tatsachen des Fluges

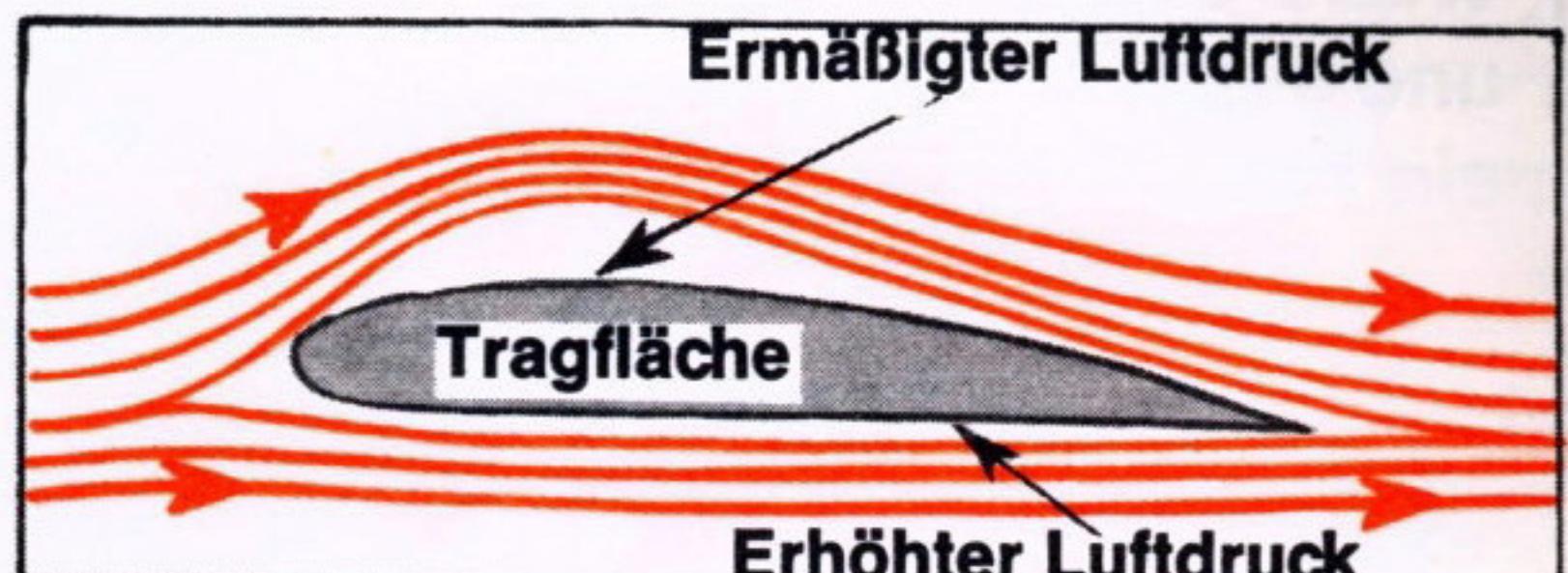
Im 18. Jahrhundert entdeckte der

Wie kommt es, daß ein Flugzeug fliegt?

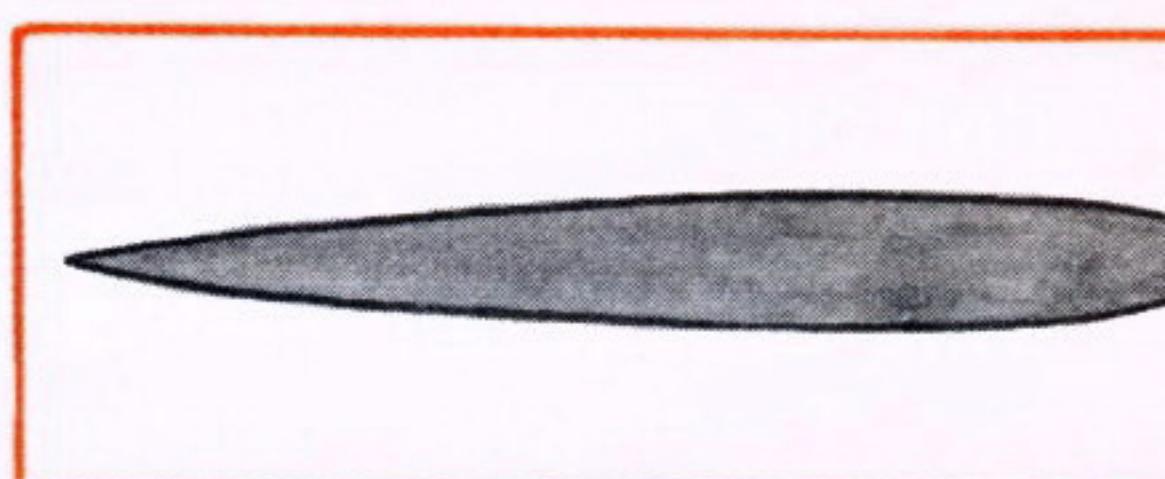
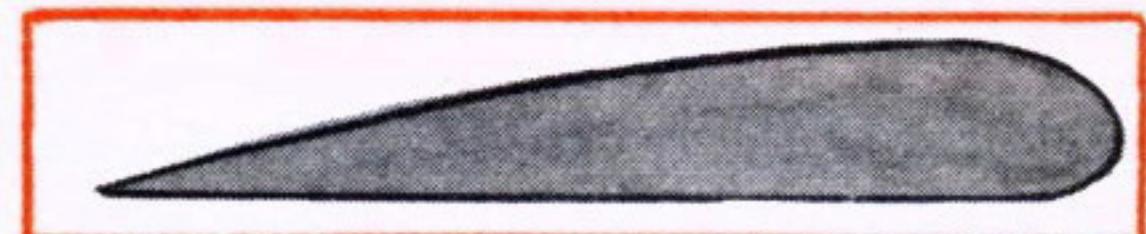
Schweizer Gelehrte Daniel Bernoulli, daß in einer strömenden Flüssigkeit der Druck dort am niedrigsten ist, wo die Geschwindigkeit am größten ist. Das gilt nicht nur für Flüssigkeiten, sondern auch für die Luft. Und das brachte Flugzeugbauer auf die Idee: Wenn man die Geschwindigkeit der Luft oberhalb einer Tragfläche steigern kann, muß der Druck sich dort vermindern und die Tragfläche wird von der unteren Luft nach oben gedrückt.

Man baute also für die Flugzeuge Tragflächen mit gekrümmter Ober- und gerader Unterseite. Da die Luft über der Oberseite eine größere Strecke zurückzulegen hat, muß sie sich mit größerer Geschwindigkeit bewegen. Die Folge davon: Der Druck über dem Flügel ist geringer als unter ihm, der Flügel wird nach oben gehoben.

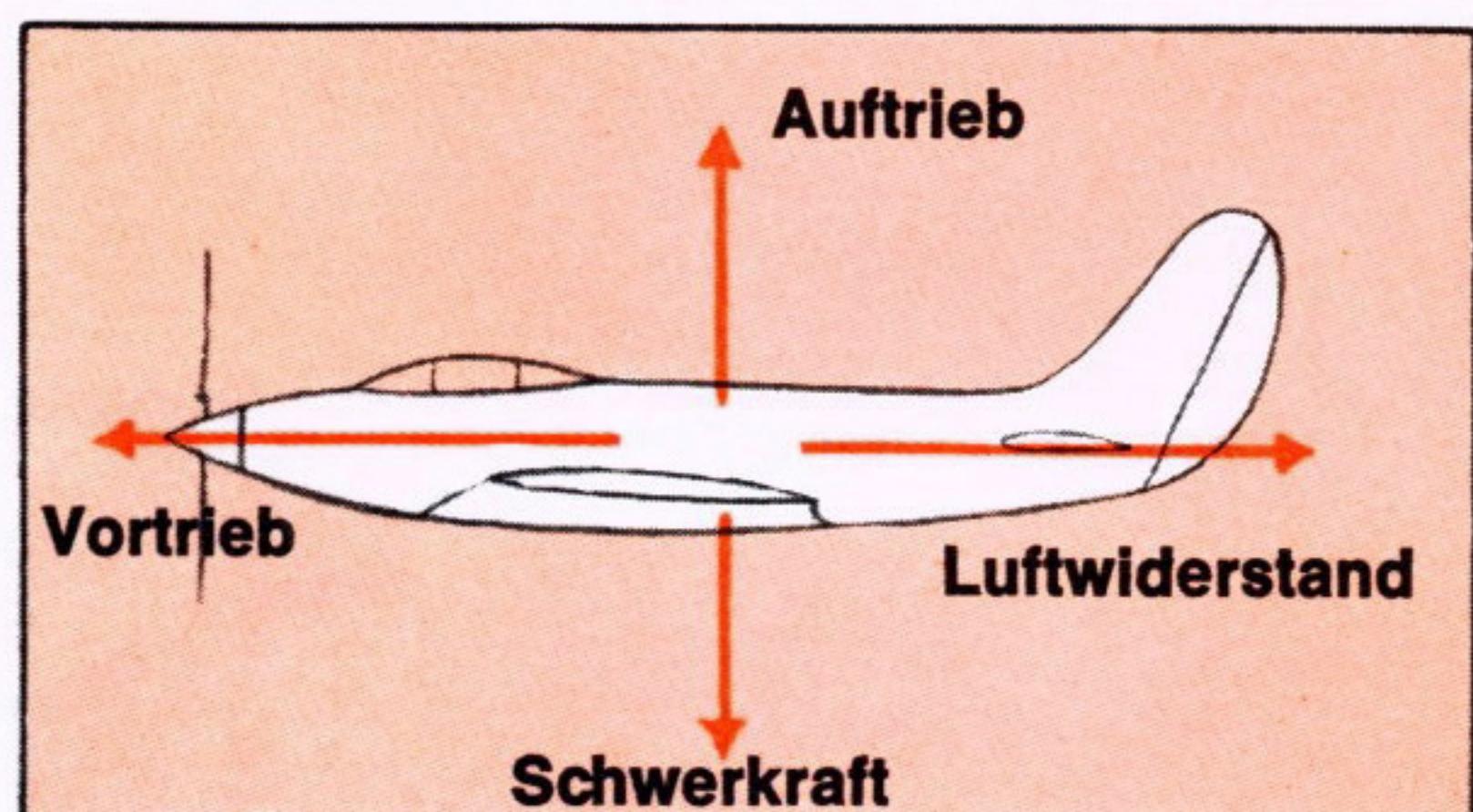
Das kann aber nur funktionieren, wenn sich das Flugzeug ziemlich rasch durch die Luft bewegt. Dafür sorgt der Propeller. Er überwindet den Luftwiderstand und zieht das Flugzeug vorwärts, und diese Vorwärtsbewegung bewahrt das Flugzeug davor zu sinken. Die Luft strömt an den Tragflächen vorbei. Durch deren Form entsteht auf der Oberseite ein Unterdruck oder Sog – der sogenannte Auftrieb. Dieser Auftrieb ist es, der die Schwerkraft überwindet. Der Propeller schraubt sich durch die Luft; er zieht das Flugzeug vorwärts. Diese Vorwärtsbewegung durch den Propeller wird Vortrieb genannt. Sie wirkt dem Luftwiderstand entgegen, jener Kraft, die die Vorwärtsbewegung hemmt.



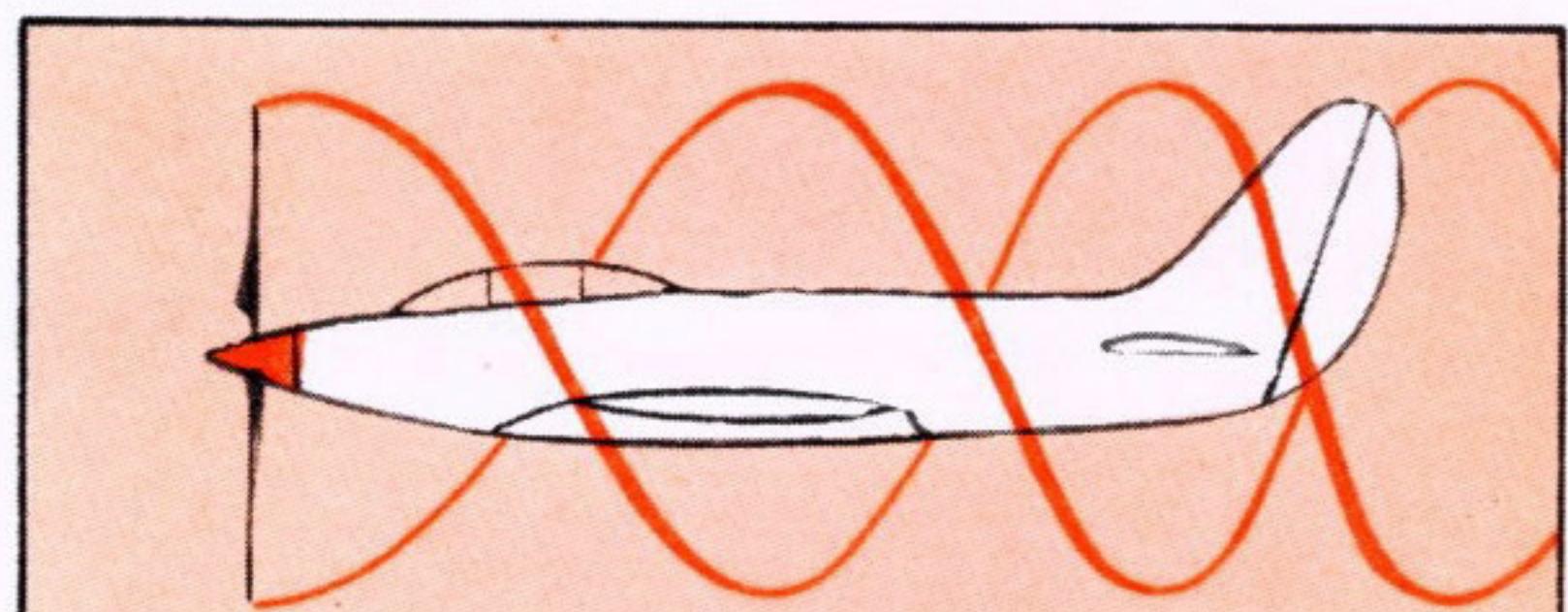
Wenn das Flugzeug sich vorwärtsbewegt, strömt die Luft über und unter der Tragfläche vorbei. Durch die Form der Tragfläche muß die Luft an der Oberseite eine größere Strecke zurücklegen. Dadurch verringert sich dort der Luftdruck, und an der Tragfläche entsteht ein Auftrieb.



Tragflächenschnitte (von oben nach unten): Tragfläche, wie sie von den Brüdern Wright benutzt wurde; Tragflächenprofil für niedrige Geschwindigkeiten, darunter für hohe Geschwindigkeiten.



Diese vier Kräfte wirken während des Fluges auf ein Flugzeug ein.

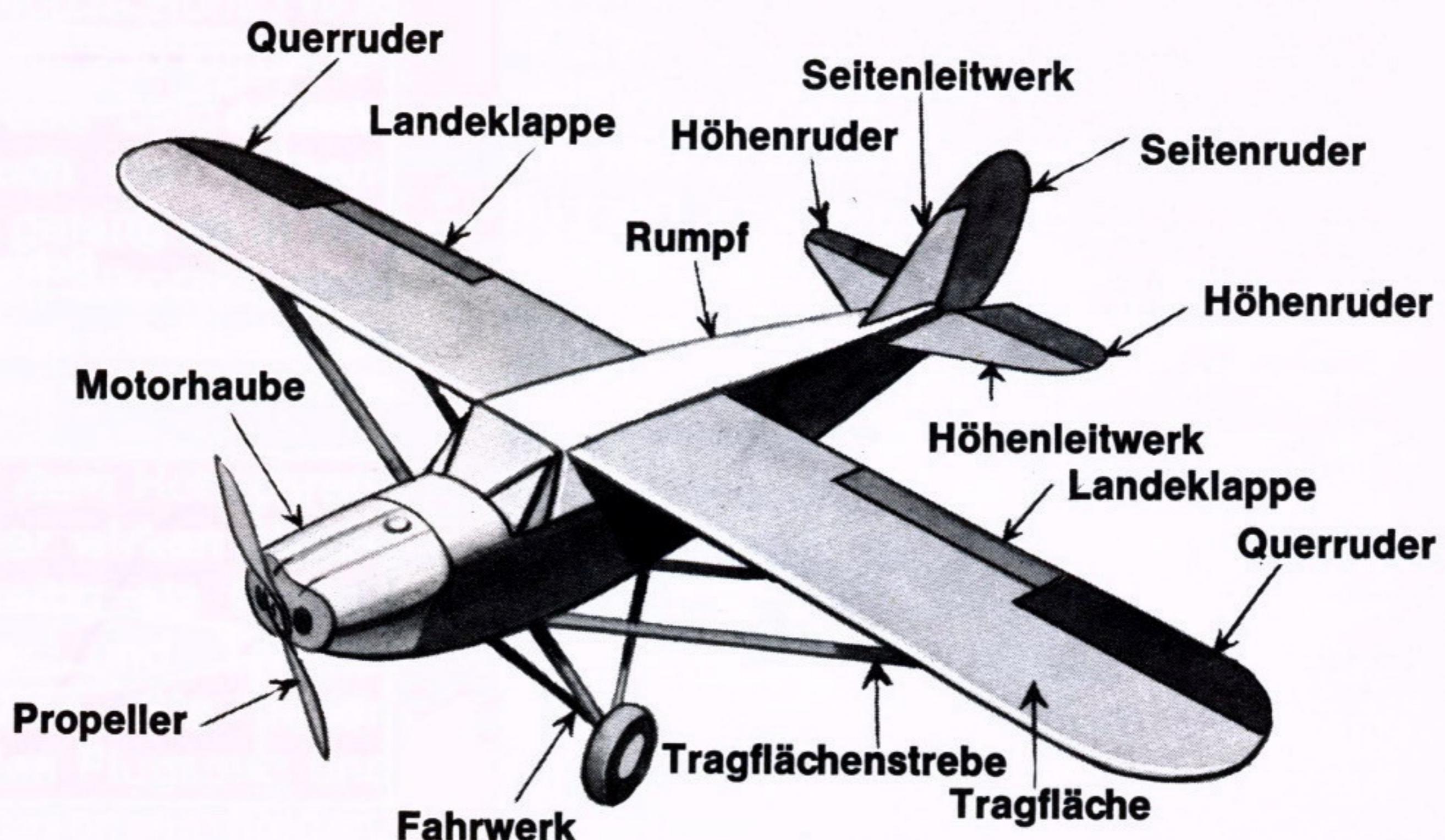


Der Propeller ist eine Luftschaube; er zieht das Flugzeug vorwärts und sorgt für den Auftrieb.

Wie jeder andere sich bewegende Körper, bewegt sich auch das Flugzeug in gerader Linie weiter, solange nicht eine Kraft auftritt, die

seine Richtung ändert. Erhöht es seine Fluggeschwindigkeit, wird die Auftriebskraft stärker, und das Flugzeug steigt. Die Geschwindigkeit, mit der der Motor den Propeller dreht, wird durch den Gas- oder Leistungshebel reguliert. Ebenso wichtig für den Steigflug ist das Höhenruder, mit dem die Auf- und Abwärtsbewegung des Flugzeugs gesteuert wird. Es besteht aus zwei Flächen, die am Höhenleitwerk – am Schwanz des Flugzeugs – angebracht sind und bewegt werden können. Wenn der Pilot den Steuerknüppel zu sich zieht, werden die Flächen nach oben gestellt. Die Luft, die auf die hochgestellten Flächen trifft, drückt den Schwanz nach unten, die Tragflächen stellen sich schräg nach oben. Bewegt der Pilot den Steuerknüppel nach vorn, neigen sich die Ruderflächen nach unten; der Schwanz wird von der strömenden Luft hochgedrückt, die Nase geht nach unten.

Der Propeller liefert die Kraft für den Vortrieb. Das Höhenruder kann das Flugzeug steigen oder sinken lassen. Die Landeklappen helfen beim Start und bei der Landung. Quer- und Seitenruder bringen die Maschine in eine Links- oder Rechtskurve.



