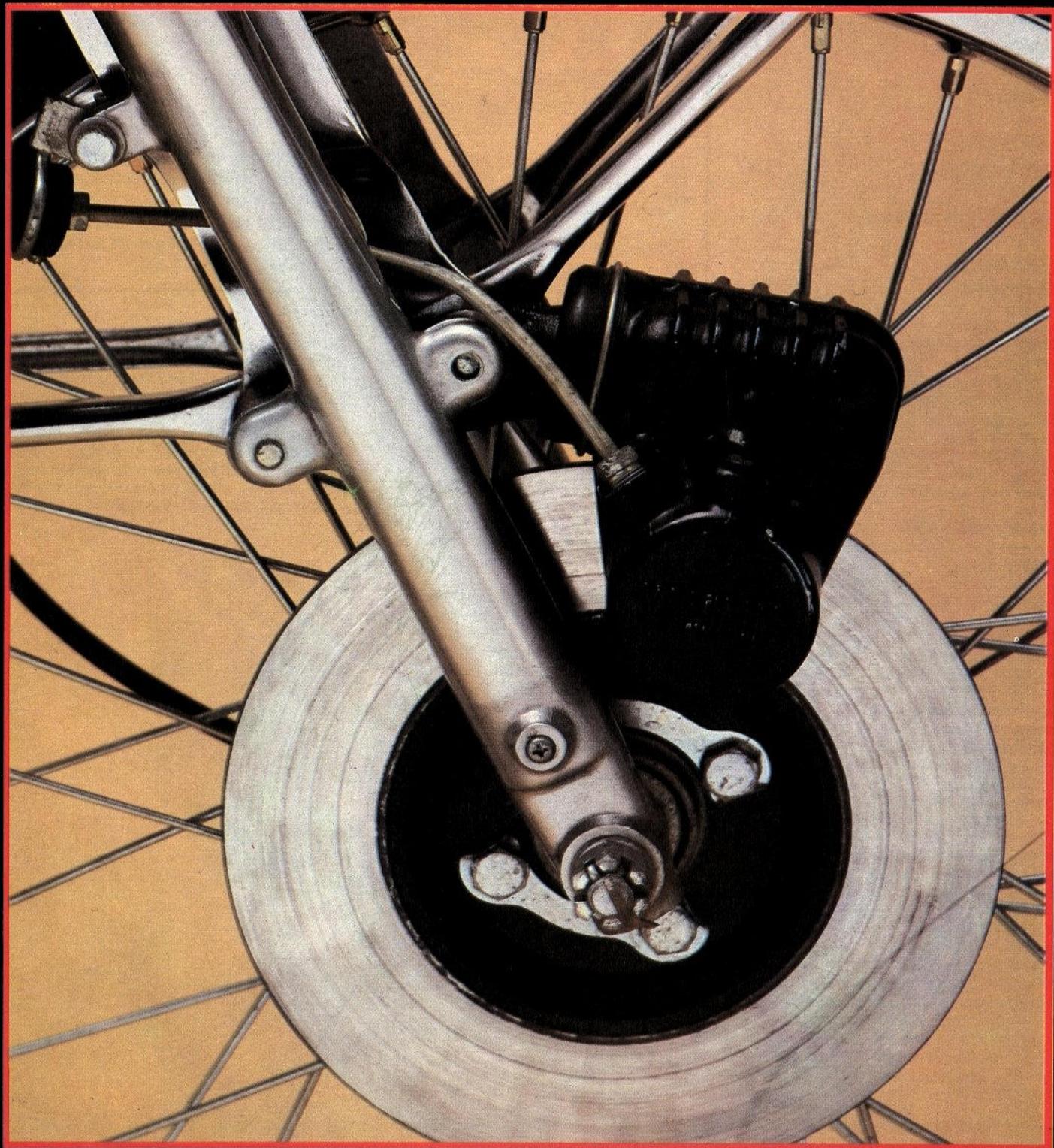


HEFT 7 EIN WÖCHENTLICHES SAMMELWERK OS 25  
SFR 3.50 DM 3

# WIE GEHT DAS

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



scan:[GDL]

# WIE GEHT DAS

## Inhalt

Bomben	169
Bomben-Zielvorrichtungen	173
Bootsbau	176
Bowlingbahn	179
Bremsen	182
Brennöfen und Hochöfen	187
Brennschneiden	191
Brennstoffelemente	194

### WIE SIE REGELMÄSSIG JEDO 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 schicken Sie Ihre Bestellung unter Einsendung Ihres Abschnitts an die Schmidt-Agence AG, Postfach, 4002 Basel. Kennwort: HEFTE.

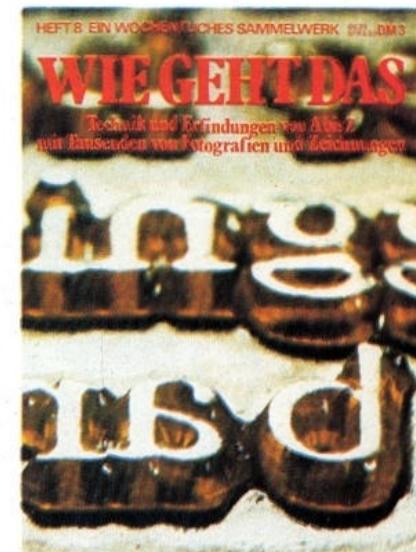
**Wichtig:** Der linke Abschnitt der Zahlkarte muß Ihre vollständige Adresse enthalten, damit Sie die Hefte schnell und sicher erhalten.

### 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.

## In Heft 8 von Wie Geht Das

Der Buchdruck ist das älteste Druckverfahren. Die Geschichte des Buchdrucks läßt sich bis zu Gutenberg im 15. Jahrhundert und bis zu chinesischen Druckverfahren im 8. Jahrhundert zurückverfolgen. Wie moderne Buchdruckmaschinen arbeiten können Sie in Heft 8 von WIE GEHT DAS nachlesen.



Die Chemie ist einer der wichtigsten Zweige der modernen Naturwissenschaft. Die Grundlagen der Chemie und ihre Bedeutung für die Wirtschaft sind Gegenstand eines Artikels im nächsten Heft 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 Ordner 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.

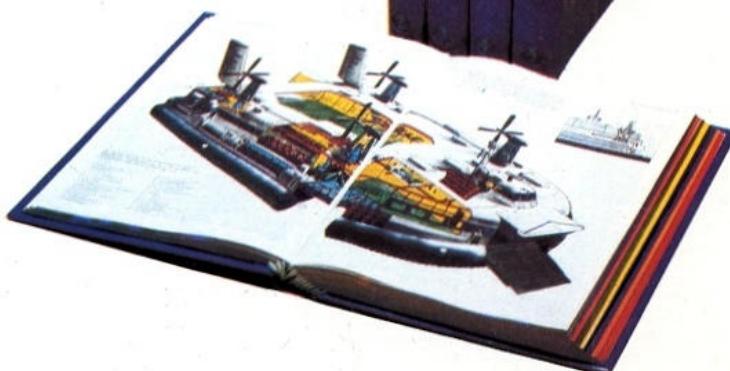
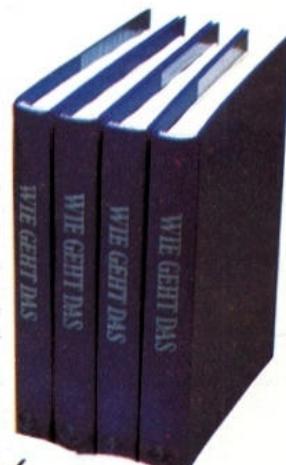
2. Sie bestellen die Sammelordner direkt beim Verlag. Deutschland: Ebenfalls für DM 11, bei: Verlagsservice, Postfach 280380, 2000 Hamburg 28. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: Verlagsservice, Postfach 280380, 2000 Hamburg 28, Postscheckkonto Hamburg 3304 77-202. Kennwort: SAMMELORDNER.

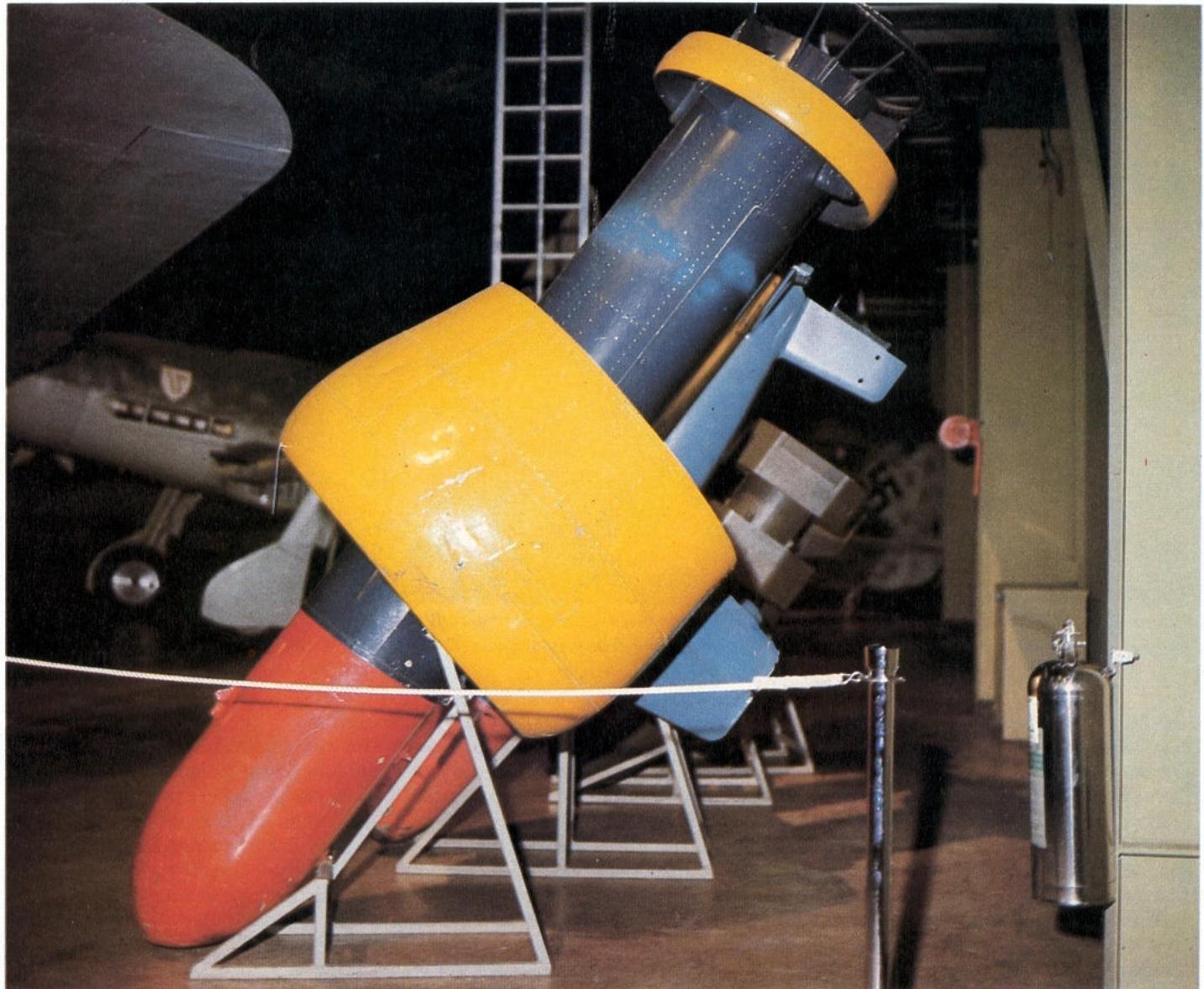
Österreich: Der Sammelordner kostet öS 80. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: WIE GEHT DAS, Wollzeile 11, 1011 Wien. Postscheckkonto Wien 2363.130. Oder legen Sie Ihrer Bestellung einen Verrechnungsscheck bei.

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

Einzahlungsschein) auf das Konto: Schmidt-Agence AG, Kontonummer Basel 40-879, und schicken Sie Ihre Bestellung unter Einsendung des Abschnitts an die Schmidt-Agence AG, Postfach, 4002 Basel. Kennwort: SAMMELORDNER.

**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 lesbar enthalten.





## BOMBEN

**Bomben sind mehrmals durch die Haager Konvention verurteilt worden. Trotzdem wurden sie in allen modernen Kriegen als sehr wirksames Kampfmittel eingesetzt.**

Eine Bombe ist ein Hohlkörper, der mit Sprengstoff oder mit für Menschen schädlichen Chemikalien gefüllt werden kann. Er wird durch einen Schlag oder einen Zeitzünder zum Explodieren gebracht. Der Mantel kann aus Metall, Kunststoff, Beton oder Glas bestehen; Form, Größe und Inhalt der Bombe hängen von ihrer Anwendung ab.

Der Begriff 'Bombe' dürfte auf die 'Bombarde' zurückgehen; dies waren im Mittelalter Kurzrohrkanonen. Da die gußeisernen oder steinernen Geschosse von diesen Waffen in einer hohen Flugbahn abgeschossen wurden, wird der Begriff 'Bombe' auch für die Munition verwendet, die von solchen Werfern abgeschossen wird. Häufiger jedoch wird der Begriff für Hohlkörpergeschosse verwendet, die von einem Flugzeug abgeworfen werden. Vereinzelt sind auch Bomben entwickelt worden, die mit der Hand geworfen werden können.

### Geschichtliche Entwicklung

Ball nach der Erfindung des Ballons wurden Versuche unternommen, Bomben aus der Luft abzuwerfen. Im Krieg zwischen Österreich und Venedig im Jahre 1849 beluden die

*Oben: Ein auf zwei Achsen verstellbarer Tragflügel umkreist die Bombe. Um die Bombe zu steuern, verändert man den Winkel zwischen dem Tragflügel und der Bombe. Die Steuerung wird von einem Computer im Flugzeug gelenkt.*

Österreicher Papierheißluftballons mit kleinen Bomben, die mit Zeitzündern ausgestattet waren. Sie ließen sie bei entsprechenden Windverhältnissen aufsteigen und schickten sie in Richtung Venedig.

Diese etwas eigenartige Idee wurde im Jahre 1944 von den Japanern erneut aufgegriffen. Sie ließen bei östlichen Winden etwa 1 000 mit Wasserstoff gefüllte Ballons aufsteigen, die einen Durchmesser von 10 Metern hatten und mit Splitter- bzw. Brandbomben beladen waren. Die Ballons wurden in Richtung USA und Kanada getrieben. Viele von ihnen landeten aber in unbewohnten Gebieten.

Während des ganzen 19. Jahrhunderts gab es Versuche, Ballons zur Bombardierung des Feindes einzusetzen. Sie wurden eingestellt, als im Jahre 1899 die Haager Konvention Bombenabwürfe untersagte. Dieses Dekret wurde jedoch im Jahre 1907 wieder aufgehoben. Nachdem die Gebrüder Wright im Dezember 1903 erstmals erfolgreich mit einer Maschine, die schwerer als Luft war, geflogen waren, begannen viele Länder, mit Bombenabwürfen aus der Luft zu experimentieren.

Die erste Bombardierung erfolgte durch die Italiener im Krieg gegen die Türkei im Jahre 1911. Nun begann man über



Oben: Ein amerikanischer Bomber vom Typ B52 bei einem Bombenangriff auf Vietnam.

Er wurde in Indochina häufig zum Flächenbombardement eingesetzt.

die Ethik von Bombenabwürfen zu diskutieren—eine Diskussion, die bis heute noch nicht abgerissen ist. Die Techniken der Bombardierung wurden ständig weiterentwickelt, da man ihren Vorteil gegenüber der Kanone (größere Reichweite, größere Sprengkraft) deutlich erkannte. Im Ersten Weltkrieg unternahmen deutsche Zeppeline mehr als 200 Flüge in Richtung London und warfen etwa 200 Tonnen Bomben über London ab. Bei diesen Bombardierungen wurden 1700 Menschen getötet oder verwundet. Im Jahre 1923 arbeitete man in Den Haag Gesetze gegen den Luftkrieg aus, die allerdings nie ratifiziert wurden.

Nach Beendigung des Zweiten Weltkrieges hatten die Alliierten etwa zwei Millionen Tonnen Bomben auf Deutschland und dessen besetzte Gebiete abgeworfen. Obwohl man sich über die Wirksamkeit von Bombenabwürfen nicht einig ist, werden auch heute noch Luftbombardierungen durchgeführt.

Im Indochinakrieg beispielsweise warfen die USA zwischen 1965 und 1973 sieben Millionen Tonnen Bomben auf Vietnam, Laos und Kambodscha ab.

**Bombardierungen in den beiden Weltkriegen**  
Die ersten aus der Luft abgefeuerten Bomben waren Brandbomben mit Flügeln und speziellen Zündern. Sie wurden von Hand abgeworfen und hatten daher nur ein Gewicht von 11 kg. Während und nach dem Ersten Weltkrieg wurden zur Verbesserung der Zielgenauigkeit Befestigungsgestelle und Zielgeräte am Flugzeug anmontiert. Außerdem entwickelte man verschiedene Bombentypen, wie beispielsweise Splitter-, Brand-, Gas- und Beleuchtungsbomben. Der Spanische Bürgerkrieg (1936 bis 1939) zeigte, daß die Bombardierung ein wichtiges Mittel der Kriegsführung geworden war.

Trotz der Weiterentwicklung von Bomben war im Zweiten Weltkrieg die Zielgenauigkeit ein Hauptproblem. Man versuchte mit Funkbaken (zur Fixierung von Zielen) und Leuchtugeln (bei der Nachtbombardierung) die Ziele besser treffen zu können. In der heutigen Zeit setzt man Laser ein, um Punktziele mit Sicherheit zu treffen. Laser als Zielvorrichtungen wurden zum ersten Mal im Jahre 1971 von den USA im Vietnam-Krieg eingesetzt.

### Aufbau einer Bombe

Eine Bombe umfaßt vier Hauptteile: Einen mit der Nutzlast gefüllten Hohlkörper, eine Flügelgruppe zur Stabilisierung der Bombe, einen oder mehrere Zünder und eine Baugruppe, die die Bombe im Augenblick des Abwurfs scharf macht. Das Scharfmachen einer Bombe ähnelt dem Auslösen einer Sperrklinke. Um den Fall der Bombe zur Erde zu verlangsamen oder zu stabilisieren, kann ein Fallschirm mit einbezogen werden. Der Körper hat gewöhnlich eine aerodynamische Stromlinienform, die sich zur Geschoßspitze am Bug verjüngt. Ihre Wandstärke hängt von der beim Bersten geforderten Wirkung ab. Die Stabilisierungs-Baugruppe variiert von einer einfachen Anordnung für normale Flugbahnen bis zu einer



3 komplexen Konstruktion mit Ausgleichsflügelflächen, um die Bombe beim Fallen trudeln zu lassen.

Der Zünder muß über Sicherheitsvorrichtungen für die Bedienung und die Umladung verfügen.

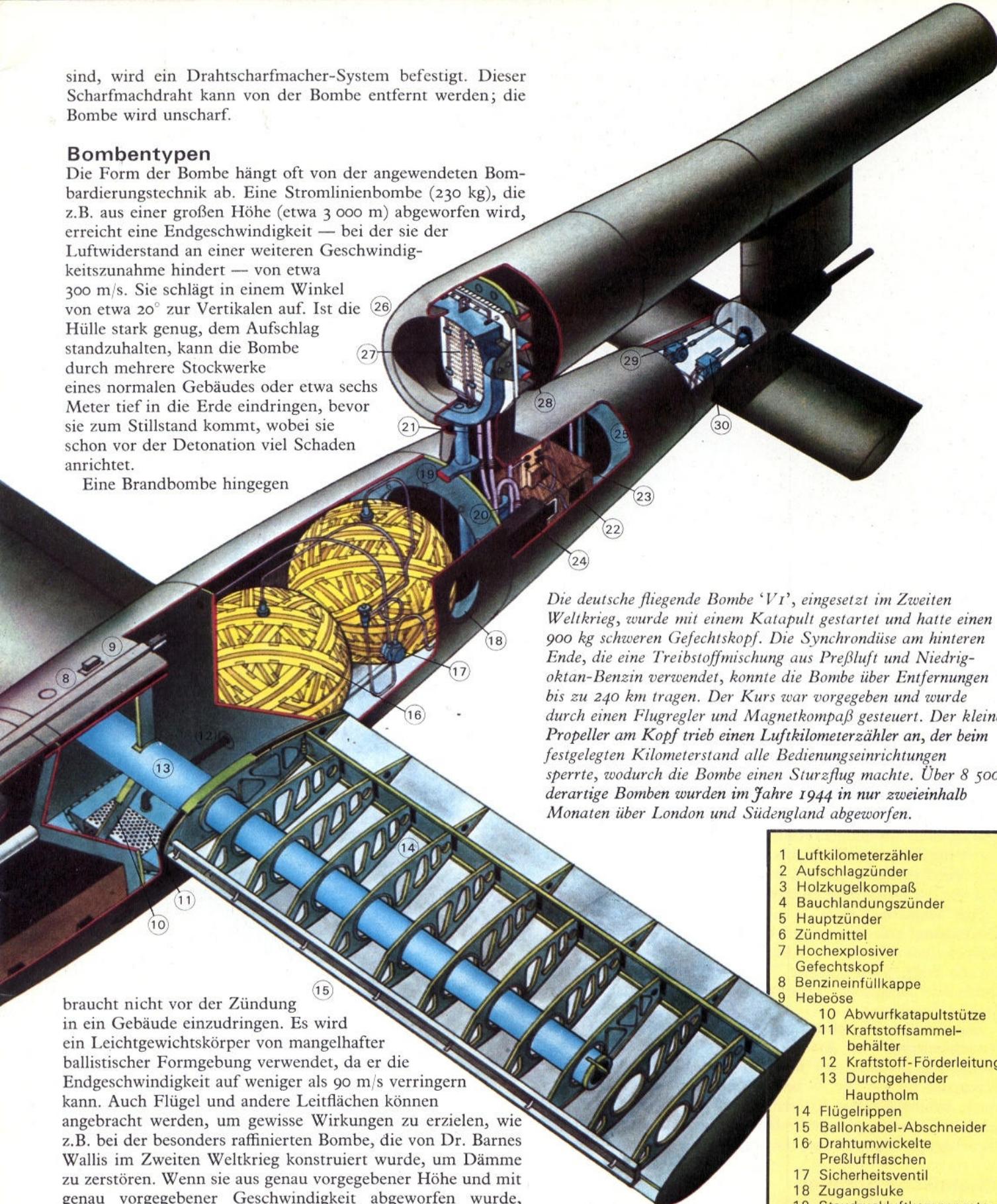
Außerdem muß er in der Lage sein, nach Erreichen des Ziels oder nach einer vorprogrammierten Zeitverzögerung eine große Menge Sprengstoff explodieren zu lassen. Manchmal werden zwei Zünder verwendet, um eine Detonation am Ziel sicherzustellen oder um Alternativen bei der Bombardierung zu ermöglichen. Sie können am Kopf, Bodenschwanz oder Mittelkörper angebracht werden. Wenn die Bomben im Flugzeug mit Hilfe von Aufhängeösen am Körper verladen

sind, wird ein Drahtscharfmacher-System befestigt. Dieser Scharfmachdraht kann von der Bombe entfernt werden; die Bombe wird unscharf.

### Bombentypen

Die Form der Bombe hängt oft von der angewendeten Bombardierungstechnik ab. Eine Stromlinienbombe (230 kg), die z.B. aus einer großen Höhe (etwa 3 000 m) abgeworfen wird, erreicht eine Endgeschwindigkeit — bei der sie der Luftwiderstand an einer weiteren Geschwindigkeitszunahme hindert — von etwa 300 m/s. Sie schlägt in einem Winkel von etwa 20° zur Vertikalen auf. Ist die Hülle stark genug, dem Aufschlag standzuhalten, kann die Bombe durch mehrere Stockwerke eines normalen Gebäudes oder etwa sechs Meter tief in die Erde eindringen, bevor sie zum Stillstand kommt, wobei sie schon vor der Detonation viel Schaden anrichtet.

