

HEFT 50 EIN WÖCHENTLICHES SAMMELWERK ÖS 25  
SFR 3.50 DM 3

# WIE GEHT DAS

Technik und Erfindungen von A bis Z  
mit Tausenden von Fotografien und Zeichnungen



---

scan: **IGDL**

# WIE GEHT DAS

## Inhalt

See- und  
Amphibienflugzeuge 1373

Segel 1377

Segelflugzeuge 1385

Sehhilfen 1390

Seifenherstellung 1392

Seilerei 1395

Seismologie 1397

### WIE SIE REGELMÄSSIG JEDE WOCHE IHR HEFT BEKOMMEN

WIE GEHT DAS ist eine wöchentlich erscheinende Zeitschrift. Die Gesamtzahl der 70 Hefte ergibt ein vollständiges Lexikon und Nachschlagewerk der technischen Erfindungen. Damit Sie auch wirklich jede Woche Ihr Heft bei Ihrem Zeitschriftenhändler erhalten, bitten Sie ihn doch, für Sie immer ein Heft zurückzulegen. Das verpflichtet Sie natürlich nicht zur Abnahme.

### ZURÜCKLIEGENDE HEFTE

Deutschland: Das einzelne Heft kostet auch beim Verlag nur DM 3. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: Verlagsservice, Postfach 280 380, 2000 Hamburg 28. Postscheckkonto Hamburg 3304 77-202 Kennwort HEFTE.

Österreich: Das einzelne Heft kostet öS 25. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: WIE-GEHT DAS, Wollzeile 11, 1011 Wien. Postscheckkonto: Wien 2363. 130. Oder legen Sie bitte der Bestellung einen Verrechnungsscheck bei Kennwort: HEFTE.

Schweiz: Das einzelne Heft kostet sfr 3,50. Bitte überweisen Sie den Betrag durch die Post (grüner Einzahlungsschein) auf das Konto: Schmidt-Agence AG, Kontonummer Basel 40-879 und notieren Sie Ihre Bestellung auf der Rückseite des Giroabschnittes.

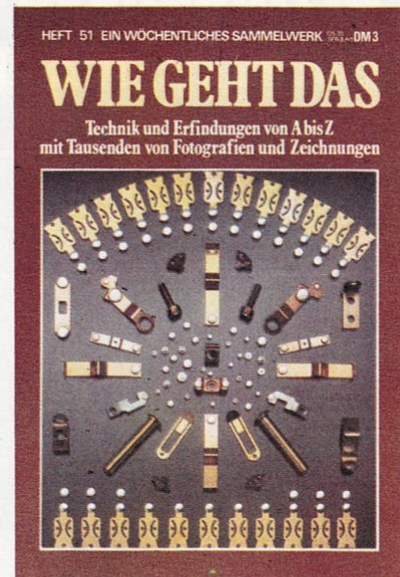
**Wichtig:** Der linke Abschnitt der Zahlkarte muß Ihre vollständige Adresse enthalten, damit Sie die Hefte schnell und sicher erhalten.

### INHALTSVERZEICHNIS

Damit Sie in WIE GEHT DAS mit einem Griff das gesuchte Stichwort finden, werden Sie mit der letzten Ausgabe ein Gesamtinhaltsverzeichnis erhalten. Darin einbezogen sind die Kreuzverweise auf die Artikel, die mit dem gesuchten Stichwort in Verbindung stehen.

Bis dahin schaffen Sie sich ein Inhaltsverzeichnis dadurch, daß Sie die Umschläge der Hefte abtrennen und in der dafür vorgesehenen Tasche Ihres Sammelordners verwahren. Außerdem können Sie alle 'Erfindungen' dort hineinlegen.

## In Heft 51 von Wie Geht Das



Silber ist bekannt für seine Verarbeitung zu Schmuck, Münzen und Medaillen, aber es hat auch viele Aufgaben in der Industrie. Lesen Sie in Heft 51 von Wie Geht Das, wie Silber aus Erz gewonnen wird und zu was es verwendet werden kann.

Nach vielen Jahren Entwicklungszeit, befinden sich die Senkrechtstarter unter den Düsenflugzeugen jetzt im Militärdienst mehrerer Luftstreitkräfte der Welt. Lesen Sie alles über die Entwicklung dieser Flugzeuge in der nächsten Ausgabe von Wie Geht Das.

### SAMMELORDNER

Sie sollten die wöchentlichen Ausgaben von WIE GEHT DAS in stabile, attraktive Sammelordner einheften. Jeder Sammelordner faßt 14 Hefte, so daß Sie zum Schluß über ein gesammeltes Lexikon in fünf Ordnern verfügen, das Ihnen dauerhaft Freude bereitet und Wissen vermittelt.

### SO BEKOMMEN SIE IHRE SAMMELORDNER

1. Sie können die Sammelordner direkt bei Ihrem Zeitschriftenhändler kaufen (DM 11 pro Exemplar in Deutschland, öS 80 in Österreich und sfr 15 in der Schweiz). Falls nicht vorrätig, bestellt der Händler gern für Sie die Sammelordner.

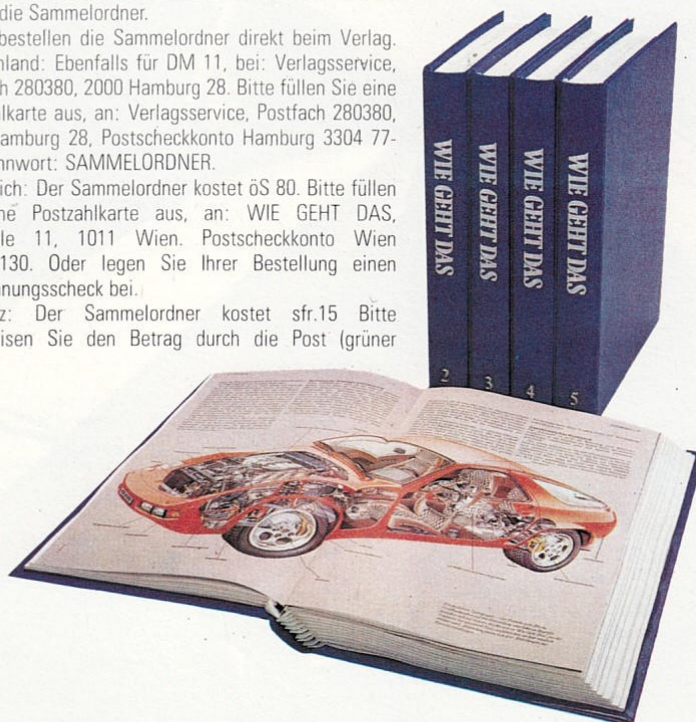
2. Sie bestellen die Sammelordner direkt beim Verlag. Deutschland: Ebenfalls für DM 11, bei: Verlagsservice, Postfach 280380, 2000 Hamburg 28. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: Verlagsservice, Postfach 280380, 2000 Hamburg 28, Postscheckkonto Hamburg 3304 77-202 Kennwort: SAMMELORDNER.

Österreich: Der Sammelordner kostet öS 80. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: WIE GEHT DAS, Wollzeile 11, 1011 Wien. Postscheckkonto Wien 2363. 130. Oder legen Sie Ihrer Bestellung einen Verrechnungsscheck bei.

Schweiz: Der Sammelordner kostet sfr.15 Bitte überweisen Sie den Betrag durch die Post (grüner

Einzahlungsschein) auf das Konto: Schmidt-Agence AG, Kontonummer Basel 40-879 und notieren Sie Ihre Bestellung auf der Rückseite des Giroabschnittes.

**Wichtig:** Der linke Abschnitt der Zahlkarte muß Ihre vollständige Adresse enthalten, damit Sie die Sammelordner schnell und sicher bekommen. Überweisen Sie durch Ihre Bank, so muß die Überweisungskopie Ihre vollständige Anschrift gut leserlich enthalten.



## SEE- UND AMPHIBIENFLUGZEUGE

**Sowohl See- als auch Amphibienflugzeuge können auf dem Wasser starten und niedergehen (wassern). Sie sind daher im Einsatz vielseitiger, wirtschaftlicher und sicherer als Flugzeuge, die auf eine feste Start- und Landebahn angewiesen sind (Landflugzeuge).**

Der Flugzeugstart vom Wasser ist fast so alt wie die Luftfahrt. Dabei macht man sich die Tatsache zunutze, daß Flüsse, Seen und Häfen große natürliche Start- und Landeflächen bieten. Hierdurch kann das FLUGZEUG auf besonders hergerichtete Bahnen für Start und Landung verzichten. Ein zusätzlich mit einem einfahrbaren Fahrwerk ausgerüstetes Seeflugzeug (auch Wasserflugzeug) wird zum wahrhaft unabhängigen Amphibienflugzeug. Obwohl die Anzahl der Flugplätze zunimmt, befinden sich mehr See- und Amphibienflugzeuge im Einsatz als je zuvor.

Das eigentliche Wasserflugzeug ist das Flugboot. Sein Rumpf ist für den Einsatz auf dem Wasser konstruiert und weist daher fast alle Eigenschaften eines Bootskörpers auf. Die meisten kleinen Landflugzeuge lassen sich anstelle der Fahrwerksräder mit Kleinrumpfen oder Schwimmern ausrüsten, weshalb sie als Schwimmerflugzeuge einzustufen sind.

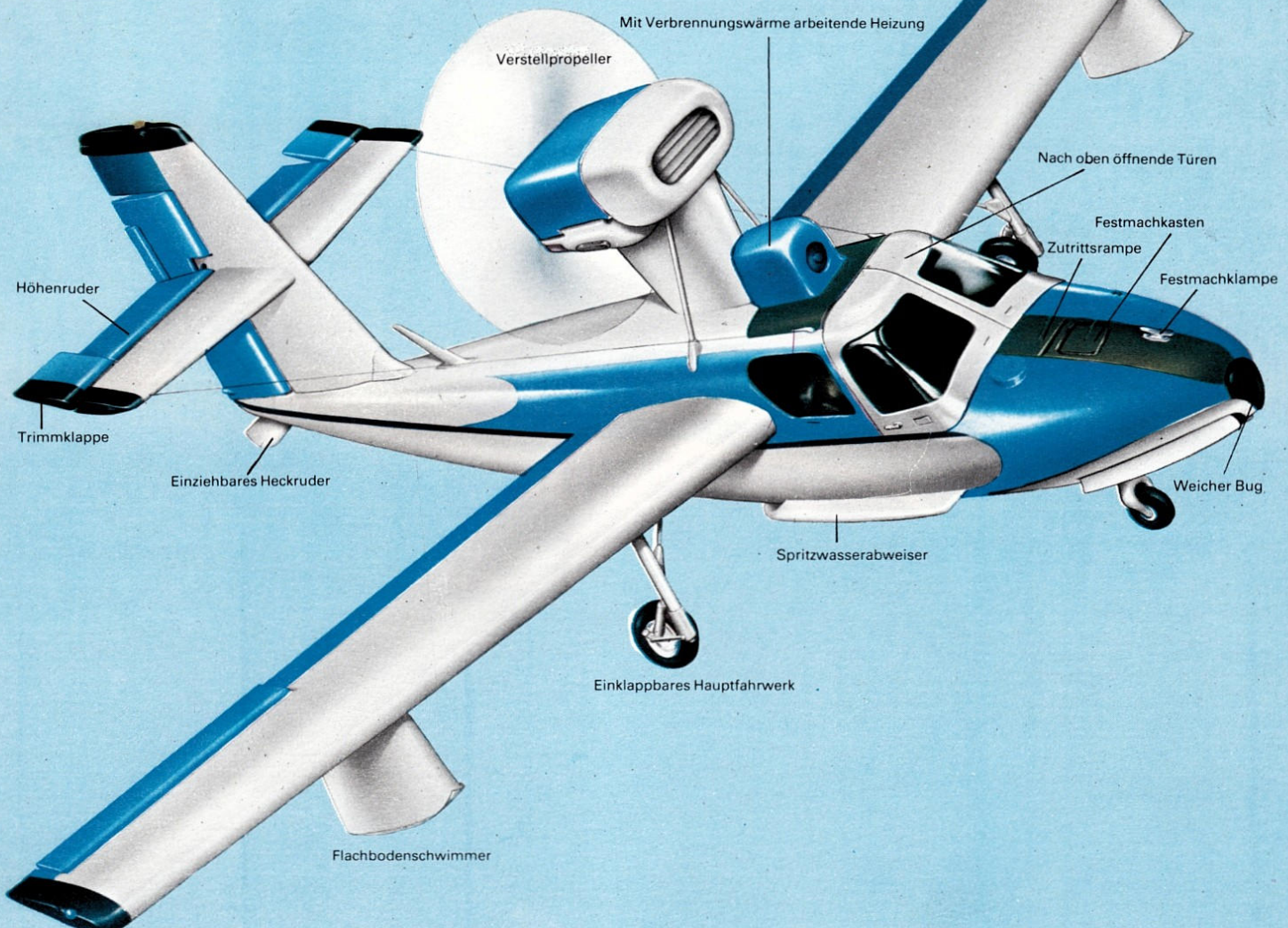
Der erste nachgewiesene erfolgreiche Start vom Wasser fand im März 1910 statt, d.h. sechs Jahre, nachdem die Gebrüder Wright erstmals mit Motorkraft eine Maschine, die schwerer war als Luft, in der Luft halten konnten. Die Entwicklungsideen, die der Franzose Henri Fabre seinem Flugzeug mit den drei flachbödigen Schwimmern zugrunde legte, leiteten trotz der primitiven Konstruktion des Flug-

zeuges zwei Jahrzehnte der Flugzeugentwicklung ein, in denen Seeflugzeuge die führende Rolle spielten.

Glenn Curtiss aus den USA, der im Jahre 1911 ein neuartiges Flugzeug mit nur einem Schwimmer flog und damit die Flugzeugentwicklung einen weiteren Schritt voranbrachte, war der erste einer Reihe von Männern, die in die Geschichte des Seeflugzeuges eingingen. Sein Flugzeug wurde wenig später mit Fahrwerksrädern ausgerüstet, womit das erste Amphibienflugzeug geboren war. Die erste von Curtiss als Flugboot konzipierte Maschine wurde im darauffolgenden Jahr vorgestellt; sie brachte dem Seeflugzeug weithin Anerkennung. Im Jahre 1914 nahm in Florida die erste Linienfluggesellschaft ihren Betrieb mit Benoist-Flugbooten zwischen St. Petersburg und Tampa auf.

In den Jahren 1913 bis 1931 fanden die berühmten Rennen von Seeflugzeugen um den Schneider-Pokal statt, deren Einfluß auf die Entwicklung der Technik darin deutlich wird, daß beim ersten Wettbewerb eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 77 km/h zum Sieg genügte, während nur achtzehn Jahre später bereits eine Geschwindigkeit von 547 km/h erforderlich war. Der letzte Sieger dieser Wettflugreihe, die britische Supermarine S.6B, erzielte mit 655 km/h einen Weltrekord; die Weiterentwicklung dieses Flugzeuges führte

*Das Amphibienflugzeug Buccaneer hat ein einfahrbares Räderwerk für Bodenstarts und -landungen und Schwimmer unter den Flügeln, die es auf dem Wasser stabilisieren. Auf dem Boden wird mittels eines Bugrads und auf dem Wasser mit einem Heckruder gelenkt.*

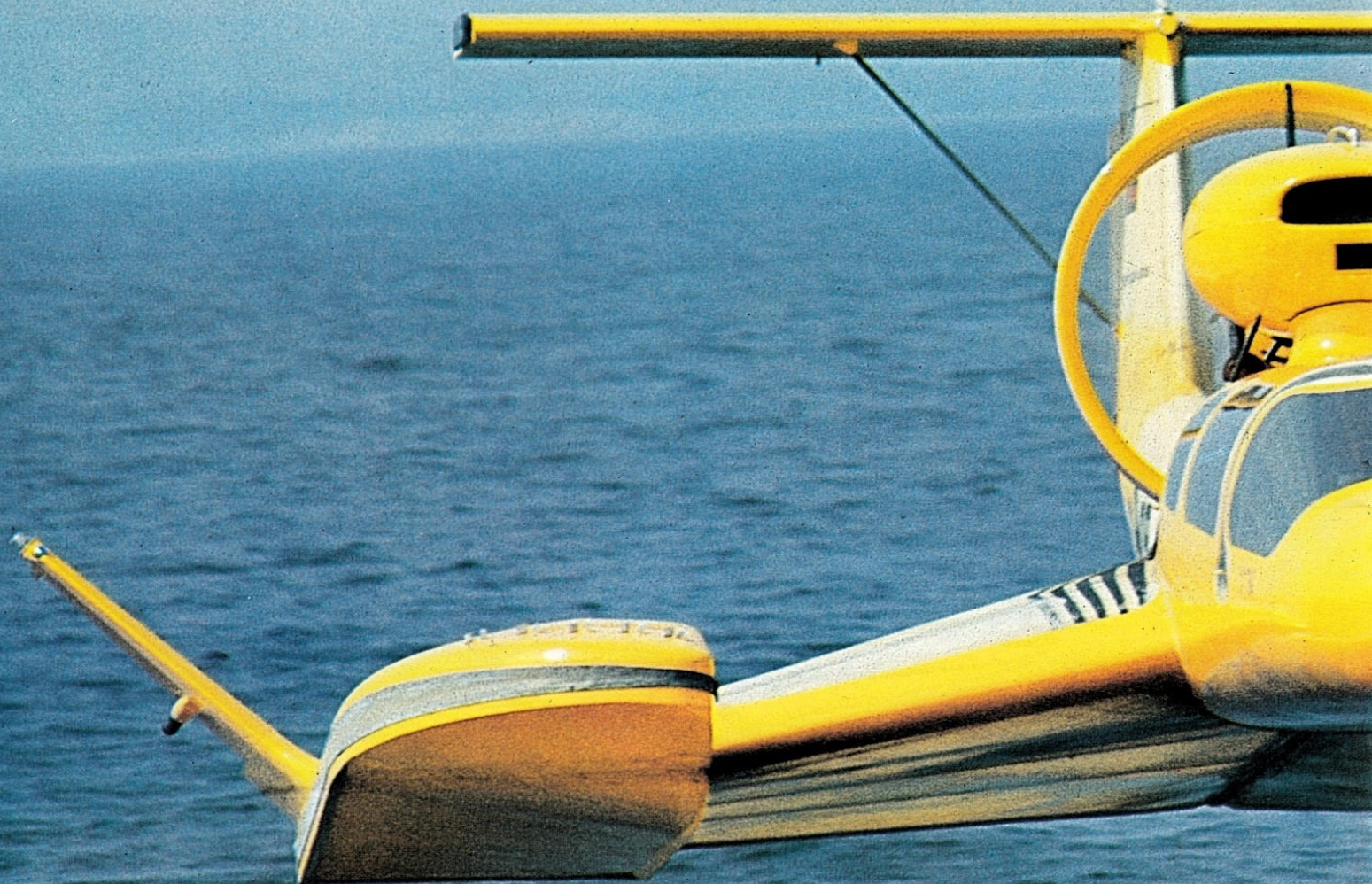


zum Jagdflugzeug 'Spitfire' des Zweiten Weltkrieges.

Während der gesamten zwanziger und der frühen dreißiger Jahre war Großbritannien bei der Entwicklung von Seeflugzeugen aller Art führend. Sie fand im Jahre 1935 ihren Höhepunkt mit der riesigen 'Sarafand' von Short, die mit einer Spannweite von 65,7 m der größte je gebaute Doppeldecker war. Doch hatte Großbritannien mit dieser Maschine durch sein Festhalten am Doppeldecker seine Führungsrolle bereits eingebüßt, da in Europa und den USA Eindecker entwickelt wurden, die höhere Geschwindigkeiten als die 'Sarafand' erreichten. Das Zeitalter der Großflugboote wurde von der deutschen zwölfmotorigen Dornier Do X eingeleitet, auch wenn sie nie in Dienst gestellt wurde. Ihren Höhepunkt erreichte diese Epoche mit den großen amerikanischen Flugbooten von Sikorsky und den Clippern von Martin. Schließlich lieferte die Firma Boeing ihren Beitrag mit dem Clipper 314, der ab 1939 den Passagierdienst im Linienverkehr über den Nordatlantik versah. Das größte je gebaute Flugboot war die Hercules der Firma Howard Hughes mit einem Gewicht von 208 650 kg und einer Spannweite von 97,54 m. Es flog im Jahre 1947 zum ersten und einzigen Mal und hätte 700 Passagiere transportieren können. Mit einer Gesamtlänge von 66,75 m ist es zugleich das größte Flugzeug, das je in der Luft war.

Zu den berühmtesten Flugzeugen des Zweiten Weltkrieges gehören die Flugboote Catalina der Firma Consolidated (USA) und die 'Sunderland' der Firma Short (Großbritannien). Sie versahen den Patrouillendienst über dem Atlantik und dem Pazifik. Da den Engländern der Abschied von den Flugbooten offensichtlich schwerfiel, stellten sie noch im Jahre 1953 — wenn auch als letztes Großflugboot — die 'Princess' aus der Werft der Firma Saunders Roe vor. Sie hatte ein Gewicht von 140 000 kg, wurde aber nie in Dienst gestellt. Es folgten noch einige Versuche mit kleineren düsengetriebenen Flugbooten, von denen das bildschöne Kampfflugboot SR-A1 der Firma Saunders Roe und die viermotorige 'Seamaster' der Firma Martin besondere Erwähnung verdienen. Bisher hat als einziges Land der Erde die Sowjetunion Flugboote mit Düsenantrieb eingesetzt, während in den übrigen Ländern Seeflugzeuge gegenwärtig in der Hauptsache mit Turboprop-Triebwerken ausgerüstet sind.

Kleine Seeflugzeuge spielen nach wie vor dort eine bedeutende Rolle, wo Flughäfen nur sehr schwer angelegt werden können bzw. genügend Wasserflächen zur Verfügung stehen. Dies trifft insbesondere auf Kanada, Alaska, Norwegen, Finnland und auf bestimmte Gebiete der Sowjetunion zu. Im Norden Kanadas sind Seeflugzeuge die einzigen brauchbaren Transportmittel. Hunderte von Seeflugzeugen sind dort



als Lufttaxis, Frachtmaschinen, Ambulanzflugzeuge und fliegende Feuerwehren, die mit 'Wasserbomben' Brände aus der Luft bekämpfen, im Einsatz.