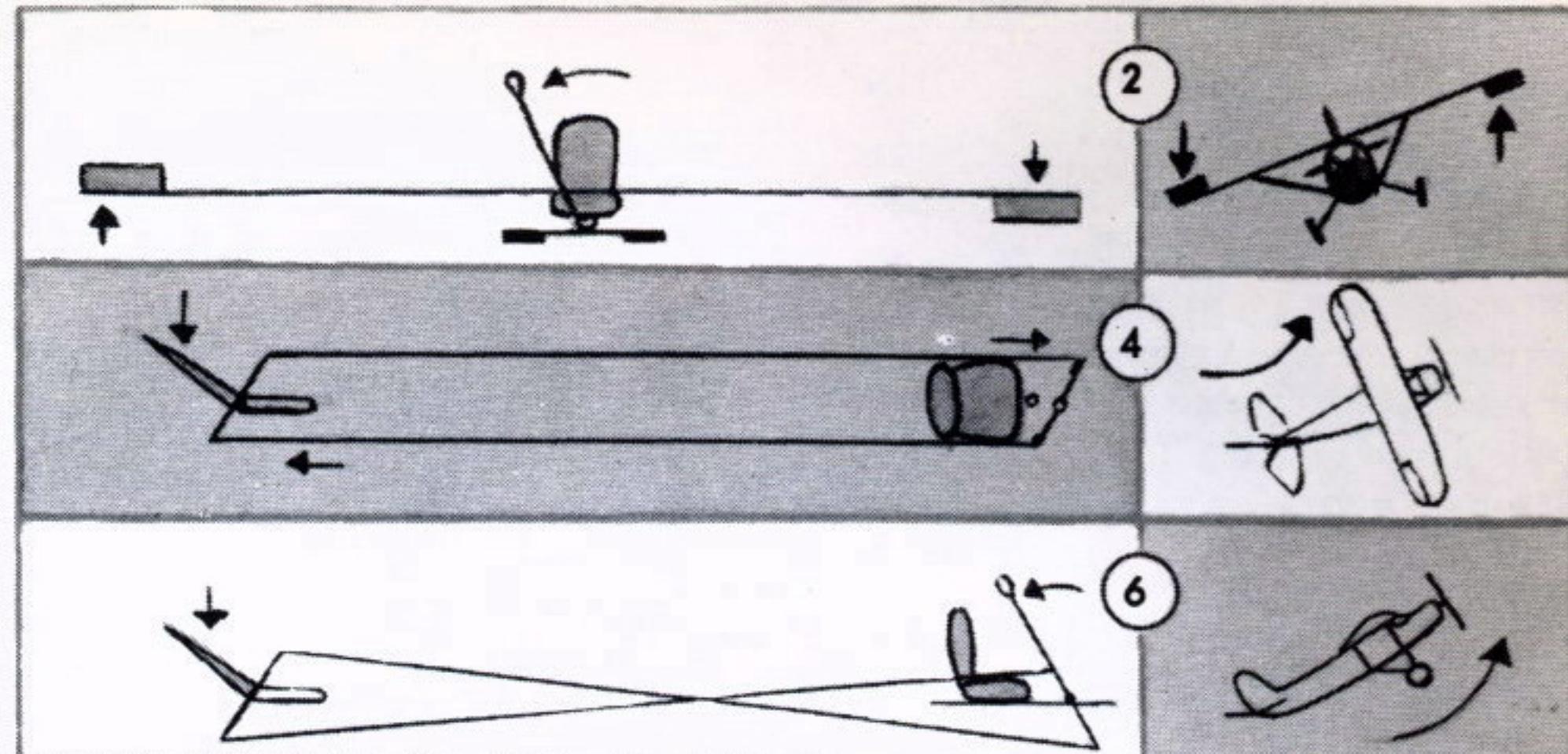
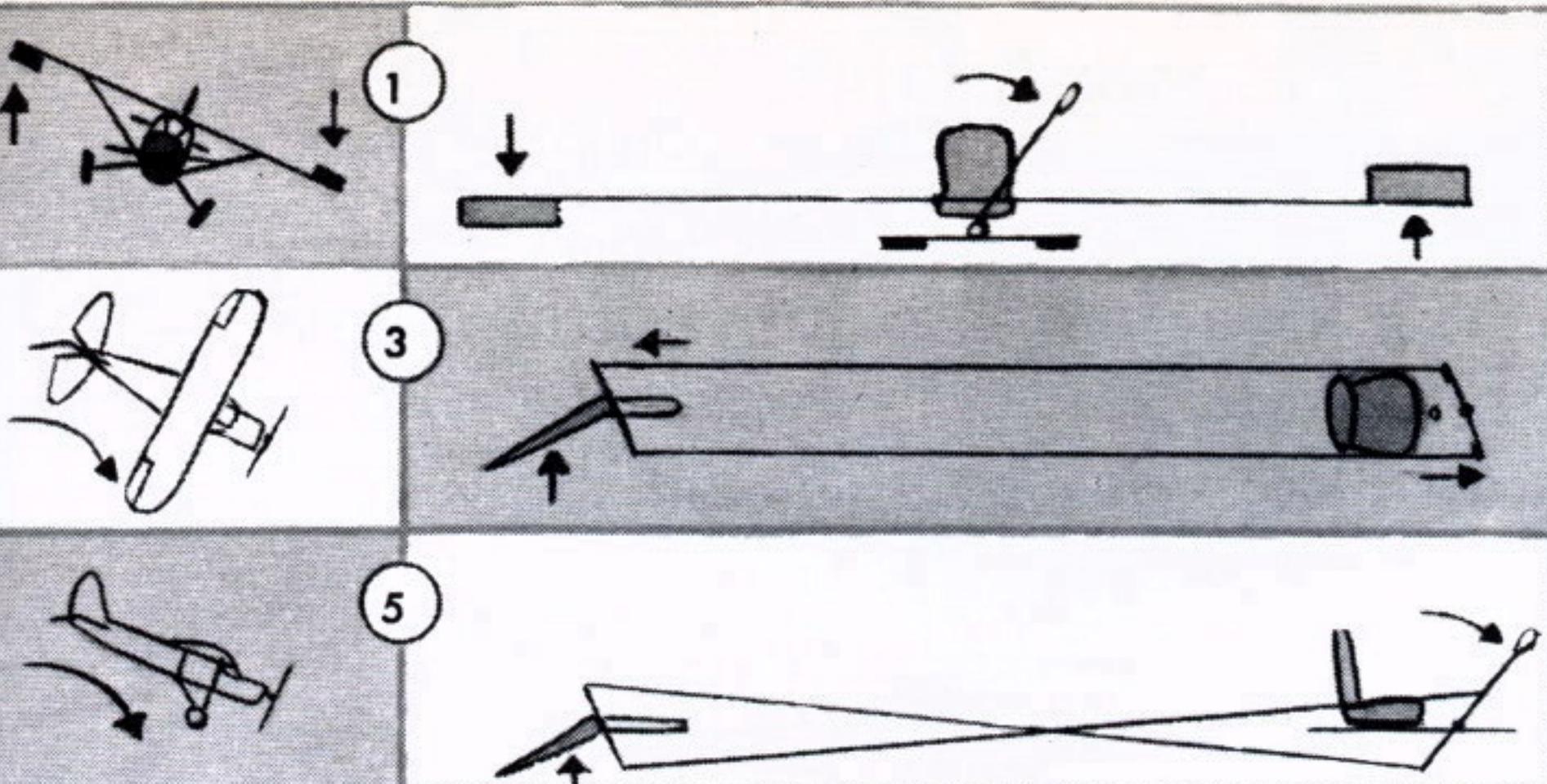
Wodurch steigt und sinkt ein Flugzeug?

Zwei Teile am Flugzeug steuern die Kurven nach rechts und links: das Seitenruder und das Querruder. Das Seitenruder, eine senkrechte Fläche,

ist beweglich am Schwanzende des Flugzeugs angebracht. Es wendet den Schwanz des Flugzeugs nach rechts oder links, in gleicher Weise, wie das Höhenruder das Schwanzende nach oben oder unten bringt. Am Boden kann das Seitenruder dabei helfen, ein leichtes Flugzeug zu wenden; größere Maschinen haben ein steuerbares Bugrad. In der Luft benutzt der Pilot das Seitenruder, wenn das Flugzeug eine Kurve beschreiben oder die Kurve beenden soll.

Die Querruder sind lange, schmale Klappen, je eine an der Hinterkante des Flügels, nahe den Flügelspitzen. Sie sind ebenfalls beweglich und so miteinander verbunden, daß ein Querruder nach unten geht, wenn das andere hochgestellt wird. Dadurch steigt ein Flügel, während der andere sich senkt.

Wird das Querruder des rechten Flü-



Wie man ein Flugzeug fliegt

Querruder (von vorn)

1. Steuerknüppel nach links
2. Steuerknüppel nach rechts

Seitenruder (von oben)

3. Rechtes Seitenruder
4. Linkes Seitenruder

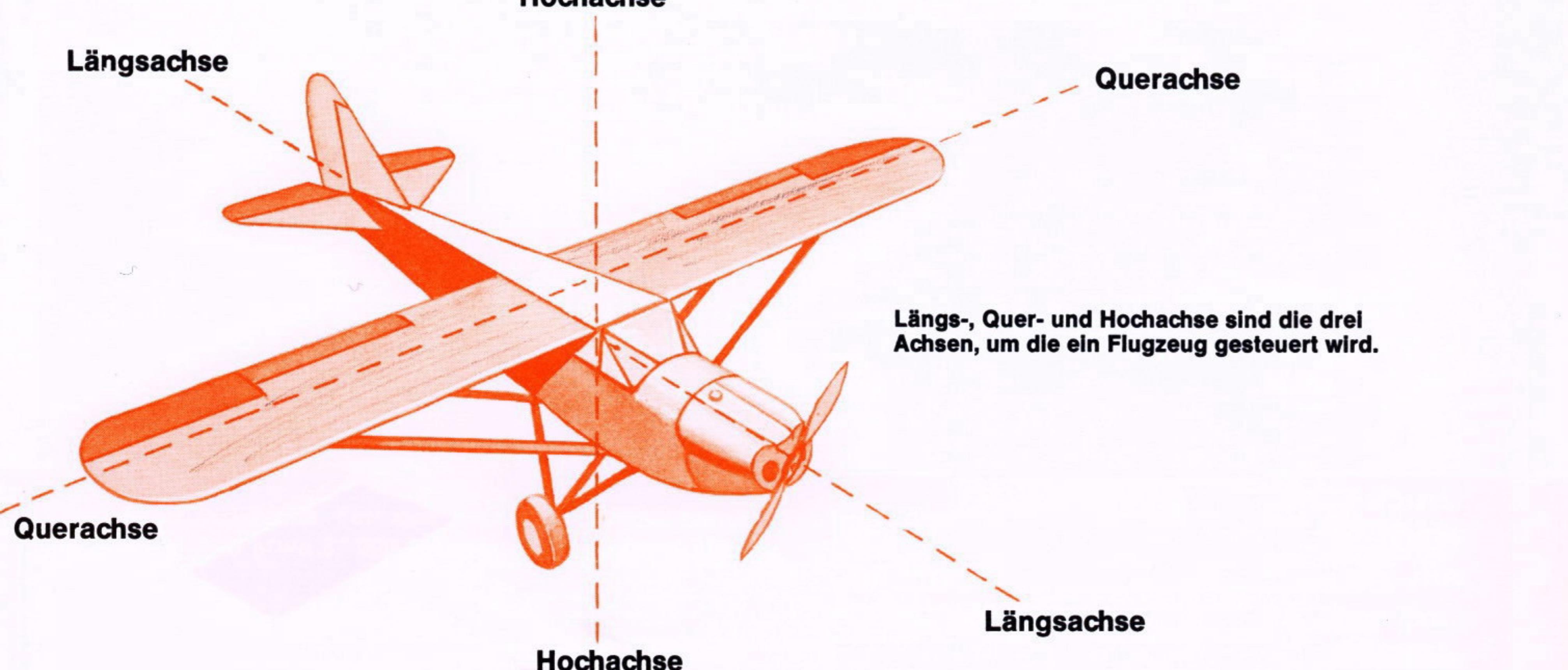
Höhenruder (von der Seite)

5. Steuerknüppel nach vorn
6. Steuerknüppel nach hinten

Hochachse

Längsachse

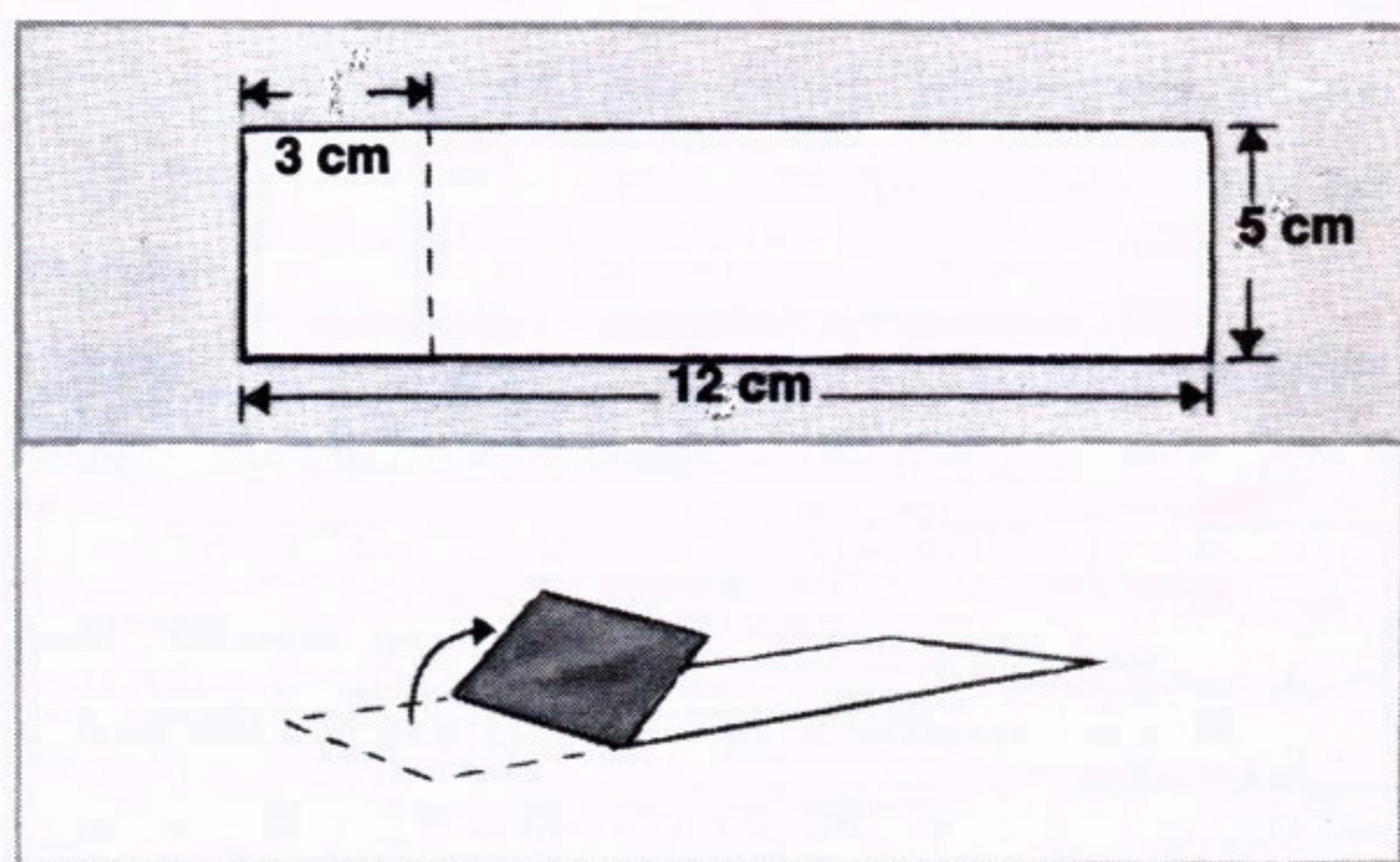
Querachse



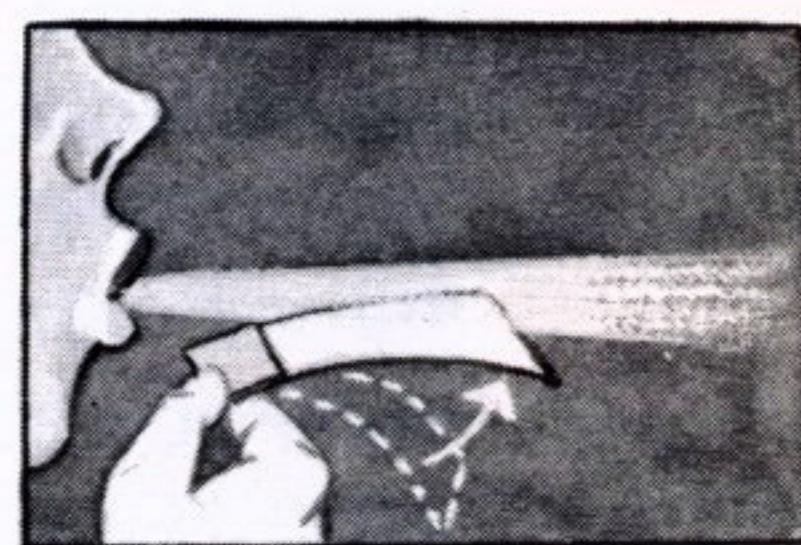
gels gesenkt, geht dieser Flügel in die Höhe: das Flugzeug wird nach links gekippt und in die Querlage gebracht. Zusammen mit dem Seitenruder verursacht dieser Vorgang eine Linkskurve.

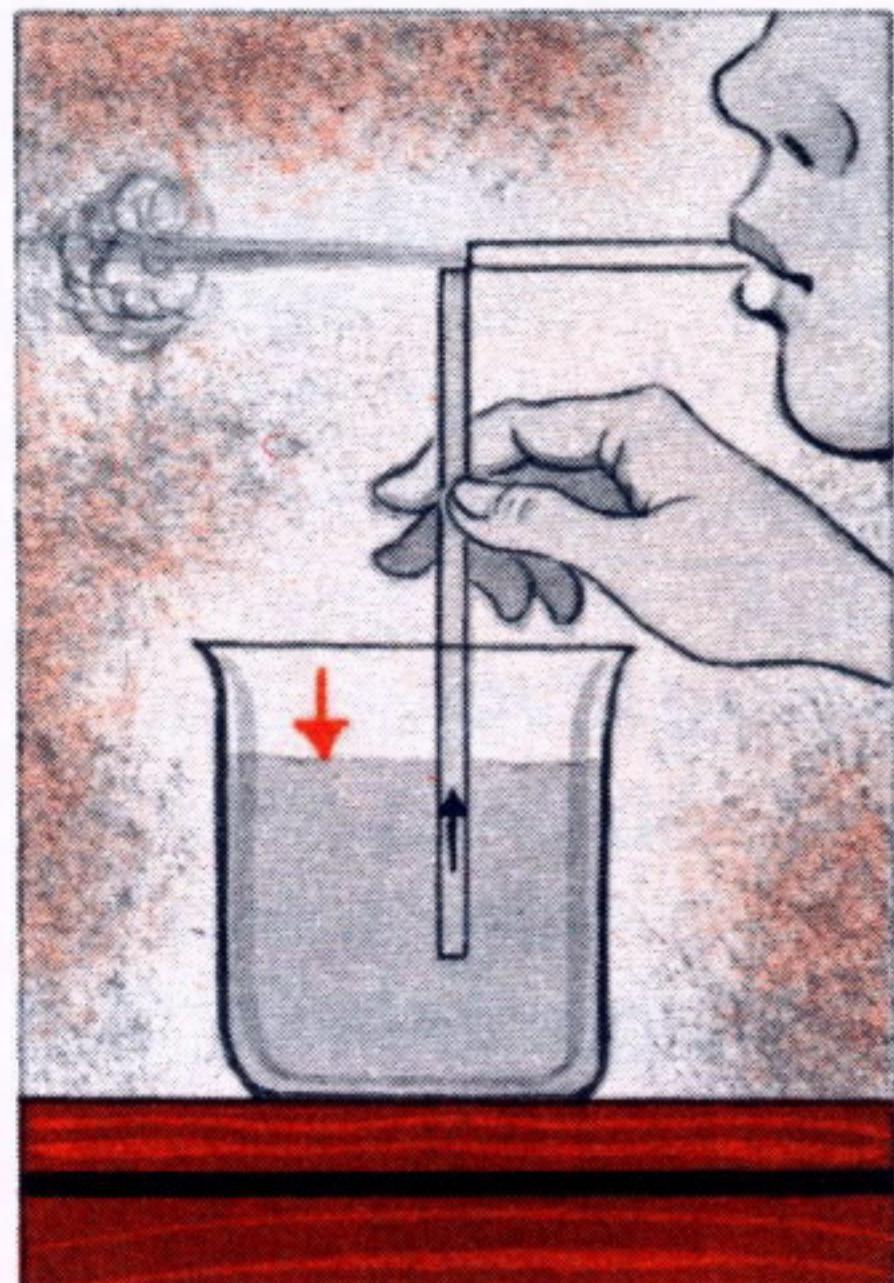
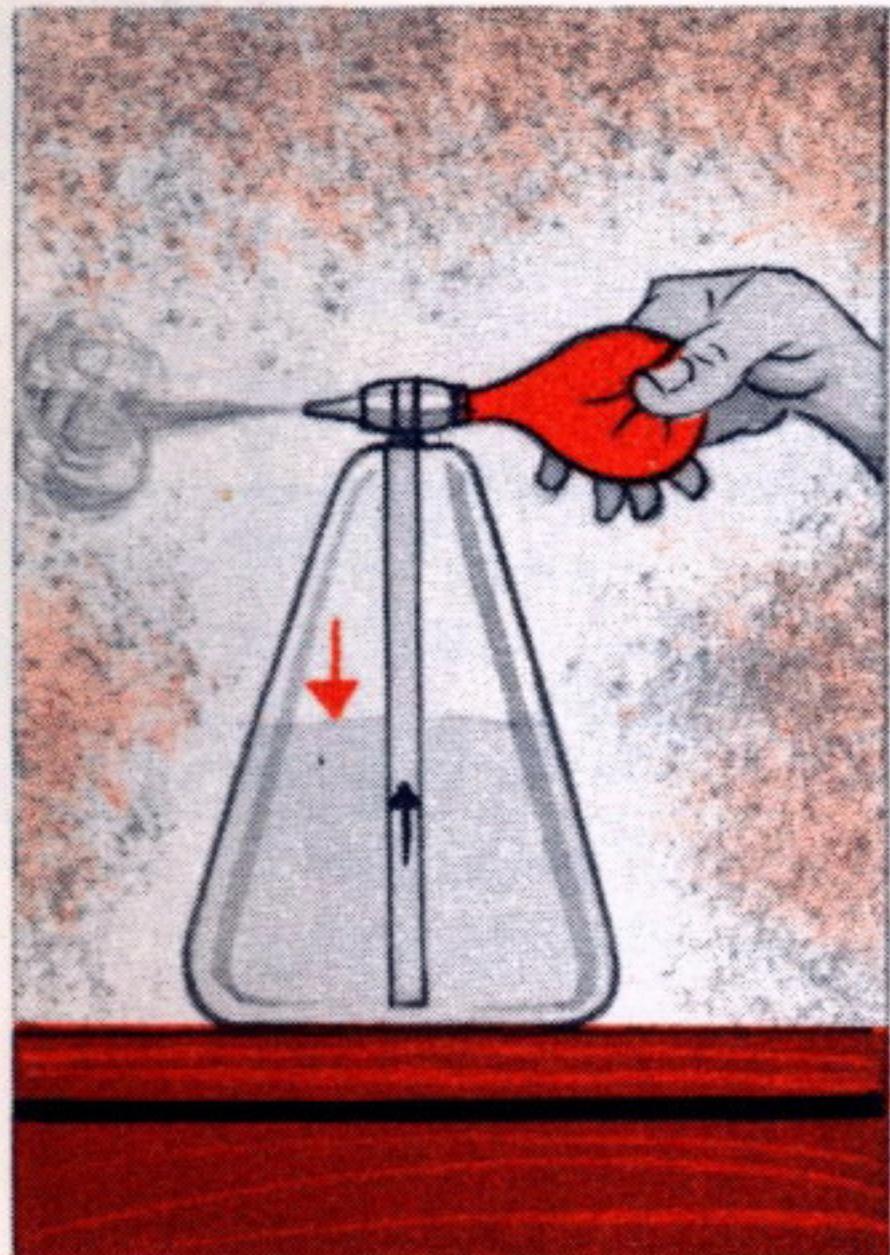
Wir schneiden aus einfachem Schreibpapier ein rechteckiges Stück zu, das etwa 12 cm lang und 5 cm breit ist, und falten etwa 2 cm davon um. Mit Daumen und Zeigefinger hal-

Wie kann man den Auftrieb zeigen?