Eine Brandbombe hingegen

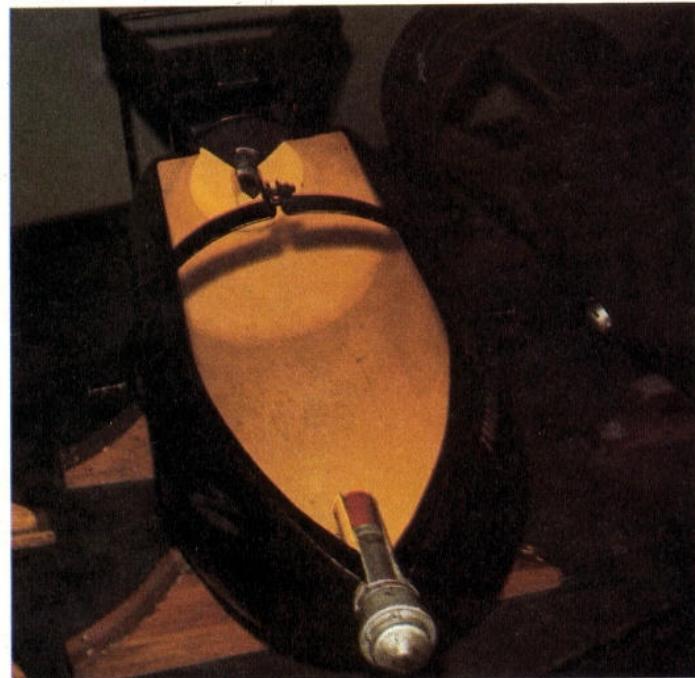


Die deutsche fliegende Bombe 'V1', eingesetzt im Zweiten Weltkrieg, wurde mit einem Katapult gestartet und hatte einen 900 kg schweren Gefechtskopf. Die Synchrodüse am hinteren Ende, die eine Treibstoffmischung aus Preßluft und Niedrigoktan-Benzin verwendet, konnte die Bombe über Entferungen bis zu 240 km tragen. Der Kurs war vorgegeben und wurde durch einen Flugregler und Magnetkompaß gesteuert. Der kleine Propeller am Kopf trieb einen Luftkilometerzähler an, der beim festgelegten Kilometerstand alle Bedienungseinrichtungen sperrte, wodurch die Bombe einen Sturzflug machte. Über 8 500 derartige Bomben wurden im Jahre 1944 in nur zweieinhalb Monaten über London und Südengland abgeworfen.

braucht nicht vor der Zündung in ein Gebäude einzudringen. Es wird ein Leichtgewichtskörper von mangelhafter ballistischer Formgebung verwendet, da er die Endgeschwindigkeit auf weniger als 90 m/s verringern kann. Auch Flügel und andere Leitflächen können angebracht werden, um gewisse Wirkungen zu erzielen, wie z.B. bei der besonders raffinierten Bombe, die von Dr. Barnes Wallis im Zweiten Weltkrieg konstruiert wurde, um Dämme zu zerstören. Wenn sie aus genau vorgegebener Höhe und mit genau vorgegebener Geschwindigkeit abgeworfen wurde, trudelte die Bombe und hüpfte über die Wasseroberfläche, bis sie an der Dammwand gestoppt wurde, auf den Grund sank und explodierte.

Wasserbomben sind Hochleistungsbomben mit leichten Hüllen, die für die Zerstörung unter Wasser konstruiert sind. Sie werden bei Erreichen der richtigen Tiefe hydrostatisch zur Explosion gebracht. Sie haben auch einen Kopfzünder zum Einsatz gegen Oberflächenziele. Ihre Hauptaufgabe ist der Angriff auf Unterseeboote, die vom Detonationsdruck schwer beschädigt werden können. Die Bomben sind zylindrisch und

- |    |                                      |
|----|--------------------------------------|
| 1  | Luftkilometerzähler                  |
| 2  | Aufschlagzünder                      |
| 3  | Holzkugelkompaß                      |
| 4  | Bauchlandungszünder                  |
| 5  | Hauptzünder                          |
| 6  | Zündmittel                           |
| 7  | Hochexplosiver Gefechtskopf          |
| 8  | Benzineinfüllkappe                   |
| 9  | Hebeöse                              |
| 10 | Abwurfkatapultstütze                 |
| 11 | Kraftstoffsammelbehälter             |
| 12 | Kraftstoff-Förderleitung             |
| 13 | Durchgehender Hauptholm              |
| 14 | Flügelrippen                         |
| 15 | Ballonkabel-Abschneider              |
| 16 | Drahtumwickelte Preßluftflaschen     |
| 17 | Sicherheitsventil                    |
| 18 | Zugangsluke                          |
| 19 | Staudruckluftkompensator             |
| 20 | Kraftstoffpumpe                      |
| 21 | Kraftstoff-Förderleitungen           |
| 22 | Kilometerzähler                      |
| 23 | Flugregler                           |
| 24 | 30-Volt-Batterie                     |
| 25 | Hintere Zugangsluke                  |
| 26 | Argus-Impuls-Motor                   |
| 27 | Benzin-Einspritzer/ Federblatt-Grill |
| 28 | Venturi-Begrenzer                    |
| 29 | Seitenruder-Servo                    |
| 30 | Höhenruder-Servo                     |



PHOTRI

**Oben:** Eine Sprengbombe. Sie wurde so konstruiert, daß sie nach Durchdringen der oberen Stockwerke eines Gebäudes explodierte. Zwecks Berührung mit dem Zündsatz wird der Schlagbolzen vom Propeller eingeschraubt, wenn die Bombe fällt.

haben einen flachen Kopf, der Abpraller verhindern soll. Ihr Explosivinhalt beträgt etwa 75% des Gesamtvolumens. Sie haben eine Masse zwischen 140 kg und 320 kg.

### Spezielle Bombenarten

Panzerbrechende Bomben werden konstruiert, um schwere Panzerung und betonverstärkte Bauten zu durchschlagen. Sie besitzen eine starke Stahlhülle, haben eine Masse von etwa 450 kg, sind stromlinienförmig mit festem, spitzem Zielkopf und wenig Sprengstoff (5% bis 15%). Im Zündungssystem ist eine Verzögerung eingebaut, um ein tiefes Eindringen in das Ziel vor der Detonation zu ermöglichen.

Die 'Vergeltungswaffe' V 1, die im Zweiten Weltkrieg in Deutschland erfunden wurde, enthielt 850 kg Sprengstoff im Körper eines führerlosen Düsenflugzeuges. Das Flugzeug fiel auf die Erde, wenn ihm der Treibstoff ausging. Die bei der Detonation ausgelöste Druckwelle verursachte eine großflächige Zerstörung.

Atombomben verwenden Energie, die aus der Spaltung oder Verschmelzung von Atomkernen frei wird. Es gibt drei Arten: die A-BOMBE, die H-BOMBE und als neueste Art die Neutronen-Bombe. Die A- und H-Bombe sind so explosionsstark, daß ihre Kraft in Kilotonnen und Megatonnen gemessen wird, was einer Explosionskraft von Milliarden Tonnen TNT (Sprengstoff Trinitrotoluol) entspricht.

### Chemische Bomben

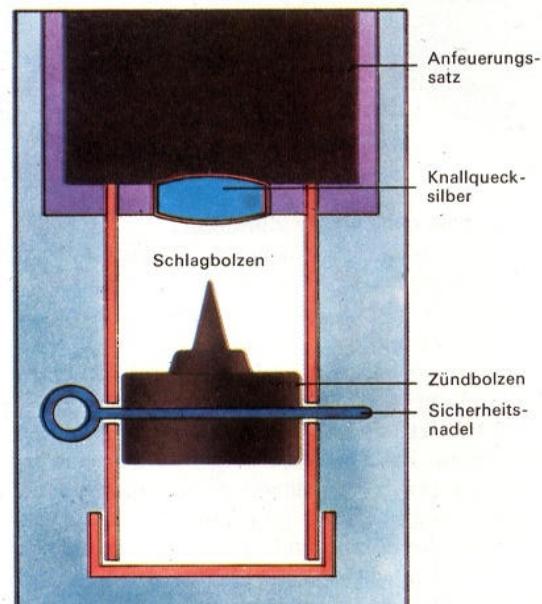
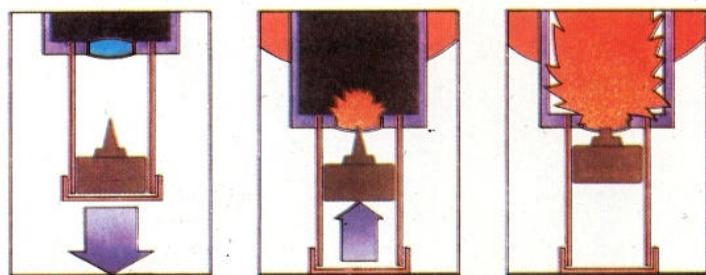
Zu den chemischen Bomben zählen die mit Kampfgasen, Nebel- und Brandmaterialien gefüllten Bomben. Die gaserzeugenden Bomben enthalten Mittel wie Lungenreizstoffe, ätzende Kampfstoffe, Tränengas, Giftrauch sowie Nerven- und Blutgifte. Nebelbomben sind mit Chemikalien wie Titanetetrachlorid, Hexachlorethan und Zinkstaub, Chlor-sulphösäure und Dischwefeltrioxid oder weißen Phosphormischungen gefüllt. Weiße Phosphormischungen erzeugen beim Bersten Brände. Außerdem erzeugen sie dichte, weiße Wolken. Brandbomben verwenden oft Thermit, eine Mischung aus Aluminiumpulver, Eisenoxid und Magnesium, das

beim Zünden eine Temperatur von 2500°C erreicht. Im Zweiten Weltkrieg konnte ein einziges Flugzeug mehrere Tausend Brandbomben mit einem Gewicht von jeweils 900 g tragen. Von ihnen wurden enorme Mengen abgeworfen: beispielsweise in einer Nacht des Jahres 1944 200 000 Bomben auf Berlin und am 25. Mai 1945 600 000 Bomben auf Hitlers Hauptquartier. In den letzten Kriegsmonaten wurden diese Brandbombentypen durch Bomben, die auf entzündbarem Öl basierten, ersetzt. Die Anwendung der entzündbaren Öle wie Napalm, einer Mischung aus Benzin, Polystyren und weißem Phosphor ist weit verbreitet; mehr als 300 000 Tonnen sind zwischen 1963 und 1973 in Indochina eingesetzt worden.

### Fackeln und Flugblätter

Andere Modelle schließen pyrotechnische Bomben ein, die Chemikalien enthalten, die weißes oder farbiges Licht produzieren. Blitzlichtbomben erzeugen bei einem kurzen Bersten eine hochintensive Beleuchtung, die für Nachtaufnahmen von Bodenstellungen geeignet ist. Eine ähnliche, aber langsam brennende Ladung wird zur Aufhellung von Schlachtfeldern und Zielen verwendet. Die Bombe besitzt einen kleinen Fallschirm, um den Fall zu verlangsamen. Ein anderes Modell eines Zielfindungssystems enthält farbige Kerzen, die ausgeworfen werden und beim Fall auf das Ziel brennen.

Flugblattbomben mit im allgemeinen weniger als 230 kg Gesamtgewicht haben eine zylindrische Form mit einem Sollbruch-Mittelteil. Wenn der Zünder die kleine Berstdladung zündet, bricht die Hülle entzwei, um Propaganda-Flugblätter über ein weites Gebiet zu verstreuhen.

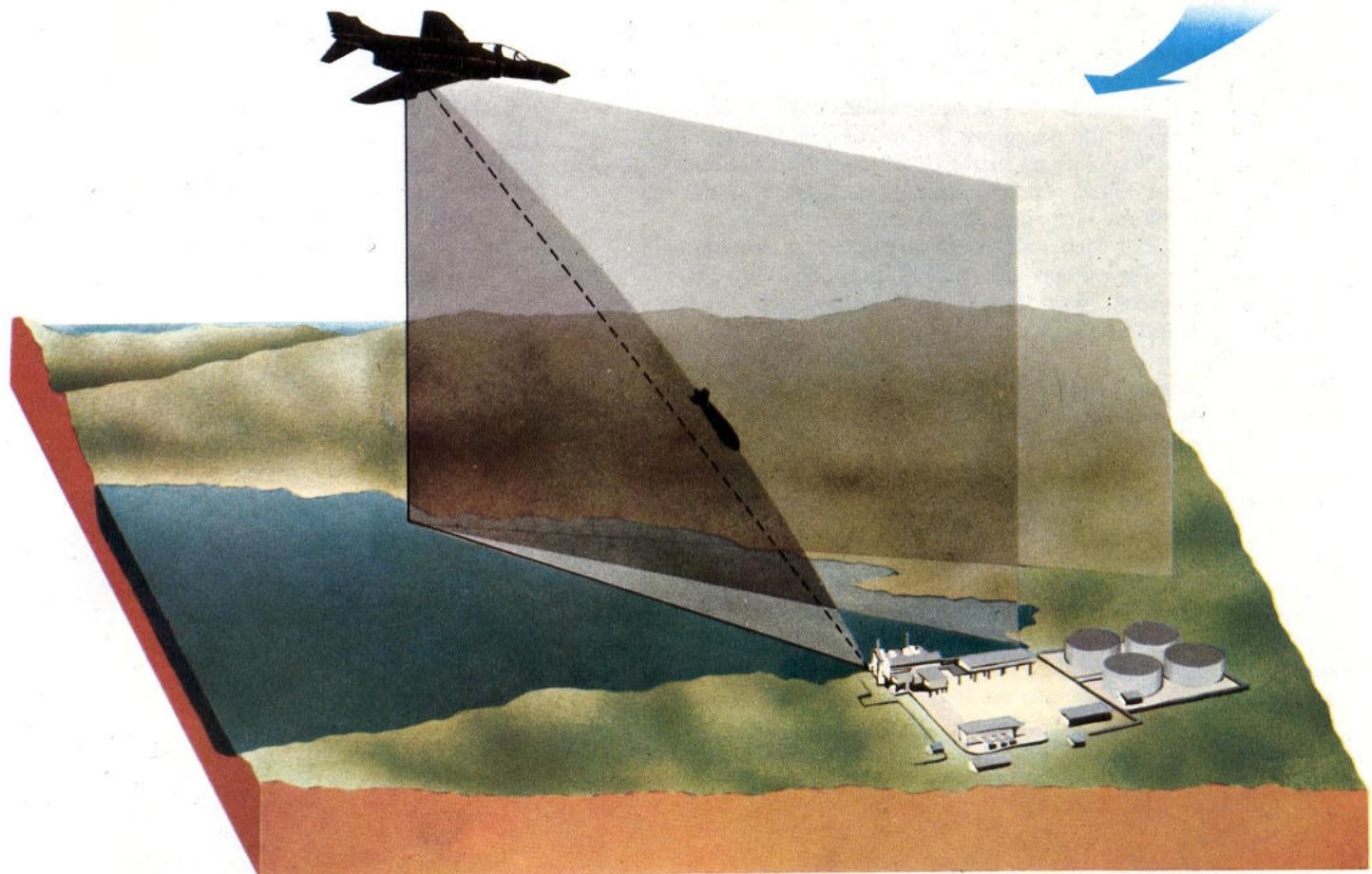


**Oben:** Der Mechanismus eines Anschlagzünders. Die Sicherheitsnadel bewirkt, daß der Schlagbolzen sich nicht durch Zufall bewegen kann; sie wird vor dem Abwurf entfernt. Beim Aufschlag wird der Schlagbolzen in die Kapsel mit Knallquecksilber zurückgeworfen. Dadurch verursacht er die Explosion des Knallquecksilbers und des Zündsatzes.

## BOMBEN-ZIELVORRICHTUNGEN

Eine Bombe, die über See abdriftet, in ein leeres Feld fällt oder die Brücke knapp verfehlt, ist wirkungslos. Bomben-Zielvorrichtungen sind eine Hilfe, wenn es darum geht, anvisierte Ziele genau zu treffen.

**Unten:** Die Windeinwirkung auf Flugzeug und Bombe muß errechnet werden. Die Berechnung beruht auf Geschwindigkeit und Richtung des Flugzeuges, Wurfweite, Luftdichte und verschiedenen Konstanten, wie dem Einrichten des Abwurferates. Die Bombenauslösline und das errechnete Bezugsziel werden auf einem Schirm aufgezeigt. Wenn sie sich decken, wird die Bombe automatisch ausgelöst.



Eine Bombe, die von einem Flugzeug abgeworfen wird, ist von vier Größen abhängig: von der Gravitationskraft, der Geschwindigkeit des Flugzeuges, dem Luftwiderstand — er übt auf die Bombe eine Gegenkraft aus — und dem Einfluß des Windes beim Fallen der Bombe, die Abdrift. Früher fällten die Piloten die Entscheidung, wann eine Bombe ausgelöst werden sollte. Man erkannte jedoch bald, daß zur Erhöhung der Zielgenauigkeit eine Bombenzielvorrichtung entwickelt werden müßte.

Die ersten Bombenzielgeräte — sie wurden im Ersten Weltkrieg eingesetzt — arbeiteten nach dem Prinzip des Kraftdreiecks. Eine Dreiecksseite war der Höhe, die andere der Luftgeschwindigkeit proportional. Die Hypotenuse war die Ziellinie. Die Flugzeuge flogen in einer Höhe und mit einer Geschwindigkeit, die zuvor festgelegt wurden. Diese Bombenzielgeräte waren bei geringer Geschwindigkeit und Höhe ausreichend genau. Als die Flugzeuge wegen der Bodenabwehr und des Detonationsdruckes der eigenen Bomben in größerer Höhe fliegen mußten, wurde das genaue Zielen erschwert, denn der Wind beeinflußte sowohl das Flugzeug als auch die Flugrichtung der Bombe. Es bestand die Möglichkeit, mit oder gegen den Wind anzugreifen. Die Fehler waren allerdings noch groß. Es stellte sich bald heraus, daß eine Abdriftvorrichtung konstruiert werden mußte, durch die der Bombenschütze die Windeinwirkungen korrigieren konnte.

Durch den Wind wird das Flugzeug ständig von seiner Flugrichtung abgelenkt. Auch die Bombe wird durch Windein-

wirkung abgedriftet. Um diese Einwirkungen berechnen zu können, wird ein kleiner Computer eingesetzt, der die Geschwindigkeit und Richtung des Flugzeuges, die Wurfweite, die Luftdichte und Konstanten, wie beispielsweise das Einrichten des Abwurferates, berücksichtigt. Das Auslösen der Bombe und das errechnete Bezugsziel werden auf einem Bildschirm angezeigt. Decken sich beide Größen, wird die Bombe automatisch abgeworfen.

### Vektor-Bomben-Zielgeräte

Es wurde eine Bomben-Zielvorrichtung benötigt, die in der Lage war, die Geschwindigkeits- und Höhenkomponente des Kraftdreiecks zu variieren. Denn es mußte die Abdrift bei Änderung der Flugrichtung berücksichtigt werden. Die ersten Bomben-Zielvorrichtungen dieser Art wurden in den dreißiger Jahren eingesetzt. Sie wurden mit der Hand eingestellt und waren als voreingestellte Vektor-Bomben-Zielgeräte bekannt. War die Voreinstellung vorgenommen, mußte das Flugzeug seine vorgegebene Flugrichtung genau einhalten, um eine gute Trefferquote zu erreichen.

### Automatische Bombenzielgeräte

Ende der dreißiger Jahre wurde ein Bombenzielgerät entwickelt, das Geschwindigkeit, Höhe und Abdrift mit Hilfe eines mechanischen Analogcomputers automatisch einstellte. Es war direkt mit den Luftgeschwindigkeits-, Höhen- und Kurssteuerungssystemen verbunden. Man nannte dieses

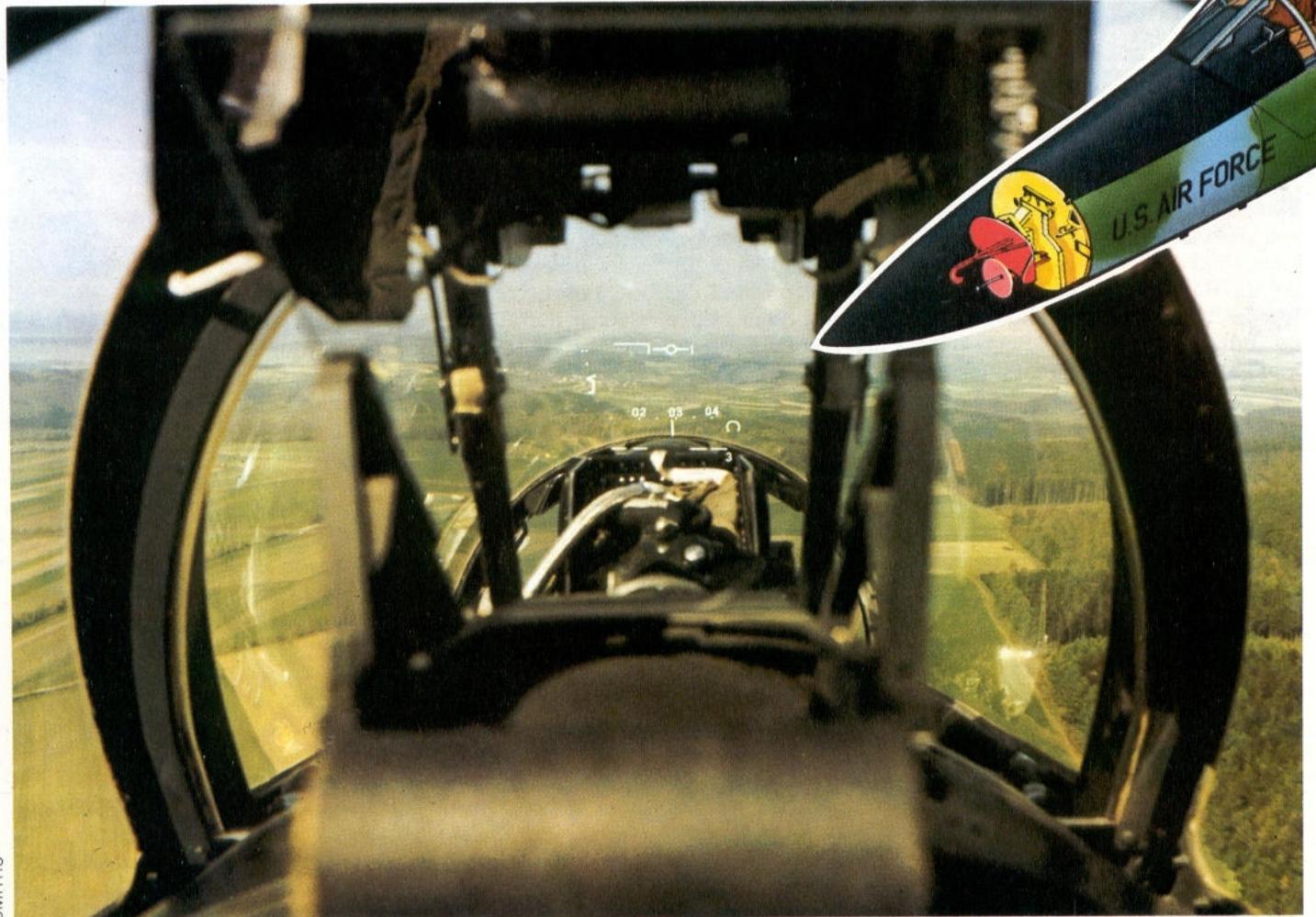
Bombenzielgerät 'dauernd eingestelltes Bombenzielgerät'. Diese Zielgeräte waren die ersten, die bei Änderung der Fluggeschwindigkeit und -höhe den Abwurfwinkel der Bomben automatisch einstellen konnten.