### Konstruktion

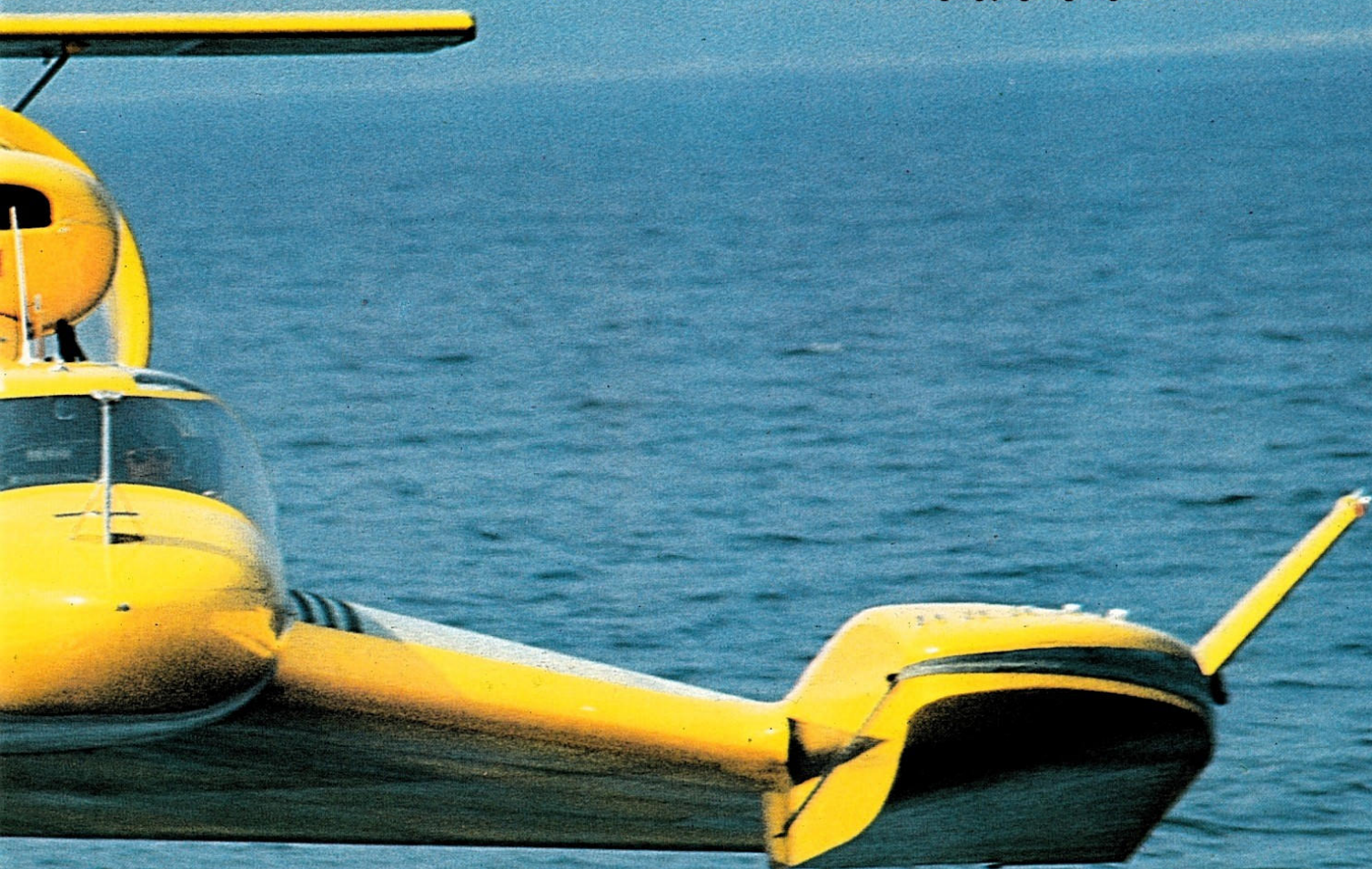
Das Element Wasser stellt an ein Seeflugzeug ähnliche hohe Anforderungen wie das Element Luft. In gleicher Weise, wie Piloten von Seeflugzeugen seemännische Fertigkeiten beherrschen müssen, müssen auch Konstrukteure sowohl die Gesetze der Aerodynamik als auch die Gesetze der Hydrodynamik beim Bau von Seeflugzeugen beachten. Piloten und Konstrukteure müssen die Kräfte des Wassers und die Einwirkungen des Windes auf das Wasser berücksichtigen. Die Varianten und einander widersprechenden Forderungen (die jeweils nur durch Kompromisse erfüllt werden können) waren und sind ebenso zahlreich wie im Schiff- und Bootsbau.

Sieht man einmal davon ab, daß Flügel, Heckleitwerk und Triebwerke vorzugsweise höher als bei üblichen Flugzeugen angeordnet werden, unterliegen die Seeflugzeuge den gleichen aerodynamischen Bedingungen wie Landflugzeuge. Weil bei Seeflugzeugen die Masse des Bugs größer ist als bei Landflugzeugen, muß sie im Normalfalle mit einer größeren Seitenleitwerkfläche ausgeglichen werden. Für die Teile, die bei der Wasserung aufsetzen, sind allerdings besondere Er-

wägungen nötig. Dazu gehört beispielsweise gute Schwimmfähigkeit und Stabilität auf dem Wasser, hohe Materialfestigkeit und Robustheit bei geringem Gewicht sowie hydrodynamische Auftriebskraft bei minimaler Spritzwasserentwicklung.

Wie ein 'richtiges' Boot muß auch beim Flugboot der Auftriebsmittelpunkt unterhalb des Massenschwerpunktes liegen, es muß eine seinem Gewicht entsprechende Wasserverdrängung und eine Freibordhöhe haben, die ein Vollschlagen verhindert, und zudem einen Bug, der so hoch liegt, daß ein Gleiten (entsprechend dem An- und Ausrollen von Landflugzeugen) bei niedrigen Geschwindigkeiten möglich ist. Unterschiede zu Landflugzeugen gibt es nur hinsichtlich der durch Ausleger an den Flügelspitzen oder andere Stabilisierungseinrichtungen erzielten höheren Stabilität, die einen Ausgleich für den recht hoch liegenden Massenschwerpunkt

*Die X114 ist eine Neuentwicklung von VFW-Fokker. Sie schwimmt wie ein Boot, gleitet wie ein Luftkissenfahrzeug und fliegt wie ein Flugzeug. Der Vorteil der X114 liegt darin, daß sie als Luftkissenfahrzeug sehr wenig Brennstoff verbraucht. Sie kann als Patrouillenfahrzeug für militärische Zwecke, aber auch als Fähre oder Versorgungsflugzeug eingesetzt werden.*





PHOTRI

**Oben:** Eine Amphibienausführung des Beaver DHC-2 von de Havilland. Es ist ein leichtes Transportflugzeug, das vom kanadischen Hersteller speziell für die Bedingungen Kanadas gebaut wurde. Hunderte kleiner Seeflugzeuge stellen in Kanada und Alaska eine Verbindung mit der Außenwelt her.

**Rechts:** Ein Turboprop-Flugboot vom Typ Convair R3 Tradewind als Seepatrouille. Andere Ausführungen dieses Typs wurden als Truppentransporter und als 'fliegende Tankstellen' für das Betanken in der Luft gebaut.



PHOTRI

und den überaus klein gehaltenen Kiel schaffen. Zum sicheren Steuern beim Gleiten mit niedriger Geschwindigkeit verfügt ein Wasserflugzeug außerdem über ein einziehbares Heckruder.

Soll die Abhebegeschwindigkeit erreicht werden, muß beim Start der Rumpf rasch aus dem Wasser steigen und wie bei einem Rennboot gleiten. Daher ist die Rumpfunterseite so konstruiert, daß sie das Wasser nach unten verdrängt. Ein flacher v-förmiger Boden ist heute fast überall die Regel; er ist häufig noch leicht nach innen gewölbt, um das Spritzwasser nicht zu hoch steigen zu lassen und um eine größere Auftriebskraft zu erzielen. Gekehlte Böden mit einer knickspantähnlichen Kante zwischen dem Kiel und den Seiten verstärken diese Wirkungen. Sie sind gegenwärtig an vielen Schwimmerflugzeugen und kleinen Flugbooten zu finden.

Im Unterschied zu einem Rennboot, dessen Massenschwerpunkt nahe dem Heck (dicht am Heckspiegel) liegt, braucht ein Wasserflugzeug auch noch in größerer Entfernung hinter dem Massenschwerpunkt Unterstützung, damit es im Ruhezustand schwimmt und in der ersten Beschleunigungsphase Auftrieb bekommt. Daher findet sich am Rumpf eines Flugbootes kurz hinter dem Massenschwerpunkt eine Stufe, die der Kante am Heckspiegel eines Bootes entspricht. Sie vermindert während des Gleitens die Reibung am Rumpfe und gestattet es dem Flugboot, beim Abheben die Nase hoch zu nehmen, wodurch ein günstiger Anstellwinkel für die Flügel erzielt wird. Beim Gleiten befindet sich das Flugboot also 'auf der Stufe' und kann auch in dieser Stellung bei hoher

Geschwindigkeit mit geringem Leistungsbedarf gleiten und trotzdem sicher auf kleinem Raum manövrieren.

Die Schwimmer, die man an Normalflugzeugen anbringt, damit sie auf dem Wasser starten und niedergehen können, sind letztlich nichts anderes als kleine wasserdichte Rumpfe. Neuzeitliche Schwimmer sind nach aerodynamischen Gesichtspunkten gestaltet, so daß größere Auftriebskräfte erzeugt und das Mehrgewicht ausgeglichen werden können. Gegenwärtig sind Zweifachschwimmer die Regel; allerdings waren vor dem Kriege weithin Einzelschwimmer üblich, und einige frühere Seeflugzeuge hatten einen Schwimmer am Heck. Ein Nachteil bei den hoch auf dem Wasser stehenden Schwimmerflugzeugen ist der hohe Massenschwerpunkt, der eine gesteigerte Empfindlichkeit gegenüber Seitenwind mit sich bringt.

Da Hubschrauber keine hydrodynamisch gestalteten Einrichtungen brauchen, werden an ihnen vielfach leichte, aufblasbare Gummi-Schwimmpontons angebracht oder so an ihren Landekufen befestigt, daß sie sich jederzeit mit Druckgas füllen lassen. Einige der neueren Großhubschrauber besitzen sogar richtige Bootsrumpfe für den amphibischen Einsatz. Gegenwärtig unternimmt man Versuche mit senkrecht stehenden Stummelschwimmern, mit deren Hilfe Seerettungsflugzeuge bei rauher See ruhiger auf dem Wasser 'sitzen' sollen. Starrflügelflugzeuge hätten die Möglichkeit, diese Schwimmer zum Start und zur Wasserung in die Horizontale zu drehen.

## SEGEL

**Die Erkenntnis, daß die Energie des Windes dazu genutzt werden kann, Schiffe rasch große Entfernungen überwinden zu lassen, erschloß dem Menschen die Erde.**

Schon vor Zehntausenden von Jahren muß dem Menschen bekannt gewesen sein, wie er einmal sich selbst, dann aber auch Güter auf dem Wasser befördern konnte. Allerdings konnten die ersten Wasserfahrzeuge in Gestalt von Baumstämmen, Schilfrohrbündeln oder Flechtwerkkonstruktionen nur an solche Stellen gelangen, an die die Strömung oder der Mensch (mit Hilfe primitiver Stechpaddel) sie trieb. Vermutlich wurde dem Menschen bald nach Erfindung des Stechpaddels klar, daß der Wind seiner Muskelkraft einen ebenso großen Widerstand wie Wellen und Wasserströmung entgegensetzen konnte. Sicherlich hat dieser Widerstand häufig zu unerwünschten Kursabweichungen nach Lee (die dem Wind abgewandte Seite; die gegenüberliegende Seite heißt Luv) geführt. Aus Vasenmalereien und Tonmodellen ägyptischen Ursprungs, deren Alter von Archäologen mit 7 000 bis 11 000 Jahren angesetzt wird, geht hervor, daß der Mensch schon bald lernte, sich diese Abdrift zunutze zu machen. Es gilt als sicher, daß um das Jahr 3 000 v. Chr. das

Treibenlassen vor dem Wind oder 'Rückenwindsegeln' weithin genutzt wurde, um Menschen oder Lasten auf energiesparende Weise zu befördern.

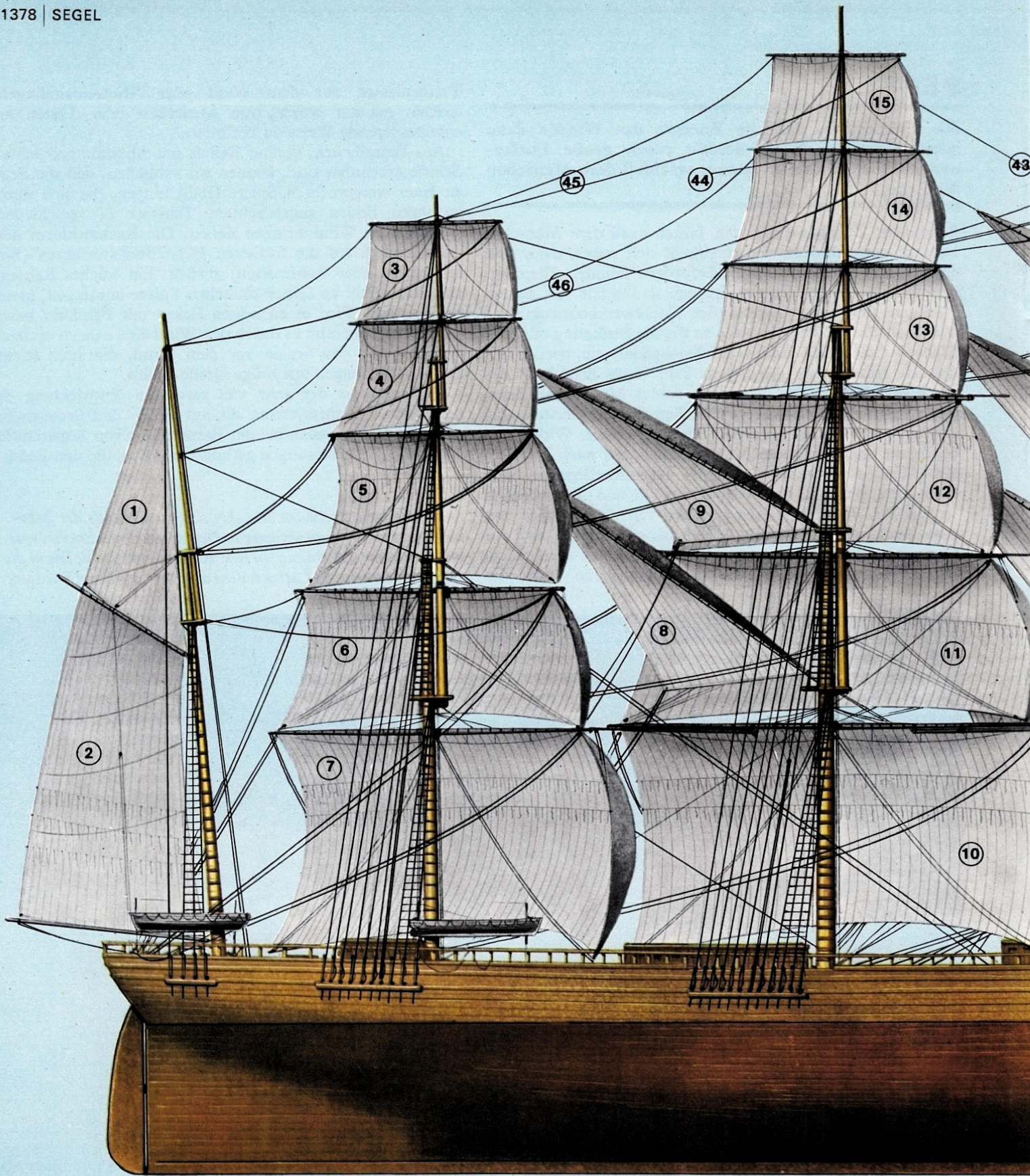
Aus Einzelheiten, die auf Reliefs mit Abbildungen solcher Schiffe erkennbar sind, können wir schließen, daß die Segel an einer waagerechten Spiere (Rah) hingen, die sich durch an ihren Enden angebrachtem Tauwerk in verschiedene Winkel zum Wind bringen ließen. Die Rechteckform geht offensichtlich auf die frühesten Herstellungsverfahren (Binnengeflecht oder Rohrmatten) zurück. Ein solches Rahsegel läßt sich leicht an seiner einfachen Spiere anbringen, hissen und bergen. Wird es an seinen Ecken mit Bändeln belegt (gehalten), bekommt es durch den Wind eine nahezu optimale Wölbung für das Segeln vor dem Wind, die auch leichte Kursabweichungen um einige Grade zuläßt.

Entsprechend der sehr viel rascheren Entwicklung der modernen Verkehrssysteme, die mit Treib- und Brennstoffen arbeiten, mußten auch bei der Entwicklung von Segelschiffen stets Kompromißlösungen gefunden werden, die den Bedürf-

*Die chinesische Dschunke brauchte sich im Verlaufe der Jahrhunderte nur wenig zu verändern. Der Entwurf von Bootskörper und Segel war von Anfang an sehr zweckentsprechend. Die in die Segel eingearbeiteten Latten halten die Form der Segel konstant.*



DOUGLAS DICKINS



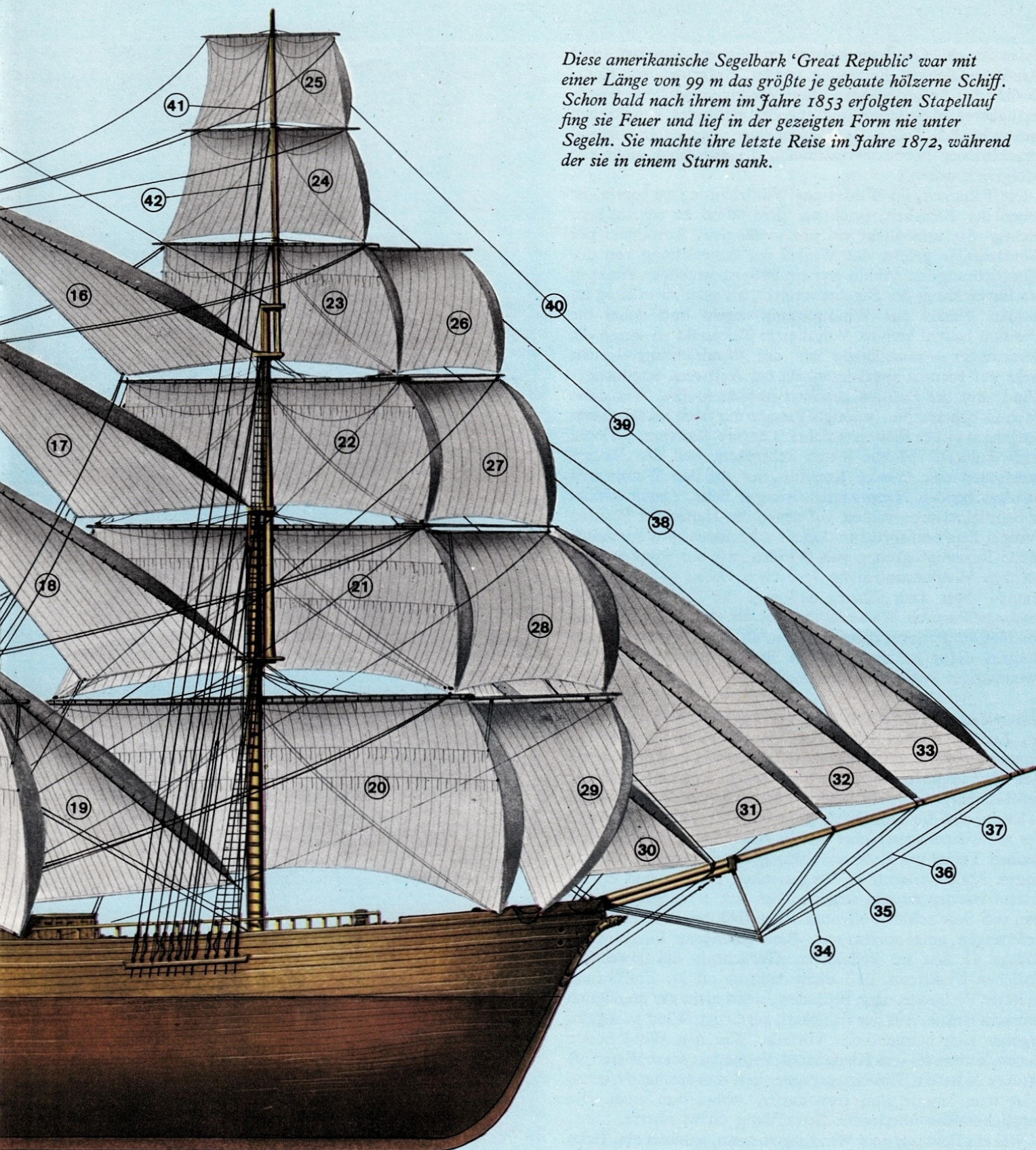
1 Kreuzmarssegel  
2 Besan  
3 Kreuzroyalsegel  
4 Kreuzbramsegel  
5 Kreuzobermarssegel  
6 Kreuzuntermarssegel

7 Kreuzsegel  
8 Kreuz-Stengestagssegel  
9 Kreuz-Bramstagssegel  
10 Großsegel  
11 Großuntermarssegel  
12 Großobermarssegel

13 Großbramsegel  
14 Großroyalsegel  
15 Groß-Skeisegel  
16 Groß-Royalstagssegel  
17 Groß-Bramstagssegel  
18 Groß-Stengestagssegel

19 Groß-Stagssegel  
20 Fock  
21 Voruntermarssegel  
22 Vorobermarssegel  
23 Vorbramsegel  
24 Vorroyalsegel

Diese amerikanische Segelbark 'Great Republic' war mit einer Länge von 99 m das größte je gebaute hölzerne Schiff. Schon bald nach ihrem im Jahre 1853 erfolgten Stapellauf fing sie Feuer und lief in der gezeigten Form nie unter Segeln. Sie machte ihre letzte Reise im Jahre 1872, während der sie in einem Sturm sank.