So kann man den Auftrieb zeigen, der durch den Bernoulli-Effekt auf der Oberseite eines Stücks Papier verursacht wird (rechts).





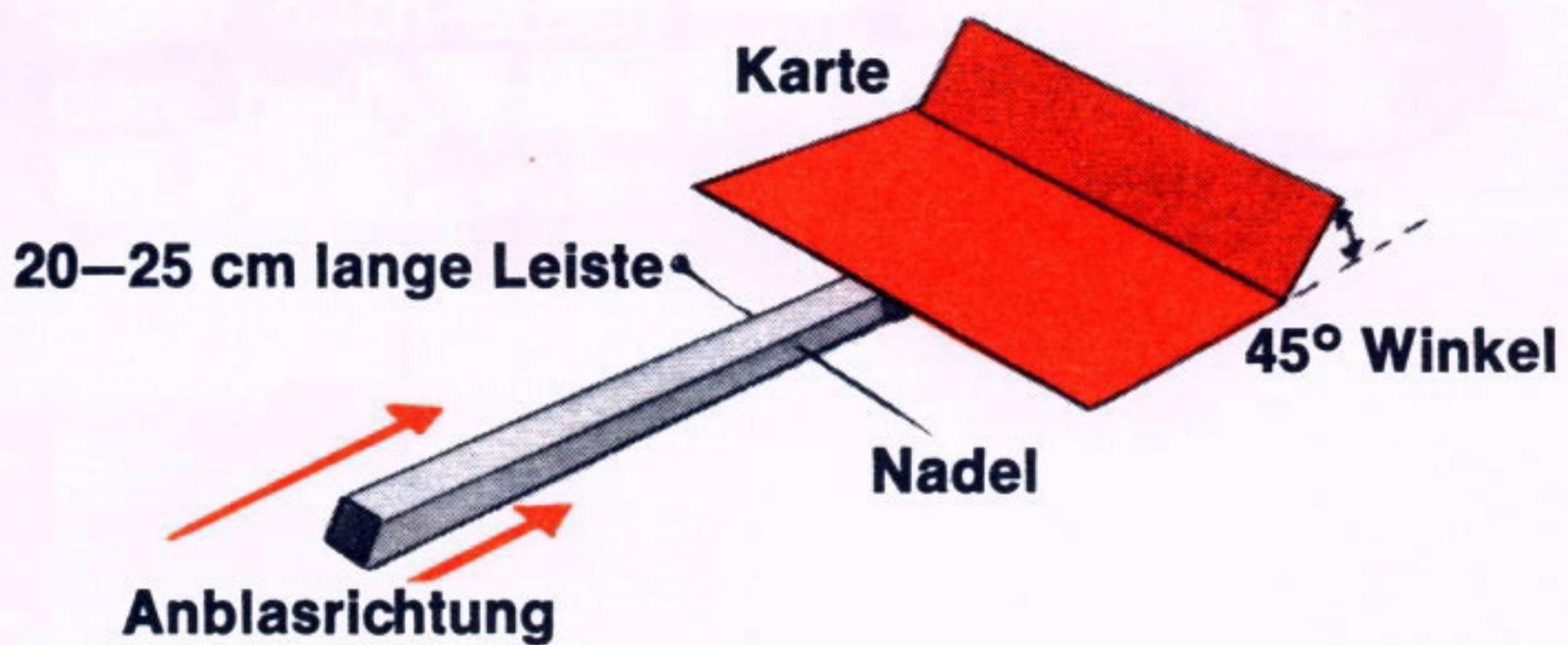
ten wir das Papier so, daß der Kniff etwa 2–3 cm vom Mund entfernt ist, und blasen kräftig über den leicht herabhängenden Streifen. Was passiert? Das Papier bewegt sich aufwärts, es hebt sich. Durch das Blasen wurde ein rascher Luftstrom an der Oberseite des Streifens erzeugt, der den oberen Luftdruck verringerte.

Nach demselben Prinzip funktioniert ein Zerstäuber. Mit zwei Strohhalmen und einem Glas Wasser kann man es selbst versuchen, wie die Abbildung oben es zeigt.

Wie kann man die Funktion des Höhenruders zeigen?

Wir falten eine Postkarte an einer Längsseite um 45° hoch und kleben die Karte auf eine 20–25 cm lange Leiste aus leichtem Holz. Auf einem runden Bleistift bringen wir die Leiste mit der Karte darauf ins Gleichgewicht, wie einen Schwebebalken. Am Gleichgewichtspunkt drücken wir eine Nadel durch das weiche Holz. Die Nadel muß parallel zur Karte gerichtet sein.

Nun halten wir die Nadel leicht zwischen Daumen und Zeigefinger beider Hände; das Ende der Leiste befindet sich vor unserem Mund. Wenn wir nun mit aller Kraft blasen, wirkt der hochgebogene Teil der Karte wie das Höhenruder eines Flugzeugs. Das Leistenende vor dem Mund bewegt sich nach oben, genau wie die Nase eines Flugzeugs.



Luftstraßen am Himmel

Es gibt Tausende von Flugplätzen der verschiedensten Art auf der ganzen Erde, von den primitiven Pisten in abgelegenen Gegenden bis zu den riesigen Flughäfen der Weltstädte. Damit man weiß, welche Flugzeugtypen anfliegen können, werden die Flugplätze nach der Länge ihrer Startbahnen (und nach ihrer Tragfähigkeit) eingeteilt. Ein

Flugplatz mit Startbahnen von 450 bis 700 m gilt als Privatflugplatz und kann nicht von Linienmaschinen benutzt werden. Flugplätze für große Verkehrsflugzeuge müssen Startbahnen von mindestens 1800–2000 m haben; für die großen Düsenmaschinen von heute aber sind Betonpisten von 3000 und mehr Meter erforderlich.



Blick auf einen Teil des Frankfurter Flughafens. Hier sind etwa 27 000 Menschen beschäftigt. Jähr-

lich können 24 Millionen Passagiere abgefertigt werden. Tag für Tag landen rund 300 Flugzeuge.

Im Luftraum zwischen den einzelnen Flughäfen gibt es regelrechte „Luftstraßen“ am Himmel, die von den Flugzeugen benutzt werden müssen. Wegen der großen Zahl von Flugzeugen muß es Regeln für diese Luftstraßen geben, genau so wie es Verkehrsregeln für die Autos auf den Straßen gibt. Von Start und Landung abgesehen, müssen Flugzeuge wenigstens 150 m über dem Erdboden fliegen. Über Städten und anderen dicht besiedelten Gebieten haben die Flugzeuge immer eine Mindesthöhe von 300, oft von 600 m einzuhalten.

Was sind Luftstraßen?

Der Kurs eines Flugzeuges wird von

der Flugsicherungszentrale bestimmt, die den ganzen Luftverkehr überwacht. Auf größeren Flughäfen sitzen Angestellte vor Karten, Radarschirmen, Funksprechgeräten und Kontrolltafeln und verfolgen jedes Flugzeug, wie es seinen Weg am Himmel zieht.

Diese Luftstraßen sind eingerichtet worden, als die Verkehrsfliegerei so zugenommen hatte, daß man Zusammenstöße befürchten mußte. Für bestimmte Flugrichtungen sind bestimmte Flughöhen vorgeschrieben, die man in Fuß angibt (1 Fuß = 30,48 cm). So werden alle Maschinen auf einer Luftstraße (die durch Farbe und Nummer bezeichnet ist – zum Beispiel „Gelb 9“ für die Strecke von der Schweiz über Frankfurt und Hamburg nach Skandinavien)

angewiesen, auf Süd-West-Kurs 20 000, 30 000 oder 40 000 Fuß hoch zu fliegen, während den Flugzeugen auf Nord-Ost-Kurs ungerade Höhen zugeteilt werden, also etwa 15 000, 25 000 oder 35 000 Fuß. Richtung und Gegenrichtung müssen jeweils mindestens 1000 Fuß Höhenabstand voneinander haben. Solche Regelungen gelten auf der ganzen Welt.

An klaren, sonnigen Tagen können

Kann der Pilot nach Sicht fliegen?

Flugzeuge nach Sicht fliegen, das heißt, der Pilot kann den Boden sehen und seine Route erkennen.

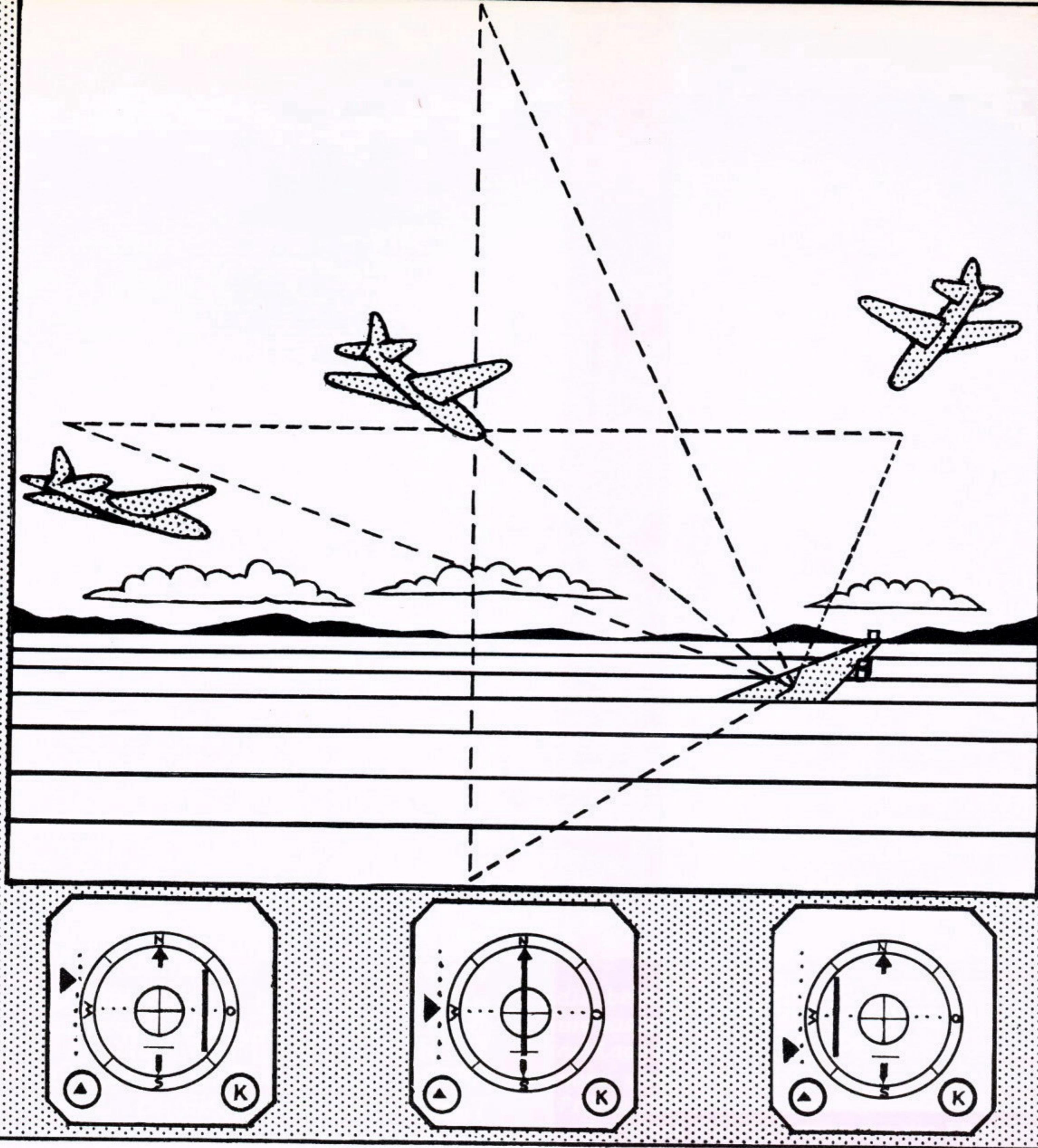
Das gilt aber fast nur noch für kleinere Privatflugzeuge; bei den großen Maschinen macht der Pilot das nur in seltenen Ausnahmen. Selbst bei schönstem Wetter müssen Piloten von Verkehrsmaschinen die vorgesehenen Luftstraßen benutzen, die durch Funkfeuer markiert und in ihren Navigationskarten eingezeichnet sind.

Bei ungünstigen Wetter- und Sichtverhältnissen muß auch ein Privatflugzeug nach den sogenannten Instrumentenflugregeln fliegen. Privatflieger, die nicht die nötige Navigationsausrüstung haben, dürfen bei schlechtem Wetter nicht aufsteigen. Die normale Mindestausrüstung eines Flugzeuges, das nach Instrumentenflugregeln fliegt, besteht aus 1 Radiokompaß, 2 Drehfunkfeuerempfängern, die auch Empfangsteile für Landekurs und Gleitweg enthalten, 1 Einflugzeichenempfänger, 1 Kreiselkompaß, 1 Wetterradar und dazu 2 UKW-Sendeempfänger zur Bodenverständigung mit den Kontrolltürmen der Flughäfen und den Flugsicherungsstellen. Außerdem braucht er ein besonderes Radar-Antwortgerät, das mit dem Höhenmesser gekoppelt ist; damit antwortet das Flugzeug automatisch auf das Bodenüberwachungsradar des Flughafens.

In der ganzen Welt ist die Sprache der Fliegerei Englisch. In Englisch erfolgen über Funk die Anweisungen und Meldungen zwischen der Flugzeugbesatzung und den Bodenstellen. Auch die Navigationskarten und die vielen Instrumente, nach denen der Pilot sich richtet, haben nur englische Bezeichnungen.

Im Cockpit, der Pilotenkanzel, hat eine moderne große Verkehrsmaschine etwa einhundert verschiedene Instrumente und Kontrollgeräte. Mit Hilfe des Instrumenten-Lande-Systems (ILS) kann der Pilot landen, selbst wenn er den Flughafen nicht sehen kann. Landekurs- und Gleitwegempfänger empfangen die Bodensignale der Flughafenanlagen und verwandeln sie in eine Anzeige auf dem Instrumentenbrett; so kann der Pilot durch Nebel, Regen und Dunkelheit „sehen“. (Siehe Zeichnung.) Der Einflugzeichenempfänger gibt ihm an, wie weit er von der Landebahnschwelle entfernt ist. Er weiß, das äußere Einflugzeichen-Funkfeuer ist etwa 7,5 km, das innere etwa 1 km von der Landebahn entfernt. Auch Radargeräte unterstützen den Piloten beim Flug durch Schlechtwetter und bei der Landung. Größere Flughäfen verwenden ein Gerät ASR (Air Surveillance Radar), mit dem man die Position des Flugzeugs am Himmel innerhalb eines Umkreises von 100 km genau feststellen kann. Mit Hilfe eines Präzisionsradars PAR (Precision Approach Radar) kann das Flugzeug sicher zur Landung geführt werden; es wird „heruntergesprochen“. Mit dem neuesten Blindlandesystem, das von einigen Luftverkehrsgesellschaften bereits verwendet wird, kann ein Flugzeug automatisch ganz ohne Hilfe der Besatzung landen.

Die Piloten einer Verkehrsmaschine



Das Instrumenten-Lande-System (ILS)

Die Zeichnung zeigt ein Flugzeug in drei verschiedenen Positionen während des Landeanflugs, darunter jeweils die Anzeigen des ILS. Bei der Position des linken Flugzeugs zeigt der lange schwarze Zeiger auf dem Instrument, daß der Pilot nach rechts, das kleine Dreieck zeigt an, daß er höher

fliegen muß. Dem Piloten des rechten Flugzeugs sagt das Instrument: „Fliege nach links und tiefer, bis die Anzeigen in der Mitte sind.“ Das mittlere Flugzeug ist genau auf die Landebahn ausgerichtet und hat den richtigen Gleitwinkel — das ILS zeigt es an.

haben alle eine langjährige Ausbildung hinter sich. Auch wer schon den Pilotenschein in der Tasche hat, muß noch viele Flüge unter Aufsicht machen, bevor er Kopilot und schließlich Kapitän wird. Für jedes schnellere Flugzeug wird zusätzliche Ausbildung verlangt. Bevor einer Kapitän eines Jumbojets wird, können zehn Jahre des ständigen Lernens und Erprobens vergehen.

Vor jedem Flug geht der Flugkapitän oder sein Kopilot in die Flugsicherungsberatungsstelle, die in jedem Flughafen ein Büro hat. Dort meldet er den Flug an; in der Pilotensprache heißt das: den Flugplan machen. Er bekommt dort wich-

**Wie bereitet
der Flugkapitän
seinen Flug
vor?**

Welches Flugzeug hat Vorrecht?

Die Vorschriften, die das Wegerecht am Himmel regeln, erscheinen im Zeitalter der Düsenflugzeuge recht veraltet; sie sind aber noch gültig und für Privat- und Segelflugzeuge auch noch wichtig.

*

Alle Flugzeuge haben einem Ballon das Vorrecht zu geben.

Flugzeuge und Luftschiiffe haben einem Segelflugzeug das Vorrecht zu geben, doch dürfen Segelflugzeuge nicht in den Bereich einer Luftstraße einfliegen.

Wenn zwei Flugzeuge so fliegen, daß ihr Kurs sich schneidet, hat das Flugzeug, das rechts vom Piloten kommt, den Vorrang.

Wenn zwei Flugzeuge sich frontal einander nähern, müssen beide Piloten ihr Flugzeug nach rechts wenden. Wenn sie aneinander vorbeifliegen, müssen die Flugzeuge wenigstens 150 m Abstand voneinander haben.

tige Hinweise über die Streckenverhältnisse, ob neue Hindernisse errichtet wurden (Sendemasten, Fabrikschornsteine usw.), ob ein Funkfeuer ausgefallen ist oder ob die Sendefrequenz eines Funkfeuers geändert wurde oder ob auf dem anzufliegenden Flughafen Beschränkungen vorliegen und ähnliches. Beim Wetterdienst wird er über das sogenannte „aktuelle“ Wetter informiert, das im Augenblick regional und auf seiner Flugstrecke herrscht. Dann meldet er sich bei der Luftaufsicht, die eine Art Luftpolizei darstellt und jeden Start und jede Landung überwacht. Dort wird auch über die Start- und Landegebühren ent-

schieden. Spätestens eine halbe Stunde, nachdem er dies alles erledigt hat, muß das Flugzeug gestartet sein, andernfalls muß er den Flug neu anmelden. Ist die Besatzung an Bord und die Zeit des Starts rückt heran, wird über Funk der Kontrollturm angerufen und die Erlaubnis eingeholt, die Triebwerke anzulassen. Gesteuert vom Kontrollturm, rollt die Maschine über die Rollbahn (in der Fliegersprache „Taxiway“) zur Startposition auf die richtige Startbahn. Vom Kontrollturm wird der Start freigegeben.

Für die Sicherheit im Flugverkehr wird aber noch mehr getan. Wenn ein neuer Typ eines Verkehrsflugzeuges entwickelt und gebaut wurde, kann es noch nicht sofort den Liniedienst aufnehmen. Es dauert noch Wochen und Monate, in denen Sachverständige der Luftfahrtbehörde durch viele Tests die verschiedenen Flugeigenschaften und die Funktionstüchtigkeit der Systeme prüfen. Erst wenn nach vielen Erprobungsflügen alle Tests zufriedenstellend ausgefallen sind, wird das neue Flugzeug zugelassen?

Eine wichtige Frage für die Zulassung ist auch der Lärm, den ein Flugzeug verursacht. Er wird nach Phon gemessen. Die Phonstärke darf einen bestimmten Wert nicht übersteigen, sonst erhält die neue Maschine für Flughäfen, die in dichtbesiedelten Gebieten liegen, keine Lande- und Starterlaubnis. Die Flugzeugindustrie bemüht sich, mit neuen technischen Erfindungen den Triebwerkslärm zu vermindern. Ebenso versucht man neuerdings, die Menge der schädlichen Abgase zu verringern. Mit erheblichen Kosten lassen einige Fluggesellschaften auch bei bereits eingesetzten Maschinen die Brennkammern der Triebwerke verbessern.



Das Instrumentenbrett

Die meisten zweistrahlig Düsenflugzeuge haben eine ähnliche Ausrüstung in der Pilotenkanzel, dem Cockpit, wie es diese Aufnahme aus dem Hansajet zeigt.

Das Cockpit ist der Arbeitsplatz der Piloten. Der Flugkapitän sitzt immer links, der Co-Pilot rechts. Jeder hat fast die gleiche Anordnung an Instrumenten vor und über sich. Alle Schalter befinden sich in ihrer Reichweite. Steuerknüppel gibt es in großen Maschinen nicht mehr; dafür hat jeder Pilot ein „Steuerhorn“, mit dem die Querruder- und die Höhenrudersteuerung betätigt wird.