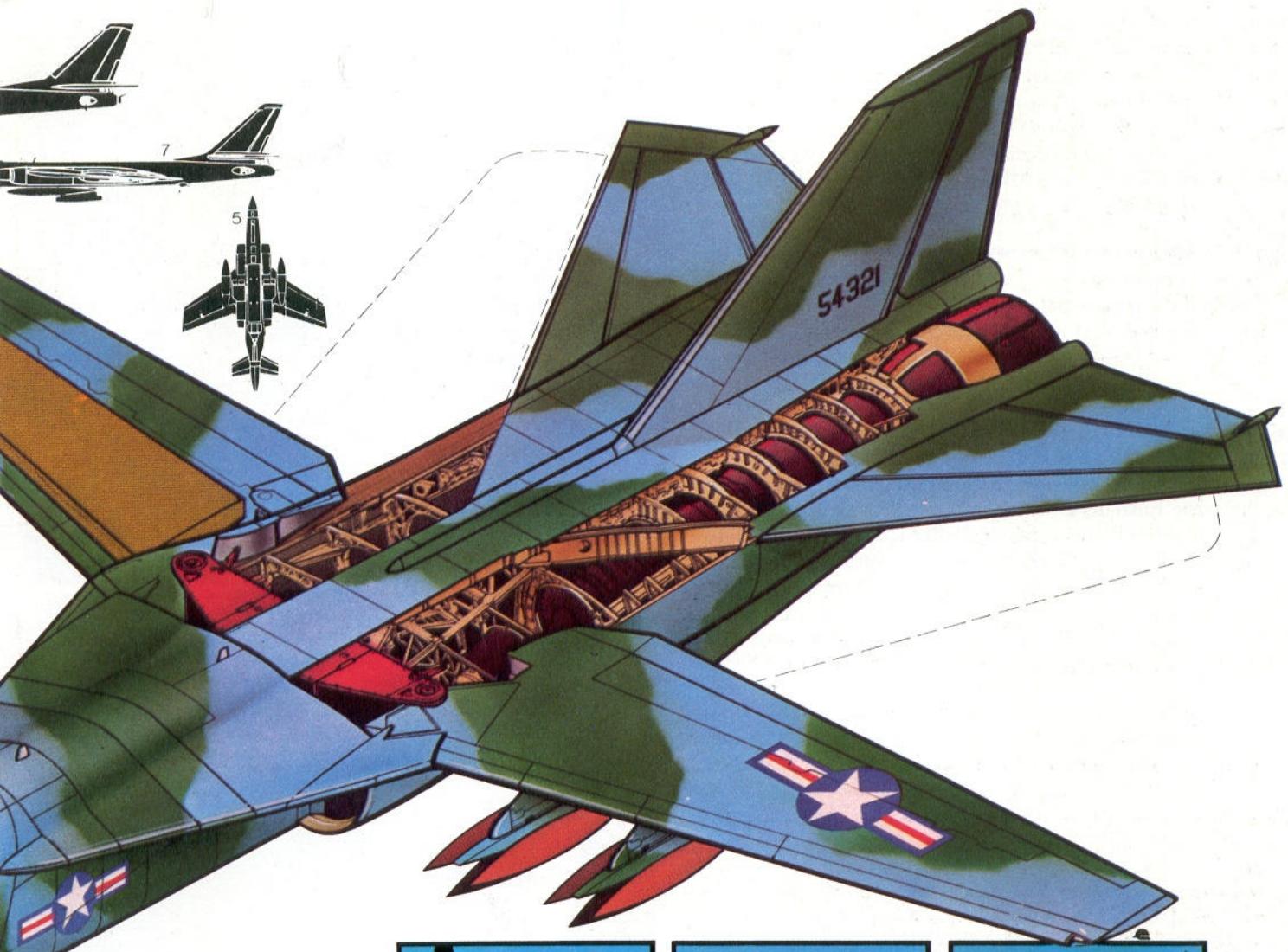
### Geräte des Zweiten Weltkrieges

Im Zweiten Weltkrieg wurde das geschwindigkeitsmessende Zielgerät gebaut. Mit ihm konnte der Bombenschütze die außerhalb seiner Kontrolle liegende Größe 'Windbeeinflussung' berücksichtigen. Dieses Zielgerät beruhte auf dem Prinzip, daß sich der Zielwinkel bei genau eingestellten Werten und mit dem auf das Ziel gerichteten Fadenkreuz mit sich ändernder Höhe und Geschwindigkeit des Flugzeuges verändert, d.h. das Fadenkreuz bleibt durch Synchronisation auf das Ziel gerichtet. Driftet das Flugzeug wegen des Windes ab, werden die Werte für die Windeinstellung so lange verändert, bis das Ziel wieder anvisiert wird. Decken sich bei Annäherung des Flugzeuges Zielwinkel und berechneter Bombardierungswinkel, wird die Bombe automatisch ausgelöst. Das Zielgerät war sehr genau.

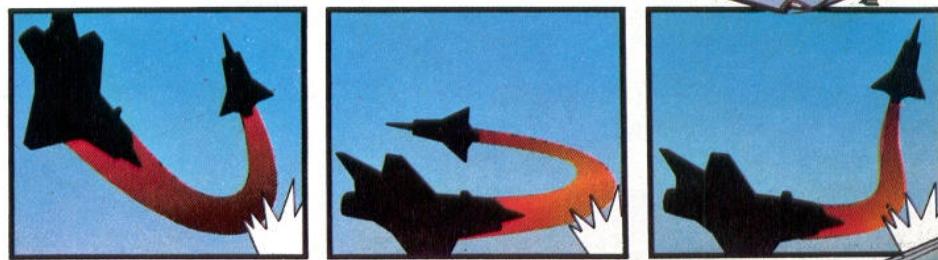
Ein anderes, im Zweiten Weltkrieg verwendetes Bombenzielgerät war das Winkelgeschwindigkeits- oder Tiefbombenzielgerät. Es arbeitet nach dem Prinzip, daß sich die relative Bewegung eines Punktes auf der Erde konstant ändert; und zwar am schnellsten unter dem Flugzeug und am langsamsten in Horizontnähe.

**Unten:** Bombenzielgeräte in modernen Kampfflugzeugen haben ein 'head-up display' (HUD) — dies ist ein System, das die Informationen für ein erfolgreiches Bombardement auf die Windschutzscheibe in Augenhöhe des Piloten projiziert. Das System wird von einem kleinen Computer im Flugzeug gesteuert.





**Rechts:** Angriffs schema eines modernen Kampfflugzeuges, in diesem Falle einer SAAB Draken.



**Großes Bild oben:** Amerikanisches Bodenkampfflugzeug FB-111A, mit großem Erfolg in Vietnam eingesetzt. Es kann verschiedenartige Waffen auf seinen schwenkbaren Tragflächen befördern. Der Pilot und der Navigator sitzen nebeneinander in der Kanzel, welche völlig in sich abgeschlossen ist und im Notfall im Ganzen abgesprengt werden kann.

### Zielen auf unsichtbare Ziele

Die bisher besprochenen Zielgeräte haben den Nachteil, daß das Ziel sichtbar sein muß. Die Wetterverhältnisse lassen dies nicht immer zu, so daß Bombenzielanlagen entwickelt werden mußten, die 'blind' ihr Ziel finden. Eines der ersten, im Zweiten Weltkrieg entwickelten 'Blind'-Bombensysteme verwendete zwei Funkbaken. Das Flugzeug flog im Flugbereich der einen Funkbake. Bei Erreichen der anderen Funkbake wurde die Bombe ausgelöst.

Dieses System konnte nur bis zu einer Entfernung von 480 km eingesetzt werden. Je kleiner der Winkel — aus der Sicht des Flugzeuges — war, desto ungenauer arbeitete das System.

**Oben links:** 1 Die amerikanische FB-111A mit zurückgelegten Tragflächen. 2 Der amerikanische B-52-Stratofortress-Bomber mit zwei einsatzbereiten Hound-Dog Raketen. 3 Die britische Vulcan-B2 mit zwei Blaustahl-Raketen. 4 Die französische Mirage IVA. 5 Das britische Buccaneer Bodenkampfflugzeug. 6 Die russische Tu-20-'Bär' mit einer Multimegatonnen-Luft/Oberflächen-Rakete. 7 Die russische Tu-16 'Dachs'; von den Russen nicht mehr gebaut und nun von den Chinesen hergestellt.

Durch die Einführung von Radar an Bord des Flugzeuges konnte der Boden kartographisch dargestellt werden. Damit war die Möglichkeit gegeben, hochmoderne, unabhängige Radar-Bombenabwurfsysteme zu entwickeln. Bei Flugzeugen, die mit Radaranlagen ausgerüstet sind, kann der Bordschütze bei jedem Wetter den Boden 'sehen'. Bordcomputer können das Flugzeug zu dem Punkt steuern, wo die Bomben ausgelöst werden sollen.

## BOOTSBAU

**Das traditionelle Holzboot wird noch heute überall auf der Welt gebaut. Die Einführung glasfaserverstärkter Kunststoffe in den Bootsbau während der fünfziger Jahre hat jedoch zu neueren Fertigungstechniken in der Massenherstellung, zu größerer Vielseitigkeit bei den Rumpfformen und zu geringeren Unterhaltskosten geführt.**

Es werden heute etwa 70% der in Europa und den USA hergestellten Boote aus glasfaserverstärktem Kunststoff gebaut. Stahl, Leichtmetall und sogar Beton sind weitere Werkstoffe, die im Bootsbau verwendet werden. Holzboote werden jedoch auch weiterhin gebaut und benutzt.

### Beplankung

Der Holzbootsbau ist ein Handwerk, bei dem Erfahrung und handwerkliches Können eine große Rolle spielen. Es müssen viele hölzerne Einzelteile verarbeitet werden, die für den Bau des wasserdichten Bootskörpers erforderlich sind. Dabei muß ein Höchstmaß an Stabilität im Wasser bei größtmöglicher Widerstandsfähigkeit gegenüber Spannungen erreicht werden.

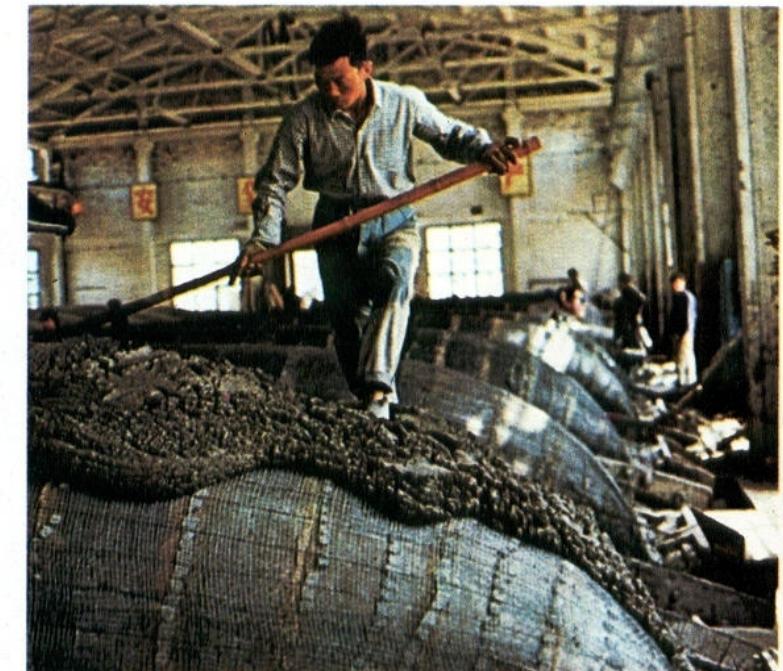
Beim Holzbootsbau gibt es in der Beplankung zwei Grundausführungen, die Klinker- und die Karweelbeplankung. Die Klinkerbeplankung hat überlappende Plankengänge. Bei der Karweelbeplankung stoßen die Plankengänge stumpf aufeinander, wodurch eine glatte Außenhaut entsteht.

Bei der Karweelbauweise werden die Plankengänge an den Spanten Stoß auf Stoß befestigt. Zusammen mit dem Kiel bilden sie das Rumpfgefüge und geben dem Boot seine Form. Der Kiel wird in der Länge des Bootes aus kräftigem, ast-

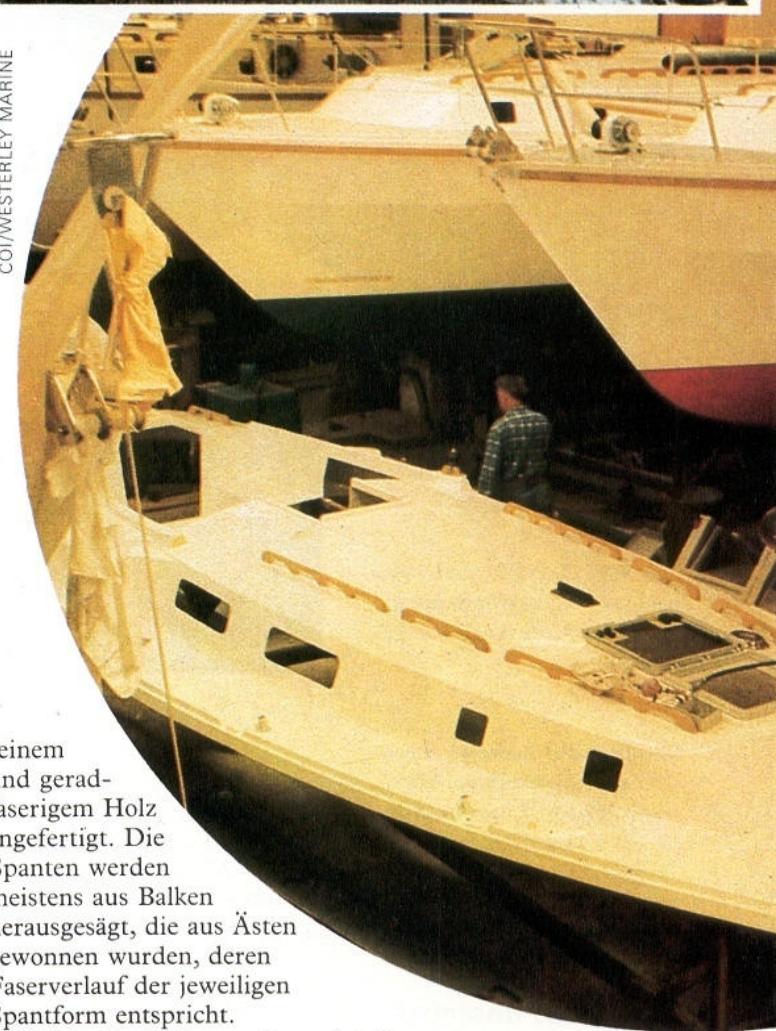
**Rechts oben:** Betonboote sind gute Gebrauchs- und Arbeitsboote. Sie sind billig, leicht zu bauen und dauerhaft.

**Rechts Mitte:** Fertigstellung des Decks einer Jacht, bevor es mit dem Bootskörper verbunden wird.

**Unten:** Die Form des Bootskörpers bei Plastikbooten muß zuerst konstruiert werden. Die Abbildung zeigt die Innenseite einer neuen, polierten Gußform.



COI/WESTERLEY MARINE



reinem und geradfasrigem Holz angefertigt. Die Spanten werden meistens aus Balken herausgesägt, die aus Ästen gewonnen wurden, deren Faserverlauf der jeweiligen Spantform entspricht.

Bei der Beplankung wie auch beim Spantenwerk gibt es viele Abweichungen von den beiden Grundausführungen. Durch die Verwendung von mit Heißdampf gebogenen Spanten kann das Spantengefüge leichter gemacht werden. Durch die Gewichtseinsparung können mehr Formspanten eingebaut werden.

### Sperrholz

Durch Verarbeitung von Sperrholz wurde der Bau von Holzbooten in den zwanziger Jahren (vor allem in den USA) weiterentwickelt. Die Erfindung wasserdichter, mit großer

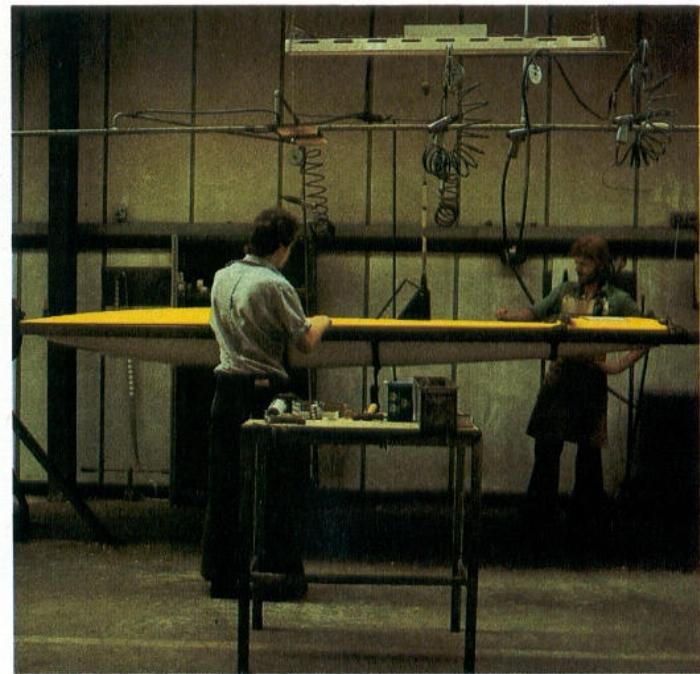
Haftfestigkeit klebender Kunsthärze führte zur Entwicklung wasserundurchlässiger, kunsthärzverleimter Sperrholzplatten in für den Schiffs- und Bootsbau vorgeschriebenen Qualitäten. Dieser Werkstoff wurde zunächst in zunehmendem Maße für die Herstellung von Schott- und Trennwänden verwendet. Später wurde daraus auch die Beplankung für kleine und einfache Holzboote hergestellt.

### Glasfaserverstärkter Kunststoff

Der Bootsbau von heute verwendet als Werkstoff in immer stärkerem Maße Polyesterkunsthärz mit Glasfasereinlagen, der allgemein als glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) bekannt ist. Es wird zunächst ein massives Modell des Bootes mit den richtigen Abmessungen hergestellt; dieses ist der 'Modellkern'.

Über diesem Modellkern wird in einem ähnlichen Arbeitsgang eine Gußform angefertigt, die der geforderten Rumpfform entspricht und mit dem Modellkern formmäßig übereinstimmt, aber etwas größer ist.

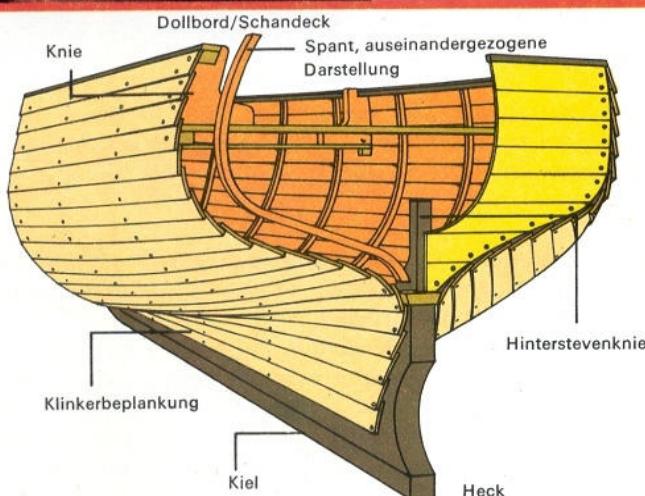
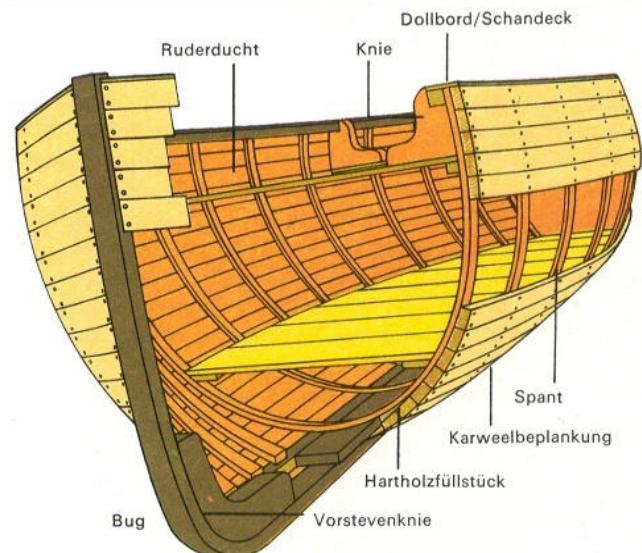
Durch Ausgießen des Zwischenraumes, der sich



**Oben:** Der Bootskörper und das Deck eines Kunststoffbootes werden einzeln gegossen. Anschließend werden sie zusammengefügt.



**Rechts:** Rumpf eines Holzbootes in Karweelbauweise. Als erstes wird der Kiel gelegt, dann werden Vor- und Achtersteven mit dem Kiel verbunden. Die Beplankung beginnt oben und wird Stoß auf Stoß an den Spanten befestigt.



**Oben:** Bei der Klinkerbauweise beginnt die Beplankung am Kiel und setzt sich nach oben fort, so daß sich die einzelnen Plankengänge von oben nach unten überlappen. Die Spanten werden später formgerecht eingesetzt.

gebildet hat, entsteht die Rumpfschale. Das Deck und andere Bauteile werden in unterschiedlichen Gußformen hergestellt.

Die zur Verarbeitung kommenden Werkstoffe setzen sich aus Polyesterkunsthärz und Glasfasereinlagen zusammen, die in kleinen Abschnitten verarbeitet werden.

Der Vorteil von Kunststoffbooten mit Glasfasereinlagen besteht in der Ganzbauweise des spantenlosen Rumpfes, der wasserundurchlässig wird, da es keine auf Stoß oder mit Überlappung gearbeitete Beplankung oder sonstige Anschlüsse gibt, durch die Wasser eindringen könnte. Ein weiterer Vorteil ist die Verminderung von Wartungs- und Pflegearbeiten.

Bei anderen Herstellungsverfahren werden einfache Modellkerne aus aufgeschäumtem Kunststoff mit Hilfe eines Vakuumkessels zur Formgebung der Rumpfschale verwendet. Hierbei werden Kunsthärztafeln oder Polyäthylen-Kunsthärztafeln so lange erwärmt, bis sie verformbar sind. Anschließend werden sie durch Vakuumverformung in die rumpfförmige Preßform gezogen.



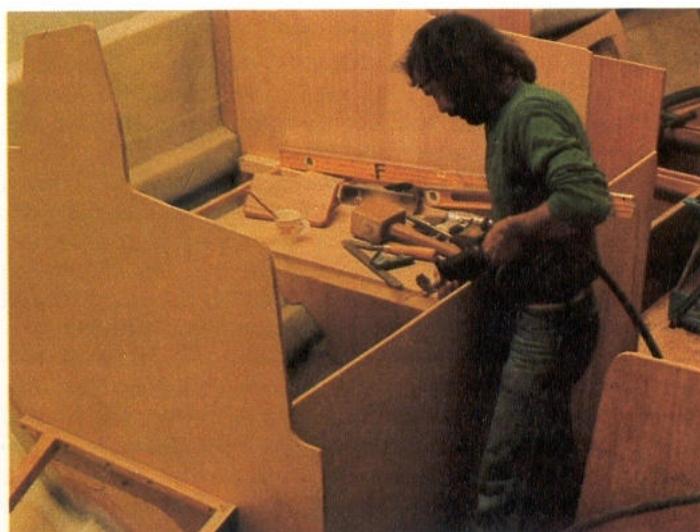
PHOTRI

## Metallwerkstoffe und Beton

Boote werden auch aus anderen als den bisher besprochenen Werkstoffen hergestellt. Hierzu gehört der Schiffbaustahl, aus Aluminiumlegierungen bestehende Leichtmetalle und Beton. Der Schiffbaustahl ist der gängigste Werkstoff, der sowohl zum Bau von See- und Binnenschiffen als auch für den Bootsbau verwendet wird. Wegen seiner Festigkeit und seines Gewichtes beschränkt sich seine Verarbeitung im wesentlichen auf größere Schiffe. Da Schiffs- und auch Bootskörper mehr und mehr voll geschweißt werden und immer bessere Rostschutzfarben zur Anwendung kommen, gewinnt der Stahl wieder an Bedeutung.

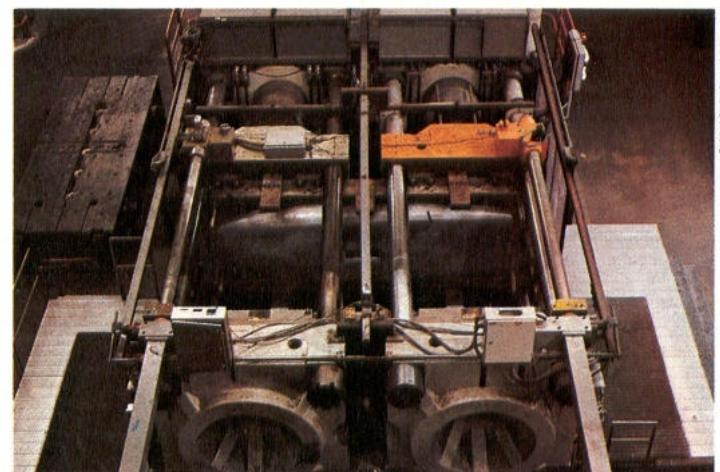
Aluminiumlegierungen, in Fachkreisen Leichtmetall genannt, sind ein weiterer Metallwerkstoff, der zunehmend zum Bau von Hochleistungs-Einmannjachten verarbeitet wird. Neue Legierungen haben die Korrosionsanfälligkeit des

**Unten:** Hier wird Holz anstelle von glasfaserverstärktem Kunststoff zum Innenausbau eines Bootes verwendet.



CO/WESTERLY MARINE

**Oben:** Herstellung des Kiels für ein Holzboot in Portugal, wo vorwiegend noch mit Holz gebaut wird.



DUNHILL BOATS

**Oben:** Spritzgußmaschine, mit der man kleine Segelboote aus Polypropylen herstellen kann. Die Spritzgußform des Bootskörpers ist in der Mitte zu sehen.

reinen Aluminiums in Salzwasser weitgehend aufgehoben. Durch sein geringes Gewicht eignet sich dieser Werkstoff für Einmannsegel- und Motorboote.