- |                        |                           |                         |                     |
|------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------|
| 25 Vorskeisegel        | 31 Vorstengestagssegel    | 37 Außenklüverleiter    | 43 Skeisegelstag    |
| 26 Oberes Leeseegel    | 32 Innenklüver            | 38 Außenklüverleiter    | 44 Fußtaue          |
| 27 Obermars-Leeseegel  | 33 Außenklüver            | 39 Vorroyalstag         | 45 Skeisegelbrassen |
| 28 Untermars-Leeseegel | 34 Klüverstampfstock      | 40 Vorskeisegelstag     | 46 Royalbrassen     |
| 29 Unteres Leeseegel   | 35 Klüverleiter           | 41 Vorskeisegel-Pardune |                     |
| 30 Focktagsegel        | 36 Außenklüverstampfstock | 42 Vorroyal-Pardune     |                     |

nissen nach Geschwindigkeit, möglicher Nutzlast und Manövrierfähigkeit Rechnung trugen. Aufgrund der Komplexität der Anforderungen, ihres Zusammenwirkens, jeweils verfügbarer Materialien und am Ort gepflegter Traditionen kam es in allen Teilen der Welt zu einer ungeheuren Vielzahl verschiedener Bootskonstruktionen, die allerdings nicht alle erfolgreich waren.

Die Fähigkeit, im Winkel zur Windrichtung zu segeln, ist neben der Fähigkeit, rasch vor dem Wind zu segeln, sehr wichtig. Sie ermöglicht ein um so längeres Ausnutzen der Windkraft, je größer der Winkel der Abweichung von der Windrichtung ist. Mithin war ein äußerst wichtiger Punkt in der Entwicklung des Segelns erreicht, als man zuverlässig im rechten Winkel zur Windrichtung segeln und dabei die 'Position halten' konnte. Von diesem Zeitpunkt an waren die Besatzungen — unabhängig von der Windrichtung — nicht mehr auf Riemen angewiesen, da bei Auftreten ungünstiger Winde nur die Position gehalten werden mußte. Wer diese Technik beherrschte, benötigte Riemen nur noch bei extremem Seegang und bei Küstennahfahrt. Längere Seereisen verloren auch dadurch viel von ihrem Schrecken, weil der Mensch inzwischen eine bessere Kenntnis der auf den Weltmeeren vorherrschenden Hauptwindrichtungen hatte. Damit konnte er Schifffahrtswege wählen, auf denen das Halten der Position weniger Zeit beanspruchte. Leicht erkennbare und auszunutzende Regelmäßigkeiten von Winden, wie sie beispielsweise bei den Monsunwinden im Indischen Ozean gegeben sind, können sogar dazu führen, daß man die Entwicklung von leistungsfähigeren Wasserfahrzeugen als es Schiffe sind, die zur Not die Position halten können, als unnötig erachtet. Ein Beispiel dafür ist die in jenen Breiten übliche Dau, ein zweimastiges Schiff mit Trapezsegeln.

### Überluven (Segeln gegen den Wind)

Im Laufe der Zeit lernte der Mensch auch, in gewissen Grenzen gegen den Wind zu segeln. Bedenkt man, wie wenig sich die Fähigkeit, gegen den Wind segeln zu können, mit der gefühlsmäßigen Einschätzung des Menschen deckt, überrascht es kaum, daß die zum Segeln gehörende Technik im Verlaufe der Menschheitsgeschichte und in vielen weit auseinanderliegenden Teilen der Erde unabhängig voneinander zu wiederholten Malen erlernt, in Vergessenheit geraten und erneut erlernt worden zu sein scheint. Dies läßt erkennen, daß der Bau von Segelschiffen offenbar schon früh bestimmten Überlieferungen unterworfen war. Eine gelungene Einzellösung haftet so fest im kollektiven Gedächtnis des jeweiligen örtlichen Umkreises, daß allein dadurch oft die Einführung weiterer Verbesserungen behindert, wenn nicht gar unmöglich gemacht wurde. Aus der Fähigkeit, gegen den Wind zu segeln, ergeben sich beträchtliche Vorteile: Wer den Wind besser nutzen konnte als sein Konkurrent, vermochte seine Waren oft rascher zu liefern. Ein Kriegsgegner ließ sich ausmanövrieren, oder man konnte ihm entkommen, wobei ihm auch eine möglicherweise überlegene Bewaffnung nichts nützte.

Wie ein Boot mit dem Wind segeln kann, leuchtet ein. Jedes Spielzeugboot läßt sich unabhängig von der Art des Segels durch einen Luftstrom vorantreiben. Weniger verständlich ist das Segeln gegen den Wind.

Ein Boot mit einem Rahsegel kann man nicht ohne weiteres in den Wind hineinsegeln. Nimmt man jedoch das Segel quer zur Bootslängsachse und setzt es zu ihr parallel (Schräg- oder Schratsegel), kann man mit halbem Wind (scheinbarer Wind querschiffs einkommend) im rechten Winkel zur Windrichtung segeln. Da es für ein Boot einfacher ist, sich statt seitwärts quer zur Windrichtung durch das Wasser zu bewegen, in die sein Bug weist, macht es unter diesen Bedingungen rechtwinklig zum Wind Fahrt. Wird nun das Ruder so gelegt, daß es das Boot noch weiter in den Wind hineinhält, segelt man



**Oben:** Das polnische Rahschiff 'Dar Pomorza' vor dem Wind im Ärmelkanal. Das Wort 'Schiff' hat hier eine besondere Bedeutung, denn strenggenommen sind Schiffe vollständig rahgetakelt, mit Toppmast und Bramstenge.

**Unten und rechts:** Man vergleiche diese beiden Segelarten miteinander. Die Boote unten sind Prahus, am Strand von Sanur auf Bali im indonesischen Archipel. Obwohl diese Boote mit Doppelauslegern nur eine leichte Besegelung tragen, hat die Konstruktion gegenüber dem üblichen Lateinsegel an der Feluke (Aufnahme rechts) auf dem Nil einen Vorteil. Wenn der Wind von der falschen Seite kommt, wird die Ausbauchung des Segels vom Mast behindert, oder das Segel muß neu gesetzt werden. Bei den Prahus wird dies durch die Gabelform der Segel, die in der Nähe des Mastes drehbar befestigt sind, vermieden.

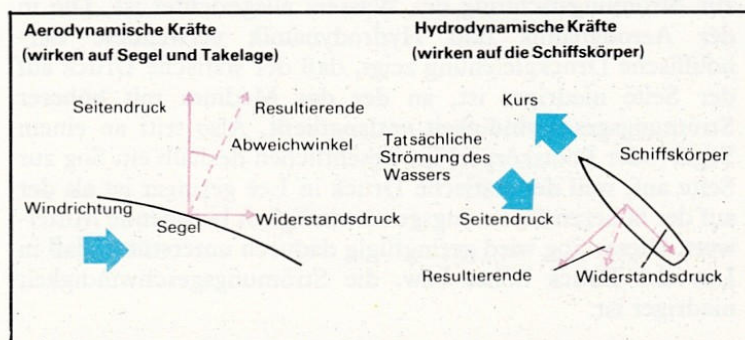


hart am Wind und noch stärker als zuvor gegen die Windrichtung. Dazu steuert man einen Kurs, der aus einer Anzahl von Einzelmanövern besteht, bei denen man abwechselnd nach Steuerbord und Backbord in möglichst geringem Winkel gegen die Windrichtung segelt. Durch das wiederholte Überstaggehen kommt man jedesmal ein Stück voran. Man bezeichnet diese Technik als Aufkreuzen.

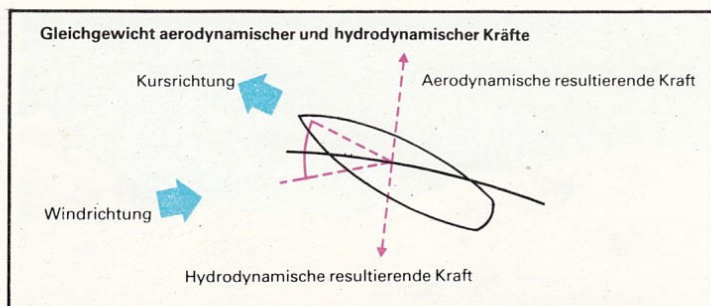
Erst im 19. Jahrhundert gewann man Klarheit über die besonderen Maßnahmen, die für ein gutes Segeln am Wind erforderlich sind. Heutige Rennjachten segeln erheblich besser am Wind als die Clipper, die sich in der Mitte des 19. Jahrhunderts Rennen über die Weltmeere lieferten. Allerdings ist ihre Höchstgeschwindigkeit beim Raumschotssegeln (Segeln im Bereich von 'dicht am Wind' bis 'vor dem Wind', hier bei  $90^\circ$  zur Windrichtung) der der Clipper nur geringfügig überlegen. Diese besonderen Eigenschaften ergeben sich in gleichem Maße aus den Seitenkräften wie aus dem für das Segeln vor dem Wind sehr wichtigen Strömungswiderstand.

Man stelle sich ein Boot vor, das hart am Wind segelt, d.h. der Bug des Bootes nimmt höchstens einen Winkel von  $45^\circ$  zur Windrichtung ein. Dabei wirken verschiedene Kräfte auf Segel und Bootskörper ein, die sich in ihre Komponenten zerlegen lassen. In allen Fällen ist die Kraft, die rechtwinklig zur Luft- und Wasserströmung einwirkt, die Seitenkraft, und der Luft- oder Strömungswiderstand ist die Kraft, die in die Richtung von Luft- und Wasserströmung wirkt. Aus diesen

Kraftkomponenten ergibt sich eine Resultierende. Die Seitenkraft am Segel wirkt etwa entgegengesetzt zur Krafrichtung am Bootskörper, weil der Wind gegen das Segel drückt, das Wasser der Seitwärtsbewegung des Bootskörpers aber einen Widerstand entgegensetzt.



Um in den Wind zu segeln, muß man bei den aerodynamischen Kräften, die auf die Besegelung und die Takelage einwirken, sowie bei den am Bootskörper angreifenden hydrodynamischen Kräften ein möglichst hohes Verhältnis von Seitenkräften zu Luft- bzw. Strömungswiderstand erzielen. Dies bedeutet, daß die Seitenkräfte im Verhältnis zum zugehörigen Luft- und Strömungswiderstand möglichst hoch sein sollen.

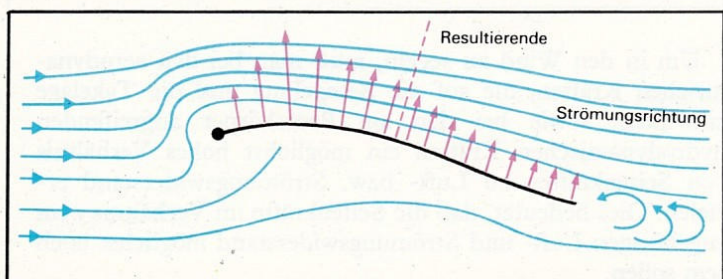


Bei stetig eingehaltenem Kurs müssen sich die Komponenten des aerodynamischen und hydrodynamischen Widerstandes vollständig aufheben. Daher gilt für die besonderen Bedingungen des Segelns am Wind: Der Winkel des Luftwiderstandes ( $\epsilon$ ) am Segel und des Strömungswiderstandes am Bootskörper ( $\delta$ ) muß ein Minimum einnehmen, denn aus der Zeichnung ist zu erkennen, daß der Winkel gegen die Windrichtung, mit dem man segeln kann, der Summe von ( $\epsilon$ ) und ( $\delta$ ) entspricht. Je kleiner diese Summe der Größen ( $\epsilon + \delta$ ) ist, desto härter kann man am Wind segeln.

### Ursprung der Kräfte

Ein Strömungswiderstand ergibt sich daraus, daß der Gegenstand, gegen den eine Flüssigkeit anströmt, die Teilchen dieser Flüssigkeit verlangsamt. Je glatter die Oberfläche und je schlanker der Umriss des Gegenstandes ist, desto geringer ist dieser Strömungswiderstand (strömungsgünstige Form oder Stromlinienform). Die Seitenkraft (bei Flugzeugen die Auftriebskraft) hängt entscheidend vom Profil und der Dicke der Überwasserform des Bootes ab, die einem Tragflügel ähnelt. Die hohen Seitenkräfte verlangen, im Verein mit dem bei einem Segel für gute Segeleigenschaften am Wind erforderlichen geringen Luftwiderstand kleine Spierendurchmesser und möglichst kleine Querschnitte bei anderen Teilen der Takelage, eine scharfe Vorderkante (Mastliek) und eine nur leichte Krümmung, so daß die Überwasserform des Bootes nicht beeinträchtigt wird, wenn mit kleinen Winkeln gegen die Windrichtung am Winde gesegelt wird. Bootskörper von Hochleistungsbooten müssen glattflächig sein, gut geglättete Bodenrundungen, einen tiefreichenden Kiel, glatte Heckübergänge in Höhe der Wasserlinie, gut konstruierte Ruder und eine niedrige und glatte Umrisslinie über Wasser haben.

In ihrer einfachsten Form ergibt sich die Seitenkraft aus der Newtonschen Reaktion auf die Ablenkung von Flüssigkeitsteilchen, die mit größerer Kraft zu einer Seite des Bootes als zur anderen erfolgt, weil der Bootskörper asymmetrisch zur Strömungsrichtung des Wassers ausgerichtet ist. Die in der Aerodynamik und Hydrodynamik verwendete Bernoullische Druckgleichung zeigt, daß der statische Druck auf der Seite niedriger ist, an der das Medium mit höherer Strömungsgeschwindigkeit entlangfließt. Also tritt an einem Segel (oder Bootskörper) im wesentlichen deshalb ein Sog zur Seite auf, weil der statische Druck in Lee geringer ist als der auf der höheren Strömungsgeschwindigkeit beruhende Mittelwert. Dieser Sog wird geringfügig dadurch unterstützt, daß in Luv der Druck höher bzw. die Strömungsgeschwindigkeit niedriger ist.



Schließlich wäre noch anzumerken, daß es wenig Sinn hat, die Strömungswinkel für Segel und Bootskörper möglichst klein zu halten, wenn die in der Praxis als Gegenkräfte auftretenden aerodynamischen und hydrodynamischen Seitenkräfte das Boot so stark krängen (zur Seite überholen) lassen, daß die Seitenkraft deutlich verringert wird. Mithin sind für das Segeln am Wind zusätzliche Anforderungen zu erfüllen, die mit der Aufrichtestabilität zusammenhängen: Tiefliegender Massenschwerpunkt oder tiefliegender schwerer Kiel, leichte Spieren und leichte Überwasserteile des Schiffskörpers zusammen mit einem hoch liegenden Auftriebsmittelpunkt (auch Verdrängungsschwerpunkt genannt).

### Entwicklung von Konstruktionen

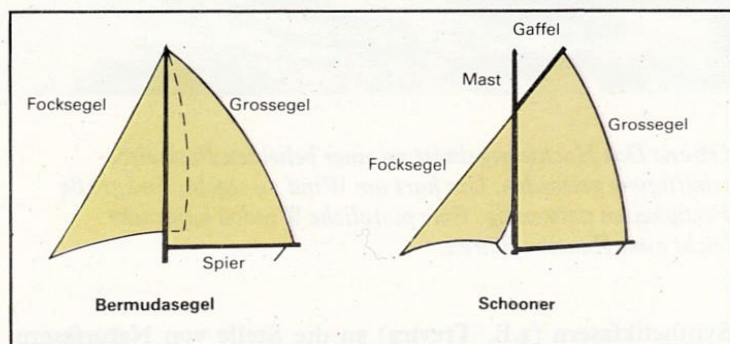
Die besonders erfolgreichen Segelschiffe der Vergangenheit lassen sich heute mittels der oben genannten Kriterien auf ihre Segelfähigkeit am Wind untersuchen. Es gibt eine Anzahl von Anhaltspunkten dafür, daß es bei den verblüffenden Nordatlantiküberquerungen durch die Langschiffe der Wikinger im 7. bis 10. nachchristlichen Jahrhundert erstmals gelang, unter Verwendung der damals noch üblichen Rahsegel Position zu halten. Diese Schiffe hatten eine Länge von 21 m bis 82 m. Ihre Bootskörper rufen wegen ihres ausgezeichneten Strömungsprofils noch heute Bewunderung hervor. In der Takelage fanden erstmals besonderes Tauwerk (Buline) und spezielle Spieren Verwendung. Sie waren so angelegt, daß man das Segel bei kleinem Windeinfallswinkel jederzeit in der richtigen Form halten konnte.



**Oben:** Die Bark 'Eagle' der amerikanischen Küstenwacht während der Großschiffregatta ('Windjammerregatta') von 1972. Eine Bark hat am Besanmast keine Rah- sondern Schratsegel.

Es gibt aber auch noch eine andere Möglichkeit, Rahsegel bei kleinen Windeinfallswinkeln in der günstigsten Form zu halten, und zwar durch Einsetzen steifer, waagrecht liegender Holzleisten oder Bambusstäbe. Beispiele dafür sind die chinesischen Dschunken der Frühzeit. Sie wiesen niedrige Umrißlinien und außerdem eine gute Unterwasserform auf, die wohl darauf zurückzuführen war, daß die Chinesen schon Jahrhunderte vor den Europäern statt des seitlichen Ruders das weit wirksamere Mittlerruder eingeführt hatten. Im 13. Jahrhundert waren die Dschunken bereits so hoch entwickelt und den heutigen hochseetüchtigen Dschunken so ähnlich, daß sie schon Jahrhunderte früher als andere am Wind zu segeln vermochten.

Sogenannte Lateinsegel, bei denen die Rah in einem solchen Winkel zum Mast lag, daß sie als starre Anströmkante diente, ließen sich dicht an den Wind bringen und leisteten damit einen bedeutenden Beitrag zur Technik des Segelns am Wind. Erstmals traten sie bei den ozeantauglichen polynesischen Segelbooten des 5. Jahrhunderts auf, dann aber ganz besonders vom 9. bis 13. Jahrhundert im Mittelmeer. Die Lateinsegel führten zu Schiffsarten, deren hohe Leistungsfähigkeit einen großen Anteil an den Forschungs- und Handelsreisen venezianischer und portugiesischer Karavellen hatte. Die Karavellen führten eine Serie von Entwicklungen weiter, in deren Verlauf später die skandinavischen Jachten des 17. Jahrhunderts und die berühmten Schoner aus Massachusetts zu den unmittelbaren Vorfahren der modernen Ozean-Rennjachten wurden. Wahrscheinlich hat sich im Verlaufe des geschichtlichen Prozesses das Lateinsegel in die zwei besser zu handhabenden Einzelsegel 'aufgespalten': Fock und Hauptsegel. Die Anströmkante des erstgenannten Segels wurde dadurch verschärft, daß man die schräg verlaufende Rah durch ein festes Vorderliek ersetzte. Das Hauptsegel wurde am achteren Teil der Rah befestigt, aus dem später die Gaffel entstand. Sie verschwand schließlich unter dem Druck der Notwendigkeit, oberhalb der Wasserlinie Gewicht einzusparen. Dabei entstand das moderne Hochsegel, das sich für das Segeln am Wind vor allem wegen des Verhältnisses von Höhe zu Länge (dem Seitenverhältnis) eignet.



## Moderne Konstruktionsmethoden

In unserem Jahrhundert beruht die Entwicklung von Segelbooten auf alten Erfahrungen, ohne jedoch neuere wissenschaftliche Erkenntnisse unberücksichtigt zu lassen. Modelle von Segeln und Teilen der Takelage werden im Windkanal in der gleichen Weise untersucht wie Flugzeugmodelle. Dabei sind die Hauptparameter Strömungswiderstand, Seitenkraft und der auch als Segelsystem-Schwerpunkt bezeichnete Segelpunkt (damit ist der Punkt gemeint, an dem die Wirkung von Segeln und Takelage gemeinsam angreift. Diese Größen werden bei variierender Geschwindigkeit und Wind-Einfallswinkel des Segels bestimmt. Die an den Modellen mit Hilfe von Dynamometern gemessenen Kräfte werden dann maßstäblich umgerechnet, damit man die an einer Takelage in natürlicher Größe auftretenden Kräfte vorhersagen kann. In ähnlicher Weise werden Modelle von Bootskörpern durch



Bei Verwendung eines Bugspriets, einer Spiere, die vom Bug nach vorn ragt, kann das Schiff eine weitere Fock führen.

Schleppen in Schlepptanks auf verschiedene Geschwindigkeiten und in verschiedene Schwinglagen gebracht. Auch hier werden am Modell Strömungswiderstand, Seitenkraft und Kraftangriffspunkt (hier im allgemeinen als Lateralschwerpunkt bezeichnet) gemessen und auf die tatsächliche Größe umgerechnet, damit man die Kräfte kennt, mit denen man am Körper des fertigen Bootes zu rechnen hat. Solche Messungen dienen meist als Vergleichsuntersuchungen, mit deren Hilfe man mögliche Vorzüge leichter Konstruktionsvarianten aufspüren will. Gelegentlich kann man die am Modellkörper und an den Segelmodellen gewonnenen Meßwerte gemeinsam verwerten, um das Leistungsverhalten fertig konstruierter, aber noch nicht gebauter Boote vorherzusagen. Für ein solches Vorgehen sind beträchtliche technische Kenntnisse und der Zugang zu einer Großrechenanlage erforderlich.