Hinter den Sitzen der Piloten ist ein Gerätegestell eingebaut. In ihm befinden sich die elektronischen Geräte und Rechner. Sie sind es, welche die eigentliche Meßarbeit leisten, die von den Instrumenten angezeigt wird. Ganz links im Halbdunkel sieht man ein Steuerrad; damit wird das Flugzeug am Boden gesteuert.

Die Instrumente von links nach rechts:

Ein Wendezeiger (über der Zeituhr) zeigt an, ob eine Kurve in der günstigsten Lage geflogen wird. — Über dem Wendezeiger sieht man drei Anzeigeleuchten; sie leuchten auf, wenn beim Landeanflug die Einflugzeichenbaken überflogen werden. — Über der Steuerhornsäule befindet sich der Kompaßanzeiger und darüber der Fahrtmesser, der die Fluggeschwindigkeit in Knoten angibt. — Vom Steuerhorngriß halb verdeckt sind

die beiden wichtigsten Navigationsinstrumente, die zusammen Auskunft geben über den Kurs und die Lage des Flugzeugs. — Rechts davon sieht man oben einen Radio-Höhenmesser, der nach dem Prinzip des Echolots die Flughöhe angibt, und darunter einen Höhenmesser, der die Flughöhe nach dem Luftdruck mißt. — Darunter das sogenannte Variometer; es zeigt die Steig- oder Sinkgeschwindigkeit in Fuß oder Meter pro Sekunde an. — Der grüne Leuchtschirm ist ein Wetterradar; die gelben Halbkreise sind Entfernungsmarkierungen. — Über dem Wetterradar befindet sich der Fahrwerksschalter; mit ihm wird das Fahrwerk vor dem Landen ausgefahren oder nach dem Start eingeholt. — Daneben sieht man den Fahrwerks-Anzeiger; die drei grünen Lampen zeigen an, daß das Fahrwerk ausgefahren und sicher eingerastet ist. — Das Gerät links daneben gibt die Außentemperatur an. — Das Gerät über dem Fahrwerk-Anzeiger meldet die Stellung der Landeklappen.

In der Mitte eine Reihe von Bediengeräten; auf ihnen sichtbar sind die eingestellten Frequenzen der beiden Funkgeräte, der Navigationsempfänger sowie des Radiokompasses. — Die doppelte Reihe, rechts daneben, wird von Instrumenten zur Überwachung der Triebwerke gebildet.

Im Vordergrund auf dem flachen Instrumentenbrett verschiedene Anzeiger für Kraftstoffvorrat und Hydraulikdruck. Oben Schalter für Beleuchtung, Enteisung, Stromversorgung usw.

Schneller als der Schall

Der Gedanke des Düsenantriebs ist

Wann wurde zuerst Düsenantrieb verwendet?

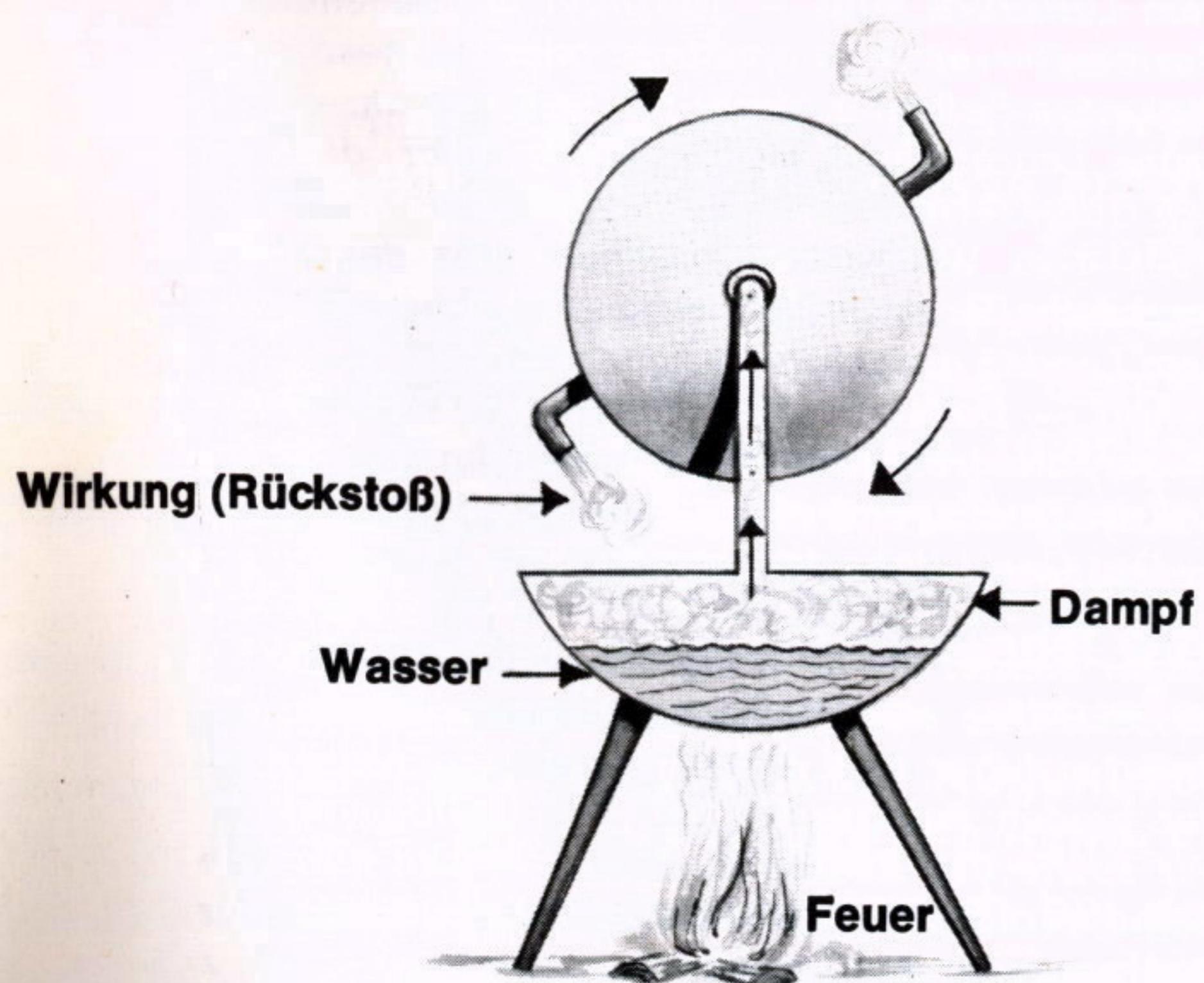
Düsenantriebs ist schon vor langer Zeit aufgetaucht. Der griechische Mathematiker Heron, der um 130 v. Chr. in Alexandrien lebte, war vermutlich der erste, der eine Art Strahltriebwerk baute. Er setzte Dampfdruck in eine Düsenaktion um. Seine „Maschine“ bestand aus einer hohlen Metallkugel, die sich frei drehen konnte. Der Dampf im Innern der Kugel entwich durch kleine Öffnungen ins Freie und drehte dadurch die Kugel. Herons Apparat war eine wissenschaftliche Spielerei.

Im Jahre 1629 erfand Giovanni Branca eine Dampfturbine. Er wandte das Düsenprinzip an, um eine Mühle zu treiben. Der Dampf, der durch ein Rohr kam, drehte ein Schaufelrad, das dem Schaufelrad in unseren modernen Turbinen sehr ähnlich war. Das Schaufelrad brachte die Mühle in Gang, die das Korn mahlte.

Im Laufe der Jahrhunderte versuchten verschiedene Männer, Maschinen mit Düsenkraft zu betreiben. 1926 schlug dann der englische Wissenschaftler Dr. Griffiths vor, durch Düsenkraft getriebene Gasturbinen für Flugzeuge zu verwenden.

Der erste erfolgreiche Flug mit einer Düsenmaschine wurde am 27. August 1939 in Deutschland unternommen, als eine Heinkel He-178 in die Luft stieg.

Wirkung (Rückstoß)



Der „Aolsball“ wurde vor zwei Jahrtausenden von Hero von Alexandrien gebaut.

Wenn man eine Stahlfeder zusammenpreßt und sie dann losläßt, springt sie in ihre ursprüngliche Form zurück.

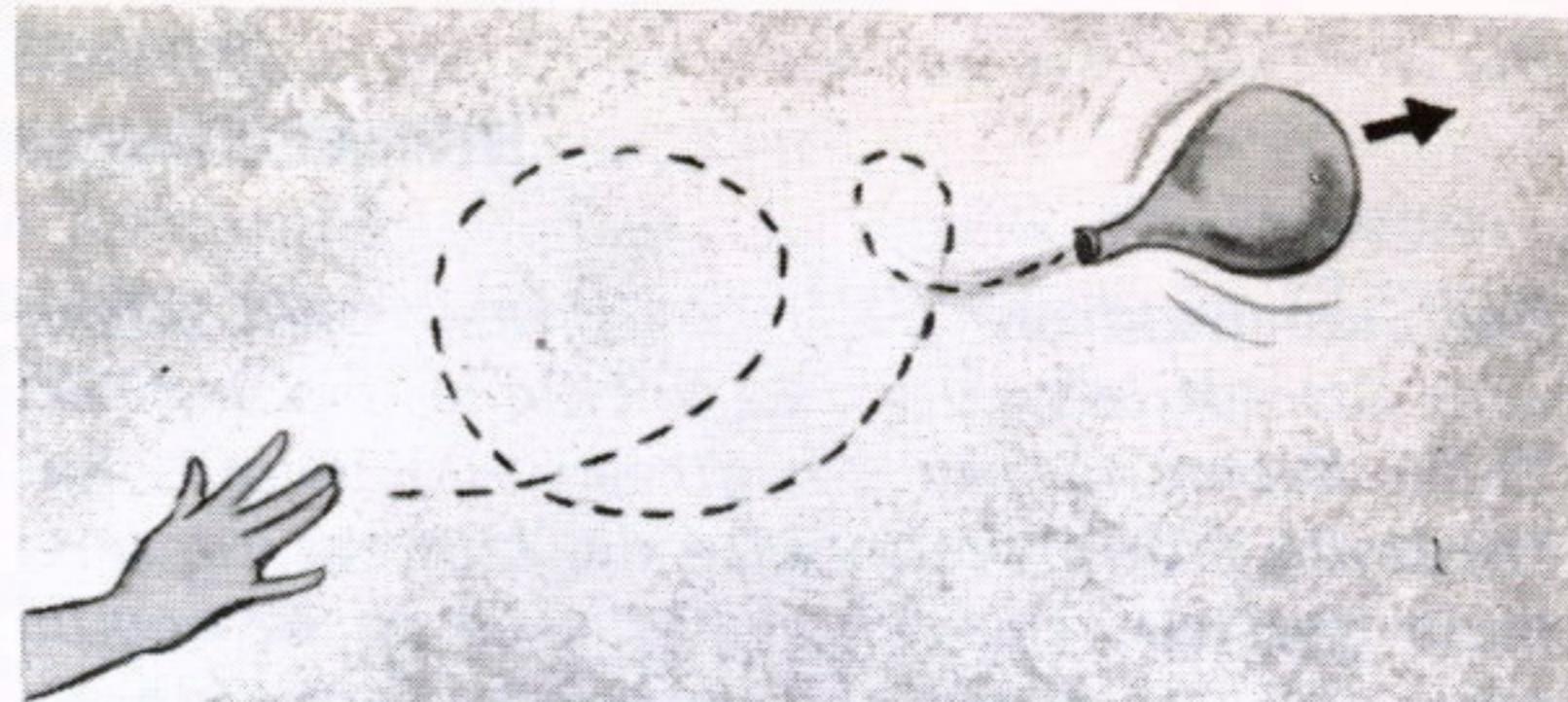
Wie fliegt ein Düsenflugzeug?

Die Luft verhält sich in der gleichen Weise. Wenn man sie zusammendrückt, versucht sie zu entweichen und sich zu ihrem ursprünglichen Volumen auszudehnen. Wird die Luft erhitzt, dehnt sie sich aus und versucht ebenfalls zu entweichen. Das Zusammenpressen und Erhitzen von Luft gibt der Düsenmaschine ihre Kraft.

Wenn man einen Ballon aufbläst und ihn dann losläßt, entweicht die Luft aus seinem Innern. Wenn sie herausstürzt, fliegt der Ballon durch die Luft. Dieser Versuch zeigt ungefähr das Prinzip des

Düsenantriebs; er ist ein Beispiel für Newtons drittes Bewegungsgesetz: „Zu einer Wirkung besteht immer eine entgegengesetzt gerichtete und gleiche Gegenwirkung.“ Da die Luft aus dem rückwärtigen Teil herausströmt, schießt der Ballon vorwärts.

Bei einem Düsentriebwerk wird die Wirkung des Rückstoßes durch die rasche Verbrennung des Treibstoffs ganz enorm gesteigert. Die heißen Gase, die dabei entstehen, dehnen sich sehr schnell aus. Während sie mit großer Gewalt hinausschießen, geben sie dem Flugzeug ständig einen Stoß nach



Die Kraft, die bei einem Ballon wirkt, ist eine Art Düsenantrieb.

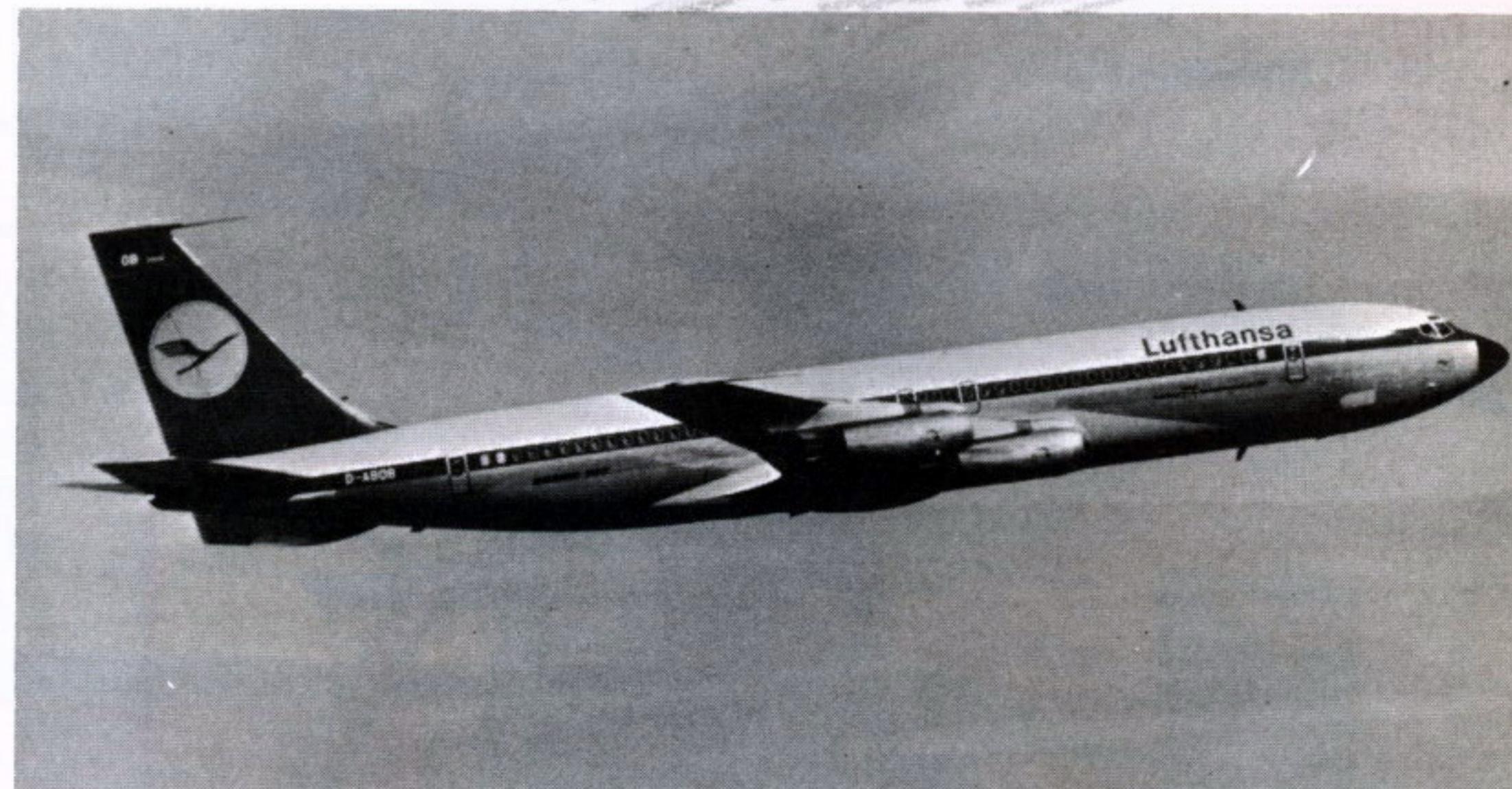
vorn; dieser Stoß wird „Schub“ genannt.

Es gibt mehrere Typen von Düsenmaschinen, aber alle arbeiten nach dem gleichen Prinzip.



S. E. 210 „CARAVELLE“, Erstflug 1958

2 Triebwerke mit je 4750 kp Schub, 90 Passagiere, Reisegeschwindigkeit 770 km/st in 11 500 m Höhe, Reichweite 7000 km. Eines der erfolgreichsten Flugzeuge, das von fast allen europäischen Fluggesellschaften im Mittelstreckenverkehr geflogen wird. 260 Stück wurden bisher gebaut. Die Caravelle ist die erste Maschine, deren Triebwerke nicht an den Flügeln, sondern am Rumpfheck angebracht wurden.



BOEING 707, Erstflug 1957

4 Triebwerke, je 7940 kp Schub; 132—148 Passagiere, Reisegeschwindigkeit 900 km/st in 10 000 m Höhe, Reichweite bis 7960 km. Mehr als 1000 Stück wurden gebaut.

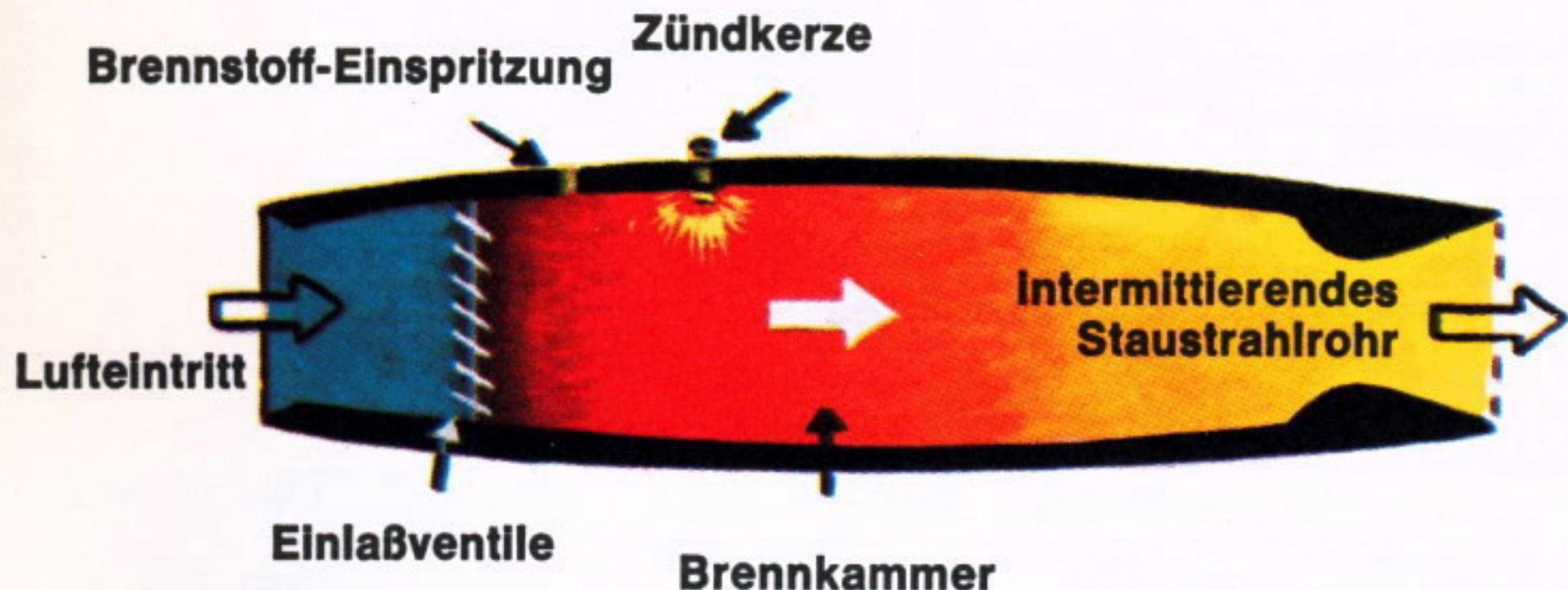
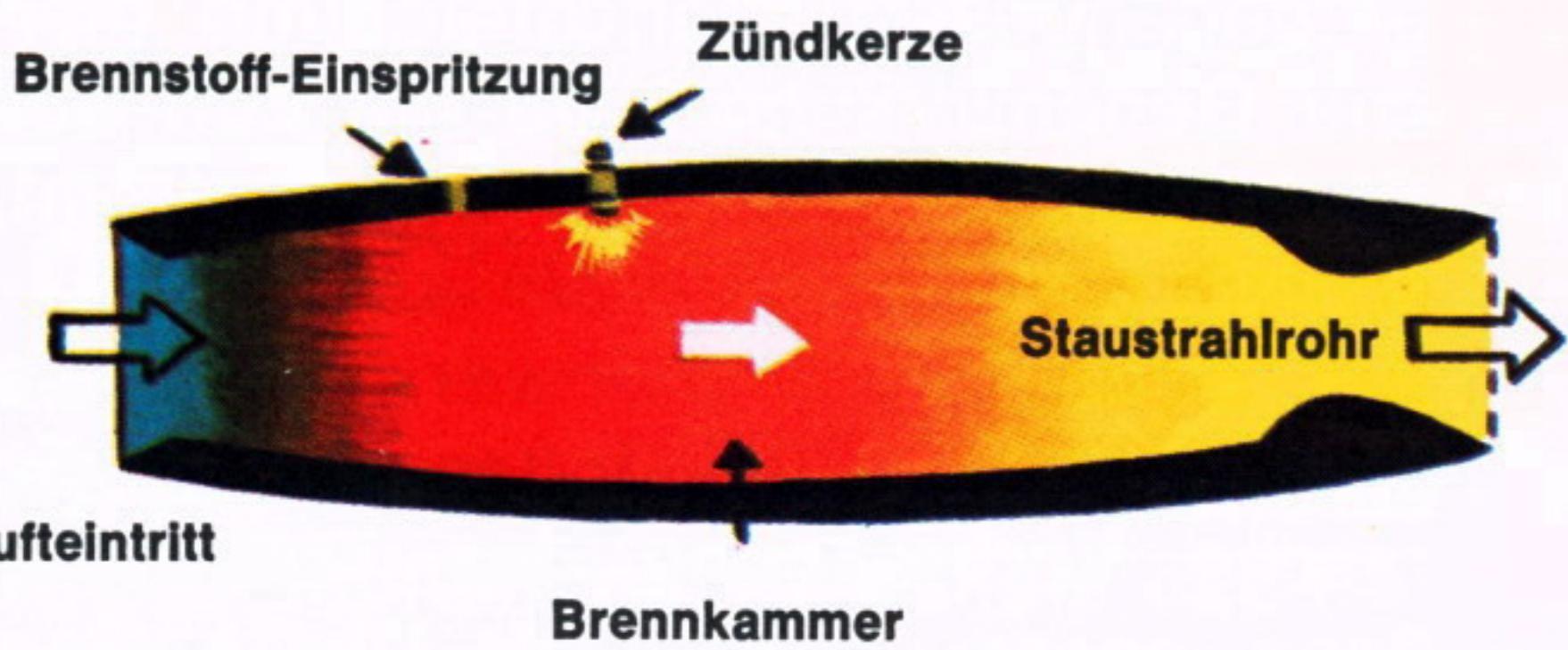
DOUGLAS DC-8-63 „Intercontinental“, Erstflug 1958

4 Strahltriebwerke, je 7600 kp Schub; bis 138 Passagiere, Reisegeschwindigkeit 930 km/st in 9200 m Höhe, Reichweite 6500 km. Mehr als 1000 Stück wurden gebaut.