Beton ist ein weiterer Werkstoff, der sowohl im Boots- als auch im Schiffsbau verarbeitet wird. Er besitzt im ausgehärteten Zustand hohe Festigkeit und ist wirtschaftlich in der Herstellung. Obwohl er für Boote wenig geeignet zu sein scheint, wird er manchmal doch verarbeitet, besonders von Leuten, die ihr Boot im Eigenbau herstellen. Es ist ein stabiles und starkes Spantgefüge erforderlich, das durch Eisenstäbe und eiserne Rohre verstärkt wird, die von Eisengeflecht umgeben sind. Die Verschalung wird mit Beton ausgefüllt, bis die erforderliche Dicke erreicht ist und Rumpf sowie Spantgefüge zufriedenstellend glatt sind.

## BOWLINGBAHN

**Seit dem Mittelalter ist das Spiel mit Kugel und Kegel in Deutschland sehr beliebt, und zwar seit jeher in allen Volksschichten gleichermaßen. Bei Dorfversammlungen und anderen Festlichkeiten, aber auch bei den Festen der oberen Klassen wurde gekegelt.**

Die Geschichte des Kegelspiels läßt sich 7000 Jahre zurückverfolgen. Im Grabmal eines ägyptischen Kindes um 5200 v. Chr. fanden sich Spielteile, die den heute verwendeten Spiellementen sehr ähnlich sind.

Steinzeit-Artefakte lassen darauf schließen, daß auch zu jener Zeit bereits eine Art Kegelspiel gespielt wurde. Erst im 19. und 20. Jahrhundert aber wurde das Spiel in Amerika—dort nennt man es 'Bowling'—zum Massensport. Mitte des 20. Jahrhunderts stand es hinter dem Angeln bereits an zweiter Stelle der Beliebtheitsskala.

Hatte man zunächst im Freien gespielt, bevorzugt man heute das Bowling in geschlossenen Räumen. Die schmalen, engen Bowlingbahnen liegen dicht nebeneinander, manchmal bis zu 40 in einer Halle. Zehn hölzerne Kegel, die 'Pins', die denen, wie sie beim deutschen Kegeln verwendet werden, ähneln, stehen an einem Ende der Bahn, der Bowlingspieler am anderen. Der Spieler wirft die Kugel in Richtung der Kegel und versucht dabei, so viele wie möglich zum Fallen zu

bringen. Derjenige Spieler, bei dem die meisten Kegel fallen, gewinnt das Spiel.

Die Bowlingbahnen sind etwa 18 m lang und 104 cm bis 107 cm breit. Sie bestehen aus nebeneinander liegenden Ahorn- und Kiefernleisten, die zur Erzielung einer glatten Oberfläche mit einem Lackfinish, häufig einem Nitrozelluloselack, überzogen sind. Auf jeder Seite der Bahn befinden sich etwa 23 cm breite Kugelfangrinnen, die fehlgeworfene Kugeln in die Grube leiten.

Die zehn Kegel sind im Dreieck aufgestellt. Der Einer-Kegel, der als vorderster und damit dem Spieler am nächsten steht, bildet die Spitze des Dreiecks. Ihm folgen drei Reihen mit 2, 3 und 4 Kegeln. Nach jedem Wurf läuft die Kugel in einer engen Spur zum Spieler zurück.

### Automatische Steuerung

Beim Bowling besteht ein Spiel aus zehn 'Frames', d.h. zehn Durchgängen. Pro Durchgang hat jeder Spieler einen oder zwei Versuche, um möglichst viele Kegel zum Fallen zu bringen. Fallen beim ersten Wurf eines Durchgangs 10 Kegel, spricht man von einem 'Strike'; der Durchgang ist damit beendet. Gelingen einem Spieler während eines Spieles keine 'Strikes', hat er zwanzig Würfe (zwei pro Durchgang) plus zwei Extrawürfe am Ende des Spieles, mit denen er ebenfalls 'abräumen' muß.

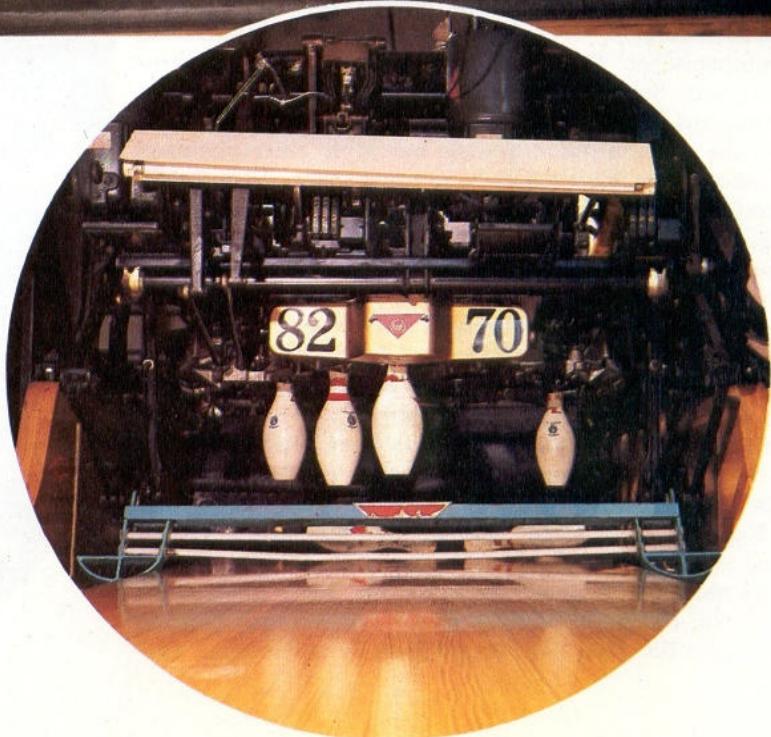
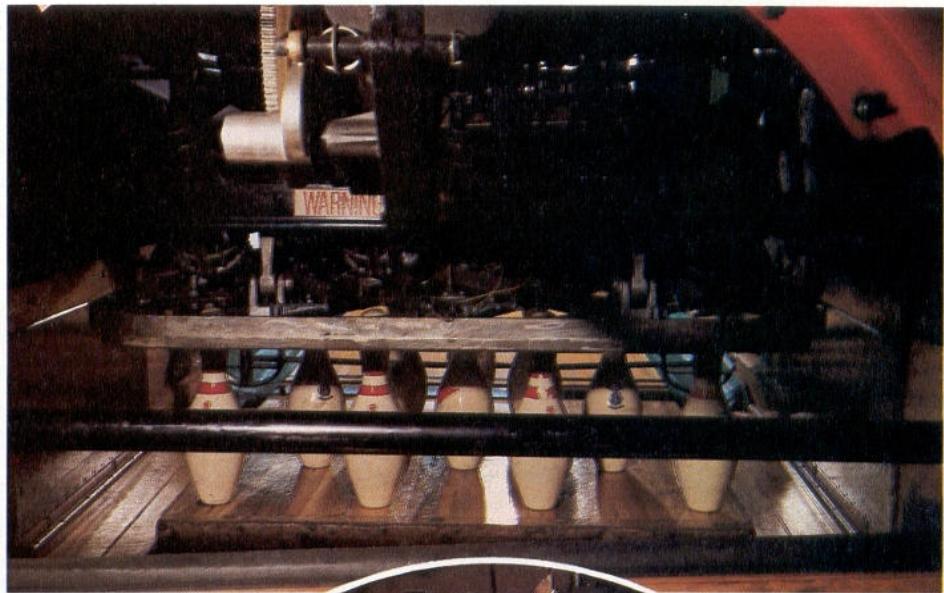
Ursprünglich wurden die umgefallenen Kegel von einem

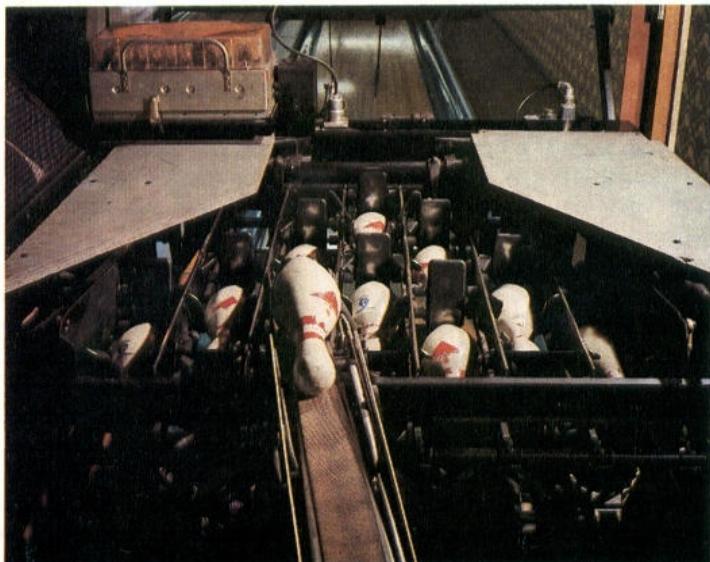


**Oben links:** Die automatische Kegelaufsetzmaschine bringt die Kegel für den ersten Durchgang ('frame') in ihre Dreiecksposition. An der Spitze des Dreiecks steht der Einer-Kegel, gefolgt von drei Reihen mit 2, 3 und 4 Kegeln.

**Oben rechts:** Rückansicht des Kegelaufstellautomaten, der die Kegel gerade aufgesetzt hat. Vor Einführung dieser automatisch gesteuerten Maschinen mußten die umgefallenen Kegel von einem Kegeljungen weggeräumt bzw. wieder aufgestellt werden.

**Rechts:** Der Greifer ('table') senkt sich von oben herab, um mit seinen 'Fingern' die noch stehenden Kegel abzuheben. Danach entfernt der Abräumer ('sweep') — eine Art Schranke, die sich über die ganze Breite der Bahn senkt — die umgefallenen Kegel ('dead wood'). Auch schützt er den Automaten vor Irrläufern bzw. fehlgeleiteten Kugeln.





AMF/CHRIS BARKER

‘Kegeljungen’ wieder aufgestellt. In den vierziger Jahren dieses Jahrhunderts entwickelte man die erste automatische Kegelaufsetzmaschine, die im Jahre 1946 erstmals praktisch erprobt wurde. Dabei handelte es sich um eine äußerst schwerfällige Vorrichtung auf der Basis von Fahrradketten und Saugnäpfen. Im Gegensatz hierzu ist der moderne Kegelaufstellautomat eine Kombination aus elektronischen und mechanischen Steuervorrichtungen, bei denen Mikroschalter und Steuernocken Signale an eine elektronische Steuerung aus Halbleiterbauelementen übermitteln. Sie interpretiert die ankommenden Signale mit Hilfe einer Rechnerlogik, steuert den Kegelaufstellautomaten entsprechend dem Spielverlauf und zeigt gleichzeitig den Spielstand auf einer Anzeigetafel an.

Neben der Rückgabe der Kugel an den Spieler tritt der Kegelaufstellautomat in vier weiteren Fällen in Aktion: Nach dem ersten Wurf eines Durchgangs (wenn nicht ‘abgeräumt’ wurde), nach dem zweiten Wurf eines Durchgangs, nach einem ‘Strike’ und schließlich nach einem Fußfehler (d.h. Überschreiten der ‘Foullinie’ beim Anlauf). Im ersten Falle entfernt der Aufstellautomat alle gefallenen Kegel von der Bahn und lässt die Kugel zum Spieler zurücklaufen. Im zweiten Falle räumt die Maschine alle stehenden und gefallenen Kegel ab, stellt sie für den nächsten Spieler wieder neu auf und returniert ebenfalls die Kugel. Bei einem ‘Strike’ (Fall 3) muss der Automat in der Lage sein, einwandfrei festzustellen, ob alle 10 Kegel beim ersten Versuch gefallen sind. Ist dies der Fall, muss er die Kegel von der Bahn ent-

fernen und für den nächsten Durchgang neu aufstellen. Im vierten Falle schließlich stellt die Maschine einen vom Spieler beim Kugelabwurf verursachten Fußfehler (‘Foul’) fest; damit wird der entsprechende Wurf ungültig.

Die erzielten Ergebnisse erscheinen auf der Anzeigetafel, die die Anzahl der noch stehenden Kegel, der gefallenen Kegel sowie gegebenenfalls auch ‘Strike’ oder ‘Foul’ anzeigt.

### Arbeitsweise

Im ersten Falle, wenn die Kugel gegen die gepolsterte Platte an der Maschine läuft, betätigt ein eingebauter Stoßdämpfer einen Mikroschalter. Dieser wiederum betätigt ein Relais im elektrischen Schaltkreis, das den Kegelaufstellautomaten in Gang setzt. Eine Art Schranke, der sogenannte ‘Abräumer’, senkt sich über die ganze Breite der Bahn herab. Der Abräumer soll eventuell gefallene Kegel von der Bahn räumen; zunächst schützt er jedoch auch den Automaten vor Irrläufern, d.h. fehlgeleiteten Kugeln. Mit einer gewissen Verzögerung—damit nicht mehr fest stehende Kegel noch fallen können—kommt ein Greifer von oben; seine ‘Finger’ schließen sich um

**Oben links:** Ein horizontales Endlosband, auch ‘Teppich’ genannt, transportiert die Kegel von der Kegelbahn zum Aufzugsrad, das sie über den Verteiler zum Kegelspeicher bringt. Dort werden sie zur Neuaufstellung bereitgehalten.

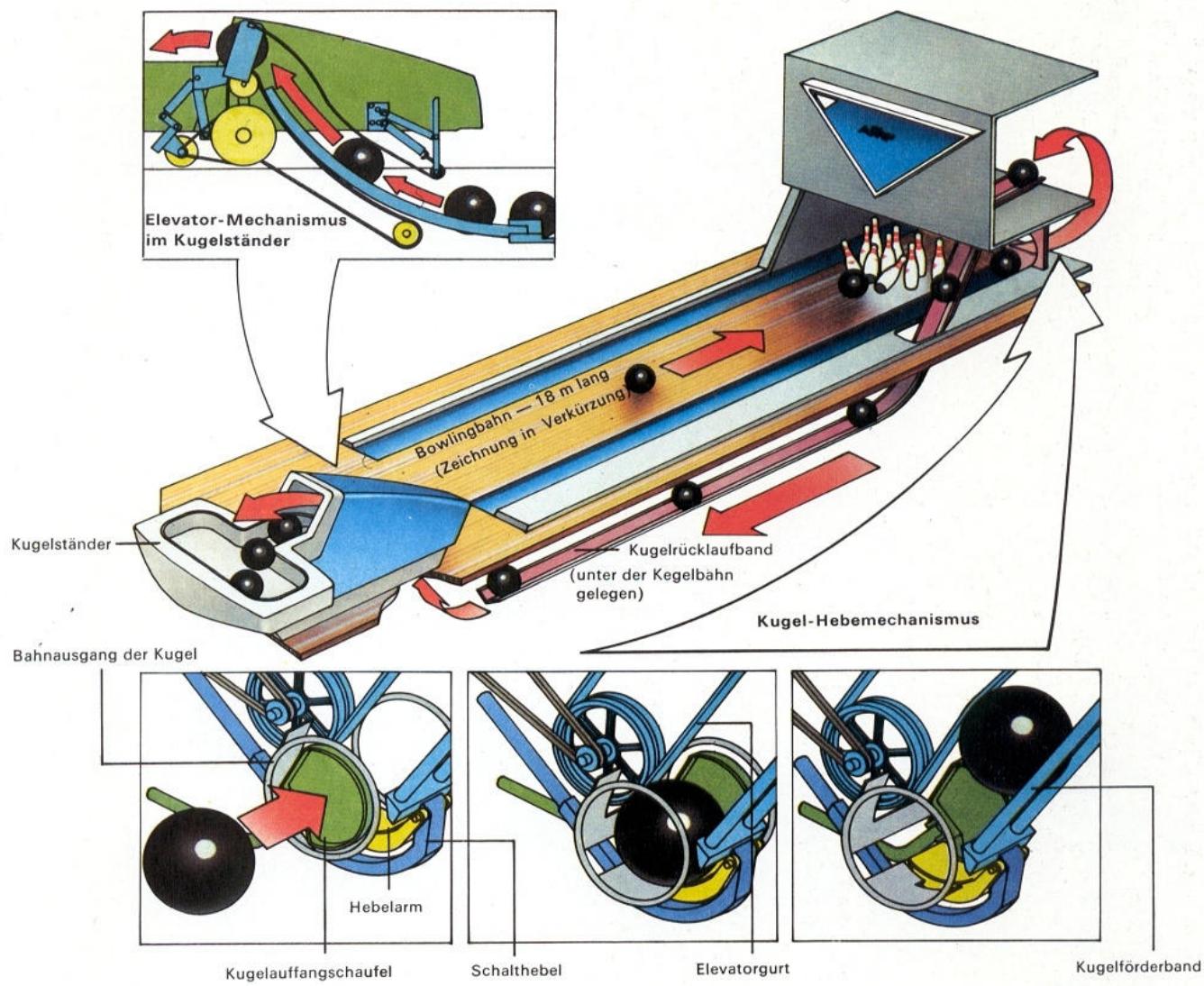
**Links:** Das Aufzugsrad im Hintergrund rechts hebt die Kegel auf ein kurzes Stück Fließband, den Verteiler, der sie für den nächsten Durchgang in den Kegelspeicher fallen lässt. Die Kegel sind doppelt gestapelt, da jeder Spieler zwei Durchgänge hat.

**Unten:** Ein Blick hinter die ‘Kulissen’. Rechts befinden sich die Spielbahnen. Einige Bowling-Anlagen haben bis zu vierzig Bahnen nebeneinander.



## AUTOMATISCHES KUGELRÜCKLAUF-SYSTEM

JOHN BISHOP



den oberen Teil jedes noch stehenden Kegels. Die Kegel werden von der Bahn abgehoben, und der Abräumer entfernt die gefallenen Kegel von der Bahn.

Von der Bahn laufen die Kegel über ein Endlosband, das von einem Motor über einen Keilriemen kontinuierlich angetrieben wird, in den 'Elevator', eine große Metallpfanne mit sieben Taschen zur Aufnahme der Kegel. Von dort gelangen die Kegel nach oben in den 'Verteiler', der sie in den 'Kegelspeicher' transportiert, wo sie zum erneuten Aufstellen bereithalten werden. Der Kegelspeicher hat zehn im Dreieck angeordnete Taschen, die die Kegel aufnehmen.

Nachdem der Abräumer die beim ersten Versuch gefallenen Kegel entfernt hat, kommt der Greifer ein zweites Mal herab und stellt die zuvor aufgenommenen Kegel wieder in ihre Positionen — der zweite Versuch des Durchgangs kann beginnen.

Inzwischen ist die Kugel von der kontinuierlich arbeitenden, mit einer Freilaufkupplung versehenen oder automatischen Kugelrücklaufeinrichtung über ein umlaufendes Band und unter der Bahn liegende Rücklaufschienen zum Spieler zurückbefördert worden.

Das Ergebnis des ersten Wurfes erscheint auf der Anzeigetafel; dies führt zur zweiten oben angeführten Position, dem zweiten Versuch innerhalb eines Durchgangs. Ist die Kugel geworfen, läuft alles in gleicher Weise ab, wie im Zusammenhang mit dem ersten Wurf beschrieben, nur daß in diesem Fall

*Das Schaubild erläutert wie die Kugel nach dem Wurf automatisch von einem Elevator auf das unter der Bahn liegende Endlosband befördert und dann in den Kugelständer gehoben wird.*

der Greifer nicht in Aktion tritt, sondern der Abräumer alle Kegel, gleichgültig ob stehend oder gefallen, sofort entfernt. Daraufhin kommt der Greifer von oben und stellt einen kompletten neuen Satz von 10 Kegeln für den nächsten Spieler eines neuen Durchgangs auf. Das Ergebnis wird auf der Anzeigetafel angezeigt.

Im dritten Falle, bei einem 'Strike', fallen alle 10 Kegel beim ersten Wurf eines Durchgangs. Der Greifer stellt fest, daß keine Kegel mehr stehen; der Abräumer entfernt alle 10 Kegel von der Bahn. Der 'Strike' wird dann mit dem Wertungszeichen 'X' auf der Anzeigetafel festgehalten, und der Greifer stellt zehn neue Kegel für den nächsten Durchgang auf.

Im vierten Falle, bei einem Fußfehler ('Foul'), hat der Spieler die in der Bahn markierte Foullinie überschritten. Dadurch unterbrach er den Lichtstrahl einer Fotozelle, die auf Höhe der Foullinie angebracht ist. Der sogenannte Foulanzeiger gibt ein elektrisches Signal an den Kegelaufstellautomaten, das einen simulierten 'Strike' auslöst, so daß alle Kegel abgeräumt werden. Das Foul wird auf der Anzeigetafel angezeigt.

## BREMSEN

### Wirksame Bremsen bilden den bedeutendsten Beitrag zur Betriebssicherheit eines jeden Fahrzeugs.

Bei den meisten Bremsen handelt es sich um Reibungsbremsen, bei denen eine verankerte Fläche mit dem abzubremsenden oder anzuhaltenden beweglichen Teil in Berührung gebracht wird. Hierbei kommt es zu einer Reibung zwischen den beiden einander berührenden Flächen, wodurch die in dem sich bewegenden Teil aufgespeicherte Energie in Wärme umgewandelt und an die Umgebungsluft abgegeben wird. Der Energieverlust des sich bewegenden Teiles wird von der angestrebten Geschwindigkeitsverringerung begleitet.

Im allgemeinen wird durch die Bremsen eine Drehbewegung aufgefangen, indem Bremsklötze oder Bremsbacken gegen eine umlaufende Trommel oder Scheibe gedrückt werden. Es gibt aber auch Bremsen zur Verringerung und zur Beendigung von Bewegungen, die auf gerader oder geneigter Ebene verlaufen. Ein Beispiel hierfür ist die Notbremse in einem Fahrstuhl, wo Bremsklötze gegen die stählernen Führungsschienen der Kabine gedrückt werden.

#### Bandbremse

Die Bandbremse ist eine einfache, jedoch wirksame Vorrichtung zur Steuerung einer Bewegung, insbesondere bei Kränen und Winden, wo die Last immer in dieselbe Richtung zieht und sicher gehalten werden muß. Sie besteht aus einem um eine während des Betriebes der Maschine in Drehbewegung befindliche Bremstrommel gelegten Bremsband (Stahlband), das durch Hebel- oder Magnetkraft angezogen wird. Solange das Bremsband freigegeben ist, hat es wenig Berührung mit der Bremsscheibe (Bremstrommel), die sich ungehindert drehen kann. Wird die Bandbremse jedoch angezogen, legt sich das Bremsband unter Entwicklung einer starken Bremskraft fest um die Bremstrommel.