Vielleicht läßt sich schon erkennen, daß die vielen Meßwerte, die erforderlich sind, um das Leistungsverhalten einer noch nicht gebauten Jacht vollständig vorherzusagen, die Kenntnisse und Hilfsmittel aerodynamischer und hydrodynamischer Labors erfordern, und daß mehr Messungen erforderlich sind als bei einem Flugzeug und einem Schiff zusammen. Es überrascht daher nicht, daß ein solch vollständiges Meßprogramm für ein Erzeugnis, das ausschließlich Freizeitfreuden dienen soll, selten durchgeführt wird. Häufiger entsteht der Entwurf für eine Jacht aus einer Mischung von begrenzter Windkanalproben und von Versuchen im Schlepptank, zusammen mit Erfahrungen, die man beim Bau erfolgreicher Jachten gemacht hat — und man probiert bei neuen Booten in voller Größe Dinge einfach aus, um zu sehen, ob sie sich so verhalten, wie man angenommen hat.



Damit die Leistungswerte eines bestimmten Bootes verbessert werden können, liefern moderne elektronische Bordinstrumente der Besatzung sofort ablesbare Werte für Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Wassergeschwindigkeit, den anliegenden Kurs und sogar komplizierte Kombinationen dieser Werte.

Die für das Kreuzen bedeutendste Größe ist die tatsächliche Geschwindigkeit der Jacht, die so gemessen wird, als segelte sie geradewegs gegen die Windrichtung (beschickte Geschwindigkeit oder Fahrt). Doch verlassen sich wie schon in alten Zeiten auch heute die meisten Segler auf ihre Erfahrung oder recht einfache Einrichtungen. Sie schätzen Windrichtung, Wasser- und Windgeschwindigkeit ab, um aus dem Boot die größte Leistung herauszuholen.

Wie auf allen anderen Gebieten der Technik hat man auch bei Segelbooten immer wieder Fortschritte infolge der Verwendung verbesserter Werkstoffe erzielt. Ein Segel muß aus einem reißfesten, leichten, ziemlich steifen, glattflächigen, bakterienfesten Gewebe bestehen, das sich unter dem Einfluß des Sonnenlichts nicht verändert, sich nicht dehnt und keine mechanischen Ermüdungserscheinungen aufweist; außerdem muß es winddicht sein. Die Mehrzahl dieser Eigenschaften wurde dadurch bedeutend verbessert, daß man gewebte und 'heißgemangelte' (durch beheizte Walzenpaare geschickte)

**Oben:** Das Hochseesegeln ist zu einer beliebten Freizeitbeschäftigung geworden. Um hart am Wind zu segeln, sind große Fertigkeiten notwendig. Eine plötzliche Windbö kann sehr leicht zum Kentern führen.

Synthetikfasern (z.B. Trevira) an die Stelle von Naturfasern gesetzt hat. In der Takelage wird Material mit hoher innerer Dehn- und Verformungsfestigkeit (Festigkeit im Verhältnis zum Gewicht) benötigt, während Spieren bei hoher innerer Steifigkeit äußerst korrosionsfest sein müssen. An die Stelle von Hanf trat erst Eisen, dann verzinktes Eisen, und später machte man Takelagen aus Edelstahl. Wo Spieren früher aus Holz gefertigt waren, bestehen sie heute aus eloxiertem Aluminiumrohr oder aus Verbundmaterial auf der Basis von Glasfaser und Wabenkunststoffen. Das Material für die Bootskörper muß korrosionsfest sein und sich zu einer glatten, leichten und hochfesten Außenhaut formen lassen. So wird der hervorragend dafür geeignete Werkstoff Holz heute insbesondere von Aluminiumlegierungen und GFK (glasfaserverstärktem Kunststoff) verdrängt. Auf diese Weise wird jeder neu auf den Markt kommende Werkstoff sofort in neuen Konstruktionen verwendet, sofern das vom Preis her vertretbar ist.

## SEGELFLUGZEUGE

**Mit Hilfe eines Gleiters erhob sich der Mensch zum ersten Male erfolgreich in die Luft. Mit dem Segelflugzeug kommt er der Erfüllung seines ältesten Wunsches, frei wie ein Vogel zu fliegen, am nächsten.**

Mit einfachen Worten gesagt: Ein Gleiter oder Segelflugzeug ist ein Flugzeug ohne Motor. Der Gleitflugsport wurde kurz vor dem Ersten Weltkrieg in Deutschland auf der Wasserkuppe in der Rhön betrieben. Dort gelang auch der erste bedeutsame Segelflug Europas im Jahre 1916. Vor dieser Zeit stand das Gleiten bzw. Segelfliegen lediglich gleichbedeutend neben den anderen Bemühungen des Menschen zu fliegen.

In der Frühzeit des Flugsportes behinderte der Mangel an geeigneten leichtgewichtigen Motoren den allgemeinen Fortschritt und die Erforschung des Fliegens, weshalb die meisten Flieger aus der Zeit der Anfänge sich einfach gebauter Gleiter bedienten, um sich in die Luft zu erheben. Segelflugzeuge haben daher eine wesentlich ältere Vergangenheit als motorgetriebene Flugzeuge.

Die ersten Gleiter wurden von Sir George Cayley hergestellt, der nach einer Serie von Modellen im Jahre 1849 in Brompton bei Scarborough, Yorkshire, England, einen Gleiter herstellte, der einen Jungen tragen konnte. Ein im Jahre 1853 von ihm gebauter Gleiter konnte seinen Kutscher tragen. Andere Gleiter wurden um die Jahrhundertwende von Otto Lilienthal in Deutschland, Percy Pilcher in England und Wilbur und Orville Wright in Amerika gebaut. Den Höhepunkt bedeutete der erste Flug eines Motorflugzeuges am 16. Dezember 1903. Von diesem Tage an wurde das Segelfliegen, abgesehen von seiner Bedeutung zur Fliegerschulung, stark in den Hintergrund gedrängt, bis in den Jahren 1920 und 1921 Segelflug-Wettbewerbe auf der Wasserkuppe veranstaltet wurden.

Nach diesen Veranstaltungen erlebte das Segelfliegen einen Aufschwung in ganz Europa. Der erste internationale

Segelflug-Wettbewerb fand im Jahre 1937 in Deutschland statt. Während des Zweiten Weltkrieges wurden große Lastensegler gebaut, die bis zu 600 Soldaten oder auch kleine Fahrzeuge transportieren konnten. Nach dem Zweiten Weltkrieg verbreitete sich das Segelfliegen über die ganze Welt, und seit dem im Jahre 1948 in der Schweiz abgehaltenen Segelflug-Wettbewerb sind internationale Wettbewerbe regelmäßig auf verschiedenen Kontinenten durchgeführt worden. Zu einer Beteiligung der Bundesrepublik Deutschland kam es jedoch erst nach 1951, da hier das Segelfliegen nach Kriegsende zunächst verboten war.

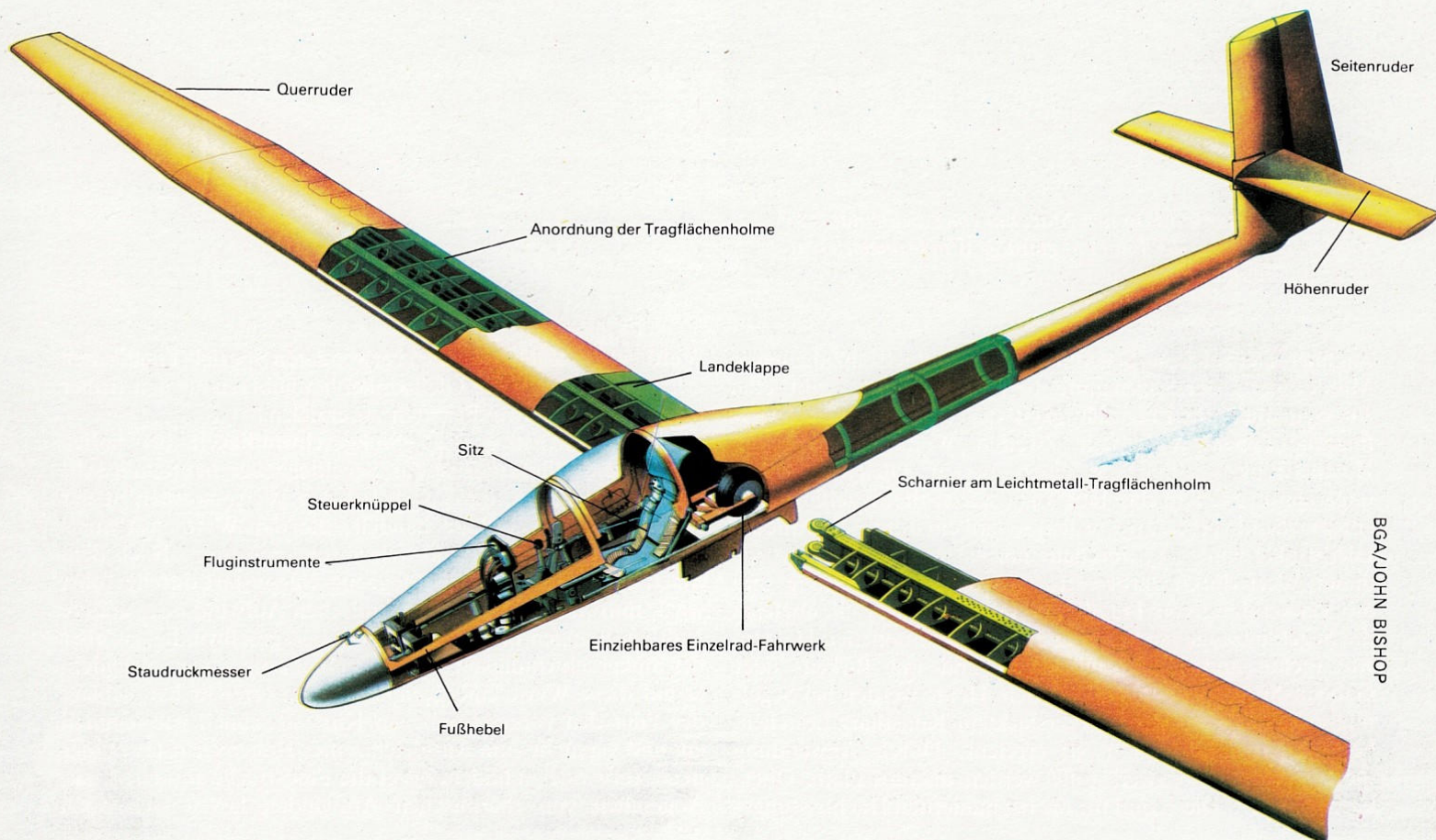
### Start

Heute werden in der Regel zwei Verfahren zum Starten eines Segelflugzeuges angewendet. Beim Windenschleppstart wird ein langes Drahtseil auf die Seiltrommel einer Motorwinde gedreht, wodurch das an das Seil angehängte Segelflugzeug etwa so in die Luft gezogen wird, wie man einen Drachen steigen läßt. Der Flugzeugschleppstart besteht darin, das Segelflugzeug von einem Schleppflugzeug auf eine bestimmte Höhe bringen zu lassen. Eine früher häufig beobachtete Methode, das Segelflugzeug mittels eines straffgespannten Gummiseiles in die Luft zu schießen (Gummiseilstart) wird heute nur selten angewendet. Natürlich können Segelflugzeuge auch von einem Kraftfahrzeug angeschleppt werden (Autoschleppstart).

### Fliegen

Ist das Segelflugzeug erst einmal in der Luft, kann der Pilot einen waagerechten Flugweg wegen der Erdanziehung nicht unendlich lange beibehalten. Der zwischen dem Horizont und dem Flugweg bestehende Winkel wird als Gleitwinkel be-

*Das einsitzige, aus Holz und Leichtmetallholmen hergestellte Ken-Holmes-Hochleistungsflugzeug vom Typ KH.1. Dieses Segelflugzeug besitzt ein einteiliges Leitwerk mit Höhen- und Seitenruder und ist mit einem Heckfallschirm ausgerüstet.*





*Ein Segelflugzeug wird für den Start mit einer Seilwinde vorbereitet. Danach ist der Pilot auf günstige Winde angewiesen, die es auszunutzen gilt.*

zeichnet. Der für jedes Segelflugzeug individuell einzuhaltende Mindestwert, der sogenannte beste Gleitwinkel, gibt eine Aussage über die Flugtüchtigkeit der verschiedenen Segelflugzeug-Typen. Vor dem Zweiten Weltkrieg hatte ein Hochleistungssegelflugzeug einen besten Gleitwinkel von ungefähr 1:25. Um das Jahr 1955 waren die Segelflugzeuge entsprechend verbessert worden, so daß ein durchschnittlicher Gleitwinkel von 1:35 durchaus normal war. Erreicht wurde dieser Wert durch verbesserte Oberflächenbearbeitung und die Verwendung von Tragflächen mit Laminarprofil, obgleich die Segelflugzeuge noch immer aus den traditionellen Hölzern wie Fichte und Kiefer hergestellt und mit Birken- oder Gaboon-Sperrholz beplankt wurden. Heute werden bei Segelflugzeugen, die aus glasfaserverstärktem Kunstharz bestehen, beste Gleitwinkel von 1:50 erreicht. Durch Anwendung dieser Konstruktionswerkstoffe werden überaus glatte Oberflächen erzielt. Diese sind für die bei modernen Hochleistungs-

Wettbewerbssegelflugzeugen verwendeten Spezial-Tragflächen erforderlich, um beste Gleitwinkel bei höheren als den früher möglichen Geschwindigkeiten zu erzielen.

Eine möglichst geringe Sinkgeschwindigkeit bei hohen Fluggeschwindigkeiten ist für Segelflugzeuge heute von sehr großer Bedeutung, da es sich bei den Wettbewerben in der Regel um Dreiecksflüge handelt, die der Wettbewerbsteilnehmer so schnell wie möglich absolvieren muß. Nach dem Start, der in der Regel als Flugzeugschleppstart durchgeführt wird, muß der Pilot einen thermischen Aufwind oder andere Luftbewegungen finden, deren Aufstiegsgeschwindigkeit über der Sinkgeschwindigkeit seines Segelflugzeuges liegt. Nachdem er auf diese Weise eine geeignete Höhe erreicht hat, schlägt der Pilot den vorgeschriebenen Kurs so schnell wie möglich ein und versucht zum Ausgleich seines Höhenverlustes immer neue Aufwinde zu finden, bis er die Flugstrecke absolviert hat. Abgesehen von thermischen Aufwinden lassen sich noch



JERRY YOUNG

andere aufsteigende Luftbewegungen, wie z.B. an Berghängen aufsteigende Winde, aufsteigende Wärmeströme einer Stadt und von Kaltluft hochgedrückte Warmluftströme, zum Halten und Wiedergewinnen der Flughöhe nutzen.

Ein Segelflugzeug wird auf genau die gleiche Weise wie ein Motorflugzeug gesteuert, und zwar einschließlich der Benutzung eventuell angebrachter Höhen-, Quer- oder Seitenruder. Die meisten Segelflugzeuge sind außerdem zur Begrenzung der Höchstgeschwindigkeit und zur Erleichterung des Landens auf kleinen Plätzen mit Landeklappen ausgerüstet. Einige Segelflugzeuge werden sogar mittels Heckfallschirm abgebremst.

Für Wettbewerbe eingesetzte Hochleistungssegelflugzeuge besitzen häufig besonders reichhaltige Bordinstrumente. Zur notwendigen Ausrüstung gehören: Geschwindigkeitsmesser, Höhenmesser, Variometer (zur Anzeige der senkrechten Steig- und Sinkgeschwindigkeiten), künstlicher Horizont, Wen-

dezeiger, Kompaß und Zeituhr. Außerdem sind ein Sauerstoffgerät und eine Funksprechanlage an Bord. In den Tragflächen befinden sich mitunter wassergefüllte Ballasttanks, aus denen das Wasser entsprechend den Witterungsbedingungen abgelassen werden kann, um den bestmöglichen Gleitwinkel zu erzielen.

### Arten von Segelflugzeugen

Der Besucher eines Segelflugvereins wird bei einer Besichtigung des Flug- oder Übungsplatzes verschiedene Typen von Segelflugzeugen als Ein- oder Zweisitzer vorfinden. Zweisitzige Übungssegelflugzeuge werden normalerweise für die Flugschulung eingesetzt, um dem Anfänger die Bedienung der Steuerorgane in der Luft zu erklären oder um — zum Erlernen der richtigen Landevorgänge — Rundflüge über das Flugfeld durchzuführen. Bei den für diese Aufgaben benutzten Seglern kann es sich um recht alte Flugzeuge mit sperrholz-



JERRY YOUNG

beplanktem Holzgerippe handeln, obgleich in vielen Vereinen hierfür auch schon Motorsegler eingesetzt werden. Obwohl

ihr Motor nicht sehr leistungsfähig ist, können, von jeder Witterung unabhängig, Schulflüge durchgeführt werden. Andere, vollständig aus Metall oder Kunststoff hergestellte zweisitzige Leistungs- und Hochleistungssegelflugzeuge werden für die Unterweisung in den höheren 'Flugkünsten' eingesetzt.

Der Segelflieger muß verschiedene Prüfungen ablegen. Mit der A-, B- und C-Prüfung ist die Ausbildung abgeschlossen; danach können für besondere Leistungen die Segelfliegerleistungsabzeichen (Silber-C und Gold-C) sowie bis zu drei Brillanten zur Gold-C-Prüfung als Segelflieger-Sportabzeichen verliehen werden. Es können auch Zusatzprüfungen abgelegt werden, wie die Flugzeugschleppstartgenehmigung und die Wolkenflugerlaubnis.

Einsitzige Segelflugzeuge gibt es in vielen verschiedenen Größen und Formen. Die modernen, in Kunststoffbauweise hergestellten Hochleistungssegelflugzeuge besitzen eine Spannweite von entweder 15 m (Standardklasse) oder bis zu 23 m für Wettbewerbe der Offenen Klasse. Viele der älteren Wettbewerbs-Segelflugzeuge in Holzbauweise werden heute nur noch für Übungs- und Rundflüge benutzt. Gelegentlich kann man auch wirkliche Oldtimer sehen, die jedoch, außer bei besonderen Ereignissen und Schauläufen, selten starten.

*Ein Drachengleiter kurz vor dem Absprung an einem steilen Hang, an dem Luft aufsteigt, die ihn trägt.*

## Drachengleiter

Mit dem Aufkommen des Drachengleitens (Drachensegeln, Deltafliegen) hat sich der langgehegte Wunsch des Menschen, sich ein Paar Flügel überzustreifen und es den Vögeln gleichzutun, erfüllt. In der Menschheitsgeschichte haben sich ungezählte Vorläufer Federhemden oder Phantasieflügel umgehängt und zu fliegen versucht. Das Fehlen der entsprechenden technischen Kenntnisse zeigt sich in der hohen Anzahl von Toten und Verletzten. Lilienthal in Deutschland und Pilcher in England zeigten Ende des 19. Jahrhunderts, daß diese Möglichkeit des Fliegens zumindest im Rahmen des Erreichbaren lag, obgleich beide Männer ihre Versuche schließlich mit dem Leben bezahlten.

Die technische Grundlage für diesen Sport — die sich wohl am schnellsten verbreitende Sportart der Welt — wurde von Francis M. Rogallo, einem am US-Luftfahrttechnischen Institut tätigen Wissenschaftler, bei der Erforschung einer möglichen Verwendung von Drachen als Rettungsgleiter für bemannte Raumfluggeräte zur technischen Reife entwickelt. Der ursprüngliche Gedanke wurde nicht weiterverfolgt; jedoch boten die Forschungsergebnisse die Unterlagen für den neuen Sport, der im Jahre 1970 von Kalifornien ausging.

Der Standard-Drachengleiter, das gegenwärtig am häufig-

sten benutzte deltaförmige Fluggerät, ist ein direkter Nachkomme der durch die NASA geprüften Konstruktion und wird nach seinem Konstrukteur 'Rogallo' genannt. Es handelt sich hierbei um das einfachste, mögliche Fluggerät aus einem etwa 5,5 m langen Kiel mit einem etwa auf halber Länge waagrecht angesetzten Querträger. Zwei im spitzen Winkel zueinander angesetzte Träger werden am vorderen Ende am Kielteil angesetzt und so vom Querträger zusammengehalten, daß eine A-förmige Konstruktion entsteht. Dieses Aluminiumrohrgerüst wird mit einem leichten Gewebe, wie z.B. Nylon, abgedeckt. Der Pilot hängt in unter seiner Sitzfläche und seinen Armen durchgeführten Gurten senkrecht unter dem Schnittpunkt von Kielteil und Querträger, so daß er nicht aus der Vorrichtung herausfallen kann. Genau vor ihm hängt die 'Steuertrapez' genannte Lenkvorrichtung, die am Kielteil befestigt und über Seile mit den Ecken der Tragfläche verbunden ist.

Der Pilot steuert den Gleiter, indem er den Trapezgriff zu sich heranzieht, von sich fortdrückt oder seitwärts bewegt. Da sein Körpergewicht den bei weitem überwiegenden Teil des Gesamt-Fluggewichtes darstellt — der Gleiter selbst wiegt nur ungefähr 18 kg — kann der Pilot in seiner Eigenschaft als Pendel das Trapez bewegen und das Fluggerät in die gewünschte Höhe führen. Durch Drücken gegen das Trapez bewirkt er das Anheben der 'Nase' und verringert damit z.B. auch die Geschwindigkeit.

Zum Fliegen schnallt sich der Pilot die Gurte um, hebt sich das Fluggerät auf die Schultern und läuft einen Hang hinunter. Ist der Hangwinkel größer als der Gleitwinkel, erhebt sich das Fluggerät selbsttätig in die Luft, sobald die Luftgeschwin-

digkeit auf 23 km/h bis 26 km/h angestiegen ist. An windstillen Tagen steuert der Pilot sein Fluggerät auf einen Landepunkt am Fuße des Hügels hin, zieht das Steuertrapez zu sich heran, verliert an Geschwindigkeit und kann aufrecht stehend landen. Ein am Hang emporwehender Wind kann jedoch stark genug sein, um den Gleiter zu tragen, so daß der Pilot sein Fluggerät unmittelbar nach dem Start parallel zum Hügel drehen und mit dem Hangwind im sogenannten Hanggleitflug aufsteigen kann. Der Hanggleitflug kann so lange fortgesetzt werden, wie der Hangwind bläst.