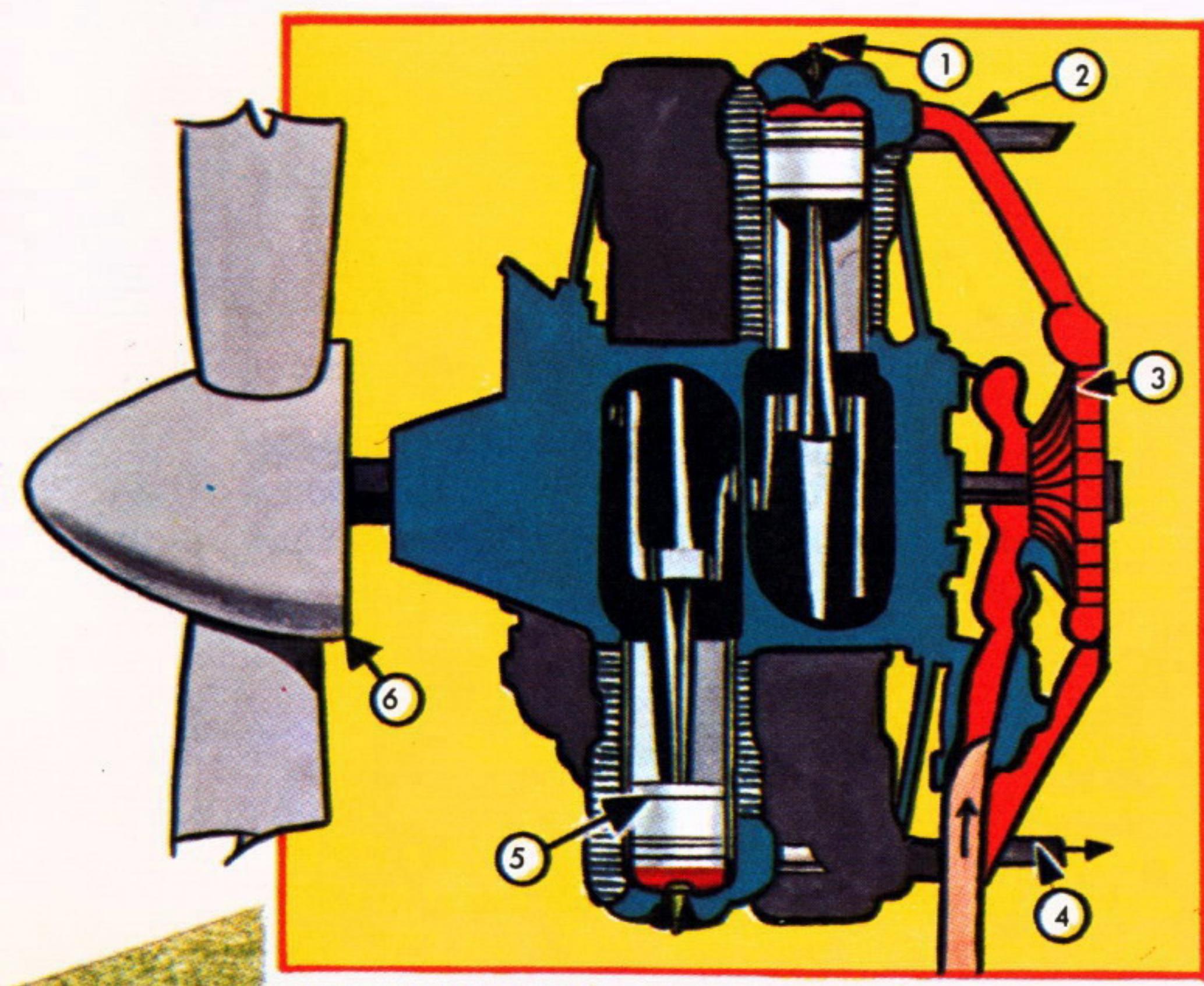


Staustrahrohr und intermittierendes Staustrahrohr

Das Staustrahrohr ist das einfachste aller Düsen- oder Strahltriebwerke. Es hat keine beweglichen Teile. Wenn es sich mit großer Geschwindigkeit durch die Luft bewegt, wird die Luft am vorderen Ende gestaut. Das Flugzeug muß in Bewegung sein, ehe das Staustrahlgtriebwerk arbeiten kann. Daher muß ein Flugzeug mit solchem Triebwerk wie die X-15 von einem „Mutter“-Flugzeug wie die B-52 „abgeworfen“ werden.

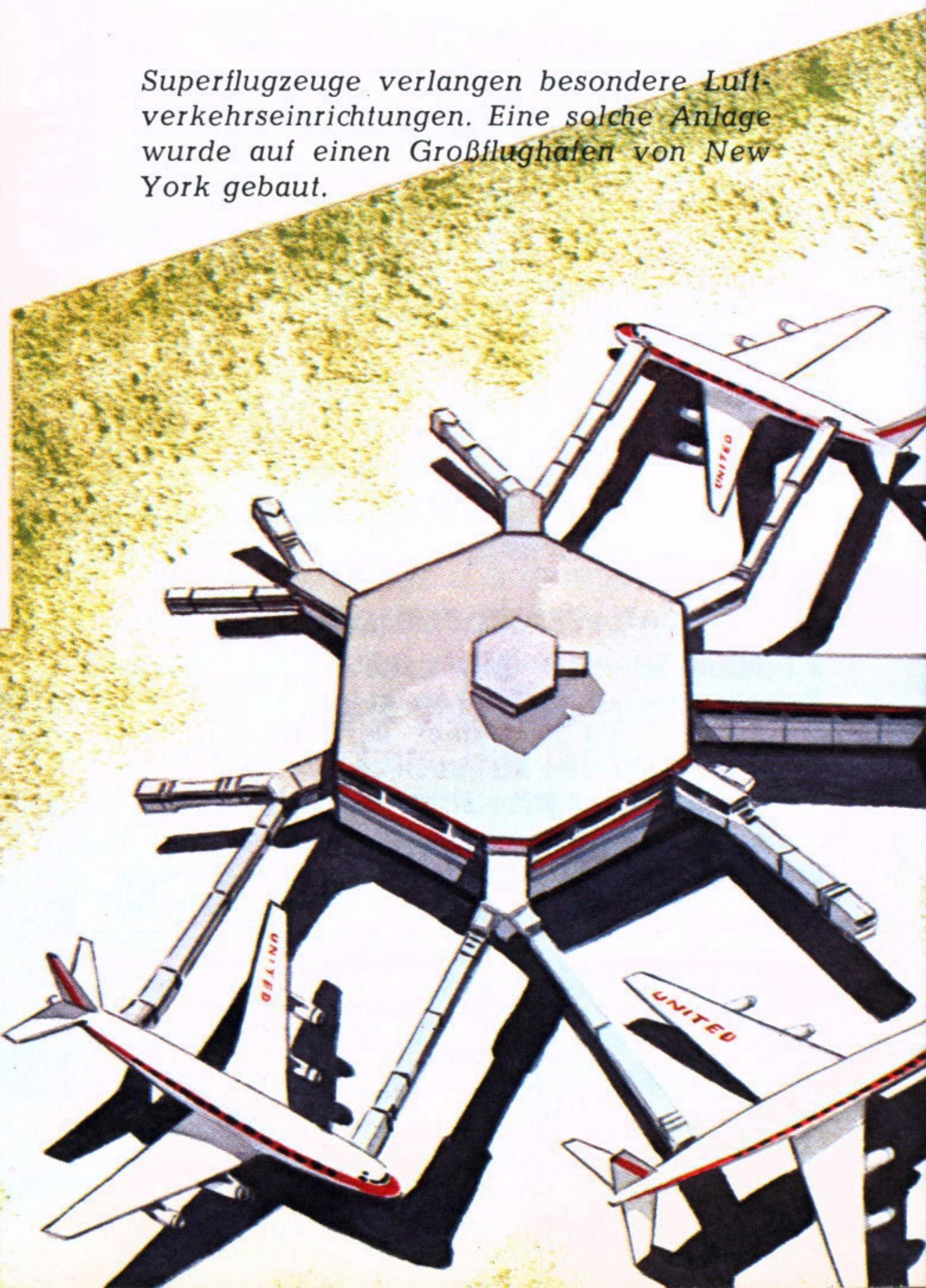


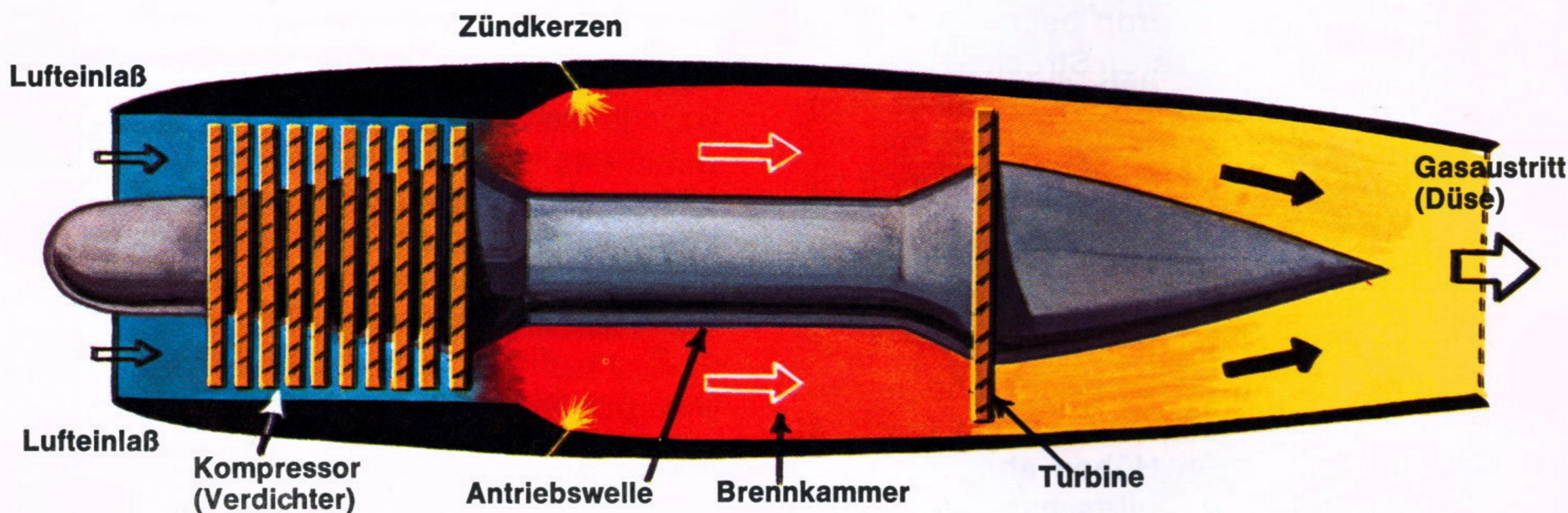
Das intermittierende Staustrahrohr ist ebenfalls ein einfaches Stahltriebwerk. Es hat nur ein bewegliches Teil: ein Einlaßventil, das die Menge der eintretenden Luft steuert. Dieses Triebwerk wurde zuerst während des 2. Weltkrieges bei den unbemannten, ferngelenkten Flugzeugen V-1 verwendet, mit denen London bombardiert wurde.



Ein Kolbenmotor: (1) Zündkerze; (2) Zylinder-einlaß; (3) Kompressor (Luftverdichter), durch den Motor getrieben; (4) Auspuffrohr; (5) Kolben; (6) Propeller

Superflugzeuge verlangen besondere Luftverkehrseinrichtungen. Eine solche Anlage wurde auf einen Großflughafen von New York gebaut.





Wie ein Turbostrahltriebwerk arbeitet

1. Die Luft wird durch den Lufteinlaß eingesogen. Der Kompressor wirkt wie ein großer Ventilator, er preßt die Luft zusammen und drückt sie durch Kanäle oder Rohre in die Brennkammer.

2. In der Brennkammer wird Treibstoff in die verdichtete Luft eingespritzt und entzündet. Die heißen Gase dehnen sich schnell aus und schießen mit ungeheurer Gewalt aus dem hinteren Ende der Maschine. Dieser Düsenstrahl gibt der Maschine und dem Flugzeug den Stoß nach vorne.

3. Wenn die heißen Gase aus dem Triebwerk schießen, passieren sie einen Ring von Schaufeln, die Turbine. Die Schaufeln reagieren wie eine Windmühle; sie drehen die Welle, die auf den Kompressor wirkt.

4. Einige Maschinen haben einen sogenannten Nachbrenner im Abgasrohr des Triebwerkes. Hier wird nochmals Treibstoff eingespritzt und verbrannt; dadurch wird ein zusätzlicher Schub erzeugt.



Vickers Viscount 814, ein Turboprop für 64 Passagiere, fliegt 540 km/st.

Ein „Turboprop“ ist eine Düsenmaschine, die mit einem Propeller versehen ist. Er vereinigt die Vorteile der Gasturbine mit denen des Propellers.

Die Gasturbine ist leichter als ein Kolbenmotor und vibriert während des Fluges nicht; mit Hilfe des Propellers kann der Turboprop beim Starten und Landen mit kürzeren Strecken auskommen als ein nur strahlgetriebenes Flugzeug. Außerdem sind Turboprops wegen ihrer einfacheren Konstruktion zuverlässiger.

Ein Turboprop, ein Propellerturbinenflugzeug, kann jedoch nicht so schnell und so hoch fliegen wie eine Strahlaturbine, die für große Geschwindigkeiten und große Höhen besonders geeignet ist. In mittleren Höhen aber sind Propellerturbinen wirtschaftlicher, das heißt, ihre Betriebskosten sind niedriger als die der Kolbenmotor-Flugzeuge.

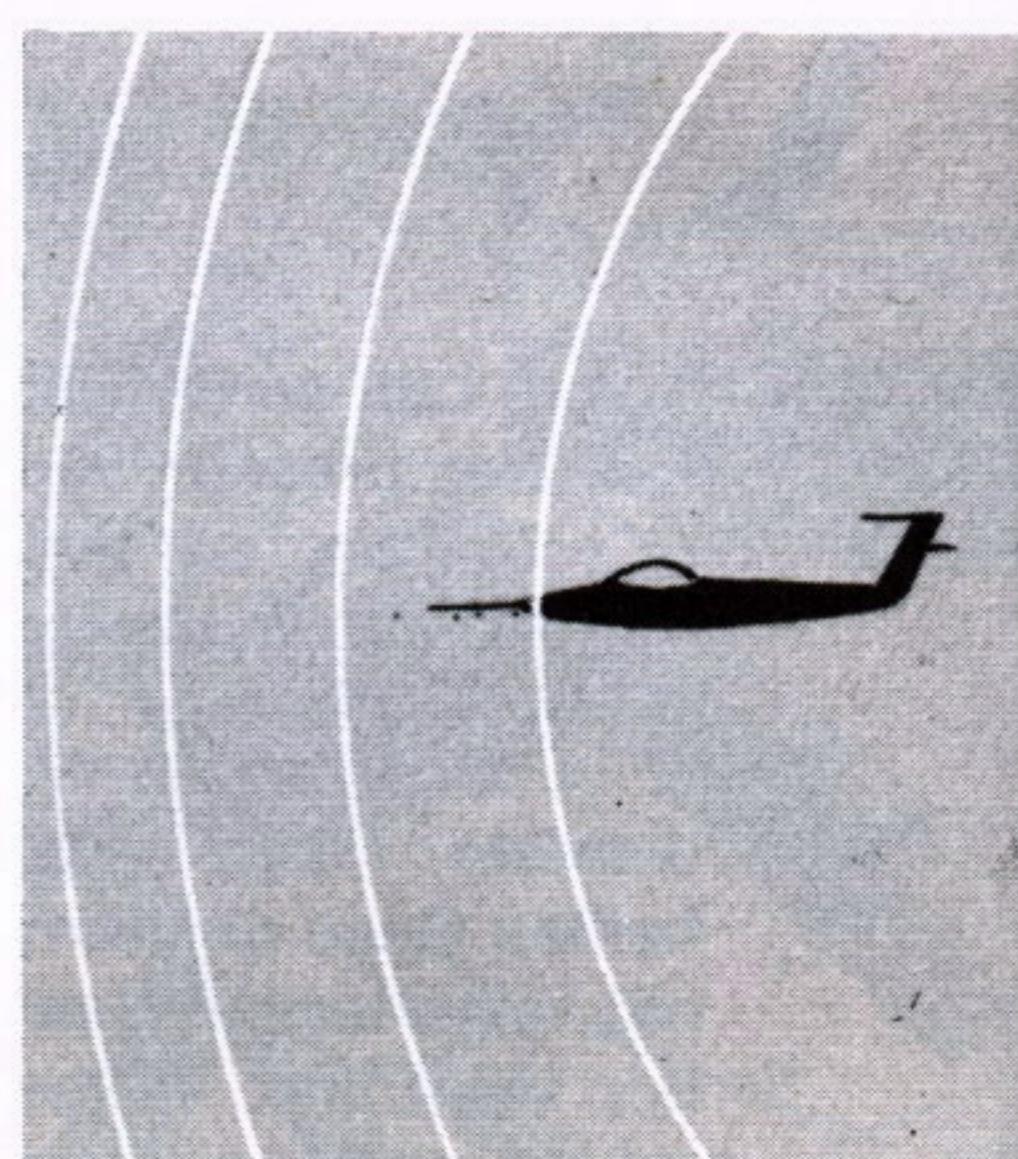
Die Schallgeschwindigkeit beträgt bei 0 Grad Celsius etwa 333 m in der Sekunde. Sie sinkt, wenn die Temperatur fällt, und wächst, wenn die Temperatur ansteigt. Bei 20 Grad

Was ist die Schallmauer?

Wärme beträgt die Schallgeschwindigkeit etwa 342 m in der Sekunde oder 1230 km in der Stunde. Der Schall bewegt sich in Wellen durch die Luft, ähnlich den Wellen, die in einem Teich entstehen, wenn man einen Stein hineinwirft.

Einer der Männer, die den Schall und die Schallwellen erforschten, war der österreichische Physiker Ernst Mach. Er fotografierte um 1870 durch die Luft fliegende Geschosse, um festzustellen, was mit einem Körper geschieht, wenn er sich mit großer Geschwindigkeit durch die Luft bewegt. Mach fand heraus, daß der sich schnell bewegende Körper Schockwellen hervorruft. Der Körper stößt gegen die Moleküle der Luft. Wenn ein Molekül gestoßen wird, stößt es andere Moleküle in seiner Umgebung an, die den Stoß wieder weitergeben. So entstehen die Stoß- oder Schockwellen.

Ein Flugzeug stößt während des Flugs ständig gegen die Luftmoleküle und ruft Schockwellen hervor. Nähert sich die Geschwindigkeit des Flugzeugs der Schallgeschwindigkeit, stauen sich die Schockwellen vor dem Flugzeug und bilden eine unsichtbare Mauer, eine Wand aus komprimierter Luft. Wenn die Geschwindigkeit des Flugzeugs die Schallgeschwindigkeit überschreitet, muß es diese Mauer durchbrechen. Das geschieht mit einem donnerähn-



Wenn das Flugzeug sich durch die Luft bewegt, entstehen Schallwellen. Das Flugzeug verdrängt die Luft, wenn es vorwärtsfliegt.

lichen Knall, der so lange anhält, wie das Flugzeug mit Überschallgeschwindigkeit fliegt. Die Insassen des Flugzeugs merken nichts davon, aber die Schallwellen, die sich nach allen Richtungen durch die Luft ausbreiten, gelangen auch nach unten auf den Erdboden. So zieht das Überschallflugzeug eine Schallschleppe hinter sich her. Wenn es über uns hinwegfliegt, hören wir nur einen lauten Knall – würden wir uns in der gleichen Richtung und in gleicher Geschwindigkeit wie das Flugzeug bewegen, würden wir das donnernde Krachen ständig hören.