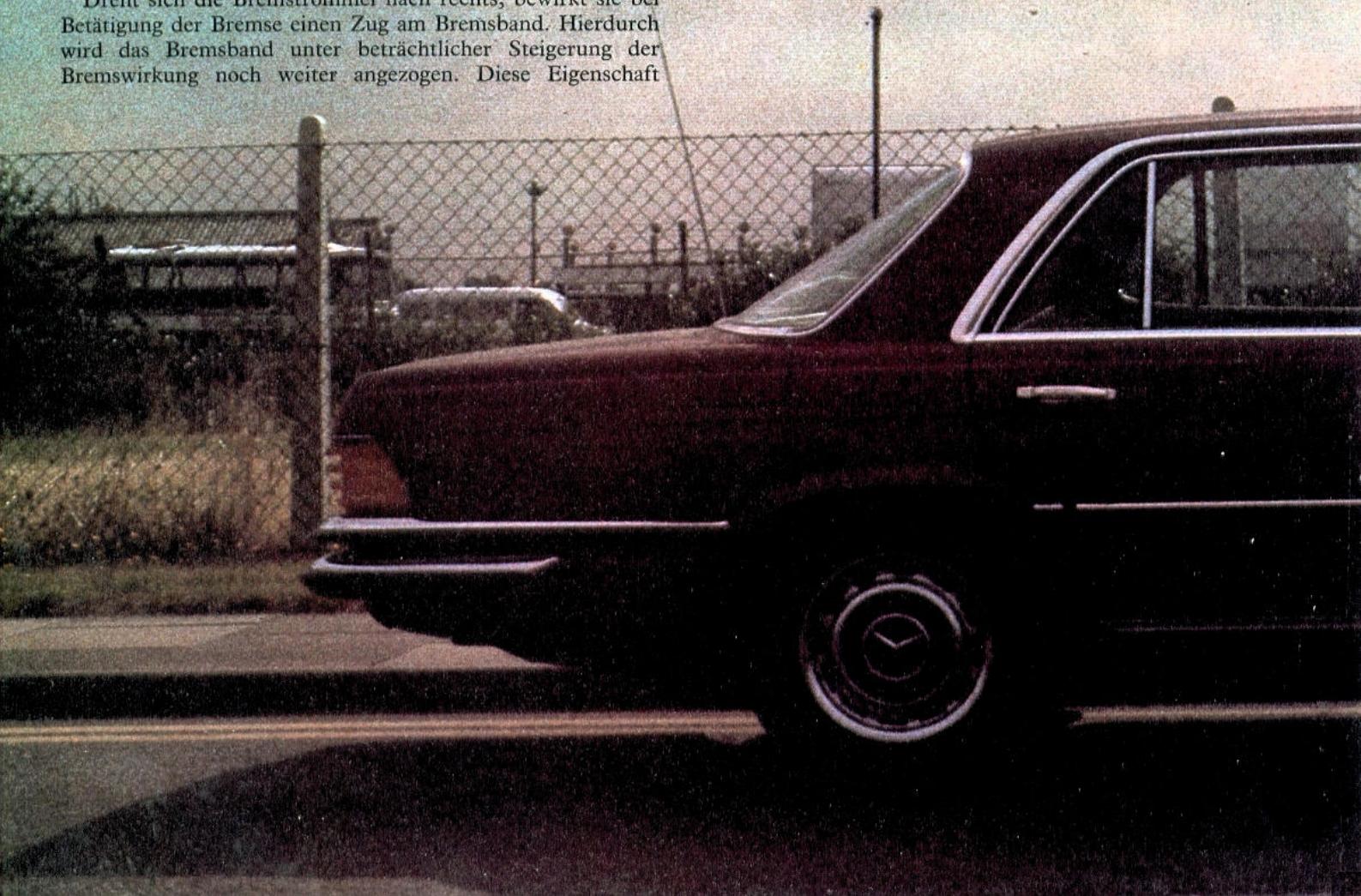
Dreht sich die Bremstrommel nach rechts, bewirkt sie bei Betätigung der Bremse einen Zug am Bremsband. Hierdurch wird das Bremsband unter beträchtlicher Steigerung der Bremswirkung noch weiter angezogen. Diese Eigenschaft

wird Servo-Wirkung (Selbstverstärkung der Bremswirkung) genannt und lässt sich bei verschiedenen anderen Arten von Bremsen, einschließlich einiger für Kraftfahrzeuge benutzten Bremsen, feststellen. Durch sie wird eine größere Bremswirkung bei Einsatz einer begrenzten Bremskraft erzielt. Die abgebildete Bandbremse führt nur dann zu einer Selbstverstärkung der Bremswirkung, wenn sie sich nach rechts (auflauende Seite) dreht. Die gegenteilige Wirkung zeigt sich beim Drehen der Bremstrommel in die andere Laufrichtung (ablaufende Seite), wobei zum Erreichen derselben Bremswirkung der Einsatz einer viel stärkeren Kraft erforderlich wird.



#### Trommelbremsen

Bei der einfachsten Art der Innenbackenbremse (Simplexbremse) werden zwei um einen festen Drehpunkt gelagerte Bremsbacken zur Erzeugung der erforderlichen Bremskraft gegen die Innenseite einer sich drehenden Bremstrommel gedrückt. In einigen Fällen werden die Bremsbacken noch mechanisch betätigt; heute werden jedoch meist hydraulisch- oder druckluftbetätigte Systeme zur Betätigung der Bremsen eingesetzt. Bremsen dieser Art werden vielfach für Lastkraftwagen, Busse und Motorräder benutzt — bei modernen Perso-



nenkraftwagen sind sie in der Regel nur an den Hinterrädern anzutreffen.

Die aus Metall hergestellte Bremstrommel leitet die Reibungswärme ziemlich gut ab. Dies gilt insbesondere dann, wenn ihre Außenseite zur Vergrößerung des Wärmeableitbereiches verript ist. Jedoch können die durch die Bremsbacken erzeugten inneren Kräfte zu Verziehungen führen, die bei zu hohen Temperaturen Rißbildungen und Bremsversagen hervorrufen können. Bei Bremsanlagen mit Servo-Wirkung kommt es zu einem kräftigen Abbremsen; jedoch schwindet ihre Bremswirkung bei hohen Betriebstemperaturen durch das sogenannte 'fading' schnell, weil höhere Temperaturen die Reibfestigkeit der Beläge verringern. Auch neigen Trommelbremsen besonders stark dazu, ihre Wirksamkeit nach Ein-tauchen in Wasser kurzfristig zu verlieren. Nach dem Durchfahren von Überflutungen oder Furten muß vorsichtig weitergefahren werden, wobei die Bremsen häufig, allerdings nur sehr leicht, betätigt werden müssen, bis sie wieder vollständig trocken sind.

Bei der Trommelbremse führt nur eine Bremsbacke zur Selbstverstärkung der Bremswirkung. Dreht sich die Bremstrommel nach rechts, wird die rechte Bremsbacke stärker gegen die Innenseite der Bremstrommel gedrückt, wodurch es zu einer Verstärkung der Bremswirkung kommt. Diese Bremsbacke wird als auflaufende Bremsbacke bezeichnet. Die andere Bremsbacke wird durch die Bremstrommel fortgeschoben, wodurch ihre Bremswirkung verringert wird. Sie wird als ablaufende Bremsbacke bezeichnet. Der Belag der auflaufenden Bremsbacke wird wegen der größeren Beanspruchung schneller als der der ablaufenden abgenutzt.

Zur Erzielung besonders vorteilhafter Bremskraft-Nutzung oder Verschleißfestigkeit sind ebenfalls Trommelbremsen mit zwei auflaufenden Bremsbacken (Duplexbremse), mit zwei ablaufenden Bremsbacken und mit drei oder gar vier Bremsbacken konstruiert worden. Bei der Duo-Servobremse werden zwei auflaufende Bremsbacken über ein bewegliches Stützlager miteinander verbunden. Auf diese Weise wird eine sehr hohe Bremswirkung erzielt.

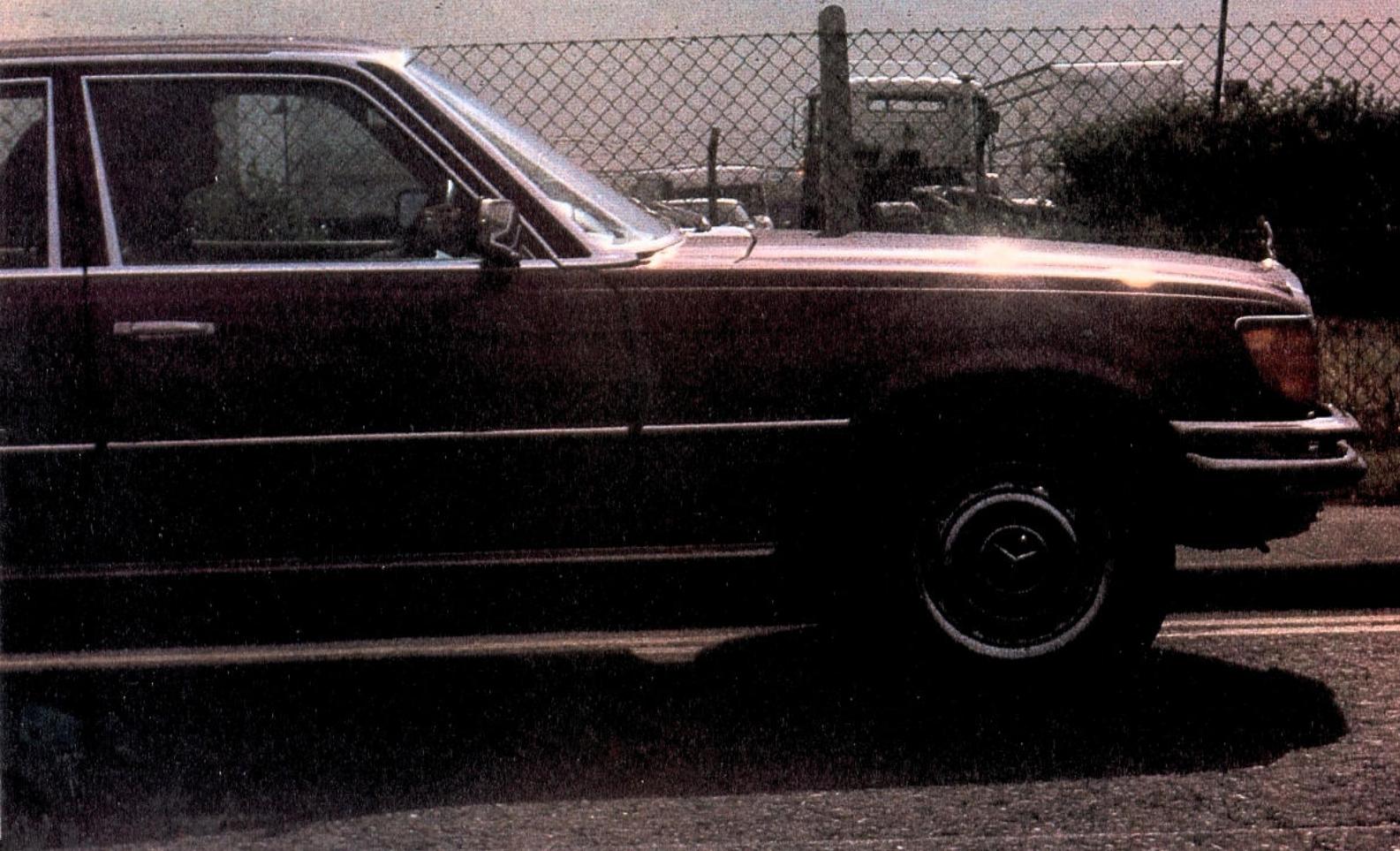
Die Bremswirkung von Kraftwagenbremsen muß immer der jeweiligen Achslast angepaßt sein, wobei ebenfalls die Wirkung einer Gewichtsübertragung von der Hinterachse auf die Vorderachse infolge eines normalen Bremsvorganges berücksichtigt werden muß. Demzufolge sind Kraftwagen normalerweise an den Vorderrädern mit stärkeren Bremsen ausgerüstet. Wegen der notwendigen Ableitung höherer Wärmeenergie sind diese Bremsen deshalb häufig als Scheibenbremsen ausgelegt.

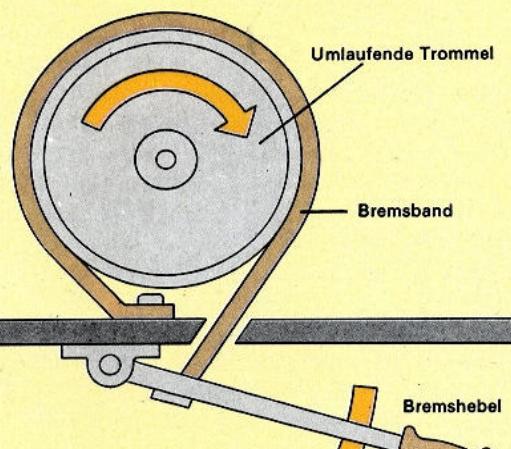
### Scheibenbremsen

Die Scheibenbremse besteht im wesentlichen aus einer umlaufenden Scheibe, gegen die auf jeder Seite ein Bremsklotz (Reibbelagträger mit Reibbelag) angreift. Die normalerweise an Fahrrädern anzutreffende Felgenbremse ist ein bekanntes Beispiel hierfür, wenngleich Scheibenbremsen für Kraftwagen in der Regel hydraulisch betätigt werden und die Reibbeläge zwischen einem Sechstel und einem Neuntel der bestrichenen Bremsfläche der Bremsscheibe bedeckt. Weil die Bremsscheibe in geringerem Maße als eine Bremstrommel zur Verziehung neigt, kann sie ohne nachteilige Wirkung bei viel höheren Temperaturen und somit für einen viel härteren Einsatz als eine Trommelbremse benutzt werden — vorausgesetzt, daß ein Reibbelag geeigneter Qualität verwendet wird.

Heute werden Scheibenbremsen sehr häufig an den Vorderrädern von Personenkraftwagen benutzt, wo sie bei einer bestimmten Radgröße ungefähr doppelt soviel Energie wie die Hinterradbremsen verzehren. Besonders schnelle Personenkraftwagen sind meist an den Vorder- und Hinterrädern mit Scheibenbremsen ausgerüstet. Eine anders ausgelegte Art von Scheibenbremsen, deren Reibbeläge der Größe der vollständig bestrichenen Bremsfläche entsprechen, wird

*Um maximale Bremssicherheit zu gewährleisten, sind einige Ausführungen des Mercedes-Benz 450 SEL 6,9 mit einem Gegenbremssystem ausgestattet, das ähnlich funktioniert wie in modernen Flugzeugen eingebaute Bremsen.*



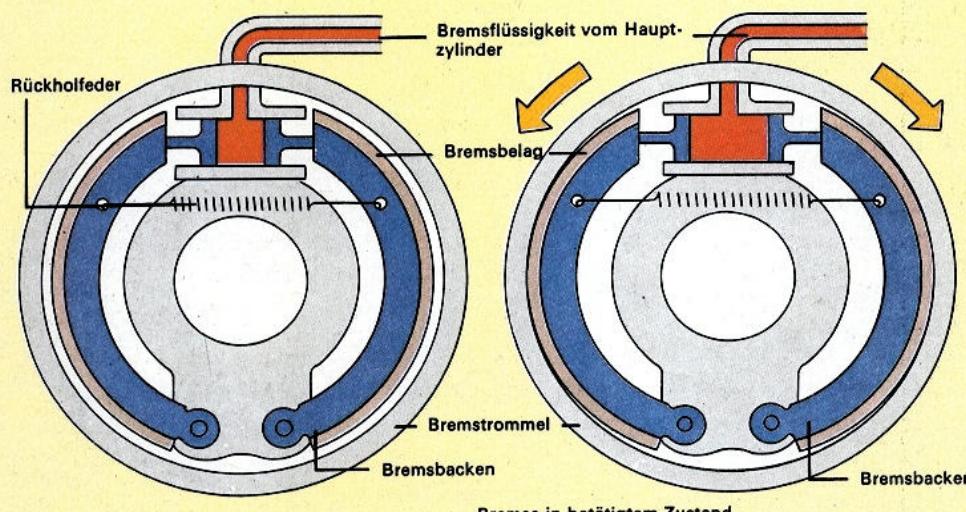


**Oben:** Schematische Darstellung einer einfachen, handbetätigten Bandbremse. Wird die Bremse in Drehrichtung der Trommel betätigt, vergrößert die Selbstverstärkung der Bremswirkung (Servo-Wirkung) die Reibung und folglich auch die Wirksamkeit der Bremse.

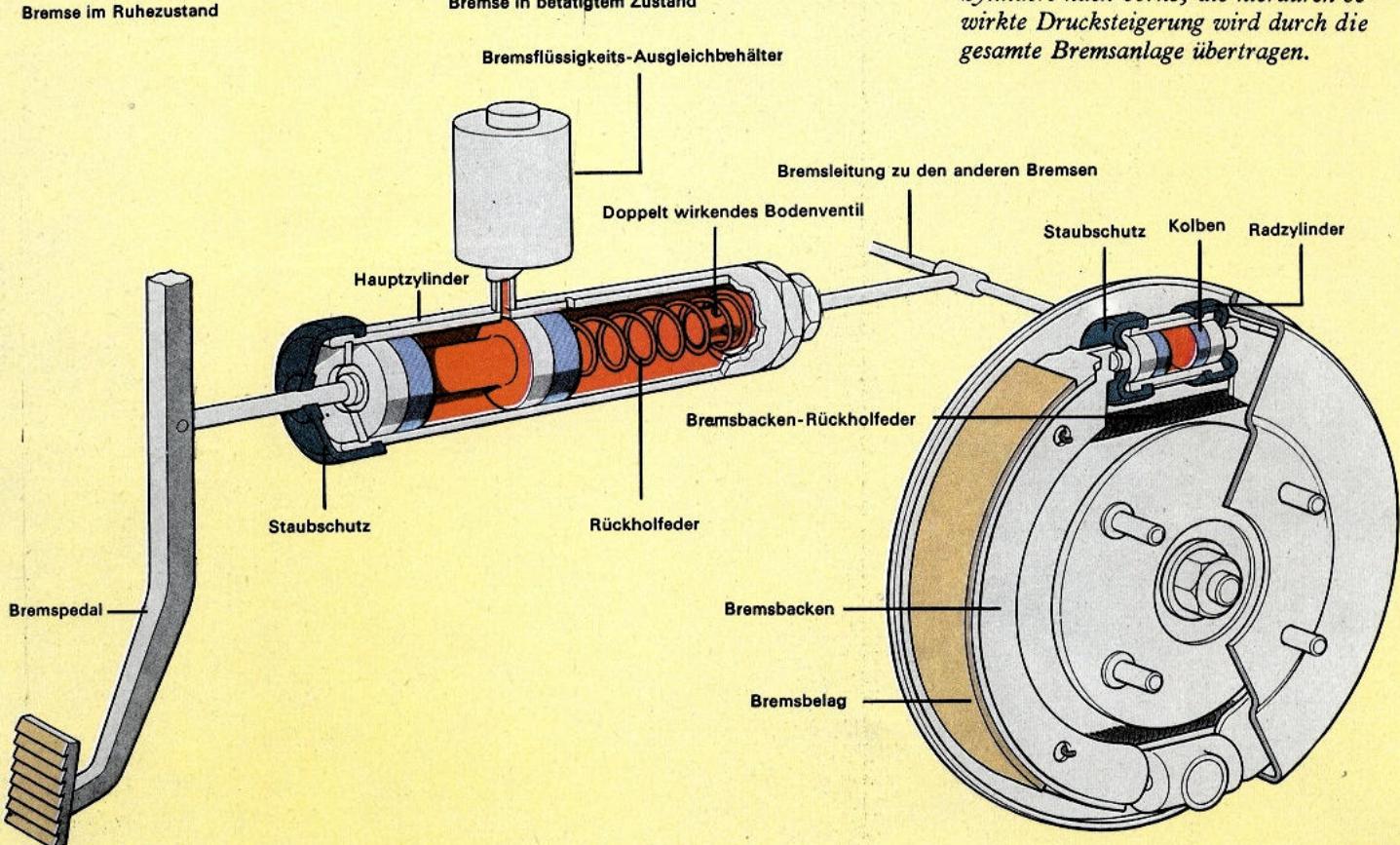
manchmal zur Ausrüstung von Traktoren (Schlepper, Zugmaschinen) benutzt.

Bei konventionellen Scheibenbremsen kommt es nicht zur Selbstverstärkung der Bremswirkung. Um die gewünschte Bremskraft zu erreichen, müssen sehr große Hydraulikkolben mit einem großen Hauptzylinder eingesetzt werden, um einen ausreichend großen Bremsflüssigkeits-Durchsatz zu erreichen. In vielen Fällen würde dies zu übermäßigen Betätigungskräften am Bremspedal führen, weshalb viele mit Scheibenbremsen ausgerüstete Fahrzeuge zur Unterstützung des Fahrers mit einer Hilfskraftbremsanlage (Bremskraftverstärker) ausgerüstet sind. Bei der Saugluft-Hilfskraftbremsanlage wird der Druckunterschied zwischen der Außenluft und dem Anschlußstutzen des Vergasers als Energiequelle zu ihrer Betätigung herangezogen.

Alle Kraftwagen benötigen eine mechanisch betätigtes Handbremse (Feststellbremse). Normalerweise wirkt sie auf die Hinterräder. Es gibt jedoch auch Fälle, in denen sie auf die Vorderräder wirkt. Wirkt die Feststellbremse auf eine mit Trommelbremse ausgerüstete Achse, werden durch ihre Betätigung dieselben Bremsbacken betätigt, die auch über die



**Links:** Schemazeichnung einer Innenbacken-Trommelbremse. Die zwei drehbar gelagerten Bremsbacken werden nach Erhöhung des Bremsflüssigkeitsdruckes im Radzylinder gegen die Anlauffläche der sich drehenden Bremstrommel gedrückt. Nach Freigabe der Bremse ziehen Rückholfedern die Bremsbacken wieder in die Ausgangsstellung (Ruhestellung) zurück.



Fußbremse (Betriebsbremse) betätigt werden. Bei Scheibenbremsen besitzt die Feststellbremse häufig eigene Reibbeläge, die an der Betriebsbremse mitangebracht sind.

Die Räder am Fahrgestell eines Flugzeugs werden in der Regel ebenfalls durch Scheibenbremsen gebremst. Sie entsprechen zwar im Prinzip den Scheibenbremsen von Kraftwagen, wurden jedoch unabhängig davon entwickelt.

### Eisenbahnbremsen

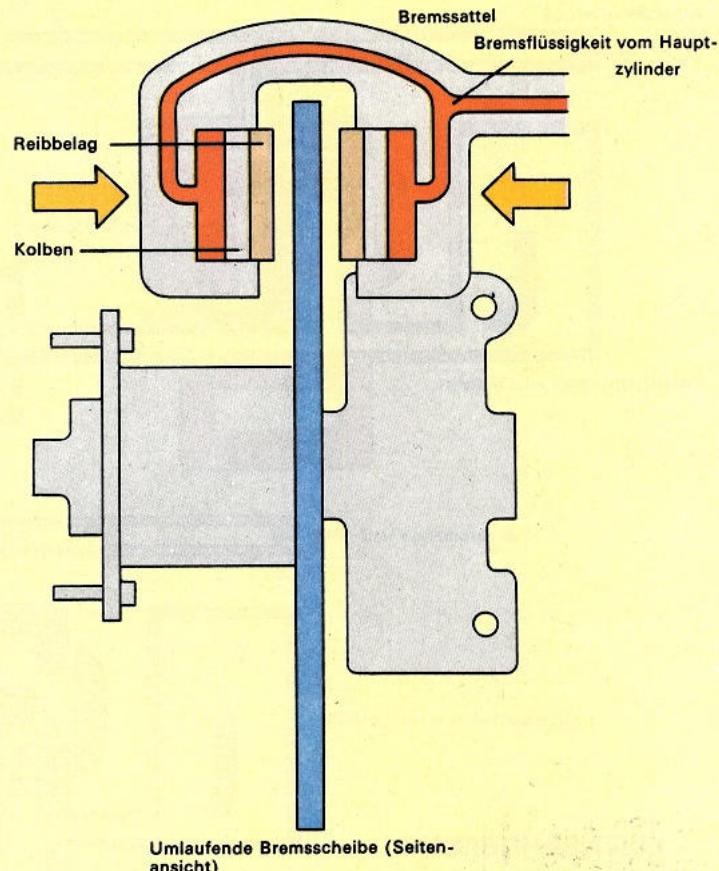
Die überlieferte Art von Bremsen für Lokomotiven und Eisenbahnwaggons ist eine Außenbackenbremse (Klotzbremsen), bei der Klötze gegen die Stahlreifen der Räder gepreßt werden. Die Räder der Lokomotiven sind mit zwei Bremsklötzen pro Rad ausgerüstet. Ansonsten wird jedoch nur ein Klotz pro Rad eingesetzt. Bei modernen Eisenbahnzügen, die hohe Geschwindigkeiten erreichen, werden immer häufiger Scheibenbremsen eingesetzt, um eine ausreichende Bremswirkung zu erreichen. Der zur Betätigung der Bremsen erforderliche Mechanismus ist recht kompliziert, weil die Bremsen für jedes einzelne Rad zur gleichen Zeit betätigt werden müssen. Fällt diese Bremsanlage aus, müssen alle Bremsen aus Sicherheitsgründen gleichzeitig betätigt werden. Diese letztgenannte Eigenschaft führte zu der Bezeichnung 'ausfallsicheres System'.

Eisenbahnbremsen arbeiten nicht mit Flüssigkeitsdruck. Sie werden im allgemeinen mit Druckluft betätigt, obgleich es auch mit Saugluft oder elektrisch arbeitende Systeme gibt. Die erforderliche Druckluft wird durch einen vom Lokomotivführer und vom Zugführer überwachten Kompressor (Vedichter) erzeugt und durch eine bei der Zugzusammenstellung (Personen- oder Güterwagen) über die Bremskupplungen zu verbindende Hauptluftleitung den ganzen Zug entlanggeführt.