Drachengleiter (Rogallos) lassen sich einfach und ohne großen Kostenaufwand bauen und fliegen. Sie können auch in ein kleines Bündel zusammengefaltet und unter dem Arm getragen werden. Ihre Flugleistung ist jedoch aufgrund ihrer Form nicht zufriedenstellend. Entscheidend für die Flugleistung eines jeden Gleiters ist der Gleitwinkel. Hierbei ist es gleichgültig, ob es sich um ein konventionelles Segelflugzeug oder um Drachengleiter handelt. Je größer die Gleitwinkelzahl ist, desto länger ist die pro Meter Höhenverlust zurückgelegte Flugstrecke. Segelflugzeuge haben heute üblicherweise das Verhältnis 50:1 (d.h. pro 1 m Höhendifferenz wird eine Gleitflugdistanz von 50 m erreicht), Drachenflieger ungefähr 4:1. In ihren Bemühungen um Leistungsverbesserungen haben Drachenflieger mit Fluggeräten Versuche angestellt, deren Tragflächen etwa in Form konventioneller Flugzeuge gehalten sind und die Gleitwinkel von etwa 10:1 erreichten.

*Drachensegeln ist zu einem beliebten Sport geworden, doch sind die Gefahren für ungeübte Segler nicht zu unterschätzen.*



## SEHHILFEN

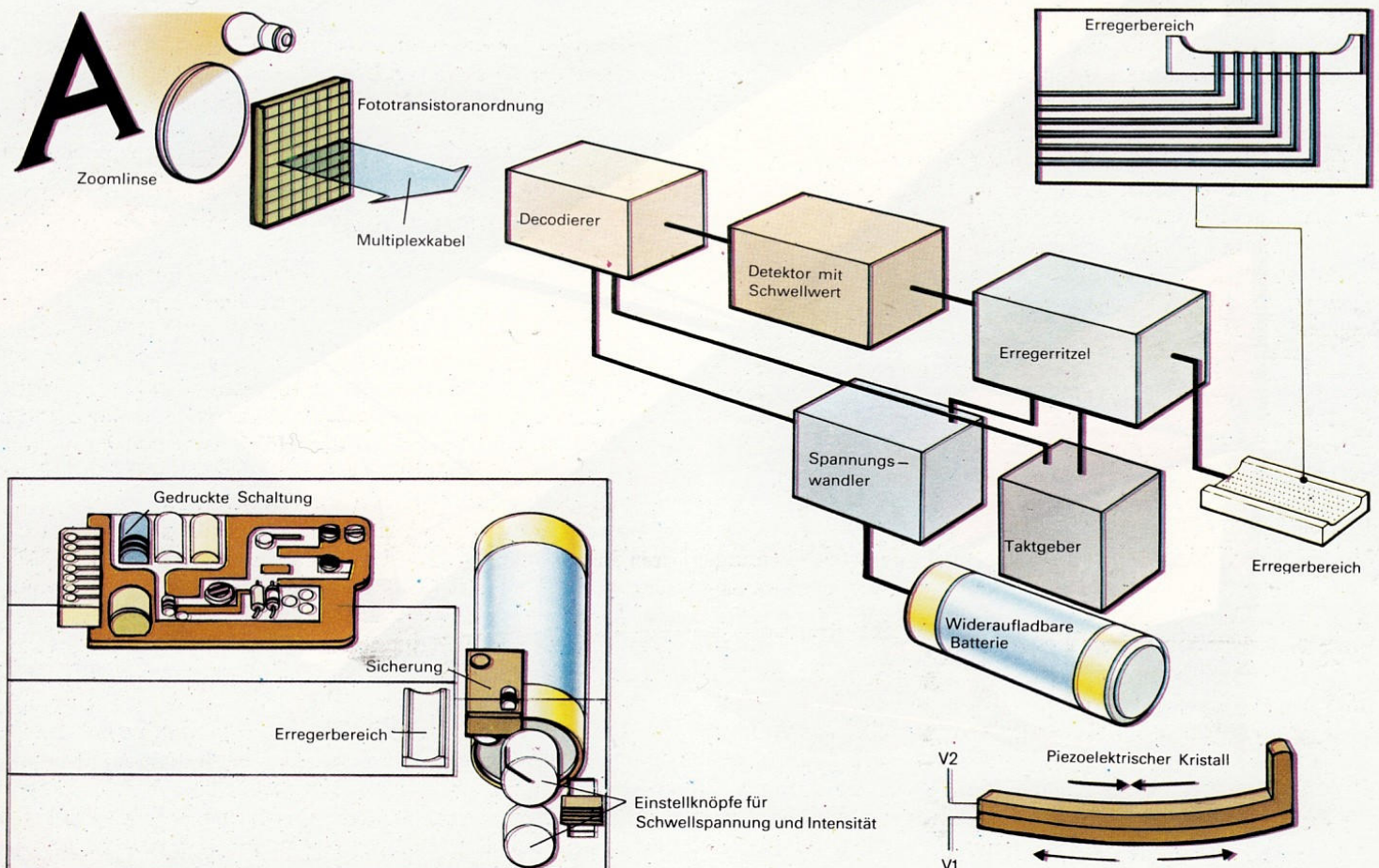
**Heute sind viele Geräte auf dem Markt, die blinden Personen das Lesen und das Fortbewegen auf belebten Straßen gestatten.**

95% aller Informationen, die der Mensch empfängt, gelangen über das Auge in das Gehirn. Empfangen Augen, Ohren oder auch die Hände Informationen, werden diese Impulse über Nerven an das Gehirn weitergegeben. Beim Lesen von Informationen werden ganze Worte mit etwa der doppelten Geschwindigkeit gelesen, wie das gesprochene Wort empfangen werden kann.

Ein Blinder, der Buchstaben abtastet, liest nur einen Buchstaben pro Zeiteinheit, d.h. dem Gehirn werden nur sehr langsam Informationen zugeführt, da sie dem Gehirn seriell zugeführt werden. Beim Lesen wird eine Information dem Gehirn parallel zugeführt.

Vermutlich ist die Mehrzahl der Blinden zu alt, um sich noch die Blindenschrift (Brailleschrift) aneignen zu können. Nur etwa 12% bis 15% der Blinden — vorwiegend junge Leute — beherrschen die Blindenschrift. Sie wurde von Louis Braille (1809 bis 1852), der im Alter von drei Jahren erblindete, erfunden. Braille wurde im Jahre 1828 Tutor und Lehrer im 'Institut National des jeunes Aveugles' in Paris. Die Blindenschrift besteht aus sechs Punkten, die in zwei senkrechten Reihen zu je drei Punkten angeordnet sind. Durch Veränderung der erhabenen Stellen in einem Braillefeld sind 63

**Unten:** Das Prinzip des Optacons. Das Licht eines Buchstabens fällt auf eine Fototransistoranordnung. Die Lichtsignale werden in elektrische Pulse, die einen piezoelektrischen Kristall ansteuern, umgewandelt, der wiederum einen kleinen Metallstab zum Schwingen bringt. Eine Anordnung von 144 solcher Metallstäbchen gibt auf der Tasteinheit den gedruckten Buchstaben wieder.



Kombinationen denkbar. Je nach Anordnung der Punkte werden Alphabet-, Ziffern- oder Satzzeichen zugeordnet. Dem Buchstaben A entspricht z.B. ein Punkt in der ersten Zeile der linken Punktreihe. Man kennt für die Mathematik, die Chemie oder die Musik spezielle Anordnungen der Punkte. Mit Hilfe der Computertechnik kann heute die Normalschrift automatisch in Brailleschrift übertragen werden.

### Lesehilfen

Das erste Blindenhörgerät, das Optophon, wurde im Jahre 1912 von Dr. Fournie d'Albe erfunden. Mit ihm konnte man die auf Papier gedruckten Buchstaben abtasten, die dann in gesprochene Töne umgesetzt wurden. Einige der Optophone, die auch heute noch zum Teil existieren, wurden im Jahre 1918 von der Firma Barr & Stroud, England, hergestellt.

Das Optophon hat etwa die Größe einer Schreibmaschine. Es besteht aus sechs übereinander angeordneten Selenzellen, die hydraulisch an einer gedruckten Zeile entlanggeführt werden. Das Papier wird sehr genau unter einem gekrümmten Glasschirm eingespannt. Ein Buchstabe wird senkrecht abgetastet. Die Stärke der Ausleuchtung wird sechs abgestimmten Oszillatoren zugeführt. Über einen Ohrhörer kann man dann die verschiedenen Buchstaben als Töne hören. Ein Leser in London verwendet dieses Gerät seit nunmehr 57 Jahren. Er kann bis zu 40 Worte pro Minute 'lesen'. Ein Anfänger bringt es nach einem Jahr Übung auf etwa 5 Worte pro Minute. Photozellen haben im Jahre 1948 die Seldetektoren ersetzt.

Das Stereotongerät ist eine moderne Blindenhörhilfe. Sie beruht auf dem Optophon-Prinzip. Es enthält im Abtastkopf neun Fotozellen. Die musikalische Ausgabe erfolgt auf beide Ohren. Signale, die unterhalb einer vorgegebenen Linie empfangen werden, gelangen zum linken Ohr. Signale, die auf oder oberhalb der vorgegebenen Linie empfangen werden, gelangen zum rechten Ohr. Hierdurch soll die Lese-geschwindigkeit erhöht werden. Das Stereotongerät wird heute von wiederaufladbaren Nickel/-Cadmium-Batterien betrieben.

Das Gerät wird mit der Hand über die Seite geführt. Es



bleibt mit Hilfe eines Führungstreifens auf einer Zeile der Seite. Einige wenige begabte Anwender dieses Gerätes lesen in den USA die persönliche Post und prüfen Dokumente.

Das Optacon ist eine sehr fortgeschrittene Lesehilfe. Es wurde an der Stanford-Universität, USA, entwickelt und gelangte im Jahre 1971 zur Serienreife. Optacon ist eine Abkürzung von 'Optical and Tactile Conversion of Print' (etwa: optische und Tastumwandlung von Gedrucktem). Mit Hilfe einer kleinen Kamera (Gewicht: 100 g) fährt man über eine gedruckte Zeile. Ein abgetasteter Buchstabe wird an eine Anordnung von kleinen, beweglichen Metallstäben übertragen. Die Anordnung hat eine Abmessung von  $2,4 \times 1,2$  cm. Auf dieser Fläche sind 144 kleine Metallstäbchen enthalten, die in 6 Zeilen und 24 Spalten unterteilt sind. Die oberen Enden ragen etwas hervor, um den Zeigefinger der linken Hand des Lesers zu führen.

Die Kamera besteht aus 144 Fototransistoren, die zu 6 Zeilen und 24 Spalten angeordnet sind. Der von den Fototransistoren erfaßte Buchstabe wird über Steuerelektronik einzelnen Kristallen zugeführt, an die die Metallstäbchen angeschlossen sind. Der Zeigefinger bleibt immer auf der gleichen Stelle. Er wird ständig von den kleinen Metallstäbchen (0,25 mm Durchmesser) angestoßen. Sie führen eine Vertikalbewegung von 0,1 mm aus und befinden sich in einem Abstand von 1,25 mm. Es wurde herausgefunden, daß die optimale Frequenz der Metallstäbchen bei 250 Hz liegt.

Die bisher höchste Lesegeschwindigkeit betrug 80 Worte pro Minute. Durchschnittlich kommt man auf 30 bis 50 Worte pro Minute. Diese Sehhilfe wird von Programmierern von Computern verwendet, um die ausgegebenen Texte zu lesen. Mit anderen Kameraköpfen können Bildschirmtexte, Taschenrechner und Maschinenschrift gelesen werden.

### Leitgeräte

Im Jahre 1960 begann L. Kay von der Universität Birmingham, England, mit der Untersuchung von kleinen, taschenlampenähnlichen Geräten, die auf der Basis eines Echos den Blinden über Hindernisse aufklären. Das jüngste Blindenleitgerät, das Kay entworfen hat, besteht aus einem Sender und Empfänger. Es sendet einen Ultraschallstrahl aus. Die Frequenz der von Gegenständen reflektierten Ultraschallwellen schwankt, wodurch in dem Hörgerät des Blinden unterschiedliche Signale empfangen werden können. Die Ultraschallwellen strahlen einen Bereich von  $60^\circ$  aus und haben eine Reichweite von 3 m bis 4 m. Das Prinzip dieses Ultraschall-Leitgerätes entspricht dem Orientierungsvermögen von Fledermäusen.



**Oben links:** Ein Leitgerät, das mit einer Brille verbunden ist. Es arbeitet auf der Basis von Ultraschallechos. In der Brille sind Teile der Sende- und Empfangsanlage eingebaut.

**Oben rechts:** Eine andere Form der Lesehilfe vergrößert die Buchstaben und Zahlen eines Buches bis zu 70mal und hat auch einen Kontrastverschärfer. Es ist ein Gerät für Teilblinde.

**Oben:** Ein Sensor, der elektronisch arbeitet und vibriert, um Hindernisse bis zu vier Meter Entfernung anzuzeigen.

Das Leitgerät wird in Verbindung mit einem langen Stock eingesetzt, denn der ausgesendete Ultraschallbereich umfaßt nur Hindernisse, die sich in der Höhe zwischen Kopf und Taille befinden. Tausende von Blinden verwenden dieses System als Alternative zu einem Blindenhund.

Forscher in den USA haben in einen modifizierten Stock drei Laser eingebaut, die Laserstrahlen aussenden. Die Laser sind in der Nähe des Griffes untergebracht. Die Laserstrahlen werden in wohldefinierte Richtungen ausgesendet, so daß der gesamte 'Sichtbereich' ausgeleuchtet wird. Die reflektierten Laserstrahlen werden über Fotodioden empfangen. Plötzlich auftretende Hindernisse im Beinbereich werden durch einen dunklen Ton. Hindernisse im Kopfbereich durch einen hellen Ton angezeigt. Ein vor dem Körper befindliches Hindernis wird durch einen vibrierenden Knopf, auf dem der Zeigefinger liegt, angezeigt. Durch seitliche Bewegung des Stockes kann mit den bleistiftdünnen Laserstrahlen ein Bild der Umgebung des Blinden vermittelt werden.

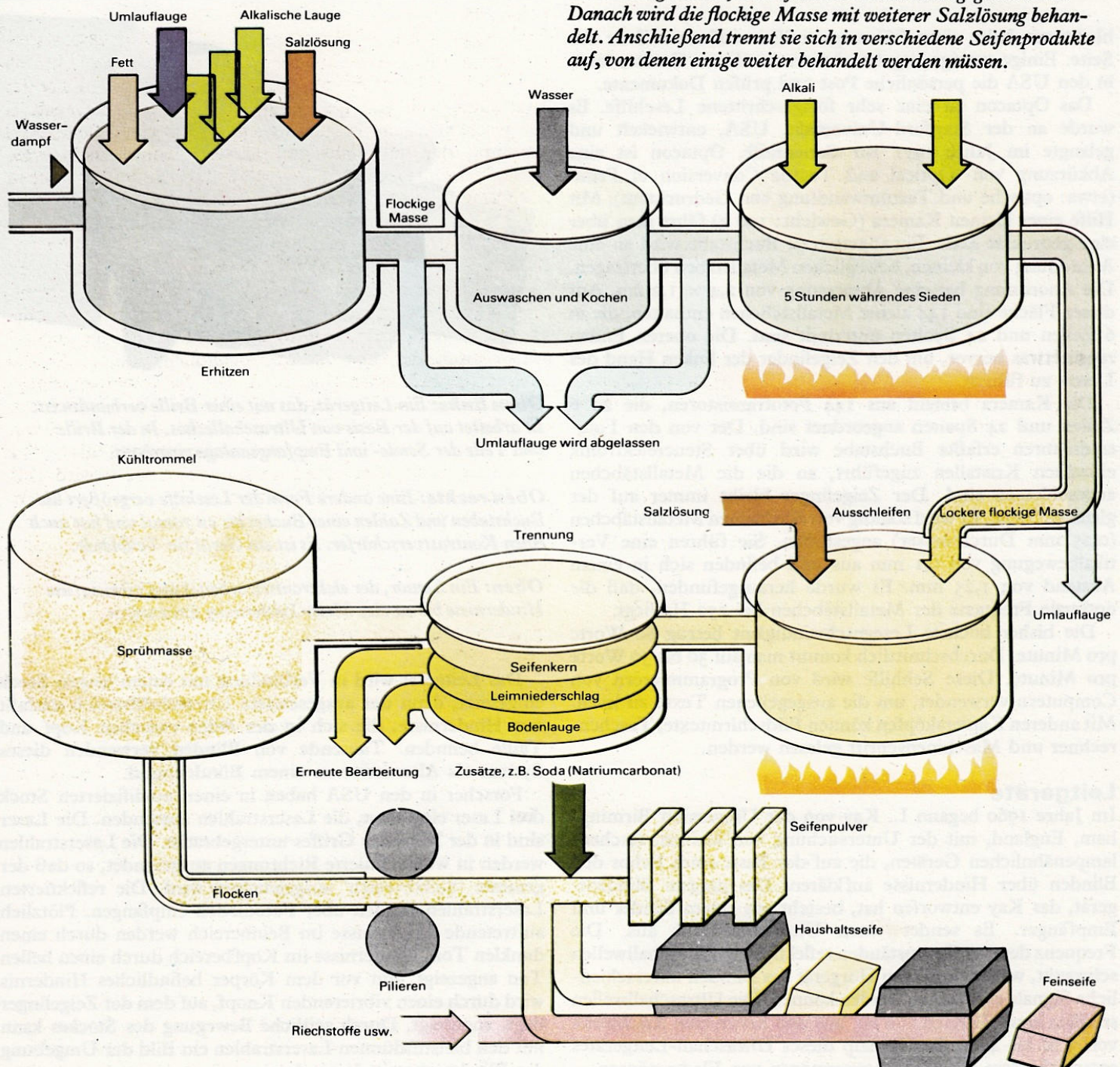
## SEIFENHERSTELLUNG

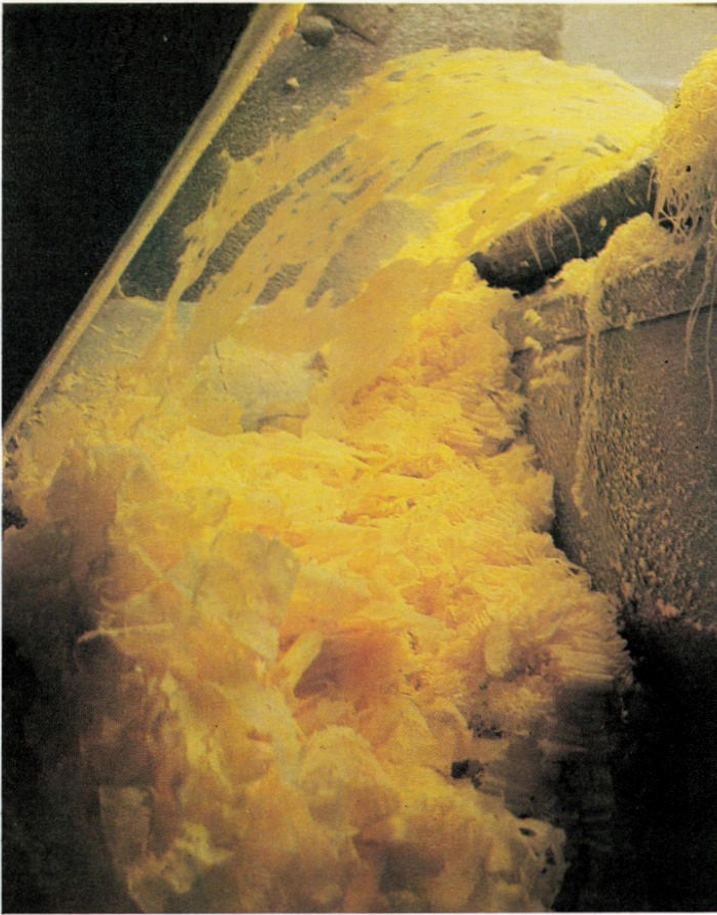
Die modernen Seifenherstellungsmethoden beruhen auf alten Verfahrensprinzipien. Mit der heutigen Ausrüstung kann die Seifenherstellung in einer Viertelstunde durchgeführt werden, während man früher mehrere Tage dazu brauchte.

Seifen sind Salze von Fettsäuren unterschiedlicher Kettenlänge. Sie werden hauptsächlich durch Umsetzen von Fetten mit Alkalilauge (Verseifung) hergestellt. Es ist auch möglich, die Fettsäuren von den Fetten abzuspalten und dann zu verseifen. Die Eigenschaften der fertigen Seife sind von dem verwendeten Gemisch der Fette (oder Fettsäuren), von der Art der Alkalilauge und von der Behandlung der Seife nach der Verseifung abhängig. Als Alkali können Natronlauge, Kalilauge oder Gemische der beiden verwendet werden; man verwendet bevorzugt Natronlauge. Kalilauge erzeugt eine leichter lösliche Seife und wird daher zur Herstellung von Schmierseifen und Rasierseifen verwendet.

Fette Öle und Fette sind Gemische von Glyceriden. Dies sind Verbindungen von Glycerin (einem Alkohol) und Fettsäuren, wie z.B. Palmitinsäure ( $C_{15}H_{31}COOH$ ). Wenn Alkalilauge hinzugegeben wird, werden die Glyceride verseift, und es entstehen Seifen, wie z.B. Natriumpalmitat, und Glycerin. Es werden sowohl Tierfette als auch Pflanzenfette verwendet. Viele der Meerestierfette und Pflanzenfette sind jedoch zu weich, weshalb diese Fette nicht auf direktem Wege zur Seifenherstellung herangezogen werden können. Sie müssen erst nach einem Verfahren der selektiven Hydrierung 'gehärtet' werden und erhalten somit eine besser verwendbare Beschaffenheit. (Unter Hydrierung eines Fettes versteht man die Anlagerung von Wasserstoffatomen an die Fettmoleküle in Anwesenheit eines Katalysators.)