Langsam fliegende Flugzeuge werden

**Wie hat der
Überschallflug
die Form
der Flugzeuge
verändert?**

Piloten, daß Schwierigkeiten auftraten: die Flugzeuge schüttelten sich, die Piloten verloren die Gewalt über die Steuerung. Sie trafen auf die sich auf-türmende Luft vor dem Flugzeug, auf die Schallmauer. Wissenschaftler und Flieger erforschten diese Wirkung auf die Flugzeuge und erkannten bald, was und warum es geschah.

Ernst Mach hat diesen Zustand als erster erforscht. Um ihn zu ehren, nannte man die Fluggeschwindigkeit,

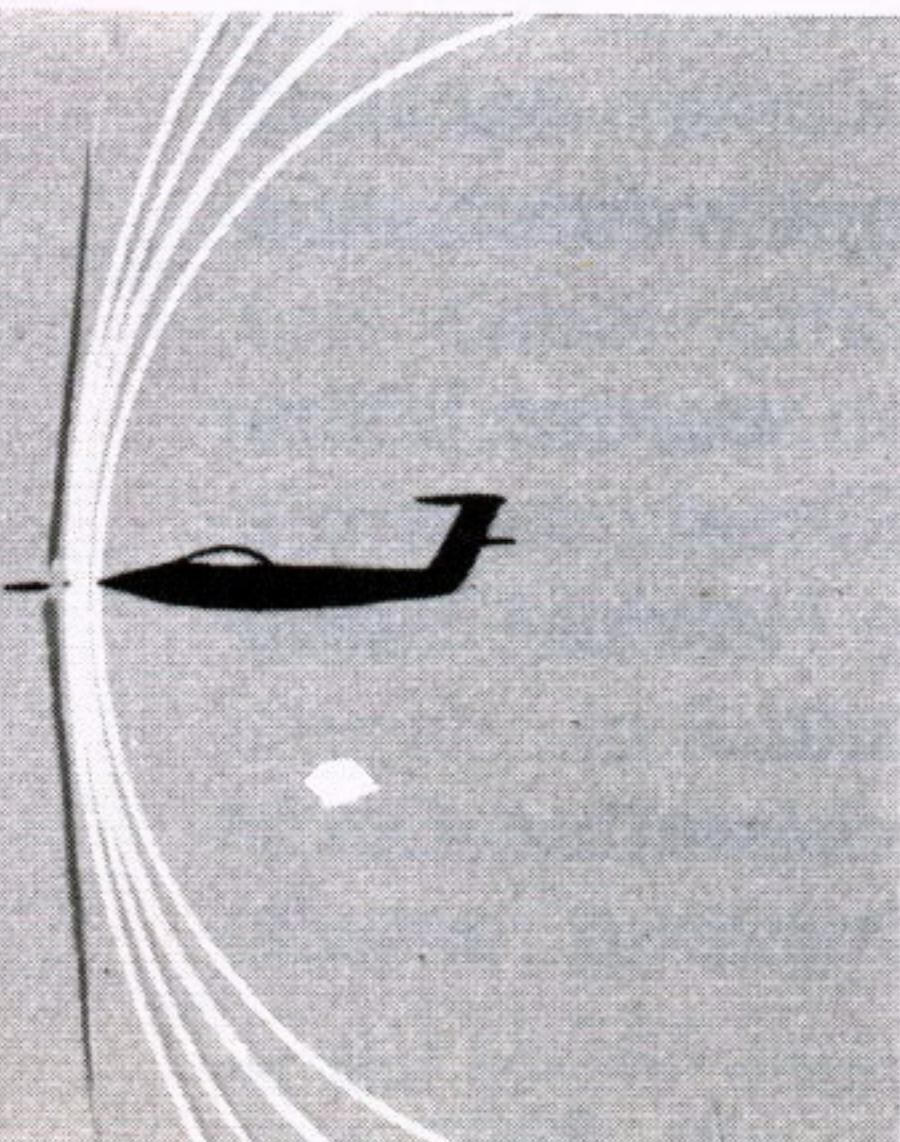
vom Luftwiderstand weniger beeinträchtigt. Als sie dann aber höher und schneller flogen, fanden die



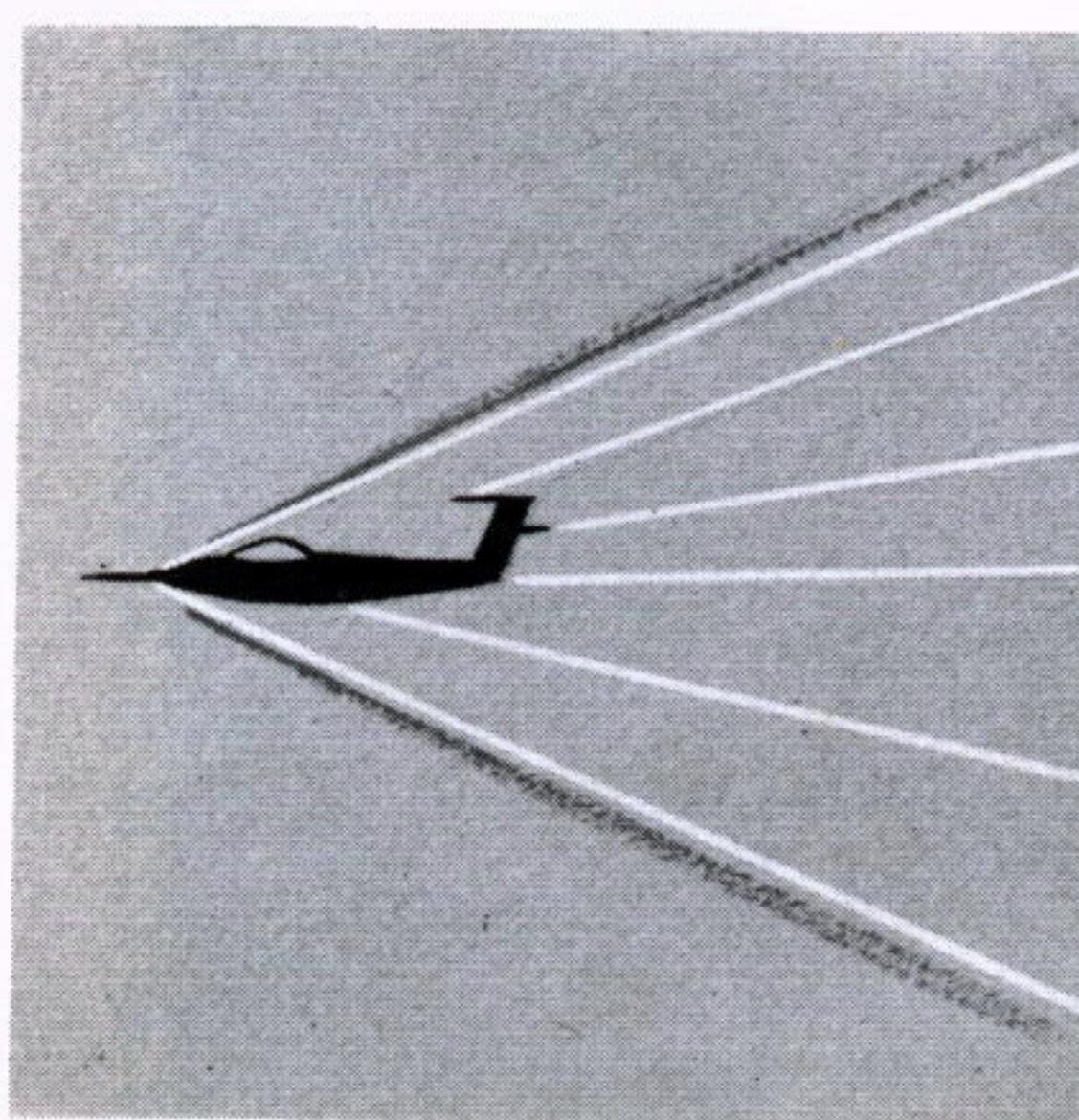
„Phantom“, das überschallschnelle Mehrzweckflugzeug, wird auch von der deutschen Bundeswehr geflogen.

die der Geschwindigkeit des Schalls entspricht, nach ihm. Für Luftfahrtgenieure bedeutet Mach 1 eine Geschwindigkeit von 1094 km/std, das ist die Geschwindigkeit des Schalls in einer Höhe von etwa 10 700 m, wo die Temperatur -45° beträgt. Mach 2 ist gleich der zweifachen Schallgeschwindigkeit oder etwa 2200 km in der Stunde.

Man fand heraus, daß die Schockwellen kegelförmig verlaufen. Flugzeuge mit langen Tragflächen neigen leichter dazu, sich zu drehen oder zu trudeln. Darum baute man Düsenmaschinen mit kürzeren, nach hinten gepfeilten Tragflächen, verlieh ihnen eine möglichst glatte Oberfläche und verwendete auch widerstandsfähigeres Material.



Wenn die Geschwindigkeit des Flugzeugs wächst und sich der Schallgeschwindigkeit nähert, verdichten sich die Schallwellen immer stärker.



Wenn die Geschwindigkeit des Flugzeugs die der Schallwellen überschreitet, stürzt es durch eine Schallmauer. Dadurch entsteht der Überschallknall.

Als die Flugzeuge immer höher in die

Warum fliegen Flugzeuge im Jetstrom?

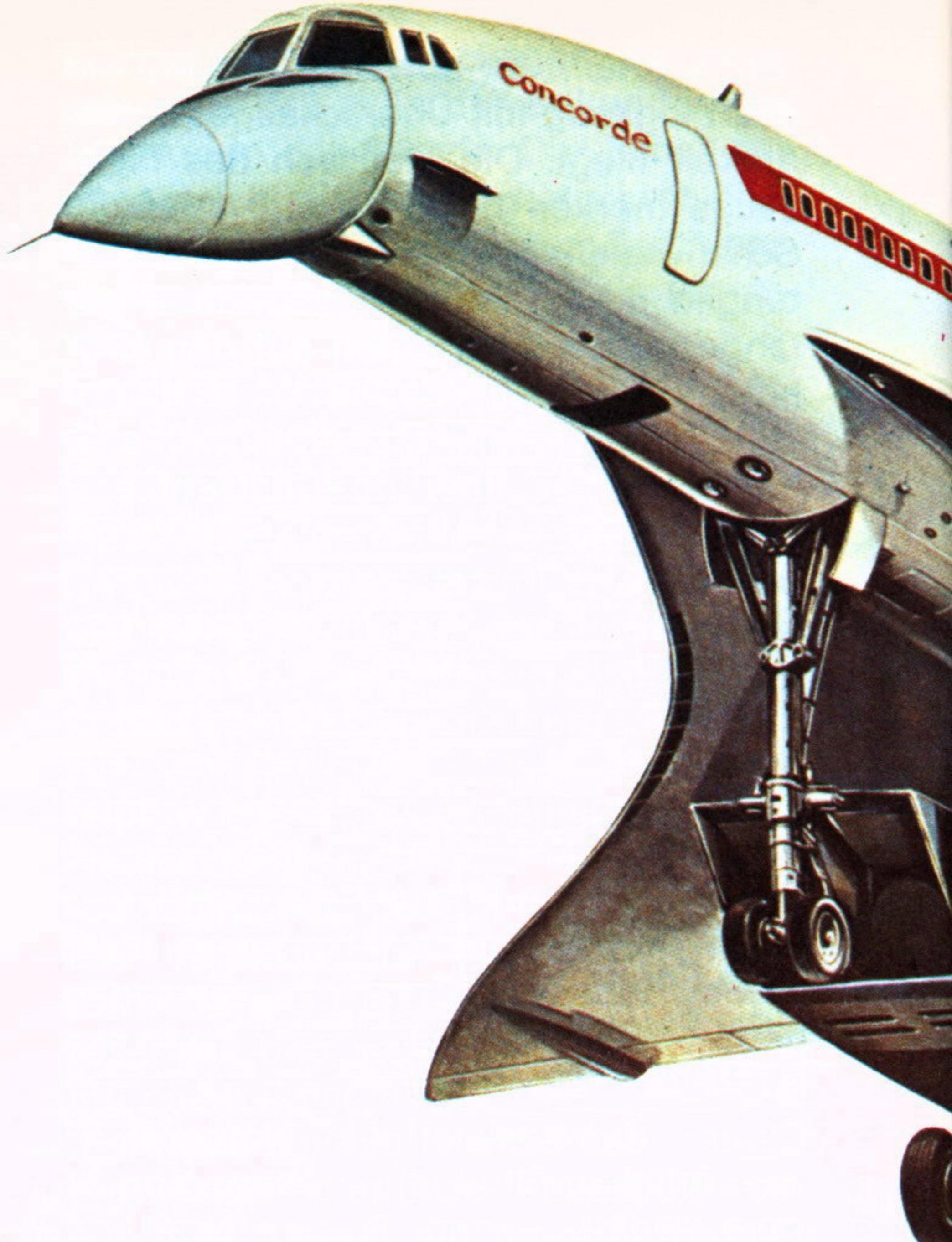
Luft stiegen, entdeckten Meteorologen und Piloten schnelle Luftströmungen in Höhen zwischen 8000 und 12 000 m über der Erde. Diese Luftströme fließen im allgemeinen in west-östlicher Richtung und erreichen Geschwindigkeiten von 500 km in der Stunde. Da die Düsenflugzeuge, die Jets, als erste in solchen Höhen flogen, wurden die Luftströmungen als „Jetströme“ bekannt.

Ein Flugzeug, das in der gleichen Richtung wie der Jetstrom fliegt, wird von dem Wind ähnlich mitgenommen wie ein Mensch, der an einem sehr windigen Tag mit dem Wind marschiert. Ein Flugzeug, das 950 km in der Stunde fliegt, schafft in einem 405 km/std schnellen Jetstrom eine Geschwindigkeit von 1400 km/std über der Erde. Der Jetstrom hilft Treibstoff sparen und verkürzt die Flugzeit.

Je schneller ein Flugzeug fliegt, desto

schneller muß es starten und landen und desto länger müssen die Pisten sein. Flugzeugingenieure

versuchen seit Jahren, ein Flugzeug zu



Was ist ein Senkrechtstarter?

entwickeln, das die Vorteile des Hubschraubers – das senkrechte Starten und Landen – mit der Tragfähigkeit und Geschwindigkeit eines Düsenflugzeugs in sich vereinigt. Ein solcher Senkrechtstarter kann nach zwei Prinzipien gebaut werden: Der Schub der Triebwerke wird für den Start und die Landung nach unten und nach oben, für den Flug nach hinten gelenkt. Oder man verwendet zwei verschiedene Triebwerke, was den Nachteil hat, daß die Hubtriebwerke auf Kosten der Nutzlast immer mitgeschleppt werden müssen.

Etwa ein Dutzend Typen wurden bisher getestet. Zum vollen Einsatz kam bisher nur die militärische Hawker-Siddeley „Harrier“ aus England.

Der deutsche Senkrechtstarter Do 31 wurde als Transportflugzeug entwic-



Links: Do 31, ein Senkrechtstarter, dessen Bau jedoch wieder eingestellt wurde.



kelt; sein Bau wurde jedoch wieder eingestellt. Die Entwicklung des Senkrechtstarters für den zivilen Verkehr hatte bisher noch keinen Erfolg, weil die Instandhaltung und der Betrieb solcher Flugzeuge zu teuer ist.

Der Wettbewerb führte dazu, daß die

Liniенverkehr mit Überschall?

Ingenieure begannen, ein Verkehrsflugzeug zu entwickeln, das schneller als der Schall, ja, doppelt

so schnell fliegen kann. Sie verwerteten dabei Erfahrungen, die man mit militärischen Überschallflugzeugen sammeln konnte. In Europa wurden zwei Muster gebaut, die sich sehr ähneln: In Rußland die Tupolew TU 144, und als Gemeinschaftswerk der Franzosen und Engländer die „Concorde“. Die TU 144 flog zuerst am 31. Dezember 1968, die „Concorde“ startete am

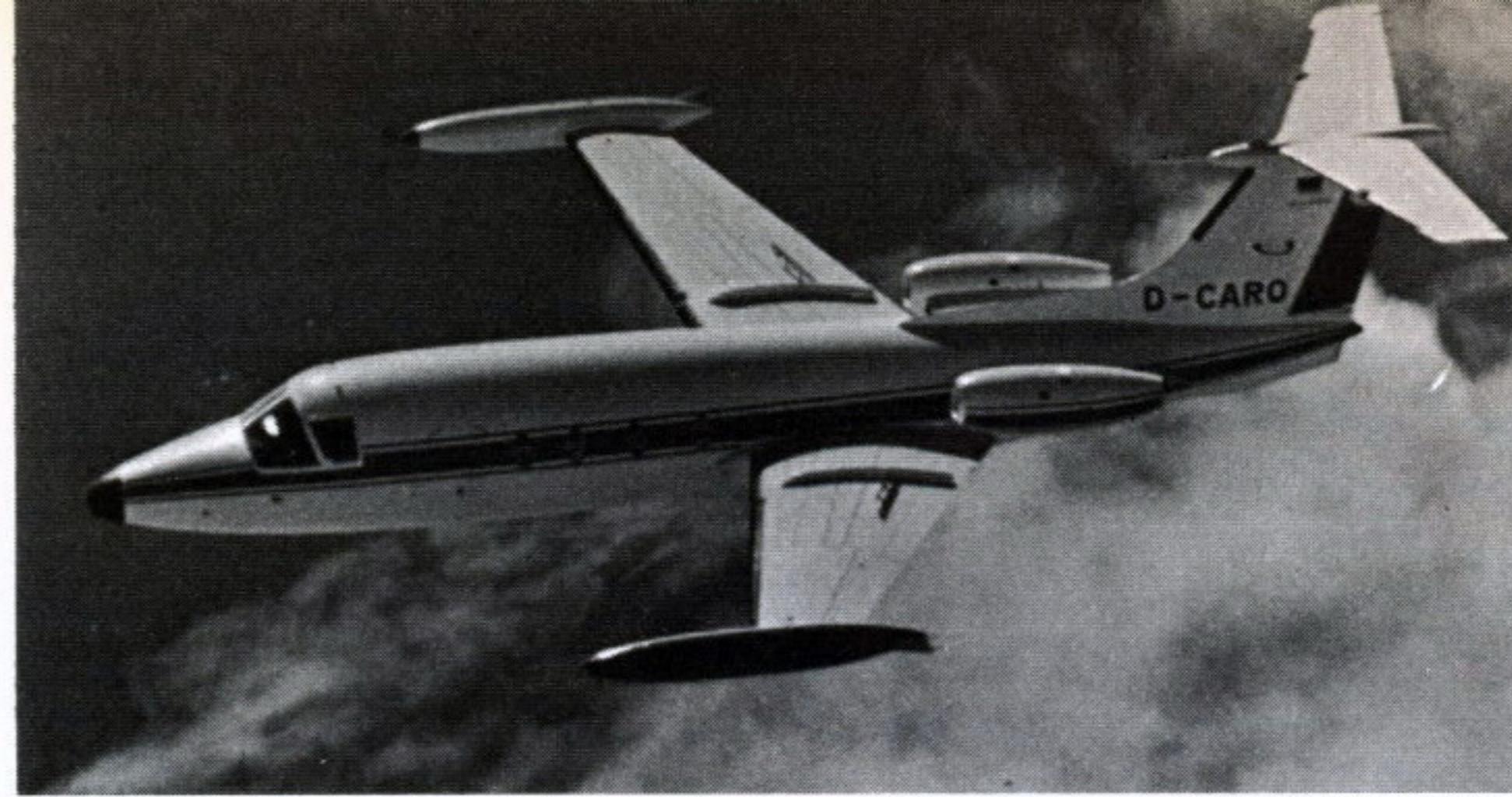
2. März 1969 in Toulouse. Sie kann eine Geschwindigkeit von 2385 km/Std. erreichen, also in weniger als drei Stunden von Europa nach Amerika fliegen. Ob die SST-Flugzeuge (Super-Sonic-Transport-, also Überschall-Verkehrsflugzeuge) jemals einen regelmäßigen Flugdienst zwischen den Kontinenten aufnehmen können, ist ungewiß. Drei Hindernisse stellen es in Frage:

1. der hohe Anschaffungspreis (eine „Concorde“ kostet 150 Millionen Dollar);
2. die begrenzte Zahl an Passagieren (die „Concorde“ kann nur 128 Fluggäste mitnehmen, der Jumbo-Jet 480);
3. wegen des Überschallknalls haben viele Industrieländer (USA, Japan, England, Benelux, BRD) verboten, ihr Gebiet zu überfliegen.

Die Sowjetunion hat ihre TU 144 für die riesigen Entfernung im asiatischen Raum eingesetzt.