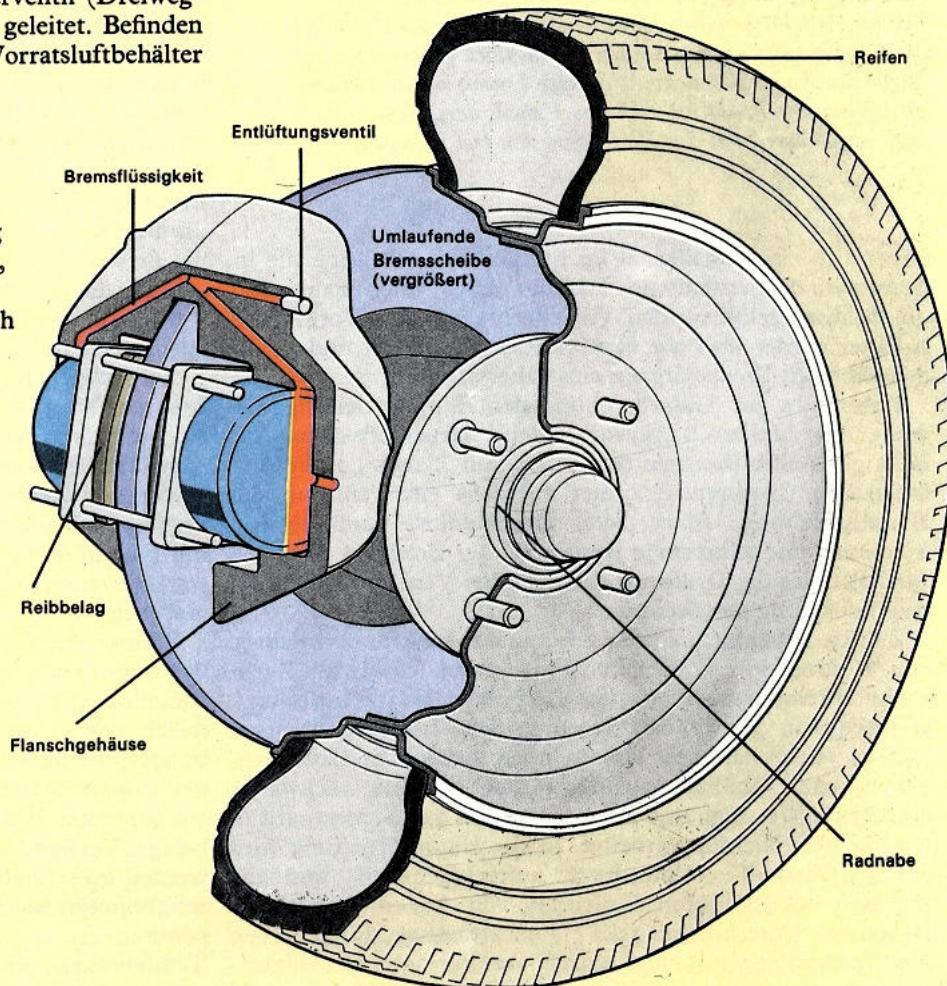
Die Druckluft wirkt nicht unmittelbar auf den zur Betätigung der Bremsen erforderlichen Kolben und Zylinder ein, sondern sie wird zunächst durch ein Steuerventil (Dreiweg-Steuerventil) und einen Vorratsluftbehälter geleitet. Befinden sich die Bremsen im Ruhezustand, ist der Vorratsluftbehälter (je einer für jeden Bremszylinder) mit der Hauptluftleitung, aber nicht mit dem Bremszylinder verbunden. Der Behälterdruck entspricht dem in der Hauptluftleitung — er ist also sehr hoch.

Die Bremsen werden durch Verringerung des Drucks in der Hauptluftleitung betätigt, wodurch der im Steuerventil verbleibende höhere Druck den Kolben nach oben drückt. Bei der Aufwärtsbewegung schließt der Kolben die Leitung zwischen dem Vorratsluftbehälter und dem Bremszylinder. Die im Vorratsluftbehälter enthaltene Druckluft fließt schnell in den Bremszylinder ab und bewirkt die Betätigung der Bremse.

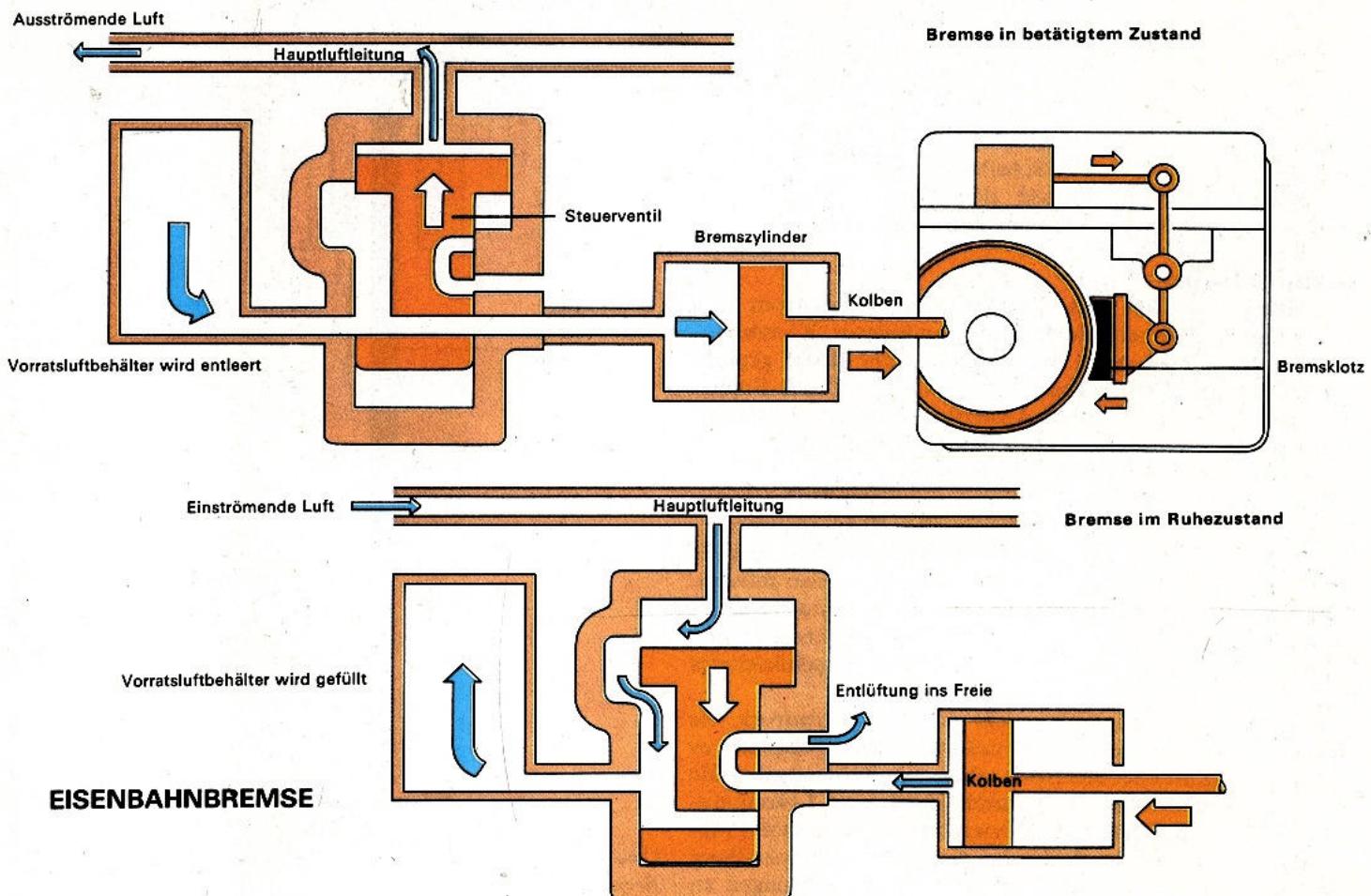
Zum Lösen der Bremse wird Druckluft durch die Hauptluftleitung geführt, um den Kolben zurückzudrücken. Dabei



Oben: Prinzip der Scheibenbremse. Durch eine Erhöhung des Bremsflüssigkeitsdruckes werden die mit Reibbelägen versehenen Bremsklötze durch zangenförmige Bewegung beidseitig gegen die umlaufende Bremscheibe gedrückt.



Rechts: Schnittzeichnung der Scheibenbremse und ihrer Anbringung am Rad selbst. Abgesehen von der Stelle, wo sie durch den Bremssattel geführt wird, ist die Bremsscheibe der Umgebungsluft frei zugänglich, damit die beim Bremsen erzeugte beträchtliche Wärme direkt von der Oberfläche der Bremsvorrichtung abgeleitet werden kann. Nach einiger Zeit verschleißt die Reibbeläge.



**Oben:** Schematische Darstellung einer druckluftbetätigten Eisenbahnremse. Von einem Verdichter wird Druckluft über die Hauptluftleitung zu den einzelnen Bremsen geführt. Ein im Hilfsluftbehälter herrschender höherer Druck hält die Ventile geschlossen und den Bremsklotz gegen die Lauffläche des Rades gedrückt. Wird der Druck in der Hauptluftleitung erhöht, öffnet sich das Ventil, der Bremsklotz wird abgehoben, und das Rad kann sich frei bewegen.

öffnet sich ein Auslaßkanal im Steuerventil, wodurch die im Bremzylinder enthaltene Preßluft entweichen kann und die Bremsen gelöst werden. Gleichzeitig wird der Vorratsluftbehälter wieder über die Hauptluftleitung gefüllt und ist für den nächsten Bremsvorgang einsatzbereit.

Kommt es zur Unterbrechung der Hauptluftleitung, bewirkt der hierdurch hervorgerufene Druckluftverlust die Betätigung aller Bremsen des Zuges. Ein Ziehen der Verbindungsleine (Notbremse) öffnet ebenfalls ein Ventil in der Hauptluftleitung, führt zum Druckverlust und bewirkt wiederum eine selbsttätige Betätigung der Bremsen. Auch ein Ausfallen des die Druckluft erzeugenden Verdichters bewirkt eine Betätigung der Bremsen.

Zu den Druckluftbremsen gehören die Einkammerbremsen von Westinghouse, Knorr und Hildebrand-Knorr, die Zweikammerbremsen von Knorr und Carpenter und die Luftsaugebremsen von Hardy und Körting. Die Luftsaugebremsen sind in osteuropäischen Staaten noch vielfach in Gebrauch. Sie arbeiten ähnlich wie beispielsweise eine rückwärtsbetriebene Westinghouse-Bremse, so daß das Steuerventil in umgekehrter Richtung arbeitet. In der Hauptluftleitung wird ein ständiger Teil-Unterdruck aufrechterhalten, und die Bremsen werden durch Einleitung von Außenluft betätigt. Durch eine Unterbrechung der Hauptluftleitung, durch Ziehen der Verbindungsleine und durch ein Versagen der Unter-

druckpumpe würde ebenfalls Luft in die Hauptluftleitung einströmen, so daß diese Anlage ebenfalls ausfallsicher ist.

### Werkstoffe zur Herstellung von Bremsen

Die Werkstoffe, aus denen die Reibflächen der Bremsen hergestellt werden, müssen gute Reibegenschaften aufweisen, da sonst ein zu hoher Kraftaufwand beim Bremsen erforderlich wäre. Gleichzeitig muß die Nutzungsdauer dieser Teile für den Anwendungsbereich angemessen sein. Wie die Erfahrung lehrt, werden die besten Ergebnisse erzielt, wenn die beweglichen Teile der Bremse aus Metall hergestellt und die ortsfesten mit einem aus gepreßtem Reibmaterial hergestellten Belag durch Aufkleben oder Aufnieten versehen werden, das sich zwar viel schneller als Metall abnutzt, aber leicht ersetzt werden kann.

Für allgemeine Verwendungszwecke wie bei Fahrzeugbremsen hat sich Gußeisen unter allen Gesichtspunkten als ein preisgünstiger, hervorragend geeigneter Werkstoff für die Metallflächen sowohl von Frommel- als auch von Scheibenbremsen erwiesen. Bremstrommeln können aus Gründen der verbesserten Wärmeableitung aus einem Leichtmetallgehäuse mit gußeiserner Reibfläche hergestellt werden, was sie jedoch stark verteuert. Bremsscheiben können innen mit Luftkanälen versehen werden (innenbelüftete Scheibenbremsen).

Brems- und Reibbeläge für allgemeine Anwendung werden aus einer sorgfältig ausgewählten Mischung aus Asbestfasern, Metallteilchen und Nichtmetall-Zusätzen hergestellt, die durch einen hitzebeständigen Kunstharz miteinander verbunden werden. Bremsklötzte für Eisenbahnbremsen werden noch immer zumeist aus Gußeisen hergestellt, obgleich auch aus gepreßten Werkstoffen hergestellte Reibbeläge (Kunstreibbeläge) Verwendung finden. Für Eisenbahn-Scheibenbremsen werden ausschließlich Reibbelagklötzte verwendet. Bei Flugzeugbremsen werden Reibbeläge aus keramischen Werkstoffen benutzt, da sie den kurzfristig auftretenden, sehr hohen Temperaturen einen besseren Widerstand entgegensetzen.

## BRENNÖFEN UND HOCHÖFEN

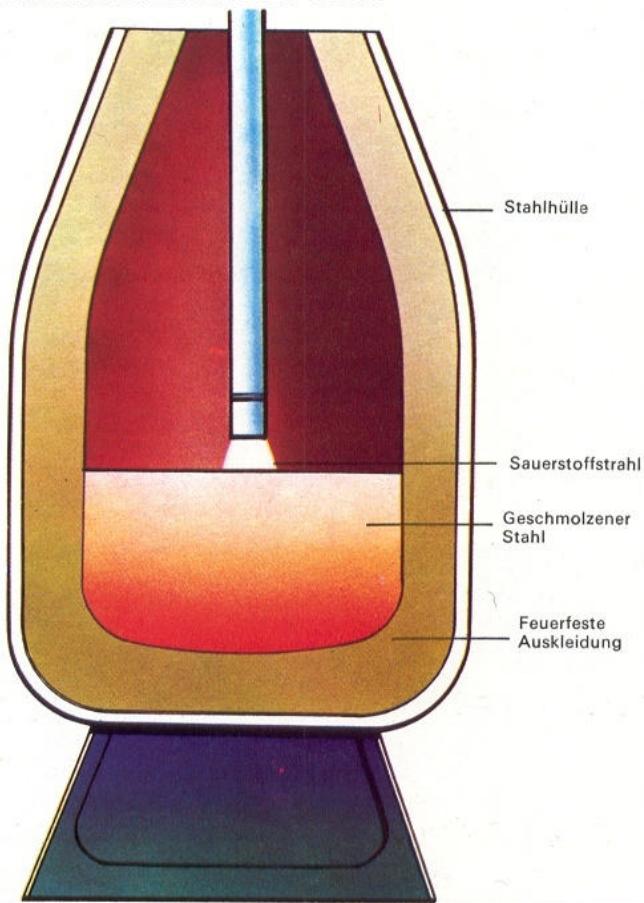
Einer der größten Hochöfen der Welt befindet sich in den Kimitsu-Stahlwerken der Nippon Steel Corporation, Japan. Er wurde im Jahre 1971 gebaut und kann etwa 10 000 Tonnen Roheisen pro Tag erzeugen.

Ein Hochofen wird verwendet, um Roheisen aus Eisenerz zu gewinnen. Das Eisenerz, das mit Koks und Kalkstein durchmischt wird, wird von oben in den Hochofen eingefüllt. Anschließend wird ein starker Luftstrom durch das Erz und das Gemisch hindurchgeblasen. Die Hitze und eine chemische Einwirkung ergeben geschmolzenes Eisen, das sich am Boden des Hochofens ansammelt, wobei geschmolzene Schlacke an der Oberfläche des Schmelzgutes schwimmt. Dann wird das Eisen in Formen gegossen, wo es zu Roheisenblöcken erhärtet. Ein moderner Hochofen ist als Stahlhülle gebaut, die mit feuerfesten Steinen ausgemauert ist. 90% des geschmolzenen Eisens ist sogenanntes 'Heißmetall' und wird vom Hochofen direkt in die Stahlwerke befördert. 10% wird zu Roheisen gegossen.

Zu den neuesten Hochofenverbesserungen gehören die Anwendung von heißer Luft zum Durchblasen, Kohlenstoff zum Schutz der feuerfesten Ausmauerung, mit der das Schmelzgut direkt in Berührung gelangt, sowie die Verwendung von Wasser für Kühlzwecke.

Heutzutage gibt es etliche Industriezweige, die Gebläseöfen benutzen. Eisen und Stahl werden in Hochöfen in Bessemerbirnen, auch Bessemer-Konverter genannt, in Lichtbogen-Elektröfen und in Induktionsöfen hergestellt. Zementhersteller verwenden Drehöfen. Glashersteller haben Tank- und

## THOMAS SAUERSTOFFOFEN



OSBORNE/MARKS



ZEFA

**Oben:** Ein Thomas-Sauerstoffofen. Sauerstoff, der aus der wassergekühlten Lanze kommt, vereinigt sich mit dem geschmolzenen Stahl und befreit ihn von Verunreinigungen.

**Links:** Die Aufnahme zeigt einen Hochofen in Ungarn.

**Unten:** Aus einem Elektro-Induktionsofen wird Messing gegossen. Dabei dient das Metall als Sekundärspule eines Induktions-'Transformators'.



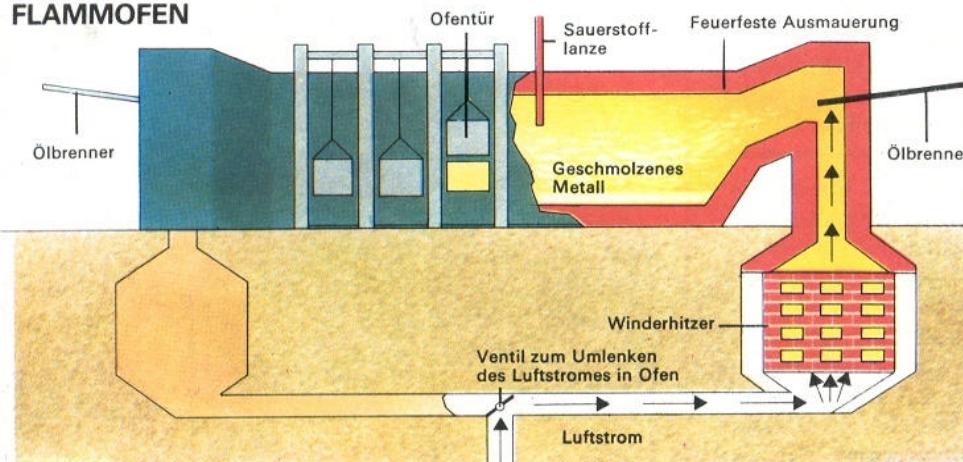
ZEFA

Tiegelöfen. Die keramische Industrie benutzt viele Arten von Brennöfen, wobei es sich um eine besondere Art von Öfen handelt. Dies gilt ebenso für zahlreiche Hersteller von Nicht-eisenmetallen.

Hochöfen werden entweder für den intermittierenden (zeitweisen) sogenannten Chargenbetrieb oder für durchgehenden Gebrauch konstruiert. Beim Chargenbetrieb wird die Charge

oder die Ladung in den Ofen eingebracht, wenn er noch kalt ist. Dann wird der Ofen bis zur erforderlichen Temperatur aufgeheizt, abgekühlt und entleert. Die einfachste Ofenart ist die kastenförmige Bauart, es gibt jedoch viele Versionen. Ein für den durchgehenden Betrieb gebauter Ofen weist mehrere Zonen — zur Vorerhitzung, zum Brennen und zum Kühlen — auf. Die Charge bzw. die Ladung wird durch die

## FLAMMOFEN



**Links oben:** Im offenen Herd-Brennofen, der bei der Stahlherstellung verwendet wird, wird ein Gemisch aus Gas und Luft durch eine Vorheizkammer hindurch eingebracht, das dann über der Oberfläche des Roh- und Schrotteisens im Herd verbrennt. **Links unten:** Zur Herstellung von Gußstücken für Motorblöcke und andere Teile stellt British Ford sein eigenes Roheisen her. Dieser Hochofen erzeugt 350 Tonnen Roheisen pro Tag. In 48 Öfen wird Koks zum Heizen aus Kohle gebrannt. Bei diesem Prozeß fallen außerdem viele Tonnen Nebenprodukte — wie z.B. Kohlenteer — an. **Unten Mitte:** Querschnittsansicht eines modernen Hochofens. Die Einsatzstoffe werden in einem Möllerwagen nach oben befördert und die Endprodukte — flüssiges Eisen und Schlacke — treten nach dem Schmelzvorgang separat aus.

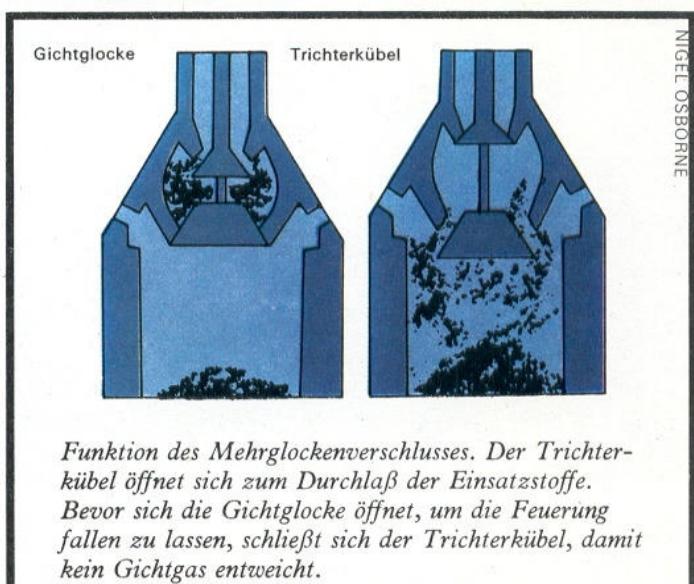
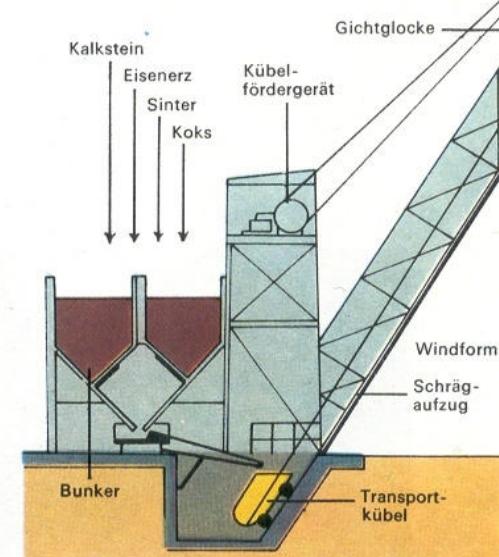


Zonen auf Wagen hindurchgedrückt. Dazu wird eine hydraulische Ramme verwendet, die vom Eingang her arbeitet.

## Konstruktion

Die Art des Ziegelsteines, die bei der Konstruktion von Hochöfen vermauert wird, hängt von verschiedenen Faktoren ab, zum Beispiel von der höchsten Heiztemperatur, den geschmolzenen Metallen, den Schlacken und den Verbrennungsgasen. Unter den vorherrschenden Heiz- und Abkühlbedingungen muß die Konstruktion des Ofens standfest bleiben, so daß Ausdehnung und Zusammenziehung des Materials schon beim Entwurf berücksichtigt werden müssen.