**Unten:** Die Seifenherstellung: Zuerst wird die Lösung aus Fett und Natronlauge mit Umlaufauge in Salzlösung mit Dampf erhitzt. Die flockige Masse wird ausgewaschen und gekocht, während ein Teil der Lauge abgelassen wird. Dann wird sie kurz am Sieden gehalten, wobei frisches Alkali hinzugegeben wird. Danach wird die flockige Masse mit weiterer Salzlösung behandelt. Anschließend trennt sie sich in verschiedene Seifenprodukte auf, von denen einige weiter behandelt werden müssen.



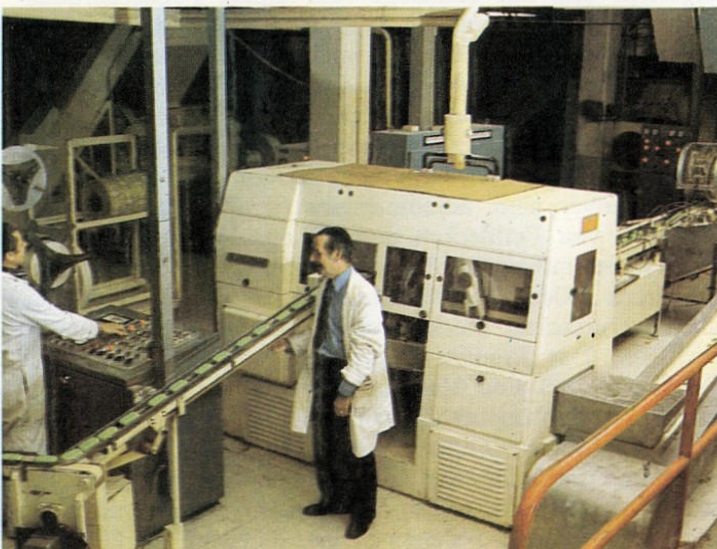


**Oben:** Seifenflocken in den Werken der Seifenfirma Yardley. Die Seifenflocken müssen nun noch gepreßt und verpackt werden.

### Geschichtliches

Die Behandlung von Fett mit Alkali ist im Nahen Osten mindestens 5000 Jahre lang praktiziert worden. Die Fertigkeit wurde etwa 600 v. Chr. von den Phöniziern nach Europa gebracht. Das Produkt wurde bis zum 2. Jahrhundert n. Chr. lediglich für medizinische Zwecke verwendet, z.B. für die Behandlung von 'skrofulösen Abszessen'. Mit dem Zerfall des Römischen Reiches hörte die Seifenherstellung in Europa auf. Sie begann wieder im 8. Jahrhundert, blieb aber ein relativ

**Unten:** Kontrollanlage in einer Produktionshalle der Firma Colgate. Die Produktion ist weitgehend automatisiert.



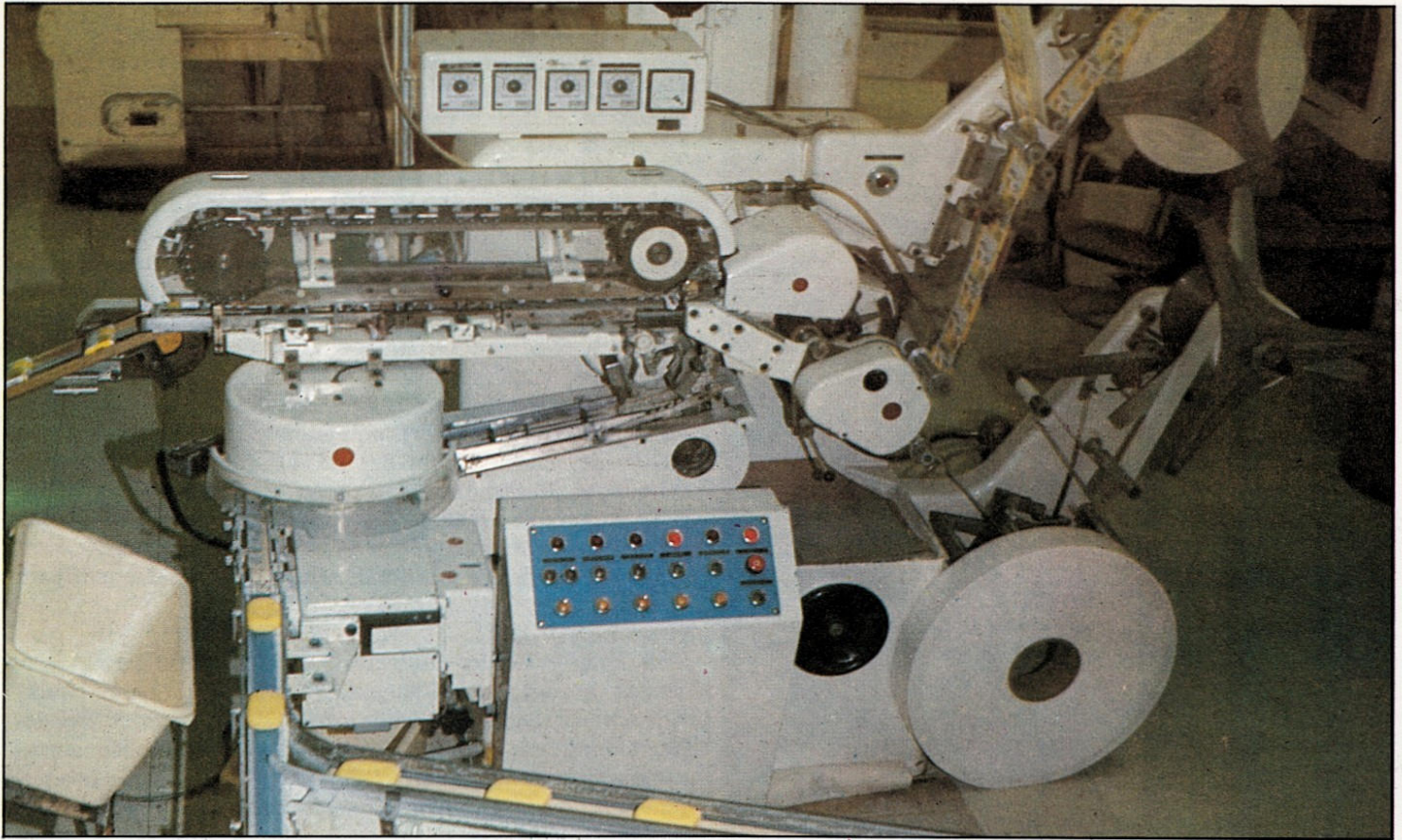
einfaches Verfahren bis zum 16. Jahrhundert, als Methoden zur Herstellung einer reineren Seife entwickelt wurden — die Umwandlung von Pottasche (buchstäblich hergestellt aus Holzasche in einem Eisentopf) in Alkalilauge mit Hilfe von Löschkalk und das Aussalzen der Seife. Im 17. Jahrhundert stellte Leblanc (1742 bis 1806) Alkalilauge aus Kochsalz her und eliminierte somit ein Haupthindernis für die Weiterverbreitung der Verfahrensanwendung. (Heute wird sie nach einem elektrolytischen Verfahren hergestellt.) Im 19. Jahrhundert beschrieb Chevreul (1786 bis 1836) die Struktur von Fetten und stellte die Seifenherstellung auf eine wissenschaftlich fundierte Grundlage. Um die Jahrhundertwende entdeckten Sabatier (1854 bis 1941) und Senderen wie man ungesättigte Verbindungen hydriert. K. P. Normann (1870 bis 1939) wendete diese Erkenntnisse auf das Härten von Fetten an. In der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurden die kristallinen Phasen von hydratisierten Seifen erforscht (sie beeinflussen die Qualität des Produktes), das Bleichen von Fetten wurde vervollkommen, und für die qualitativ besten Produkte wurde die Geruchsbeseitigung der Fette entdeckt.

### Herstellung

Seife kann entweder chargenweise oder kontinuierlich hergestellt werden; das Chargenverfahren wird heute hauptsächlich bei kleinen Produktionsmengen angewendet. Bei der Herstellung von geringen Mengen wird ein Einsatzmaterial aus geschmolzenem, vorgemischtem Fett in einen Stahlkessel gepumpt, der mit nicht geschlossenen und geschlossenen Dampfheizschlangen sowie mit Ablaufeinrichtungen versehen ist. Das Fett wird mit dem Wasserdampf aus der nicht geschlossenen Heizschlange erhitzt, während die Alkalilösung (Lauge) langsam und portionsweise über einen Zeitraum von Stunden zugegeben wird. Die 'Umlaufauge' (siehe unten) wird während der Anfangsstadien hineingepumpt, um den Emulsionsvorgang zu unterstützen. Wenn die Verseifung beendet ist, wird Salzlösung zugeführt, bis sich die Seife als flockige Masse abscheidet. Die darunter befindliche Lauge, die das Glycerin enthält, wird abgelassen. Die Seife wird gereinigt, indem man sie mit einer bestimmten Menge Wasser aufkochen läßt und erneut aussalzt. Eine zweite Lauge wird entfernt. Nun folgt eine abschließende Arbeitsstufe, um die vollständige Verseifung zu gewährleisten. Zu diesem Zwecke wird eine errechnete Menge Lauge hinzugegeben. Die Masse wird etwa fünf Stunden lang leicht am Sieden gehalten. Anschließend wird noch mehr Lauge hinzugefügt, bis sich die Seife als lockere Masse abscheidet, wobei die 'Umlaufauge' übrigbleibt. Schließlich wird die Seife 'ausgeschliffen', indem sie zum Sieden gebracht und Salzlösung sorgfältig hinzugegeben wird, bis sich in einer ganz besonderen Weise Flocken bilden, was ein Produktionsfacharbeiter leicht erkennt. Beim Absetzen — dies kann maximal vier Tage dauern — trennt sie sich in drei Schichten: Ganz oben befindet sich der reine Seifenkern, darunter der verunreinigte Leimniederschlag und unten die Bodenlauge. Der Seifenkern wird zur Weiterverarbeitung abgeschöpft. Der Leimniederschlag wird erneut bearbeitet. Der ganze Prozeß dauert etwa eine Woche.

Im Vergleich hierzu dauert das erst vor kurzem eingeführte kontinuierliche Verfahren nur fünfzehn Minuten; um wirtschaftlich zu sein, ist hier allerdings ein großer Ausstoß erforderlich. Die Behandlungsfolge — Verseifung, Aussalzen, Auswaschen und Ausschleifen — ist die gleiche; die Verfahrensstufen vollziehen sich jedoch in völlig geschlossenen Behältern. Die Überwachung geschieht durch gesteuerte Materialzufuhr und wird durch Rückkopplung geregelt.

Es gibt eine mit Rührwerken ausgestattete Verseifungssäule, die mit hohem Druck und hoher Temperatur (130°C) arbeitet. Fett und Alkali werden mit Hilfe von Dosierpumpen gleichzeitig hineingegeben. Die aus der Säule kommende verseifte



**Oben:** Eine Seifenverpackungsanlage. Die Seifenflocken sind nun gepreßt und geformt.

Masse wird zu zwei Zentrifugen (oder zwei Paaren von Zentrifugen) geleitet, wo sie zur Entfernung des Glycerins abwechselnd mit Umlauflauge und Salzlösung ausgewaschen wird. Die gereinigte Seife gelangt dann zusammen mit einer Salzlösung und Alkalilösung in eine Ausschleifsäule. Von dort wird sie zu drei parallel arbeitenden Zentrifugen geleitet, die den Seifenkern von der Unterlauge trennen. Es besteht auch die Möglichkeit, das Fett abzutrennen und die freigewordenen Fettsäuren zu reinigen und direkt mit Alkali oder Alkalicarbonat umzusetzen, und zwar in einer Konzentration, die das Äquivalent eines Seifenkernes hervorbringt.

### Seifenarten

Kernseifen werden aus Grundseife hergestellt, die etwa 28% Wasser enthält. Warme, geschmolzene Seife — die bei Bedarf mit Riechstoffen und anderen Zusätzen versetzt ist — wird in Trommeln mit Innenkühlung gespritzt und in Form von Flocken abgeschabt. Diese werden zu Piliervälzen geleitet, die durch 'Bearbeiten' die Kristallstruktur des Materials vorteilhaft verändern. Die pilierten Flocken gelangen in eine Strangpresse, die die Seife weiter bearbeitet und anschließend zu Riegeln preßformt. Die Riegel werden geschnitten und in ihre endgültige Form gestanzt oder geprägt.

Für Toilettenseifen (Feinseifen) werden Fette höherer Qualität verwendet. Der Wassergehalt wird auf 10% oder weniger reduziert. Die Grundseife wird, wie bereits beschrieben, gekühlt und in Flockenform gebracht; anschließend werden die Flocken durch einen Warmluft-Trockenofen geleitet, um den Wassergehalt vor dem Piliern zu reduzieren. Spurenbestandteile werden während des Piliestadiums hinzugegeben. Da die Seife trockener ist, ist hier und beim anschließenden Strangpreßvorgang ein höherer Druck erforderlich. Der herauskommende stranggepreßte Riegel wird geschnitten, gestanzt und eingewickelt.

Seifenflocken werden nach einem Verfahren hergestellt, das bis zum Piliestadium im wesentlichen dem Verfahren zur Herstellung von Feinseifen entspricht; im Trocknungsstadium aber wird der Wassergehalt bis auf etwa 7% reduziert. Die letzten Piliervälzen erzeugen eine sehr dünne — und daher sofort lösliche — Flocke und schneiden diese je nach Verwendungszweck in die endgültige Form.

Schmierseifen werden aus Fetten mit einem hohen Anteil an ungesättigten Säuren (organische Säuren, die Doppelbindungen in ihren Kohlenwasserstoffanteilen enthalten) hergestellt und mit Kalilauge verseift. Sie werden in einem 'kalten' Verfahren hergestellt, in dem die Reaktion selbst die einzige Wärmequelle ist; das Glycerin wird nicht entfernt. Das fertige Produkt ist eine transparente feste Lösung, die bei Verwendung als Toilettenseife etwa 45% Seife und bei Verwendung als Reinigungsseife im Haushalt 35% Seife enthält.

Rasierseifen werden aus Fetten mit einem Minimum an ungesättigten Säuren — Stearin, Talg und Kokosfett — hergestellt und mit Kalilauge oder einem Pottasche/Soda-Gemisch verseift, damit die Seife leicht schäumt. Man kann sie auf 'kaltem' Wege oder, was noch geeigneter erscheint, auf 'halbwarmem' Wege herstellen, d.h. in einem Verfahren, bei dem die Ausgangsreaktion durch externe Wärme gefördert wird und durch die Reaktionswärme weiter unterstützt wird. Auch hier wird das Glycerin nicht entfernt.

Seifenpulver sind zusammengesetzte Produkte, die das Entfernen von Fettflecken und Schmutz-Verunreinigungen aus Geweben mit einem Minimum an physischer Anstrengung erleichtern sollen. Zusatzbestandteile sollen durch Chemikalien verursachte Flecken und allgemeine Vergilbungen beseitigen. Das Produkt besteht zu 50% aus Seife. Die Waschhilfsmittel sind Natriumcarbonat, Natriumsilikat und Natriumtripolyphosphat. Das Silikat trägt auch dazu bei, ein leicht schüttbares Pulver herzustellen. Alle Bestandteile werden mit geschmolzener Seife zu einer Paste vermischt. Die Paste wird erhitzt, unter Druck durch Düsen geblasen, wobei die so entstehenden Teilchen in eine Kühlkammer fallen.

## SEILEREI

**Das Seil oder Tau zählt zu den ältesten Erfindungen der Menschheit und hat sich im Laufe der Jahrhunderte nur wenig gewandelt. Lediglich das Material, aus dem das Seil hergestellt wird, hat sich geändert — heute bestehen Seile nahezu ausnahmslos aus synthetischen Fasern.**

Ein Seil, ein Fasererzeugnis von mindestens 4 mm Durchmesser, wird aus gesponnenen Garnen hergestellt, die zunächst zu sogenannten Litzen verzwirrt werden ('Litzen schlagen'); 3 oder mehr solcher Litzen werden sodann zum Seil zusammengedreht ('Seilschlagen').

Zur Herstellung von Seilerwaren dienten zunächst im wesentlichen Naturfasern wie Dattelpalm-, Flachs-, Jute-, Baumwoll- und Kokosfasern. Die gegen Ende des 19. Jahrhunderts eingeführten Manilahanffasern nahmen bald eine Vorrangstellung ein und führten zu verbesserten Verarbeitungsmaschinen. Eine andere Hartfaser, Sisal, kam zu Beginn des 20. Jahrhunderts auf und war, obgleich sie nie den Bekanntheitsgrad von Manila erreichte, während und nach den zwei Weltkriegen eine durchaus nützliche Alternative. Sisal wurde und wird in erster Linie zur Herstellung von Bindegarn für die Landwirtschaft verwendet, obwohl auch für diesen Zweck Bindegarne aus Chemiefasern zunehmend an Boden gewinnen. In den 50er Jahren fand man heraus, daß sich Nylon und die Polyesterfaser Terylen (Trevira) ausgezeichnet zur Herstellung von Seilerwaren eignen. Sie sind heute das festeste Material, das für handelsübliche Zwecke überhaupt zur Verfügung steht. Daneben war, insbesondere in den 60er Jahren, Polyethylen sehr beliebt. Obwohl dieses Fasermaterial auch heute noch in großen Mengen, insbesondere in der Fischereiindustrie, verwendet wird, steht es doch im Schatten des in der Zwischenzeit neu entwickelten Polypropylens, das sowohl fester als auch kostengünstiger als

Polyethylen ist. In jüngster Zeit hat man auch mit Glas- und Kohlenstoffasern experimentiert. Ein neues Fasermaterial aus der Gruppe der aromatischen Polyamide befindet sich gegenwärtig in der Erprobung. Die aus diesen Stoffen hergestellten Seile sind auf dem Markt noch nicht erhältlich.



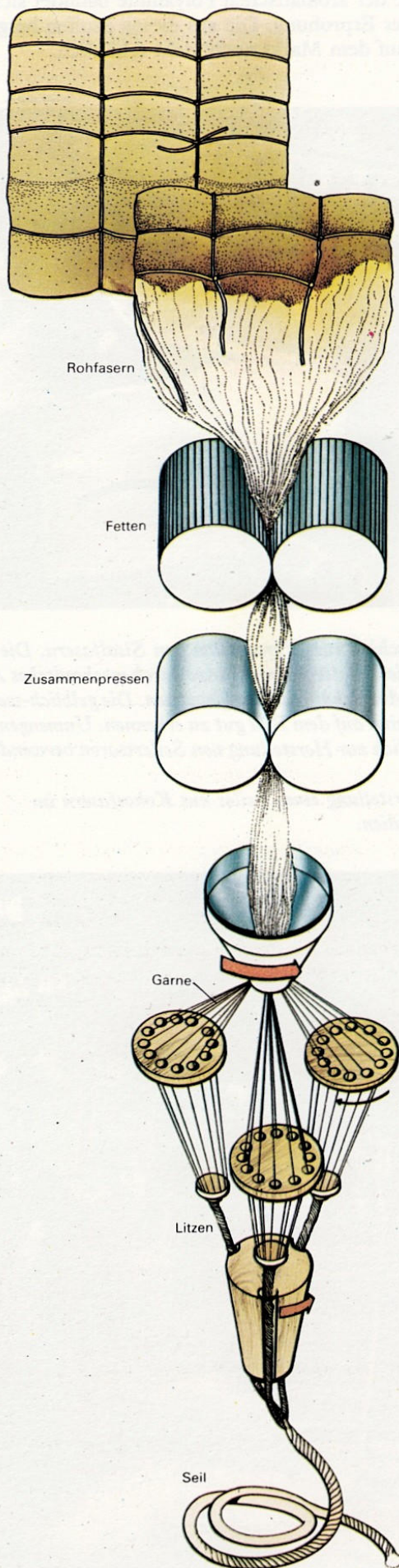
ROBERT HARDING

**Oben:** Maschine zum Verarbeiten von Sisalfasern. Die Fasern werden aus den Blättern der Pflanze durch mechanisches Abschaben in einer Art Schälmaschine gewonnen. Die gelblich-weißen Sisalfasern sind auf dem Bild gut zu erkennen. Unmengen davon werden jährlich zur Herstellung von Seilerwaren verwendet.

**Unten:** Herstellung eines Seiles aus Kokosfasern im südlichen Indien.



SPECTRUM



## Moderne Methoden der Seilherstellung

Naturfaserseile und manche Chemiefaserseile werden aus gesponnenen Garnen hergestellt. Die Fasern werden in einer Hechelmaschine über Stahlzinken gekämmt und zu einem groben Faserband vereinigt. Dieser Vorgang wird auf weiteren Maschinen mehrmals wiederholt, wobei sich die Abstände zwischen den Stahlzinken ständig verringern; hierdurch erhält das Faserband eine regelmäßigere Form. Zur weiteren Vergleichmäßigung läuft es durch die Streckmaschine, bevor es zu Garn versponnen und auf Spulen aufgewickelt wird. Das so erhaltene Garn kann eine Rechts- ('Z') oder Linksdrehung ('S') aufweisen.