Die jüngste Luftfahrtgeschichte

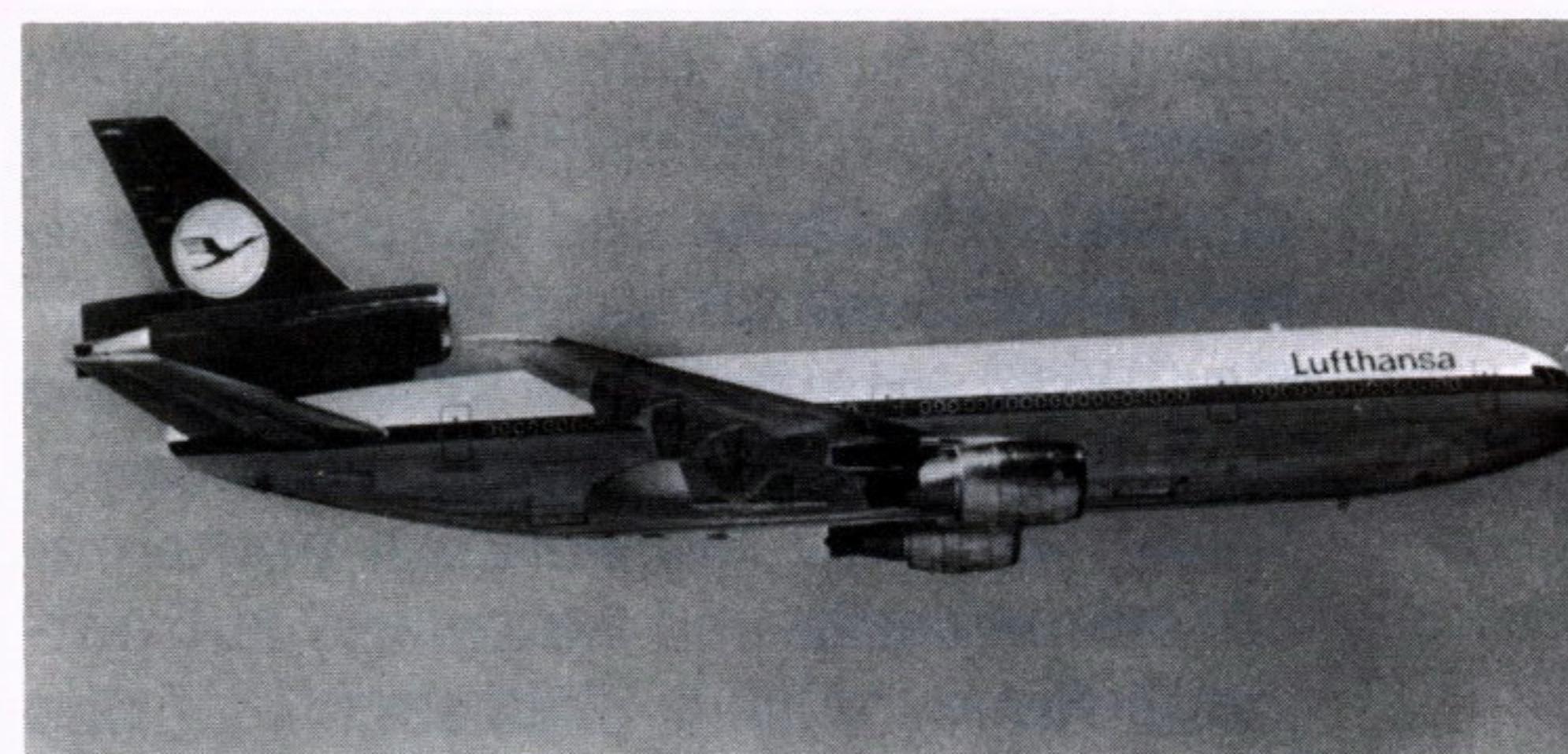
- 1964** LOCKHEED SR-71 fliegt 3200 km in der Stunde, die dreifache Schallgeschwindigkeit. Wegen der Wärmeentwicklung durch die Luftreibung sind alle vorderen Kanten aus Titan gefertigt; Aluminium würde zu weich werden.
- 1964** HFB 320, auch Hansa-Jet genannt: Erstes nach dem Krieg vom Hamburger Flugzeugbau entwickeltes und gebautes Mehrzweckflugzeug für Geschäftsreisen, zum Piloten- und Navigations-training. Es ist das einzige Düsenflugzeug der Welt, das nach vorn gepfeilte Tragflächen hat.
- 1965** SUPER GUPPY, entwickelt für den Transport von Raketengroßbauteilen, die an verschiedenen Orten gebaut und in Cape Kennedy zusammengesetzt werden. Wird auch im europäischen Airbus-Programm eingesetzt.
- 1967** NORTHROP HOCHAUFTRIEBSKÖRPER M 2-F UND HL-10. Versuchsmödell eines wiederverwendbaren Raumfahrzeugs, das künftig dazu dienen soll, Raumstationen zu beliefern.
- 1969** Der JUMBO-JET BOEING 747, das erste Großraumflugzeug, wird in den transatlantischen Liniendienst eingeführt. Er kann 480 Passagiere befördern. Die meisten Flughäfen können so viele Fluggäste auf einmal nicht reibungslos abfertigen. Erweiterungen waren nötig.
- 1970** Die russische TU 144 und die englisch-französische CONCORDE fliegen Mach 2 (doppelte Schallgeschwindigkeit). Die TU 144-Maschinen fliegen jetzt im Linienverkehr zwischen Moskau und den Hauptstädten in Fernost. Die Zukunft der Concorde ist ungewiß, denn wegen des Lärmteppichs, den die Überschallflugzeuge hinter sich herziehen, sperren sich europäische Länder und die USA gegen den Einsatz.
- 1970** Erste Flüge weiterer Großraumflugzeuge, der dreistrahliges DC-10 und LOCKHEED TRISTAR L-1011.
- 1972** Erstflug des im europäischen Gemeinschaftsprogramm entwickelten und gebauten Großraumflugzeuges AIRBUS A 300 B.
- Bei den drei letztgenannten Typen konnte der Triebwerklärm ganz wesentlich herabgemindert werden.
- Der Weltluftverkehr stieg von 31 Millionen Passagieren im Jahre 1950 auf 403 Millionen im Jahre 1971.



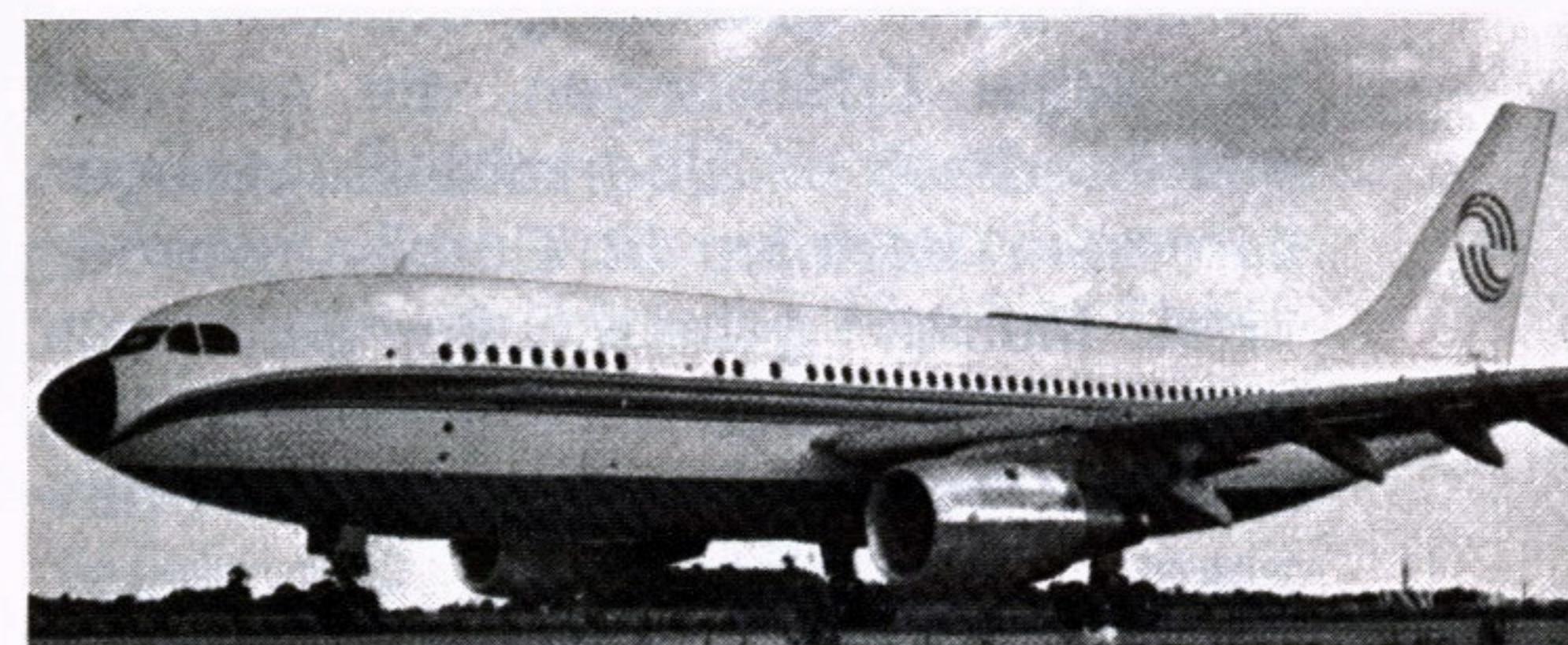
HFB 320, Hansajet genannt, ein 7sitziges Flugzeug für Geschäftsreisen. Es fliegt 800 km/st in 12 000 Meter Höhe.



SUPER GUPPY, ein Lastenflugzeug, das fast 23 Tonnen Fracht mit 483 km/st Geschwindigkeit befördern kann.



Die DC-10 hat Platz für 345 Passagiere



AIRBUS A 300 B, das leiseste Großraumflugzeug der Welt, mit bis zu 345 Sitzplätzen. Es fliegt 900 km/st.

Raketen und Satelliten

Die ersten Raketen haben wahrscheinlich die Chinesen hergestellt. Das ist mehr als tausend Jahre her. Ihre Raketen ähnelten unseren großen Feuerwerkskörpern. Ganz sicher waren die Chinesen die ersten, die das Schießpulver erfanden und es als Treibsatz für Raketen verwendeten. Im Jahre 1232 bekämpften sie mit „fei-i-hochien“ (fliegenden Feuerstöcken) die Mongolen, die ihre Stadt Keifeng belagerten.

Ein Chinese soll auch der erste gewesen sein, der mit einem Raketenflugzeug zu fliegen versuchte. Es heißt, der Mandarin Wanhu setzte sich um 1500 auf einen Bambusstuhl, an dem 47 der größten Raketen befestigt waren. In jeder Hand hielt er einen Drachen, der ihm helfen sollte, sanft wieder zur Erde zu gleiten. Auf ein Signal wurden alle Raketen zugleich gezündet. Es gab ein gewaltiges Krachen, einen großen Feuerstoß – und Wanhu und sein Fluggerät waren verschwunden.

Die Erfindung der Schießpulverrakete wurde von den Arabern übernommen und gelangte von Arabien nach Europa. Seit dem 14. Jahrhundert wurde manche europäische Stadt von ihren Belagerern mit Raketen in Brand geschossen. Als es dann die schweren Feuerwaffen, die Artillerie gab, wurden keine Kriegsraketen mehr gebraucht. Man vergaß sie, bis Anfang des 19. Jahrhunderts die Engländer wieder Raketenwaffen bauten, die sie von Schiffen abschossen, als sie 1806 Boulogne und 1807 Kopenhagen belagerten. 1814 eroberten die Engländer mit Hilfe ihrer Schiffsракeten Washington. In den nächsten Jahrzehnten bauten fast alle

europäischen Staaten Spreng-, Brand-, Leucht- und Signalraketen für Kriegszwecke. Sie wurden aber bald wieder aufgegeben, als sich andere Geschütze als wirkungsvoller erwiesen. Für den zivilen Gebrauch verwendete man noch kleine Raketen als Feuerwerkskörper und als Signalgeber, vor allem in der Schiffahrt. Als eine der gefährlichsten Waffen erschienen dann Raketen wieder im Zweiten Weltkrieg.

Der Gedanke, mit Raketenantrieb in den luftleeren Weltraum zu gelangen, konnte erst in unserem Jahrhundert entstehen. Daß man

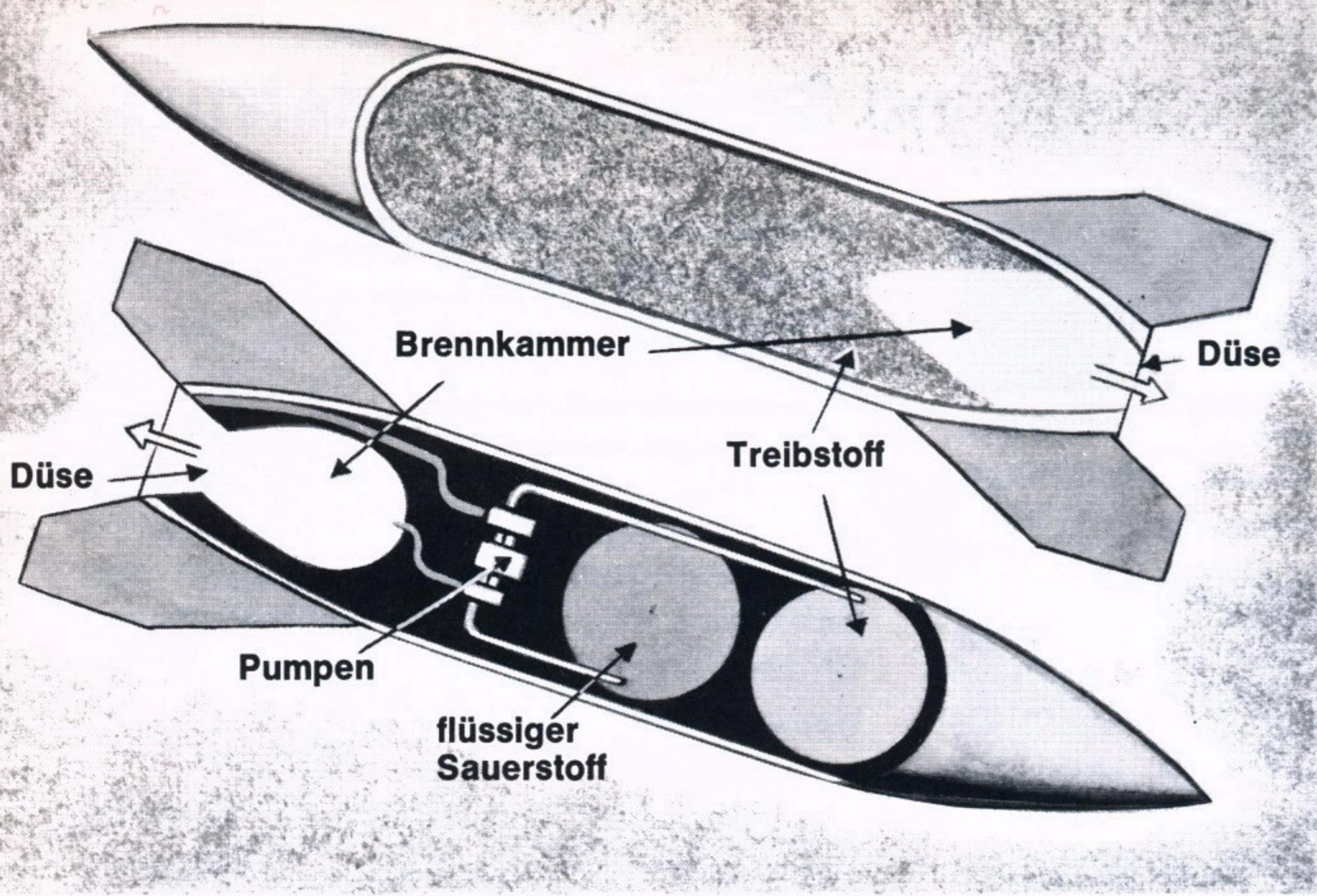
einmal mit Raketen zum Mond fliegen könnte, hat zum erstenmal der amerikanische Physiker Dr. Robert Goddard geäußert. Er untersuchte die Flugfähigkeit von Raketen in verdünnter Luft. Als er 1919 seinen Bericht darüber veröffentlichte, stürzte er damit die ganze Raketentheorie um. Bis dahin hatte man angenommen, eine Rakete könne fliegen, weil sie sich mit der Explosion ihrer Sprengladung gegen die Luft abstieße. 1926 ließ Goddard die erste Flüssigkeitsrakete steigen; sie flog 100 km/std und erreichte eine Höhe von 50 Meter.

In Deutschland war Hermann Oberth der erste, der sich theoretisch und praktisch mit der Entwicklung der Raumfahrt beschäftigte. Schon 1917 entwarf er eine Rakete von 25 m Länge, die durch Alkohol und Sauerstoff angetrieben wurde. 1929 flog in Deutschland ein durch Raketen getriebenes Segelflugzeug. Das erste wirkliche Raketenflugzeug wurde von Heinkel gebaut; es flog 1939 sieben Minuten.

Wozu verwendete man früher Raketen?



Wer waren die ersten Raketenforscher?



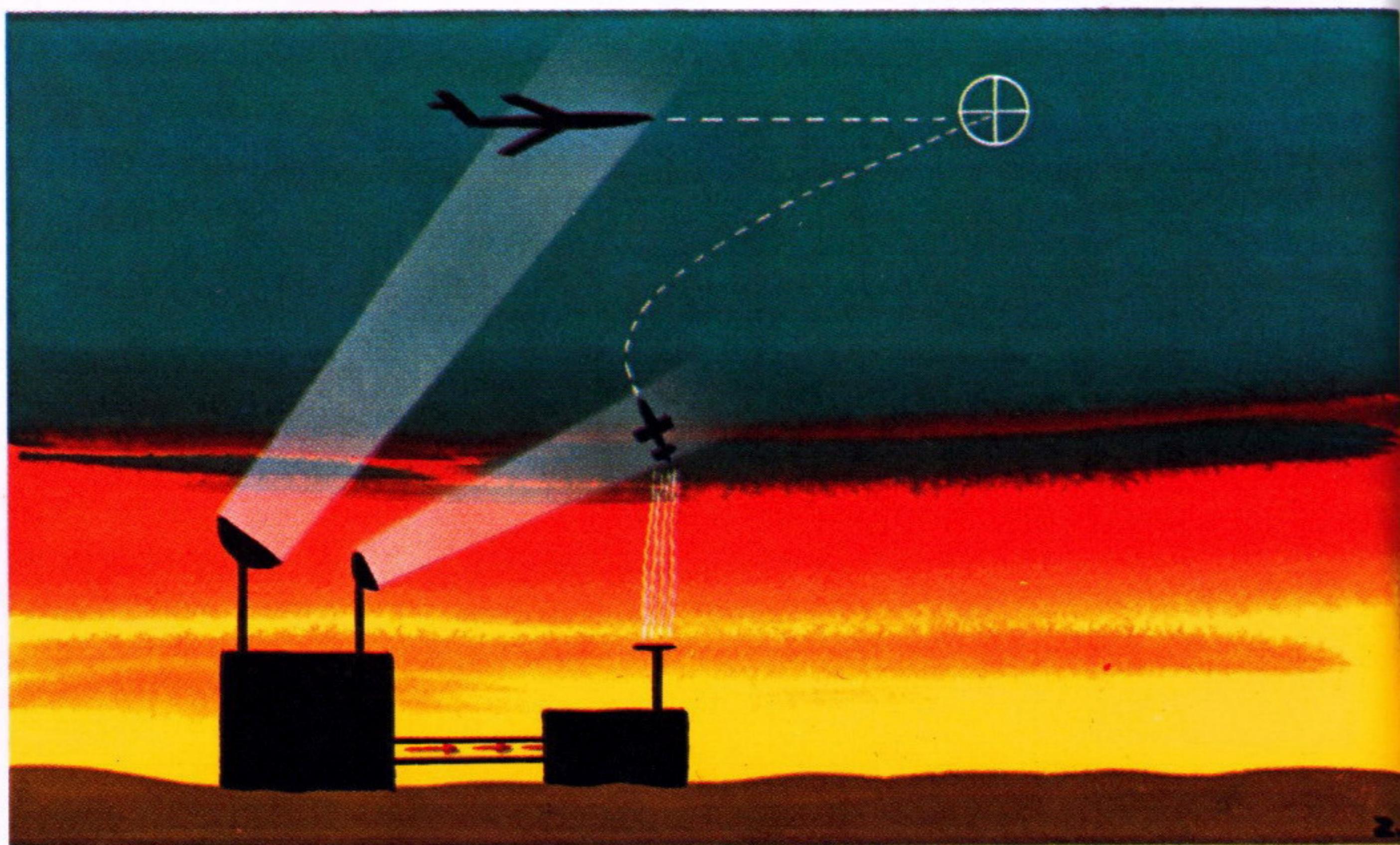
Die Feststoffrakete (oben) wird für Kurzstreckenraketen benutzt und als Hilfsgerät für einen schnellen Start von Kolben- und Düsenmaschinen. Die Flüssigkeitsrakete (unten) wird für Langstrecken verwandt und für Raketen oder beim Abschuß von Satelliten, wenn große Geschwindigkeiten nötig sind.

Ein Raketentriebwerk ist recht einfach, es braucht keine beweglichen Teile. Die Rakete enthält Treibstoff, eine Brennkammer und eine Auspuffdüse.

Wodurch fliegt eine Rakete?
Die Explosion des Treibmittels (es kann fester oder flüssiger Treibstoff sein), bei der die Verbrennungsgase aus der hinteren Öffnung entweichen, verursacht den Schub. Der Raketenan-

trieb beruht also wie der Antrieb der Düsenmaschine auf dem Rückstoßprinzip. Doch besteht ein wesentlicher Unterschied: Das Düsentreibwerk holt sich den nötigen Sauerstoff zum Verbrennen seines Treibstoffs aus der Luft, die es durchfliegt; der Raketentreibsatz aber funktioniert unabhängig von seiner Umgebung, er führt den nötigen Sauerstoff selbst mit und kann deshalb auch im luftleeren Raum gezündet werden.

So wurden Flugzeugabwehr-raketen im Krieg eingesetzt: Das größere Radar erfaßt ein feindliches Flugzeug und gibt die Information an einen Elektronenrechner; dieser berechnet Geschwindigkeit, Kurs und Höhe des Flugzeugs. Die Bodenrakete wird automatisch fertig gemacht und durch das Elektronengehirn abgeschossen. Ein kleines Radar führt die Rakete durch die Luft, bis sie das Ziel erreicht.