Produktionsverfahren, bei denen sehr schnelle Temperaturänderungen auftreten, fordern eine feuerfeste Auskleidung, die gegen Temperaturschocks Widerstand leisten kann. Der Konstruktionsentwurf ist sehr wichtig. Der Einbau von Dehnungsfugen, Zugstangen und Bewehrungsstäben trägt wesentlich zur Stabilität der Ausmauerung bei. Neuerdings werden vielfach zementförmige Auskleidungen vorgenommen, wobei das Material aufgespritzt wird, um eine monolithische Schicht zu bilden. Auch verwendet man Matten aus keramischen Fasern, die an die Ziegelsteinauskleidung angeheftet werden. Porzellanerde, Kugelton und Feuertron (Schamott) bilden äußerst gutes, feuerfestes Material, das erst bei Tempe-

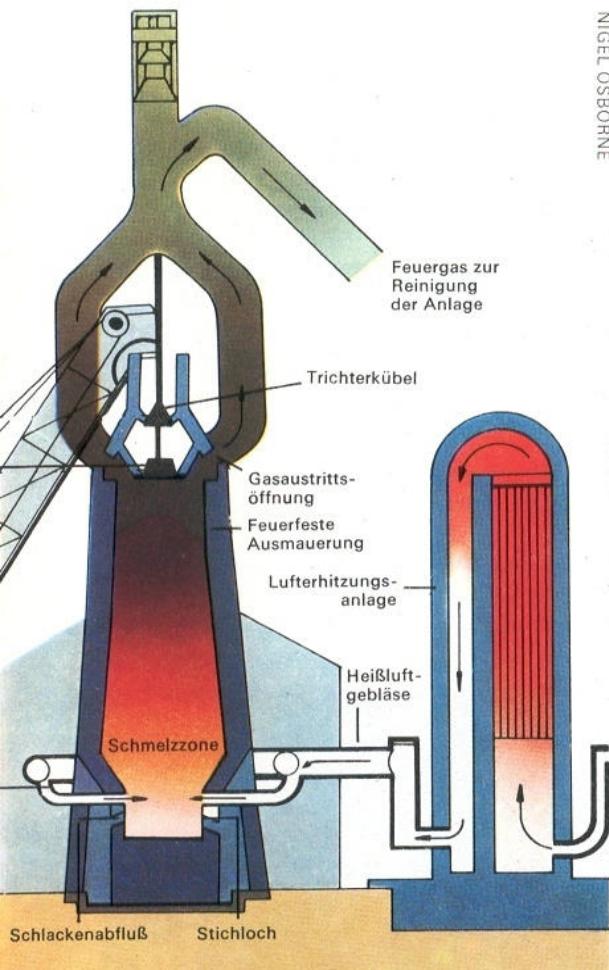


**Funktion des Mehrglockenverschlusses.** Der Trichterkübel öffnet sich zum Durchlaß der Einsatzstoffe. Bevor sich die Gichtglocke öffnet, um die Feuerung fallen zu lassen, schließt sich der Trichterkübel, damit kein Gichtgas entweicht.

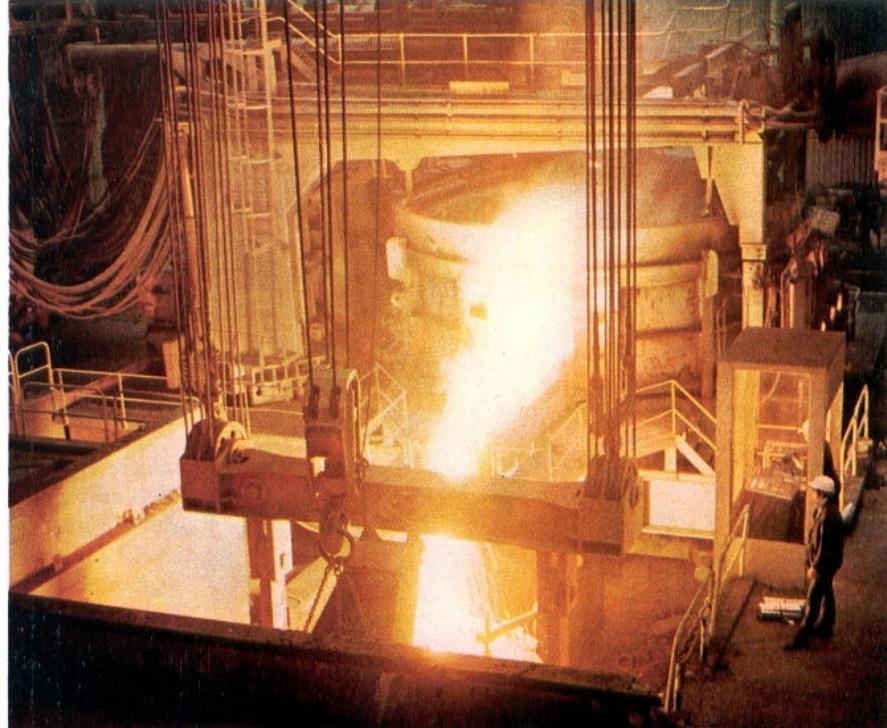
raturen von über 1700°C zu schmelzen beginnt. Andere feuerfeste Materialien, die verwendet werden, sind Kieselerde, Magnesit, Dolomit und Tonerde.

**Rechts:** Geschmolzener Stahl aus einem Lichtbogen-Elektroofen mit 130 t Tagesleistung. Die Elektroden werden langsam, und zwar so schnell wie sie verbraucht werden, in den Ofen hineingelassen.

## HOCHÖFEN

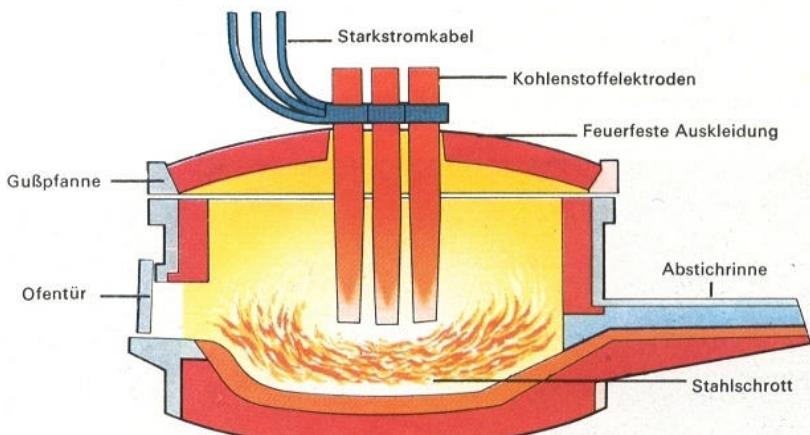


NIGEL OSBORNE



BIRLEC

## ELEKTRISCHER LICHTBOGENOFEN



NIGEL OSBORNE

## Brennstoffe

Die traditionellen Brennstoffe waren Koks und Kohle. Aufgrund der immer größer werdenden Bedenken über die Umweltverschmutzung haben sich jedoch die Heiz- bzw. Feuerungsmethoden rasch geändert. Aufschaufeln von festen Brennstoffen auf die Feuerroste wurde von den maschinell arbeitenden Schüranlagen abgelöst. Doch die Probleme der Aschenbeseitigung blieben bestehen; ebenso die schädlichen Auswirkungen von Schwefeloxiden, die z.B. Luftsäume aus Metall und Ventilatorflügel korrodieren lassen. Viele Kraftwerke feuern heute pulverisierte oder puderförmige Kohle, und es werden kostspielige Vorkehrungen getroffen, um Gries und gesundheitsschädliche Gase, die in die Atmosphäre abgelassen werden, auf ein Minimum zu reduzieren.

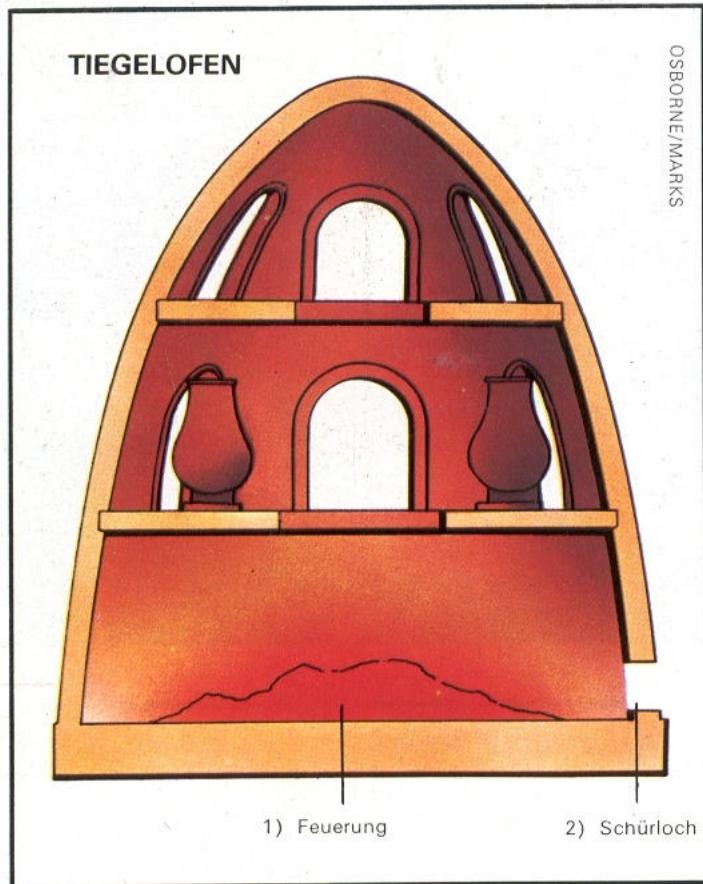
In vielen Fällen sind Brennöfen von festen Brennstoffen auf die Befeuerung mit Heizöl und Gas umgestellt worden. Die Verwendung dieser Brennstoffe hat zu einer Verbesserung im Bau von Öfen und Brennern geführt. Die optimale Brennerkonstruktion hängt vom Mischen von Brennstoff und Luft im richtigen Verhältnis ab. Es ist bedeutend leichter, zwei Gase zu mischen (wie bei der Verbrennung von Methangas und Luft) als einen festen Brennstoff und Gas (Kohle und Luft). Inzwischen sind einige Brenner konstruiert worden, die beide

**Oben:** Schematische Ansicht der Arbeitsweise eines elektrischen Lichtbogenofens. Die Kohlenstoffelektroden werden in den Stahlschrott hinabgelassen. Ein Lichtbogen wird gebildet und dieser schmilzt den Stahl.

Brennstoffe, d.h. sowohl Heizöl als auch Gas, mit sehr geringem Aufwand an Umrüstung feuern können.

Der Verbrennungsprozeß bei Kohle, Gas oder Heizöl ist dergestalt, daß der Brennstoff, der vorwiegend aus Kohlenstoff und Wasserstoff besteht, brennt, um Wärmeenergie zu erzeugen, die dann auf die Charge (Einfüllung) durch Ableitung, Konvektion oder Abstrahlung abgegeben wird. Ableitung findet dann statt, wenn Wärme durch einen Feststoff geleitet wird. Konvektion tritt dann auf, wenn heiße Gase, die um die Ofenladung herumwirbeln, ihren Wärmeinhalt an die kühleren Charge abgeben. Bei der Abstrahlung wird die Wärme in ähnlicher Weise übertragen wie bei einem herkömmlichen elektrischen Brennelement.

Die Produkte der Verbrennung sind Kohlendioxid und Wasserdampf, welche sich mit dem ursprünglichen Stickstoff der Verbrennungsluft vermischen. Die Feuerung des Ofens wird dadurch gesteuert, daß man die Brennstoffeingabe über einen Brenner regelt, d.h. gleichzeitig mit der Luftzufuhr, so

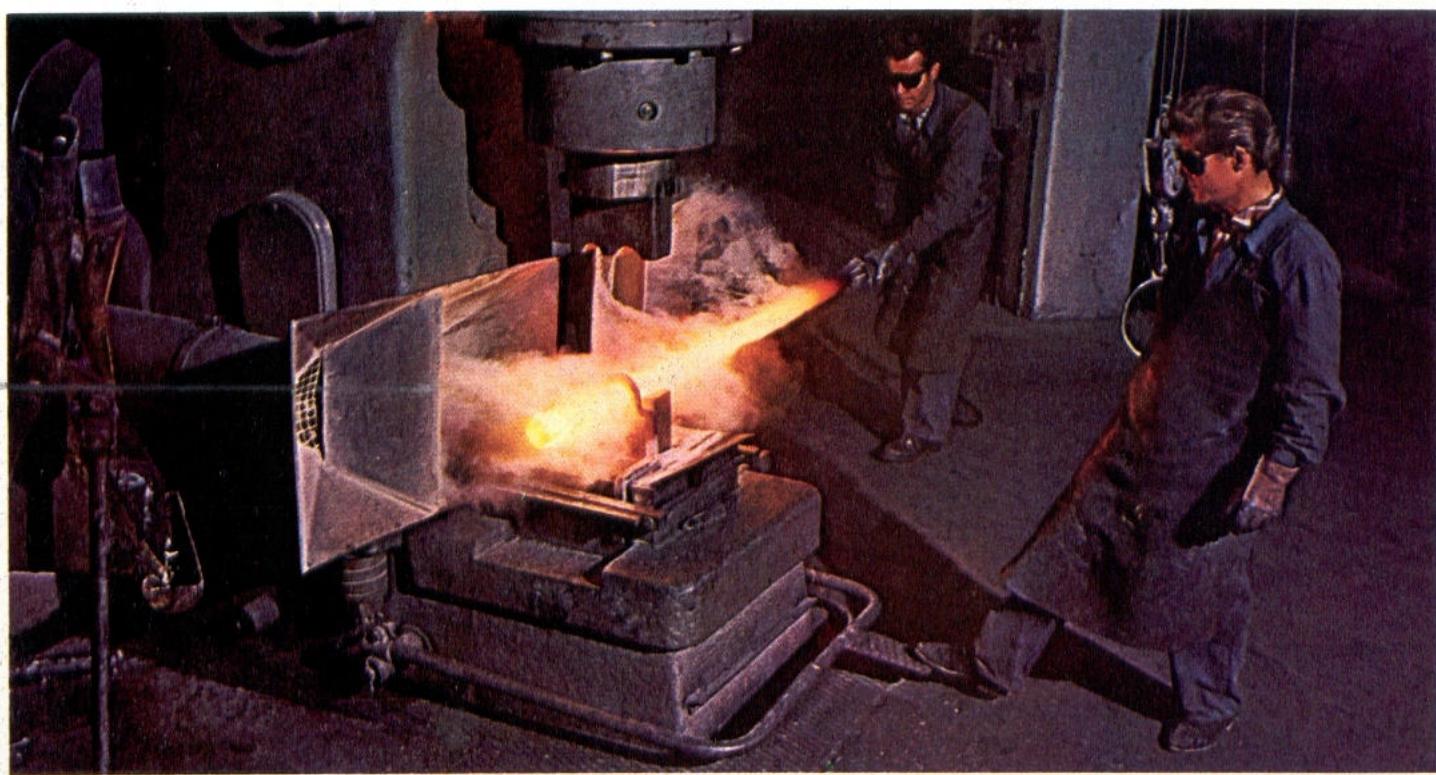


bräuchlichste Art ist der Widerstands(brenn)ofen. Dieser besteht aus einem Kasten, in den mit Heizdraht umwickelte Elemente eingebaut sind, die sich aufheizen, sobald ein elektrischer Strom durch die Drähte fließt. Die erzeugte Wärmeenergie verhält sich proportional zum elektrischen Widerstand des Heizelementes und dem Quadrat des elektrischen Stromes. Das Heizelement kann in die feuerfeste Ziegelsteinauskleidung im tragenden Verbund eingebaut werden. Die höchste Betriebstemperatur hängt von den jeweiligen Heizdrähten ab, die für die Elemente verwendet werden, wie z.B. Siliciumcarbid ( $1450^{\circ}\text{C}$ ) und Molybdän-Disilizide ( $1700^{\circ}\text{C}$ ).

Im Elektroöfen besteht die Auskleidung aus hochfeuerfestem Material. Im allgemeinen sind die Elektroden, die aus Kohlenstoff oder Graphit gefertigt sind, im Dach des Brennofens untergebracht, von wo sie in die Brennofenkammer und in die Ladung (Charge) hineinreichen. Da sich die Elektroden verbrauchen, werden sie in den Brennofen hinabgelassen bzw. hineingeschoben. Es wird ein Lichtbogen gezündet. Die entstehende Wärmeenergie wird zum Schmelzen von Metallen genutzt, wobei dann das geschmolzene Metall durch die Zapflöcher abgezogen wird. Bei manchen Öfen kann man den Brennofen auch kippen.

**Links:** Ein deutscher Glasbrennofen um das Jahr 1750. Es handelt sich um eine der frühesten Arten von Tiegelöfen.

**Unten:** Hier wird die Herstellung einer 45 kg wiegenden Molybdänelektrode in einem österreichischen Stahlwerk gezeigt. Molybdän besitzt den sehr hohen Schmelzpunkt von  $2610^{\circ}\text{C}$ .



dass das Brennstoff-Luft-Verhältnis zur Erzielung guter Verbrennungsbedingungen ausreicht.

### Elektroöfen

Diese Öfen arbeiten nicht aufgrund eines Verbrennungsvorganges; sie sind auch nicht darauf angewiesen. Elektrische Energie aus dem Stromnetz wird direkt in Wärmeenergie umgewandelt. Es gibt drei Hauptarten von Elektroöfen: Widerstands-, Lichtbogen- und Induktionsöfen. Die ge-

Beim Elektro-Induktionsofen, der zum Schmelzen von Metallen und für die Wärmebehandlung von Metallen benutzt wird, besteht zwischen Stromversorgung und der eigentlichen Charge keine elektrische Verbindung. Das Ofensystem arbeitet nach dem Transistorprinzip. Die Spule wirkt dabei als Primär- und die Metallcharge als Sekundär-Wicklung. Der Tiegel des Ofens ist von einer mit Wasser gefüllten Kühlslange umgeben; der dazwischenliegende Freiraum ist mit Isoliermaterial ausgefüllt.

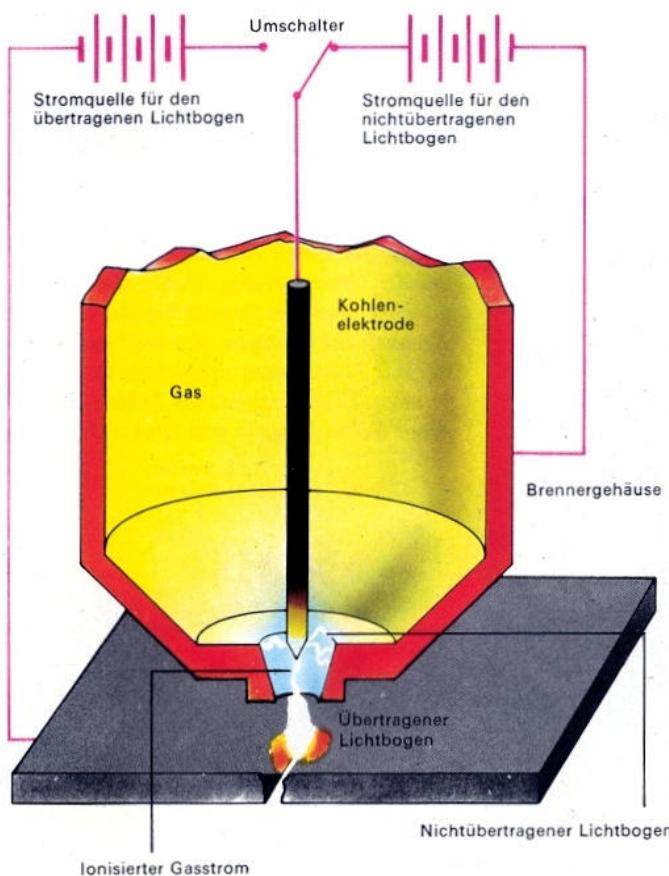
## BRENSCHNEIDEN

Brennschneiden ist ein Verfahren, das in der Industrie vornehmlich zum Schneiden oder Formbrennschneiden von Metallen — gewöhnlich Eisen oder Stahl — verwendet wird. Es können Tafeln in Stärken von 3 mm bis zu 2,8 Meter brenngeschnitten werden.

Brennschneiden wird weitgehend zum Formschneiden von großen Platten, die im Schiffsbau und im Kesselbau Verwendung finden, und auch in vielen anderen Industriezweigen praktiziert.

Um Metall brennschneiden zu können, muß es zunächst erhitzt und auf seinem sogenannten Zündpunkt gehalten werden. Hierunter versteht man diejenige Temperatur, bei der das Metall in einem Strahl von reinem Sauerstoff — dem Schneidstrahl — brennen wird, um sein Oxid bilden zu können. Das Erhitzen wird mit einer Vorerhitzungsflamme vorgenommen. Diese besteht aus einem Brenngas, das in einem Zustrom

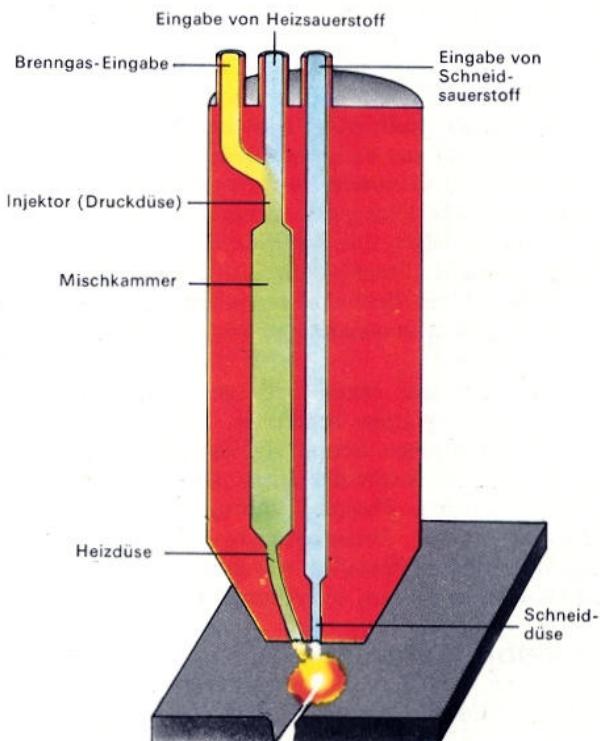
## PLASMA-LICHTBOGENSCHNEIDER



**Oben:** Plasma-Lichtbogenschneidbrenner. Das Gas wird durch den sich zwischen Düse und Elektrode bildenden Spalt gedrückt. Der nichtübertragene Lichtbogen ionisiert das Gas und bildet somit ein heißes Plasma (ca. 3 000°C), das den übertragenen Lichtbogen auf das Material (Werkstück) fallen läßt und dieses dadurch örtlich schmilzt.

von Sauerstoff brennt und als Heizsauerstoff bezeichnet wird. Das Oxid oder die Schlacke, die einen niedrigeren Schmelzpunkt als das Metall haben muß, aus dem sie gebildet wird, wird durch den Druck des Schneid- oder Brennstrahles weggeblasen. Dadurch wird das Metall unter dem Brennstrahl bloßgelegt und infolgedessen erneut gebrannt und als Schlacke weggeblasen. Das Brennen erzeugt Hitze, die dazu beiträgt, daß der Vorgang fortgesetzt wird.

## SCHNEIDBRENNER



**Oben:** Schneidbrenner. Brenngas und Sauerstoff werden in der Mischkammer zusammengebracht. Der Schneidsauerstoff bleibt grundsätzlich unverändert, abgesehen davon, daß er aus der Düse ausgestoßen wird.

Sobald der Schneidstrahl durch das zu schneidende Metall ein Loch oder eine Einkerbung gebrannt hat, wird der Schneidbrenner weiterbewegt, wodurch der Schneidstrahl durch das Metall geführt wird und das Loch oder die Einkerbung zu einem Schnitt verlängert wird.

### Schneidbrenner

Ein Schneidbrenner kann mit der Hand oder von einer Maschine geführt werden. Er hat zwei wichtige Funktionen. Erstens mischt er den Heizsauerstoff mit dem Brenngas (gewöhnlich Propan oder Azetylen), um ein brennbares Gemisch zu erzeugen, das dann in der Vorheizflamme verbrannt werden kann. Zweitens richtet er den Schneidstrahl auf den Bereich, der durch die Vorheizflamme aufgeheizt wird.

Ein Schneidbrenner besteht aus einem Injektor (Druckdüse), einer Mischkammer und einer Reihe von feinen, engen Löchern oder Düsen (Jets). Der Injektor führt den Sauerstoff zum Vorheizen ein und mischt dann den Sauerstoff gründlich mit dem Brenngas, wobei der Sauerstoff in die Mischkammer expandiert wird. Schließlich wird das Gemisch durch die Heizdüsen abgelassen, durch die dann der unter Hochdruck stehende Schneidsauerstoff herausgepreßt wird.