Synthetische Garne, wie Nylon und Polyester, werden vom Hersteller als Endlosgarne produziert; sie müssen erst noch durch Doublieren bzw. Zwirnen ihre endgültige Form erhalten. Diese Garne gelangen dann, auf Spulen aufgespult, auf ein Gatter (Abspulrahmen); von hier aus werden sie zu Litzen zusammengedreht. Für ein herkömmliches, aus drei Litzen bestehendes Seil mit Rechtsdrehung werden Garne mit Z-Drehung verwendet. Die Garnfäden werden von ihren Spulen durch eine sogenannte Loch- oder Registerplatte abgezogen, die für die richtige Anordnung der Fäden innerhalb der Litze sorgt und so optimale Festigkeit bei geringen Fehlstellen garantiert. Anschließend werden die Garne gemeinsam durch eine konische Buchse gepreßt, die den Verzerrungspunkt markiert und zur Bildung einer glatten Litze mit dichtem Querschnitt beiträgt. Nun werden die Garne entgegengesetzt zur Spinnndrehung (also mit S-Drehung) zur Litze zusammengedreht und auf Litzenspulen aufgewickelt. Die vollen Litzenspulen gelangen zur Seilschlagmaschine (Verseilmaschine). Hier werden jeweils drei oder vier Litzen, wiederum entgegengesetzt zu ihrer Drehrichtung (d.h. mit Z-Drehung), zu einem Seil zusammengedreht ('geschlagen') und das fertige Seil auf eine Seiltrommel aufgewickelt. Sind die Litzenspulen abgespult, wird die volle Seilrolle 'abgeschlagen' und mit einem Stück Litze oder dünnerem Seil gesichert.

## Seilaufbau

Den Grad der Drehung in einem Seil nennt man den 'Schlag': Beim Seil mit hartem Schlag sind Litzen und Seil stärker gedreht als beim Seil mit weichem Schlag. Ein aus drei Litzen gedrehtes Seil heißt 'Trossenschlag-Seil', bei vier Litzen, wie sie für Strickleitern verwendet werden, spricht man von 'Wantschlag'. Drei oder vier Seile können als sogenannte Kardeele im 'Kabelschlag' vereinigt werden, und zwar jeweils entgegen ihrer Drehrichtung, d.h. rechtsgeschlagene Seile werden durch Linksschlagen zu Kagschlagseilen verdreht.

In den letzten Jahren sind zum Vertäuen von Schiffen starke, geflochtene Seile entwickelt worden, deren Verschleißfestigkeit, da sie keine Kinke bilden, höher ist. Das bekannteste ist das sogenannte Quadratseil, das aus acht Litzen geflochten wird, von denen vier durch Linksschlagen und vier durch Rechtsschlagen, jeweils entgegengesetzt zur Spinnndrehung der verwendeten Garne, gebildet werden. Diese Litzen werden auf normalen Litzenschlagmaschinen hergestellt; das anschließende paarweise Flechten (zwei mit Z-Drehung, zwei mit S-Drehung usw.) übernimmt eine spezielle Verseilmaschine. Dieser Seilaufbau ergibt ein äußerst flexibles Seil und eignet sich besonders für Seile aus Nylon und Polyester.

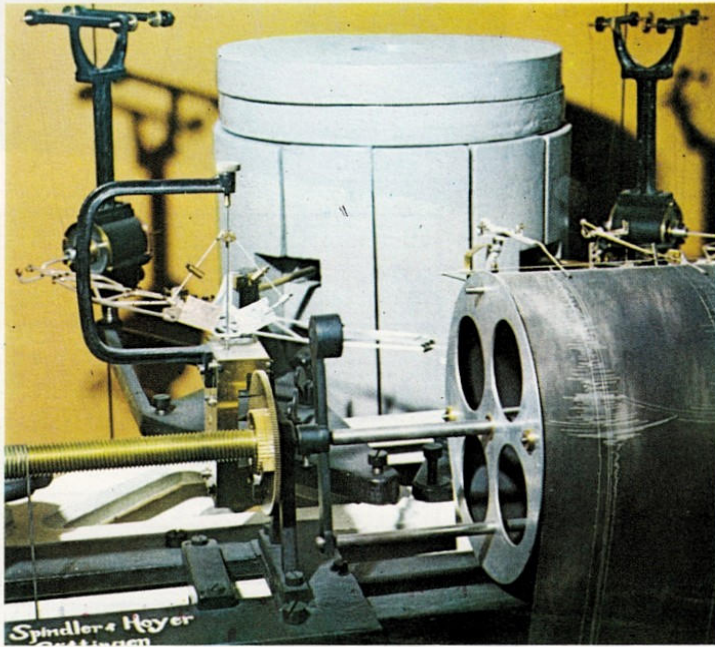
Das wohl herausragendste Merkmal der modernen Seilerei ist die Vielfalt ihrer Erzeugnisse. Für nahezu jeden speziellen Zweck stehen Spezialseile zur Verfügung: vom Vertäuen eines 200 000 t-Tankers über den Einsatz in den Nordseeölfeldern bis hin zum Segelsport und zu Abschleppdiensten.

**Links:** Schaubild der Herstellung eines Seiles mit den verschiedenen Zwischenstufen der Produktion.

## SEISMOLOGIE

Die zerstörerische Wirkung von Erdbeben wurde von der Menschheit schon immer gefürchtet. In neuerer Zeit ist es jedoch auch gelungen, künstliche Erdbeben mit Nutzen für die Untersuchung des inneren Aufbaues der Erde einzusetzen.

Die Seismologie oder Erdbebenkunde hat eine lange Geschichte. Ein Gerät zur Feststellung von Erdbeben wurde im Jahre 132 v. Chr. von Tschang Heng in China konstruiert. Seismische Aktivität erschütterte das Instrument, in dem daraufhin Metallkugeln in einen Metalltopf fielen und dabei ein Geräusch verursachten. Die Kugeln wurden auf den Rand einer runden Schale gelegt, so daß man aus den heruntergefallenen und den liegengebliebenen Kugeln auch die Laufrichtung der Erdbebenwellen feststellen konnte. Aus diesem einfachen Instrument haben sich die heutigen empfindlichen Seismometer entwickelt. In gleichem Maße hat sich Erdbebenkunde wissenschaftlich vertieft und verfeinert.

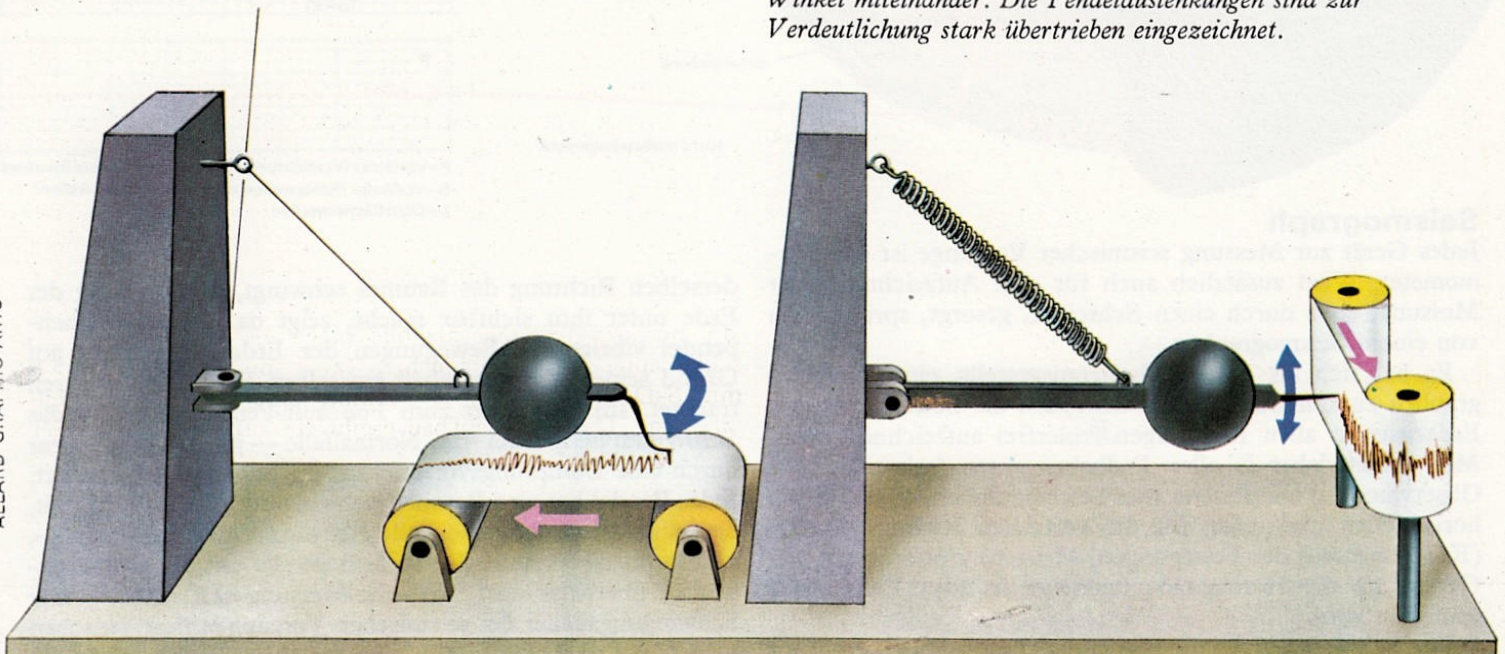


**Oben:** Eine der ersten mechanischen Anlagen der Seismographie.



**Oben:** Eine Nachbildung des Seismometers von Tschang Heng. Bei einem Erdstoß fällt der Stab und bewirkt durch ein Hebelsystem das Öffnen eines Drachenmauls, wodurch die Kugel herausfällt.

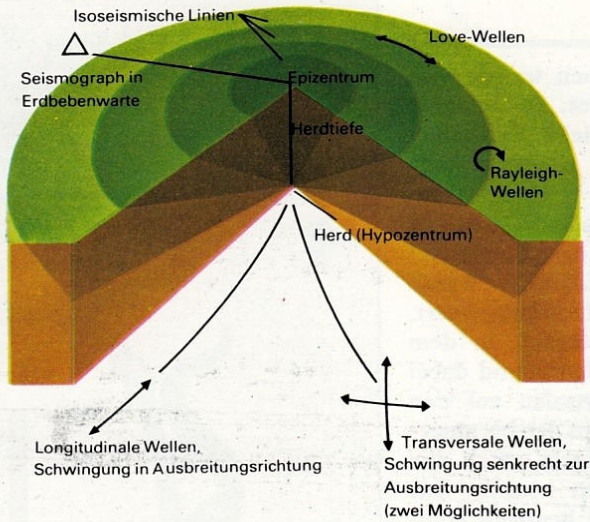
**Unten:** Konstruktionsprinzipien zweier Pendel-Seismographen. Das Pendel für die Messung der Horizontalkomponente besitzt eine geneigte Drehachse zur Verlängerung der natürlichen Eigenschwingungsdauer. Wenn eine seismische Schwingung mit der Resonanzperiode des Pendels übereinstimmt, wird die Aufzeichnung bedeutungslos. Die Anordnung für die Vertikal-komponente kann in beliebiger Richtung aufgestellt werden, die beiden Horizontalseismographen bilden jedoch einen rechten Winkel miteinander. Die Pendelauslenkungen sind zur Verdeutlichung stark übertrieben eingezeichnet.



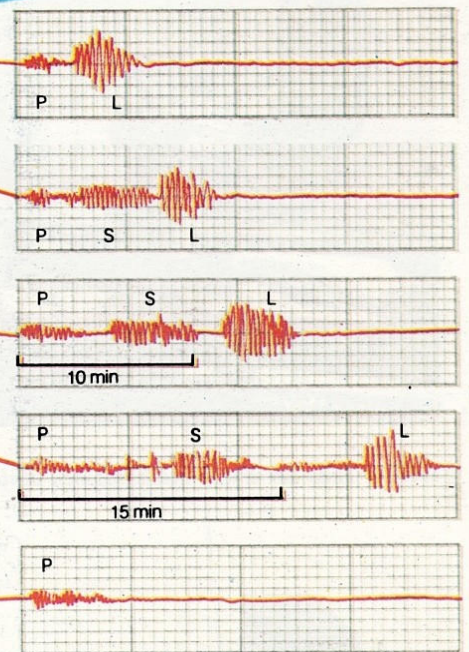
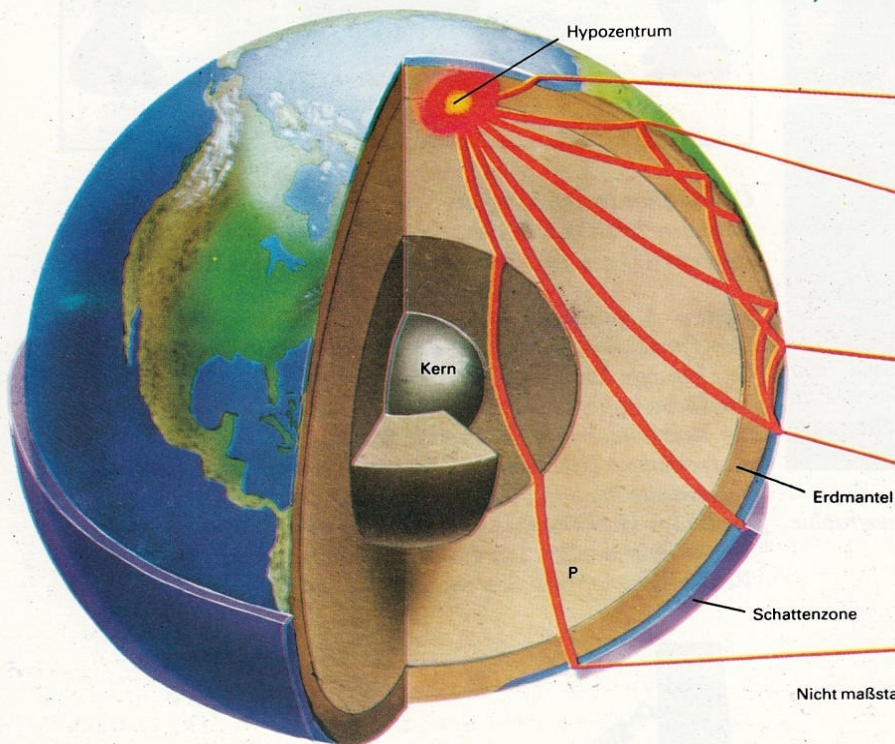
Horizontalpendel-Seismograph

Vertikalpendel-Seismograph

**Rechts:** Die Stärke eines Erdbebens nimmt vom Epizentrum, der Zone maximaler Effekte an der Oberfläche, die direkt über dem Herd oder Hypozentrum liegt, nach außen ab. Die Linien gleicher Intensität bzw. die 'iseismischen Linien' sind konzentrisch um das Epizentrum angeordnet. Die Zahlen geben die Stärke an. Die Pfeile deuten die Bewegungsrichtungen des Materials beim Durchlaufen der verschiedenen Wellentypen an.



**Unten:** Die Aufzeichnungen eines Seismographen ändern sich mit dem Abstand vom Hypozentrum eines Erdbebens. Das hier skizzierte Tiefenbeben würde an der Erdoberfläche geringe Wirkung hervorrufen, aber die Lage des Herdes läßt sich durch einen Vergleich der registrierten Kurven verschiedener Stationen bestimmen. Die langen Wellenzüge können mehrere Male um die Erde laufen, bevor sie völlig abgeschwächt sind.



P=Vorläufer (Verdichtungswellen, longitudinale Raumwellen)  
S=Vorläufer (Scherwellen, transversale Raumwellen)  
L=Oberflächenwellen

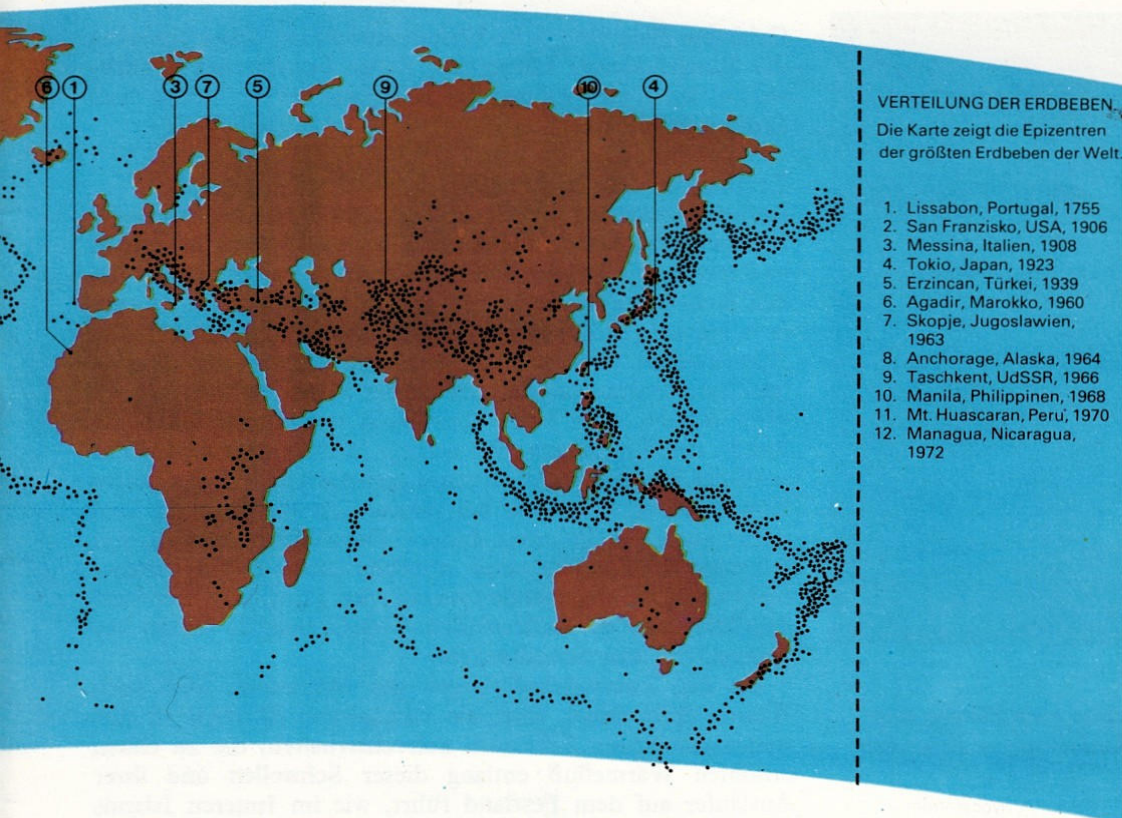
## Seismograph

Jedes Gerät zur Messung seismischer Vorgänge ist ein Seismometer. Wird zusätzlich auch für eine Aufzeichnung der Messung, etwa durch einen Schreiber, gesorgt, spricht man von einem Seismographen.

Es hat sich als unmöglich herausgestellt, einen Seismographen zu konstruieren, mit dem man die Bewegungen der Erdkruste in allen Richtungen fehlerfrei aufzeichnen kann. Man findet daher in allen Erdbebenwarten (seismologische Observatorien) mindestens zwei Seismographen, einen für die horizontalen und einen für die vertikalen Richtungsanteile (Komponenten) der Bewegungen. Meistens gibt es sogar drei Geräte, da die Horizontalkomponente in zwei Richtungen gemessen wird.

Der Seismograph für die Horizontalkomponente besteht im wesentlichen aus einem Pendel mit einem großen Gewicht. Während das Foucault-Pendel, das sehr lang ist und immer in

derselben Richtung des Raumes schwingt, die Drehung der Erde unter ihm sichtbar macht, zeigt das Seismographenpendel vibrierende Bewegungen der Erde an, weil es auf Grund seiner Massenträgheit am selben Punkt zu verharren trachtet. Im Gegensatz zum Foucault-Pendel ruht also das Seismographenpendel im Normalfall — ja, es wird sogar durch eine Dämpfungsvorrichtung am Schwingen gehindert. Jedes Pendel hat eine Resonanzschwingungsdauer — die Zeit, die es braucht, um eine volle Schwingung auszuführen —, und wenn die Periode der Erdbebenwelle mit der Resonanzperiode übereinstimmt, wird eine Messung unzuverlässig. Die Schwingungsdauer bei seismischen Vorgängen liegt zwischen etwa 0,01 s und 3000 s. Ein einziger Seismograph reicht für diesen großen Bereich nicht aus. Man braucht eine Reihe von Seismographen verschiedener Resonanzperioden, von denen



**Oben:** Die Punkte zeigen die weite Verteilung der Erdbebenaktivitäten an. Die dichter punktierten Gebiete sind Gegenden besonders hoher Aktivität. Durchschnittlich gibt es jährlich zwanzig größere Beben, von denen die meisten in einer von zwei Zonen auftreten: In der pazifischen Zone finden 80% aller Erdbeben statt; in der zweiten Zone, die sich über Südeuropa und Asien erstreckt, werden weitere 15% der Erdbeben registriert.

einige sehr große Schwingungsdauern besitzen müssen. Ein normales Pendel mit einer Schwingungsdauer von vielen Sekunden wäre wegen seiner großen Länge nicht sehr praktisch, so daß man spezielle Konstruktionen entwickelt hat. In einem Pendelseismographen für die Horizontalkomponente findet man meist ein Gewichtsstück, das auf einem horizontal liegenden Stab sitzt, der an einem Ende drehbar gelagert ist. Dieses Pendel wird von einem Draht festgehalten, der nicht ganz genau oberhalb des Drehzapfens verankert ist. Durch diese Art der Aufhängung erreicht man, daß das Pendel nach dem Anstoßen mit einer Periode bis zu einer Minute schwingt, vergleichbar mit der langsamen Bewegung einer schlecht eingehängten Tür.

Der Seismograph für die Vertikalkomponente ist im wesentlichen ein Gewicht, das an einer Spiralfeder hängt. Wie beim Gerät für die Horizontalkomponente erreicht man mit Hilfe einer horizontalen Stange eine längere Periode durch das Aufhängen des Gewichtes unter einem Winkel. Die Bewegung des Erdbodens wird durch die Dehnung der Feder gemessen. Der genaue Wert der Störung, die gewöhnlich unter einem Millimeter liegt, läßt sich nur dann angeben, wenn man die physikalischen Kenngrößen des Seismographen kennt.