Man unterscheidet Feststoff- und Flüssigkeitsraketen. Feststoffraketen werden, wie die Feuerwerkskörper, durch einen Explosivstoff angetrieben, der fest oder pulverig sein kann. Sie brauchen auch keine besonderen Brennkammern; das ganze Innere kann die Brennkammer bilden. Raketen mit flüssigem Treibstoff haben kompliziertere Triebwerke. Sie müssen zwei getrennte Behälter haben. Der eine Tank enthält den Treibstoff (Benzin, Wasserstoff, Alkohol oder eine andere Verbindung), der andere enthält flüssigen Sauerstoff mit einer Temperatur von 187 Grad unter Null. Durch turbinengetriebene Pumpen werden Treibstoff und Flüssigsauerstoff nach und nach in die Brennkammer eingespritzt; dort mischen sie sich, und ein Zündfunke bringt das Gemisch zum Brennen. Der explosionsartige Gasausstoß hält solange an, bis aller Treibstoff verbrannt ist oder bis die Pumpe keinen Treibstoff mehr in die Brennkammer schafft.

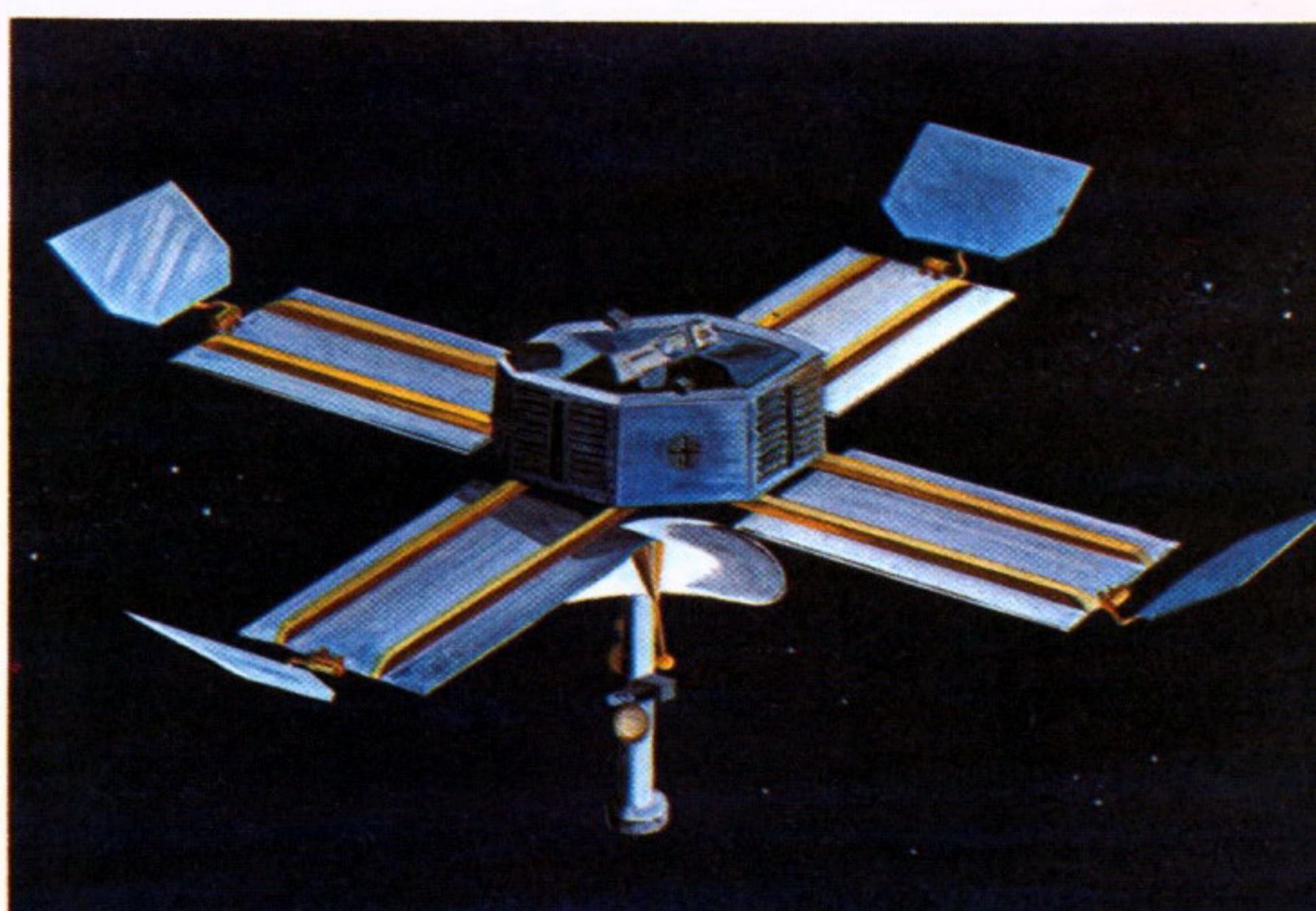
Ein bemanntes Raketenflugzeug kann darum nur mit flüssigem Treibstoff ausgerüstet sein, weil es bei einer Feststoffrakete schwer möglich ist, die Fluggeschwindigkeit zu regulieren.

Für die Verkehrsfliegerei eignen sich Raketenflugzeuge nicht. Der Treibstoff verbrennt zu schnell, nimmt zuviel Raum ein und ist nicht ungefährlich.

Ferngelenkte Raketen wurden zuerst im Zweiten Weltkrieg von den Deutschen entwickelt; London wurde mit ihnen bombardiert. Die Reichweite dieser V-2 Raketen betrug 320 km, ihre Geschwindigkeit fast 5000 km/std. In den USA wurden später für die Luftwaffe Raketen gebaut, die eine Reichweite von 13 000 km hatten und mit zwanzigfacher Schallgeschwindigkeit flogen.

Wie werden Raketen ferngelenkt?

Ferngelenkte Raketen haben Brennkammern, deren Lage man durch Radiowellen und Funksignale von der Erde aus verändern kann, so daß sich die Richtung des Gasausstoßes ändert. Die Rakete dreht sich dann in die Richtung, in die das Gas ausgestoßen wird. Durch einen Radarstrahl wird der Flug der Rakete beobachtet. Wenn die Rakete vom Kurs abweicht, informiert dieser Beobachter den Elektronenrechner. Die Berechnungen für die gewünschte Richtungsänderung werden in wenigen Sekunden von dem Computer gemacht. Durch Funkwellen, die bestimmte Motoren in der Rakete steuern, wird dann die Kursänderung veranlaßt.



Mariner 22, einer der Forschungssatelliten der USA

In den fünfziger Jahren begann dann die Eroberung des luftleeren Raums. Neun Zehntel der Luft, die die Erde umgibt, erstreckt sich bis in eine

Höhe von 15 km; darüber wird die Luft immer dünner. Die äußerste Höhe, in der noch ein Düsenflugzeug fliegen könnte, liegt bei 22 km, danach bekommt es nicht mehr genug Sauerstoff, um den Treibstoff zu verbrennen. Ab 40 km Höhe können auch keine Schallwellen mehr entstehen. In 80 km Höhe

Was ist ein Satellit?

beginnt dann die sogenannte Ionsphäre. Dort gibt es keine Sauerstoffmoleküle mehr – sie sind in Atome zerfallen – und also auch keinen Luftwiderstand. Wo beginnt der Weltraum? Man rechnet für die gesamte Erdatmosphäre etwa 1000 km; für die Raumfahrt sind die Bedingungen aber in 160 bis 200 km Höhe schon denen des offenen Weltraums gleich. Man sagt darum, ein Flugkörper, der in solcher Höhe fliegt, fliegt im erdnahen Weltraum.

Einen fliegenden Körper, der einen anderen, größeren umkreist, nennt man einen Satelliten. Der Mond ist ein Satellit der Erde, und die Erde ist ein Satellit der Sonne. Die ersten künstlichen Satelliten wurden 1957 von den Russen und 1958 von den Amerikanern um die Erde geschossen. Mit ihnen begann der Weltraumflug. Im Jahre 1961 umkreiste dann der erste Mensch, der Russe Gagarin, die Erde im luftleeren Raum. Vieles mußte erforscht, viele Erfahrungen mußten gesammelt werden, bevor man es wagen konnte, einen Menschen in den Weltraum zu schicken. (Darüber berichtet ausführlich WAS IST WAS Band 16 „Planeten und Raumfahrt“.) Ohne Raketen aber hätte es keine Weltraumfahrt gegeben. Nur mit Raketenantrieb konnte man Raumflugzeuge durch den luftleeren Raum schießen.

Wenn man einen Ball in die Luft wirft, fällt er zur Erde zurück. Man nennt diesen „Zug“ der Erde Anziehungs- oder Schwerkraft. Es gibt ein physi-

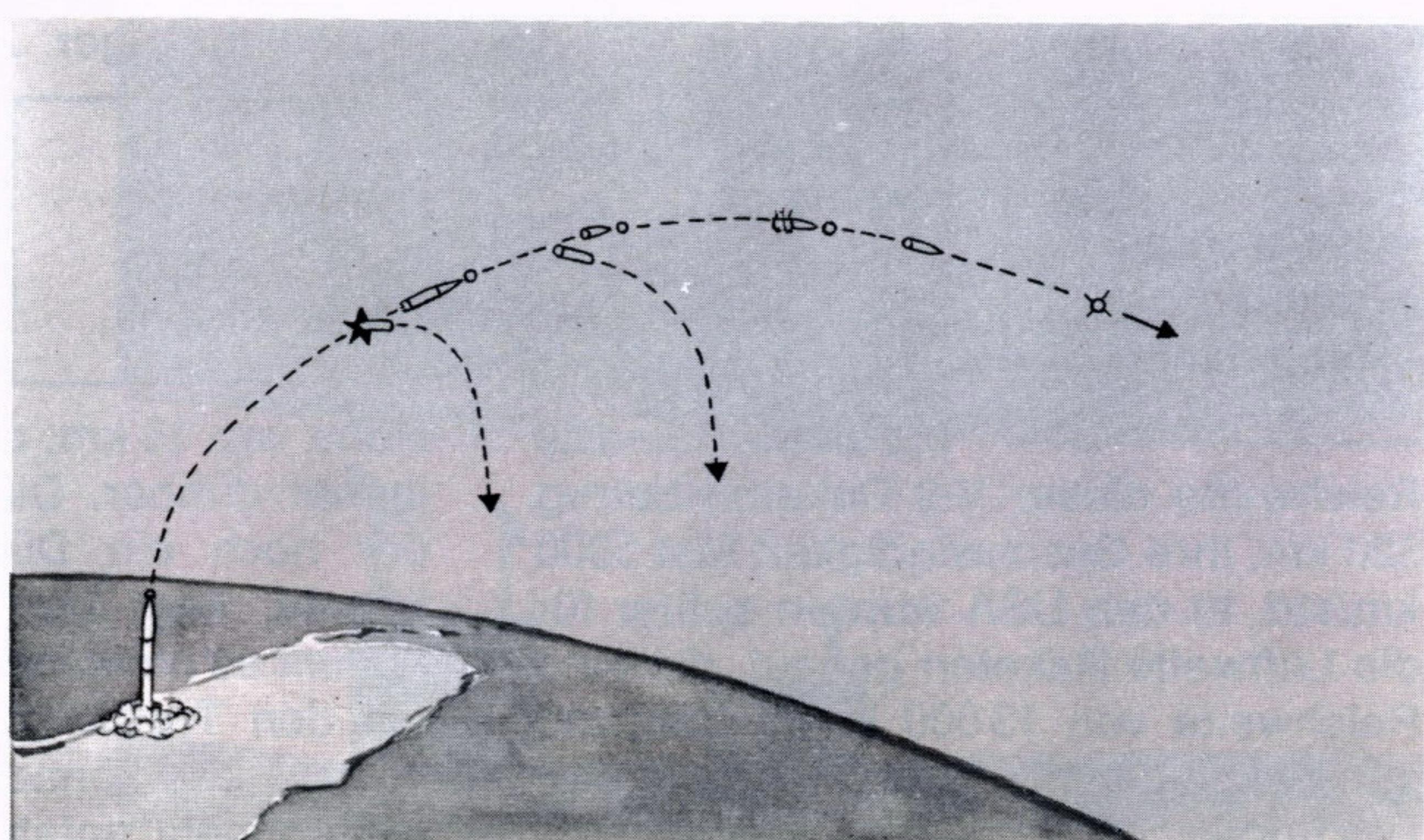
kalisches Gesetz, das für alle Körper gilt, die sich bewegen: Ein sich bewegender Körper setzt seine Bewegung in gerader Linie fort, solange keine andere Kraft in anderer Richtung auf ihn einwirkt.

Wenn ein Flugkörper mit 28 000 km/std auf eine Höhe von etwa 200 km hochgeschossen wird, findet er dort keine Luft mehr, die seine Bewegung verlangsamt. Aber zwei Kräfte wirken auf ihn ein: die Schwerkraft zieht ihn zur Erde herab, die Schubkraft der Rakete läßt ihn in seiner Richtung weiterfliegen. Bei der angegebenen Geschwindigkeit und Höhe sind die beiden Kräfte ungefähr gleich. Infolgedessen kreist der Flugkörper um die Erde – als Erd-satellit.

Die Geschwindigkeit, die nötig ist, um die Schwerkraft der Erde zu überwinden, nennt man die Flucht- oder Entweichgeschwindigkeit; sie beträgt etwa 40 000 km/std. Soll ein Satellit auf einer Erdumlaufbahn bleiben, braucht er eine Geschwindigkeit von mindestens

**Wie kommt es,
daß ein
Satellit am
Himmel bleibt?**

Raketen tragen Satelliten in die Höhe, die dann im luftleeren Raum ohne weiteren Antrieb weiterfliegen. Der Satellit wird auf der Erdumlaufbahn gehalten, weil sich die Fliehkraft im Gleichgewicht mit der Anziehungskraft der Erde befindet.



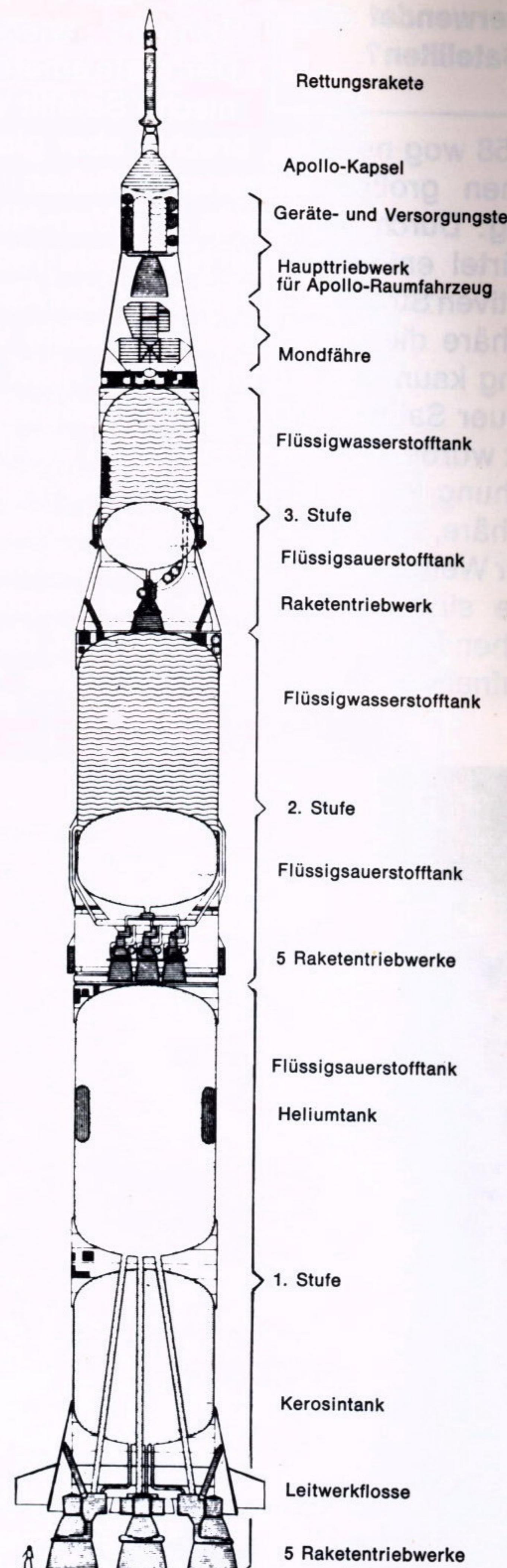
28 000 km in der Stunde. Soll er der Anziehungskraft der Erde entfliehen und in den Weltraum hinausfliegen, muß er 40 000 km/std schaffen.

Die Geschwindigkeit, die ein Satellit braucht, um in die Erdumlaufbahn zu gelangen, ist nicht mit einer einzigen Raketenzündung zu erzielen. Darum

hat man mehrstufige Trägerraketen entwickelt, an deren Spitze sich der eigentliche Satellit befindet – oder die Raumkapsel, die in den Weltraum, zum Mond, zum Mars oder zur Venus oder zur Sonne fliegen soll. Eine große Trägerrakete wie die berühmte 110 m hohe „Saturn“, die die Astronauten auf die Bahn zum Mond brachte, besteht aus mehreren miteinander verbundenen Raketen, von denen jede ihren eigenen Brenn- und Sauerstoffvorrat hat. Die größte Schubkraft liefert die untere Stufe, die allein 42 m hoch ist. Sie wird zuerst gezündet und schießt die ganze Rakete nach oben. Ist die erste Stufe in etwa 60 km Höhe ausgebrannt, löst sie sich ab; die zweite Stufe zündet und bringt den Flugkörper auf mehr als die doppelte Höhe; gleichzeitig erhöht sich dessen Geschwindigkeit. Die ausgebrannte zweite Stufe fällt ab, und erst die dritte Stufe bringt den Satelliten in die Erdumlaufbahn. Bei den Mondflügen beschleunigte dann eine zweite Zündung der dritten Stufe auf 40 000 km/std, also auf Fluchtgeschwindigkeit, und die Apollo-Kapseln flogen in Richtung Mond davon.

Die Forschungssatelliten, die für eine Umlaufbahn um die Erde bestimmt sind, werden in Höhen geschossen, die vorher genau geplant sind, je nach dem Forschungszweck, dem sie dienen sollen. Je höher die Umlaufbahn sein soll, desto größer muß die Abschußgeschwindigkeit sein.

Was sind Trägerraketen?



Die weltberühmte Trägerrakete „Saturn 5“, welche die Apollo-Kapseln auf die Mondreise beförderte, war etwa 111 Meter hoch.

Satelliten können groß oder klein sein; sie können wenige Kilogramm, aber auch viele Tonnen wiegen. Der erste amerikanische Satellit von

1958 wog nur 8 kg, brachte aber gleich einen großen wissenschaftlichen Erfolg: Durch ihn wurde der Van-Allen-Gürtel entdeckt, die Hülle aus radioaktiven Strahlen, die jenseits der Atmosphäre die Erde umgibt. Seitdem verging kaum ein Monat, in dem nicht ein neuer Satellit in Ost oder West gestartet wurde. Die meisten dienen der Forschung – der Erforschung der Atmosphäre, des Wetters, der Erdoberfläche, der Weltraumstrahlen und vielem mehr. Sie sind mit Kameras und empfindlichen Instrumenten ausgerüstet, deren Aufnahmen und Meßergebnisse von

Bodenstationen empfangen und ausgewertet werden. Manche der Satelliten bleiben nur wenige Tage, andere bleiben jahrelang oben. Nachrichtensatelliten gehören zu den Typen, deren Nutzen jeder erfährt, wenn er fernsieht: Sie senden Bilder des Geschehens von einem Kontinent in den anderen. Neuere Typen können ein Dutzend Farbfernsehfilme und Tausende von Telefongesprächen gleichzeitig übermitteln. Bei den Nachrichtensatelliten ist man dazu übergegangen, je einen über einem bestimmten Gebiet „stehenzulassen“, das heißt, ihre Fluggeschwindigkeit ist mit der Erdumdrehung abgestimmt. Als ein Relaisnetz umspannen sie die ganze Erde; Dutzende von Erdfunkstellen empfangen ihre Signale, wandeln sie um und leiten sie an Radio- und Fernsehstationen weiter.



Solche Aufnahmen von der Erde funken die Satelliten. Man sieht ganz Indien mit der Insel Ceylon und einem Teil Hinterindiens. Über dem Arabischen Meer liegt eine lockere Wolkendecke.



In dieser Reihe sind bisher erschienen:

Band 1 Unsere Erde
Band 2 Der Mensch
Band 3 Atomenergie
Band 4 Chemie
Band 5 Entdecker
Band 6 Die Sterne
Band 7 Das Wetter
Band 8 Das Mikroskop
Band 9 Der Urmensch
Band 10 Fliegerei
Band 11 Hunde
Band 12 Mathematik
Band 13 Wilde Tiere
Band 14 Versunkene Städte
Band 15 Dinosaurier
Band 16 Planeten und Raumfahrt
Band 17 Licht und Farbe
Band 18 Der Wilde Westen
Band 19 Bienen und Ameisen
Band 20 Reptilien und Amphibien
Band 21 Der Mond
Band 22 Die Zeit
Band 23 Von der Höhle bis zum
Wolkenkratzer
Band 24 Elektrizität
Band 25 Vom Einbaum zum Atomschiff
Band 26 Wilde Blumen
Band 27 Pferde
Band 28 Die Welt des Schalls

Band 29 Berühmte Wissenschaftler
Band 30 Insekten
Band 31 Bäume
Band 32 Meereskunde
Band 33 Pilze, Farne und Moose
Band 34 Wüsten
Band 35 Erfindungen
Band 36 Polargebiete
Band 37 Roboter und Elektronengehirne
Band 38 Prähistorische Säugetiere
Band 39 Magnetismus
Band 40 Vögel
Band 41 Fische
Band 42 Indianer
Band 43 Schmetterlinge
Band 44 Das Alte Testament
Band 45 Mineralien und Gesteine
Band 46 Mechanik
Band 47 Elektronik
Band 48 Luft und Wasser
Band 49 Leichtathletik
Band 50 Unser Körper
Band 51 Muscheln und Schnecken
Band 52 Briefmarken
Band 53 Das Auto
Band 54 Die Eisenbahn
Band 55 Das Alte Rom
Band 56 Ausgestorbene Tiere