Die Bewegungen der Erdoberfläche bei seismischen Vorgängen sind meist, außer in der Nähe des Erdbebenherdes (im 'Epizentrum'), sehr klein. Man braucht deshalb eine Verstärkung der Bewegungsamplituden um das Tausend- bis Millionenfache, um kleine Störungen überhaupt sichtbar machen zu können. Frühere Seismographen erreichten diese Vergrößerung mit mechanischen Hilfsmitteln: Ein System von Hebeln übertrug die vergrößerte Bewegung auf eine



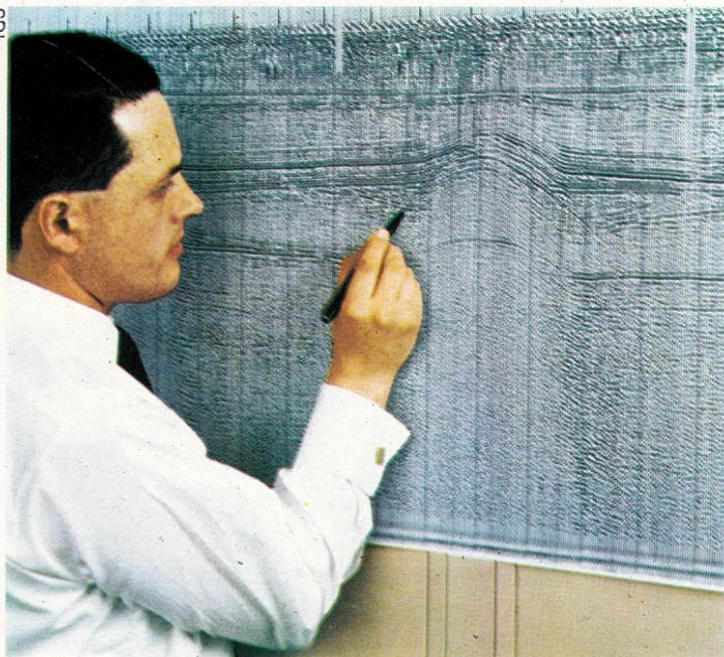
**Oben rechts:** Die zwei Seiten einer Verwerfung haben sich seit dem letzten Erdbeben nicht verschoben. Mit zunehmender mechanischer Beanspruchung in der Nähe der Grenzschicht wird das Gestein entsprechend verformt (A). In B gibt die Verbindung nach. Die Gesteinsmassen verschieben sich. Die Verzerrungsenergie wird freigesetzt, und das Gestein wird, von der Bruchstelle ausgehend (vom Hypozentrum also), in Schwingungen versetzt.

Schreibspitze, die auf das beruhte Papier einer umlaufenden Walze eine Kurve kratzte. Zur Verringerung der Reibungskräfte waren schwere Gegengewichte (bis zu einer Tonne) nötig, und die Dämpfung wurde durch in Luft oder Flüssigkeit befindliche Bremsschaufeln erreicht. Einige dieser Geräte werden noch heute benutzt.

Neuere Seismographen nutzen elektromagnetische Methoden. Die Pendel werden aus magnetischem Material angefertigt; ihre Bewegung induziert in Aufnehmerspulen eine elektrische Spannung. Auch die Dämpfung wird auf elektromagnetische Art realisiert. Diese hochempfindlichen Geräte erlauben auch eine Ausgabe der Meßdaten in digitaler Form, so daß die Ergebnisse direkt auf einer elektronischen Rechenanlage (Computer) weiterverarbeitet werden können.

## Erdbebenmessung

Für die Stärke von Erdbeben sind zwei wichtige Meßmethoden gebräuchlich: Die Skala von Mercalli und Sieberg beruht auf einem Vergleich der von Augenzeugen berichteten Effekte, während die Richter-Skala von der bei einem Beben freigesetzten Energie ausgeht. Dazu entwickelte der amerikanische Seismologe C. F. Richter (geb. 1900) im Jahre 1935 eine Formel, mit der man aus den Aufzeichnungen genommener Seismographen auf die Stärke des Erdbebens schließen kann. Die im verspannten Gestein gespeicherte Energie wird bei einem Erdbebenstoß in dem Gebiet der Verwerfungen (Brüche und Verschiebungen), dem Herd oder 'Hypozentrum', freigesetzt. Die Lage des Hypozentrums läßt sich aus den Beobachtungen berechnen. Ein flaches Beben geht von einem Hypozentrum oberhalb der Grenzschicht zwischen Erdkruste



**Oben:** Seismographische Aufzeichnungen nach Zünden einer Serie von Bogenentladungen in der Nordsee zeigen Echos von Gesteinsformationen.

und dem tieferliegenden Mantel aus. Diese Grenzschicht, nach ihrem Entdecker, dem jugoslawischen Seismologen Mohorovičić (1857 bis 1936) mit 'Moho' oder 'Mohorovičić-Diskontinuität' bezeichnet, befindet sich in etwa 35 km Tiefe. Mittlere Tiefen des Hypozentrums liegen zwischen Moho und 300 km. Sehr tiefe Herde können zwischen 500 km und 700 km tief liegen.

Ein Erdbeben ruft zwei Haupttypen von Schockwellen hervor. Die Kompressions- oder Verdichtungswellen (longitudinale Wellen) breiten sich am schnellsten aus und führen zu einer Bewegung des durchlaufenen Materials parallel zur Ausbreitungsrichtung der Welle, während die Scherwellen (transversale Wellen) eine Bewegung des Materials senkrecht zur Ausbreitungsrichtung verursachen. Kompressionswellen können sich in festen, flüssigen und gasförmigen Substanzen fortpflanzen, Scherwellen dagegen breiten sich nur in festen Körpern aus. Die Geschwindigkeit der verschiedenen Wellen hängt auch davon ab, ob sie sich im Erdinneren (Raumwellen) oder an der Oberfläche (Oberflächenwellen) ausbreiten. Die den longitudinalen Wellen verwandten Wellen an der Oberfläche heißen 'Rayleigh-Wellen', Oberflächen-Scherwellen heißen 'Love-Wellen'. Ein Seismograph läßt diese verschiedenen Wellentypen nacheinander erkennen, wenn der Herd weit genug entfernt ist. Zuerst kommen die Raumwellen an (Verdichtungswellen, gefolgt von Scherwellen), danach die Oberflächenwellen, die die größten Meßeffekte verursachen, und schließlich neben abklingenden Nachläufern auch 'Wiederkehrwellen', Oberflächenwellen, die die Erde mehrfach umkreisen können. Bei starken Beben hat man bis zu sechs Erdumkreisungen registrieren können.

Ein weltweites Netz von Erdbebenstationen macht es möglich, aus der Kombination der vielfältigen Aufzeichnungen an verschiedenen Stellen das Hypozentrum, die Stärke (Magnitude) und das Gebiet stärkster Bewegung an der Erdoberfläche, das 'Epizentrum', zu bestimmen.

Erdbeben geben dem Wissenschaftler auch einen Einblick in den inneren Aufbau der Erde, wobei die verschiedenen Wellentypen als Sonden dienen. Das Verhalten der verschiedenen Wellen gibt beispielsweise Aufschluß über die Zusammensetzung und Dicke der Erdkruste in verschiedenen

Gebieten. Eine natürliche Weiterentwicklung dieser Ideen ist der Einsatz kleiner künstlicher Beben (seismischer Schockwellen) zur Untersuchung der Erdkruste bei der Suche nach Erdöl und Mineralien.

### Erdbebenvorhersage

Erdbeben entstehen durch umfangreiche Verschiebungen des Erdmaterials. Flache Beben sind bei weitem am häufigsten und treten, wie bei den Ozeanwellen (z.B. im Mittelatlantik), den Kontinentalumrandungen und in vulkanischen Gebieten (z.B. Hawaii), in Zonen großer geologischer Aktivität auf. Die Schockwellen entstehen beim Herauspressen von Magma (geschmolzenem Material), das in der Mitte der Ozeane nach oben drängt, oder beim Einstürzen von Formationen am Rande der Kontinente. Bei seinem Weg zur Erdoberfläche muß das Magma seinen Zustand mehrfach ändern; es macht 'Umwandlungen' durch, bei denen sich die Struktur und damit auch das Volumen ändert. Dabei dehnt es sich, mit fallender Temperatur und abnehmendem Druck, immer mehr aus. Das umgebende Gestein wird gleichzeitig zur Seite gedrückt, und die auftretenden Verschiebungen führen zur Aussendung von Schockwellen.

Bei den Zustandsänderungen der Mineralien wird auch Wärme frei; damit wird die vulkanische Aktivität in den mittelozeanischen Schwellen aufrechterhalten, die zu einem erhöhten Wärmefluß entlang dieser Schwellen und ihrer Ausläufer auf dem Festland führt, wie im Inneren Islands und im äthiopischen Graben zu beobachten ist.

Am Rande der Ozeane, wo sich das Material nach unten bewegt, ist die Situation genau umgekehrt: Durch dieselben Konvektionsströme, die zum Aufwölben zwischen den Kontinenten führen, dringt hier das Material tief ins Erdinnere ein und schmilzt. Auf seinem Wege wandelt es sich mehrfach um. Die tieferen Beben in den Randbereichen der Ozeane haben ihr Hypozentrum also dichter an der Kante der Kontinentalmasse. Auch hier kommt es aufgrund der freigesetzten Wärme zu Vulkantätigkeit; Inselketten wie die Japans bestehen aus vulkanischem Material. Die Erdbeben südöstlich von Japan, im Tiefseegraben, wo das Material nach unten sinkt, haben ein Hypozentrum in nur wenigen Kilometern Tiefe, während die Hypozentren der unter der Stadt Tokio auftretenden Beben weit tiefer als zehn Kilometer liegen. Aus diesem Grunde ist es unwahrscheinlich, daß Japan je an den Fortschritten, die vielleicht in der Kontrolle von Erdbeben erzielt werden, teilhaben kann.

Eines der berühmtesten Erdbebengebiete befindet sich entlang der San Andreas-Verwerfung in Kalifornien. In dieser Übergangszone führen durch Konvektion verursachte Erdkrustenbewegungen zu Verschiebungen in der Längsrichtung der Verwerfung.

Die Vielfalt von Geräten zur Feststellung seismischer Vorgänge und umfangreiche Theorien zur Beschreibung dieser Phänomene lassen zumindest an die Möglichkeit der Vorhersage von Erdbeben denken. Zunehmende Verkippen oder Spannungen in der Erdkruste sind wahrscheinlich die besten Warnzeichen für bevorstehende Erdbeben. Beide Größen sind in den letzten Jahren mit einigem Erfolg zur Vorhersage herangezogen worden, vor allem in Island und Kalifornien.

In Gebieten mit häufiger seismischer Aktivität ist auch das Nachlassen der lokalen Tätigkeit für einige Tage ein nützlicher Hinweis auf ein bevorstehendes kräftiges Beben. Die Ursache ist wahrscheinlich darin zu suchen, daß sich mechanische Spannungen im Inneren der Erde aufbauen, wenn Grenzflächen, die sich normalerweise leicht gegeneinander verschieben lassen, für eine Weile aneinander hängenbleiben, bis die Haftkräfte plötzlich überwunden werden und die aufgestaute Energie katastrophenartig freigesetzt wird.



# Erfindungen 46: SCHUSSWAFFEN

Obwohl die meisten Historiker darin übereinstimmen, daß die Schußwaffe zuerst in China erfunden wurde, bleibt der genaue Zeitabschnitt, wann sie tatsächlich entwickelt wurde, im Dunkeln. Dies ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, daß das Schießpulver, das seit 1044 n. Chr. bekannt war, anfangs entweder als Sprengmittel in Bomben oder als Treibmittel für Raketen verwendet wurde. Es gibt keinen eindeutigen historischen Hinweis dafür, daß in China vor dem Jahre 1274 n. Chr. eine Schußwaffe verwendet wurde. Die ältesten historischen Berichte hierüber stammen aus dem Jahre 1356 n. Chr. Im Jahre 1272 n. Chr. übernahmen die Chinesen von den Arabern eine Art Wurfmaschine, die Trebuchet. Dies läßt darauf schließen, daß die Chinesen noch keine Wurfmaschine kannten.

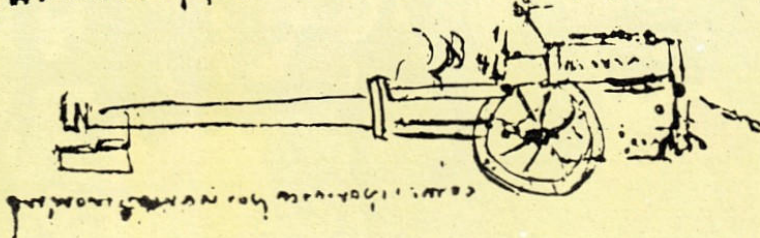
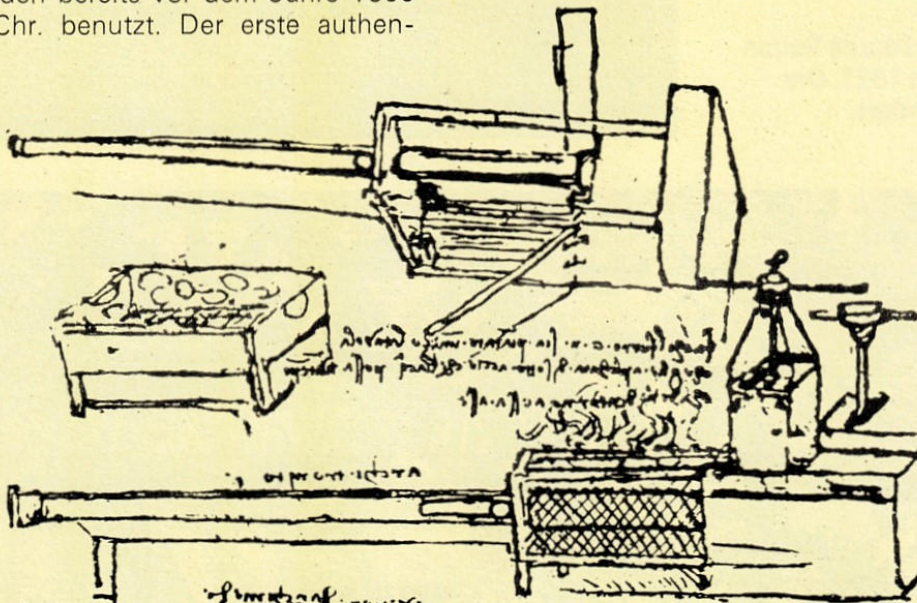
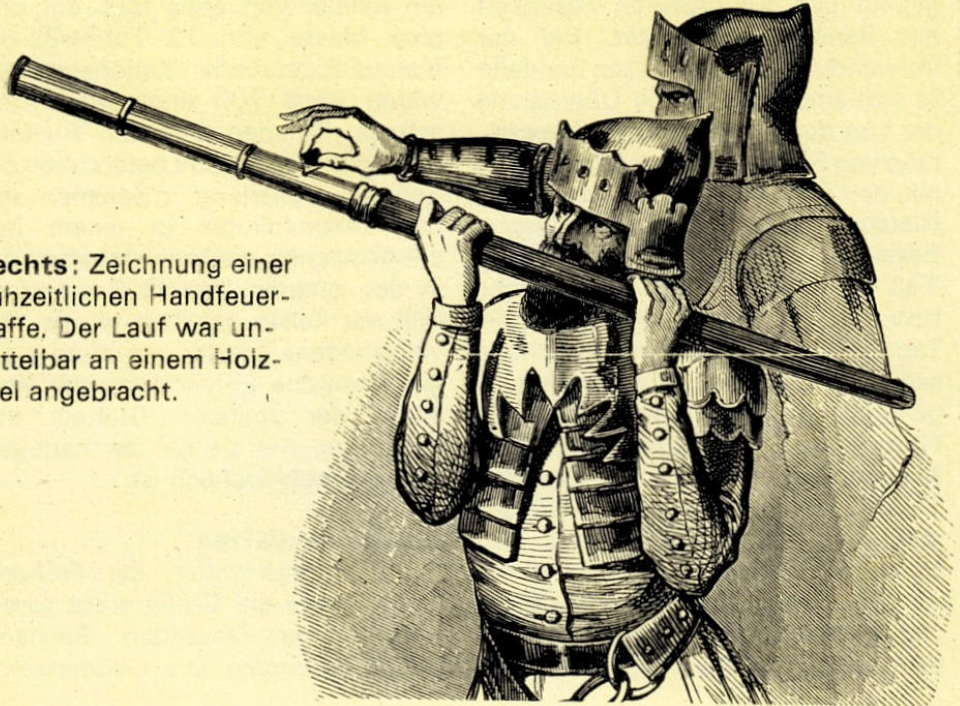
**Rechts:** Zeichnung einer frühzeitlichen Handfeuerwaffe. Der Lauf war unmittelbar an einem Holzstiel angebracht.

tische Bericht über eine Schußwaffe aus dem Jahre 1324 n. Chr. kommt aus Metz. Zwei Jahre später wird an

anderer Stelle erwähnt, daß in Florenz eine Kanone aus Messing gegossen worden sei. Und ein weiterer Bericht aus demselben Jahr zeigt die erste Darstellung einer Kanone, die von Walter de Milemete für Edward III. von England hergestellt worden war. In den folgenden Jahren setzte Edward während seines Feldzugs gegen die Schotten und Franzosen Kanonen ein.

Bei diesen frühzeitlichen Kanonen handelte es sich um Waffen, die nicht besonders beeindruckend waren. Sie ähnelten eher Vasen oder Töpfen aus Vollmessing, mit einem Zündloch im Gefäßboden, durch das die Schießpulverladung gezündet wurde. Vollgestopft mit Schießpulver, brachten sie nur jeweils einen Schießbolzen, der aus Eisen war, zum Abfeuern. Der Lärm, der beim Abfeuern entstand, verursachte wahrscheinlich eine größere Panik als die abgefeuerten Projektile. Dieser Art von Kanonen war keine lange Lebensdauer beschieden. Bereits 1350 n. Chr. zeichnete sich die Unterteilung in schwere, aus Bauteilen zusammengebaute Kanonen und leichte Handfeuerwaffen ab.

**Links:** Zeichnung von Leonardo da Vinci. Sie zeigt eine mit Treibdampf abzufeuern Kanone. Ein Teil des Laufes wurde in einem Brennofen erhitzt, um den erforderlichen Dampf zu gewinnen.



Weil sie dazu neigten, beim Einsatz zu zerbersten, wurden die Messinggußkanonen weitgehend von Kanonen aus Gußeisen ersetzt. Sie wurden über einer Schablone zusammengebaut und zur größeren Festigkeit mit Bandeisen vernietet. Bei der Verwendung von Bandeisen handelte es sich eindeutig um die Übernahme der von den Küpern bei der Herstellung von Fässern angewandten Technik, den Dauben Festigkeit zu geben. Hieraus leitet sich auch die englische Bezeichnung 'barrel', im Deutschen 'Faß' oder 'Tonne', für Geschützrohr bzw. Lauf ab, die bis zum heutigen Tage gültig ist. Diese Kanonen schossen mit Feldsteinen, auch Steinkugeln genannt, die eine möglichst runde Form haben mußten. Eiserner Kanonenkugeln waren bis ungefähr 1400 n. Chr. nicht in Gebrauch. Wurden diese Kanonen abgefeuert, war es nicht nur der damit verbundene Kanonendonner, der Panik auslöste. Der 'Große Werfer von Ghent' aus dem Jahre 1382 n. Chr., auch 'Tolle

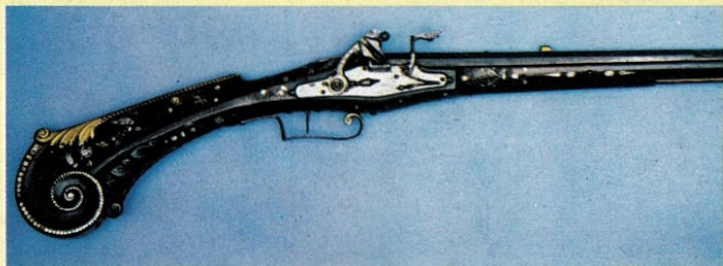
Grete' genannt, ein schwerer, mörserähnlicher Werfer und wohl eine der ältesten überlieferten Kanonen der damaligen Zeit, hatte eine Geschützrohrlänge von etwa 4,88 m, ein Kaliber von etwa 63,5 cm und eine Masse von 13 Tonnen; die hieraus abgefeuerten Kanonenkugeln waren etwa 700 englische Pfund schwer. Bei den kleineren Ausführungen dieser Kanone befand sich die Schießpulverladung zusammen mit der Kanonenkugel in einem becherähnlichen eisernen Behälter, der in den offenen Verschluß eingelegt und mit Keilen gehalten wurde. Für verschiedene Länder war diese waffentechnische Entwicklung der Vorläufer der späteren Granate mit Kartusche, wie sie bei der heutigen Artillerie gebräuchlich ist.

### Handfeuerwaffen

Die Handfeuerwaffen der Frühzeit hatten kaum die Größe eines einen halben Liter fassenden Bechers. Einige bestanden aus Gußmessing,

andere wurden, genau wie die Kanonen, aus Bandeisen gefertigt. Im allgemeinen waren sie an einem Ende eines Holzstiels, einer Art Schaft also, befestigt. Das andere Ende steckte der Soldat entweder in die Erde oder klemmte es sich in die Achselhöhle, während er eine Lunte am Zündloch befestigte. Im Verlaufe der Hussitenkriege in Europa, etwa um 1420 n. Chr., waren die Läufe der Handfeuerwaffen beträchtlich verlängert worden. Die Lunte wurde nunmehr in eine drehbar gelagerte Luntengabel eingelegt, von wo sie durch Ziehen am Abzug in das Zündloch eingeführt wurde. Die Waffe konnte mit dem Holzstiel, an dem sie befestigt war, gegen die Schulter gezogen werden. Die sogenannten Arquebussen waren die Vorläufer von Musketen und Gewehren; trotzdem war zur gleichen Zeit eine kleinere Handfeuerwaffe in Benutzung, die nur einen Handgriff hatte, die Pistala. Hieraus wurde später die Pistole entwickelt.

**Rechts:** Vogelflinte aus dem 17. Jahrhundert, die Ludwig XIII von Frankreich gehörte. Als Abfeuermechanismus dient ein von Pierre de Bourgeoys hergestelltes Steinschloß.



COOPER-BRIDGEMAN

**Unten:** Szene der Belagerung von Belgrad durch Sultan Suleiman des Türkischen Reiches im Jahre 1521. Die Feldgeschütze waren auf starke Räder montiert.



SONIA HALLIDAY