### Pulver-Brennschneiden

Besitzt ein Metall ein Oxid, das einen höheren Schmelzpunkt hat als es selbst, wie z.B. nichtrostende Stähle, besteht trotzdem die Möglichkeit, diesen Stahl zu schneidbrennen. Zu diesem Zweck führt man in den Sauerstoffstrom heißes Eisenpulver ein. Dann brennt das Eisenpulver im Schneidsauerstoffstrom und erzeugt einen flüssigen Strahl, der heiß genug ist, um das zu schneidende Metall im Bereich, wo der Strahl es trifft, zu schmelzen. Die Kraft des Strahles bläst das geschmolzene Metall einfach weg und brennt damit den gewünschten Schnitt.

## Plasma-Lichtbogenschneiden

Beim Plasmaschneiden bzw. Plasma-Lichtbogenschneiden wird durch einen Spalt, der durch eine Elektrode und eine äußere Düse gebildet wird, ein Gas hindurchgezwängt. Zwischen beiden springt zur gleichen Zeit ein Lichtbogen, ein nichtübertragener (indirekter) Lichtbogen, über. Dieses Gas kann ein Gemisch aus mehreren möglichen Gasen sein. Die meistverwendeten Gemische sind Argon-Wasserstoff, Argon-Stickstoff und Luft. Durch den nichtübertragenen Lichtbogen wird das Gas ionisiert, d.h. seine Atome werden in elektrisch geladene Teilchen (Ionen) aufgespalten. Das ionisierte Gas oder Plasma ist sehr heiß und erreicht eine Temperatur von etwa 3000°C. Es ist imstande, das Metall, auf das es gerichtet ist, zu schmelzen.

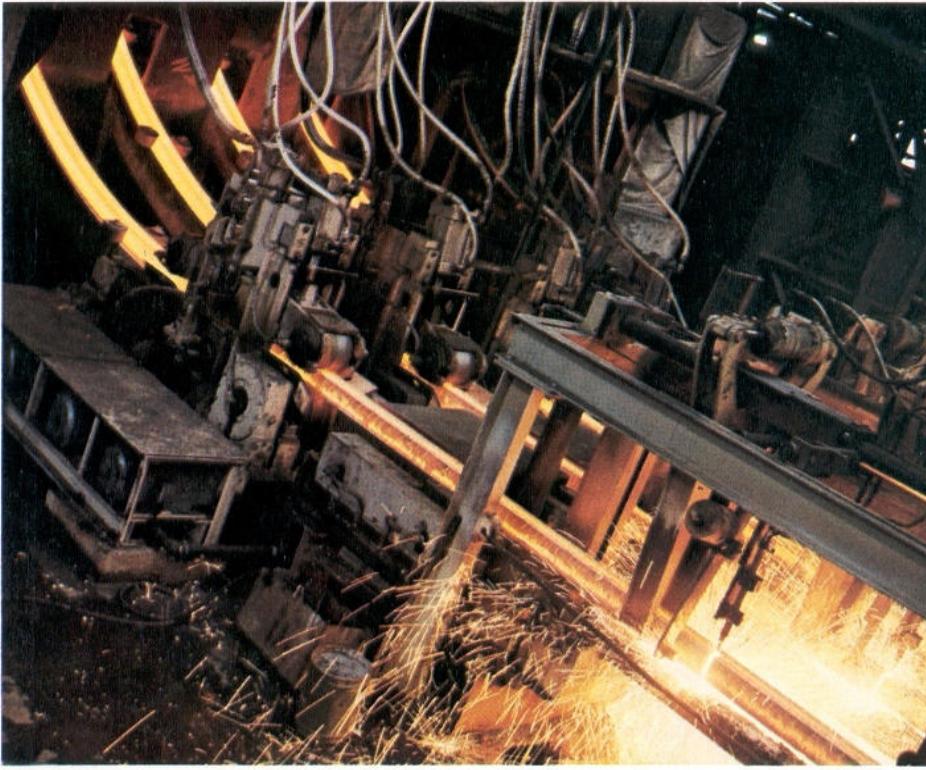
Oftmals wird dem Metall, das geschnitten werden soll, noch zusätzliche Wärme zugeführt. Dies geschieht, indem man einen elektrischen Strom von der Elektrode durch das Plasmagas auf das Werkstück leitet. Dies ist dann der übertragene Lichtbogen. Plasma-Lichtbogenschneiden lässt sich insbesondere beim Brennschneiden von nichtrostenden Stählen und solchen Metallen anwenden, die nicht brenngeschnitten werden können, wie Aluminium.

## Schneidbrennmaschinen

Zum Führen von Schneidbrennern beim Schneiden von schwierigen Formen oder Profilen werden verschiedene



PAUL BRIERLEY

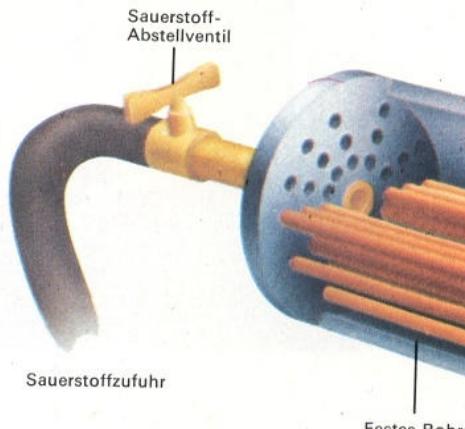


PAUL BRIERLEY

**Oben:** Eine große Schneidbrennmaschine, bei der vier Schneidbrenner auf einem Rahmen angebracht sind.

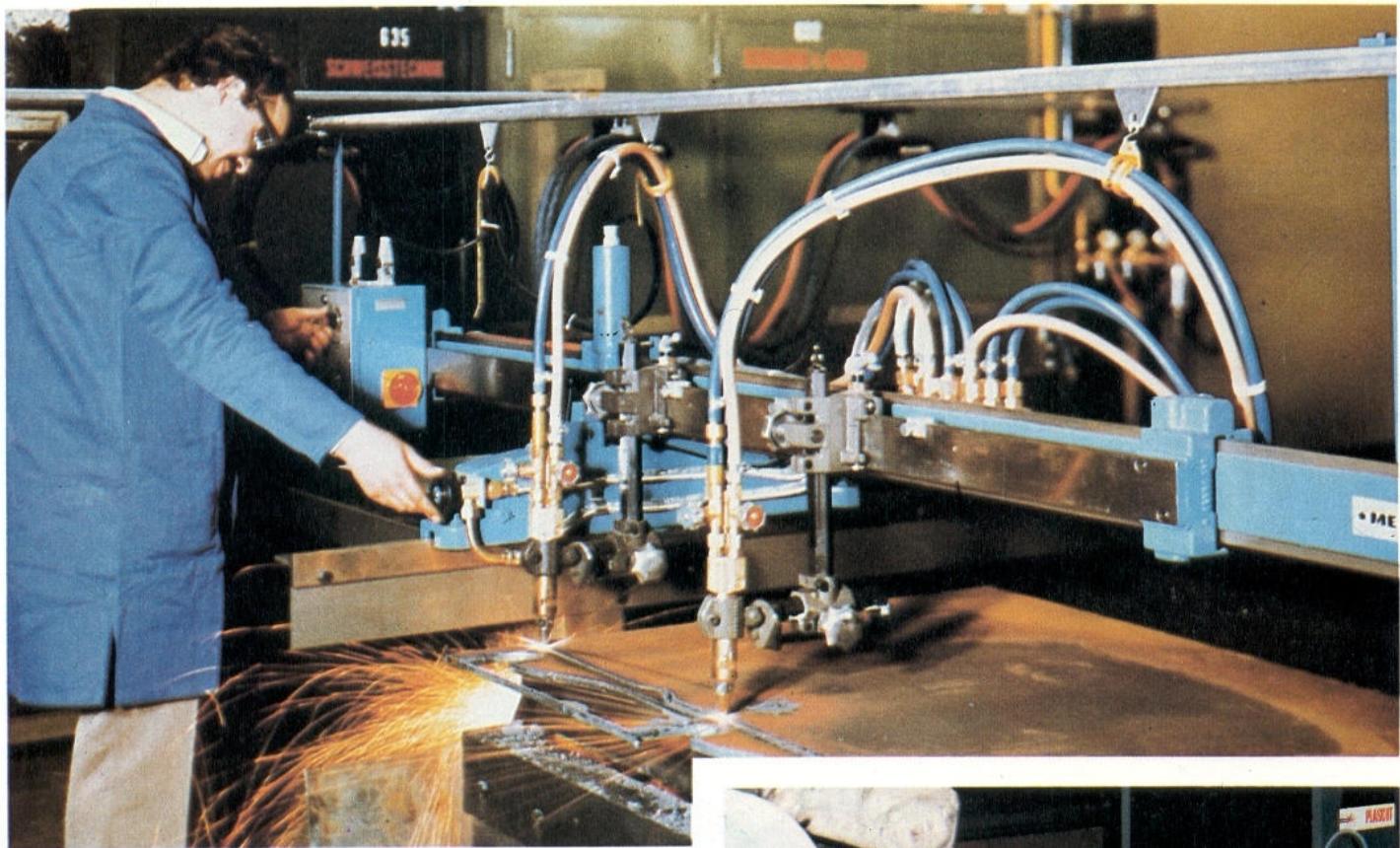
Maschinen benutzt. Die Arten der Maschinen reichen von kleinen 'Traktoren' bis zu großen computergesteuerten Maschinen. Die 'Traktoren' sind mit einem kleinen Elektromotor und einfacher Geschwindigkeitssteuerung ausgestattet, zum Schneidbrennen von geraden Schnitten entlang von tragbaren Schienen oder mit Handsteuerung. Mit den computergesteuerten Maschinen kann man schwierige Formen über Flächen von 20 m mal 49 m und größer schneidbrennen. Ein sehr beliebtes Führungssystem ist das fotoelektrische

**Oben:** Ein Becken mit geschmolzenem Stahl, der durch Brennschneiden erzeugt wurde. Um rostfreien Stahl schneiden zu können, muß der Brennschneider einen Brennstrahl erzeugen, der heiß genug ist, um das Metall zum Schmelzen zu bringen. Die verschiedenen Stähle haben einen Schmelzpunkt von etwa 1 600°C.



Festes Rohr

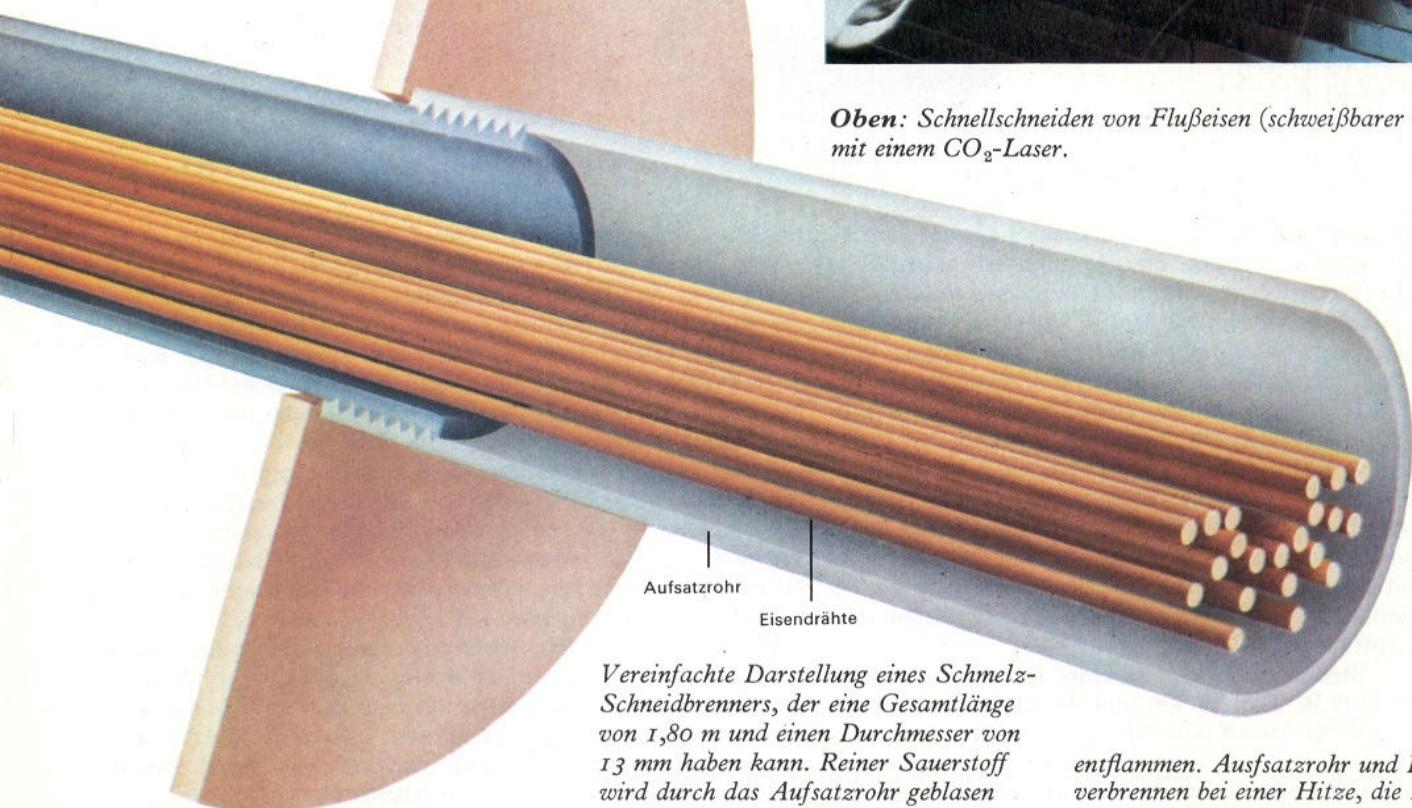
Profilierten. Bei diesem Verfahren werden zwei Fotozellen eingesetzt, die von einer Strichzeichnung des zu schneidenden Werkstückes das zurückgeworfene Licht messen. Dann senden die Zellen elektronische Signale aus, die den Motor so antreiben und steuern, daß sie auf jeder Seite der Linie bleiben, während die Maschine über die Zeichnung den Linien nachläuft. Ein oder mehrere Schneidbrenner werden mechanisch mit dem fotoelektrischen Kopf derart verbunden, daß sie die auf der Zeichnung angegebene Form genau aus einer Metallplatte ausschneiden. Normalerweise werden zwei, drei und auch vier Schneidbrenner gleichzeitig benutzt. Auf manchen großen Maschinen kann man bis zu 26 Schneidbrenner arbeiten lassen.



**Oben:** Numerisch gesteuerte Brennschneidmaschine. Technischer Fortschritt in Ausführung und Bedienung haben immer billigere Modelle auf den Markt gebracht.



**Oben:** Schnellschneiden von Flußeisen (schweißbarer Stahl) mit einem CO<sub>2</sub>-Laser.



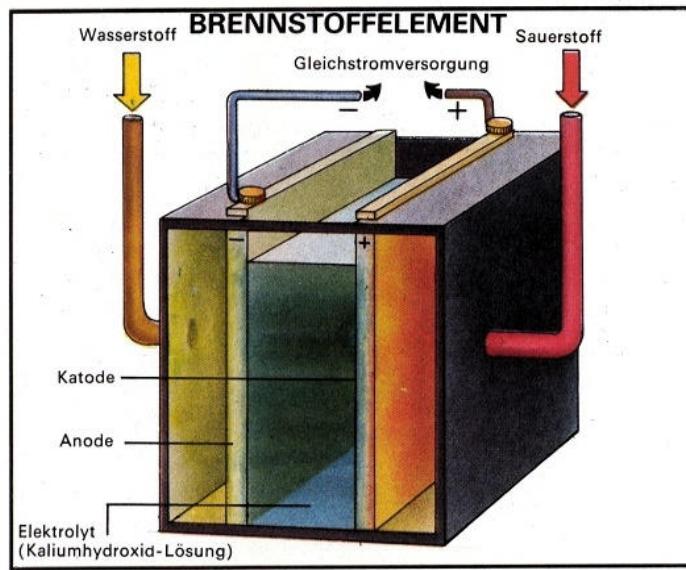
Vereinfachte Darstellung eines Schmelz-Schneidbrenners, der eine Gesamtlänge von 1,80 m und einen Durchmesser von 13 mm haben kann. Reiner Sauerstoff wird durch das Aufsatzrohr geblasen und so lange erhitzt, bis die Eisendrähte

entflammen. Aufsatzrohr und Eisendrähte verbrennen bei einer Hitze, die Beton oder Panzerstahl schneiden kann.

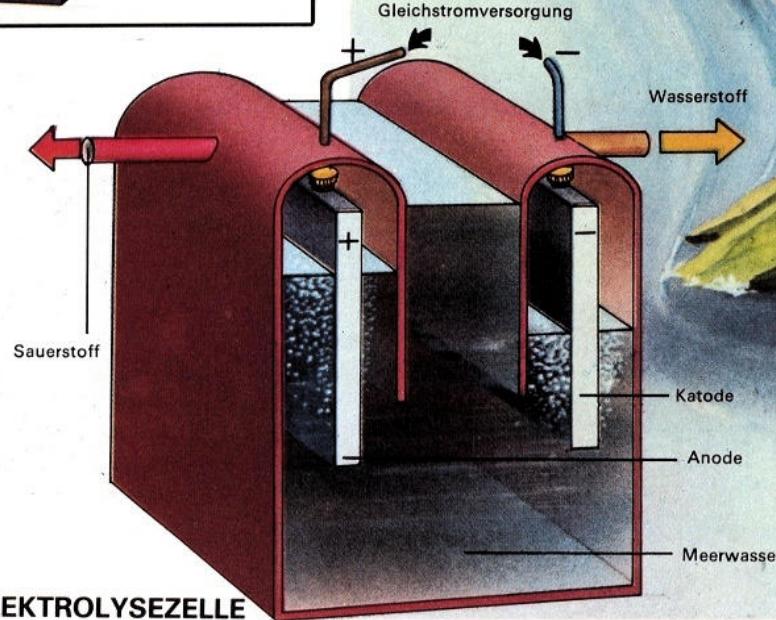
## BRENNSTOFFELEMENT

Im Gegensatz zu einer Batterie oder einem Akkumulator kann das Brennstoffelement (auch Brennstoffzelle) ohne Erschöpfung eingesetzt werden.

STOBARD &amp; SUTTERBY



**Oben:** In einem Wasserstoff/Sauerstoff-Brennstoffelement reagieren die Gase mit dem Elektrolyten, wobei sich Wasser bildet und elektrische Energie entsteht.



Ähnlich den elektrischen Batterien erzeugt auch das Brennstoffelement seine elektrische Energie über eine chemische Reaktion. In Trockenbatterien, die in Taschenrechnern oder tragbaren Radios verwendet werden, ist die durch elektrische Energie gewonnene chemische Reaktion irreversibel. Dies bedeutet: Sind alle miteinander reagierenden Ausgangsstoffe verbraucht, hat sich die Batterie entladen und muß weggeworfen werden. In einem Bleiakkumulator, wie er bei Autos verwendet wird, ist die Reaktion reversibel (umkehrbar). D.h. die Akkumulatorzelle läßt sich nach ihrer Entladung wieder aufladen, so daß sie wieder elektrische Energie abgeben kann. Bei Brennstoffelementen befinden sich die Ausgangsstoffe nicht unmittelbar in der Zelle, sondern sie werden ihr bei Bedarf zugeführt. Hierdurch wird die Zelle nie entladen, eine Aufladung entfällt daher.

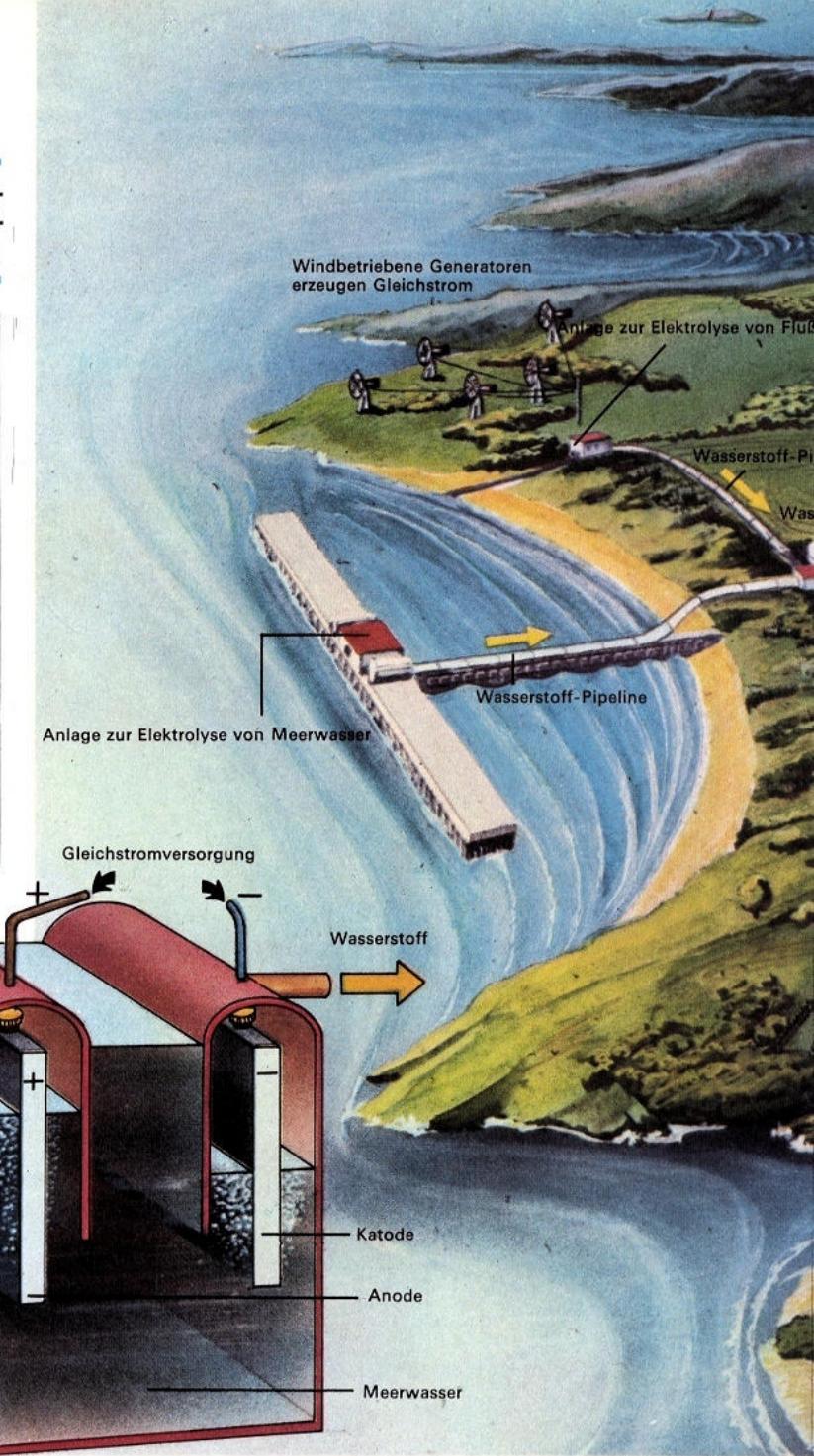
Bei einem Brennstoffelement ist einer der Ausgangsstoffe der Brennstoff (z.B. Wasserstoff) und der andere das Oxidationsmittel (z.B. Sauerstoff oder Luft). Die beiden Ausgangsstoffe verbinden sich zu Wasser, das durch Verdampfen aus der Zelle entfernt werden kann. Solange die beiden Ausgangsstoffe der Zelle zugeführt werden, und das Wasser als Reak-

tionsprodukt entfernt wird, liefert die Brennstoffzelle elektrische Energie in Form eines Gleichstromes.

Der erste Schritt in Richtung des Brennstoffelementes war die Entdeckung, daß bei Verwendung einer Primärbatterie Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt werden kann. Dieser Prozeß ist als Elektrolyse bekannt geworden. Der nächste Schritt folgte im Jahre 1838, als gezeigt werden konnte, daß dieser Vorgang reversibel ist. Die bei der Elektrolyse entstandenen Elemente Sauerstoff und Wasserstoff wurden so zusammengehalten, daß jedes Gas im Kontakt mit der Platin-elektrode blieb, an der die Gase jeweils entstanden waren. Wurden die Elektroden von der treibenden Batterie abgeklemmt, stellte man fest, daß zwischen den Elektroden ein elektrisches Potential von etwa 1 V vorhanden war.

Wurden die beiden Elektroden elektrisch leitend verbunden, floß ein elektrischer Strom. Dabei wurden Wasserstoff und Sauerstoff verbraucht; es fand also eine Umkehrung des elektrolytischen Prozesses statt. Hieraus wurde eine 'Gasbatterie' entwickelt, indem man mehrere solcher Sauerstoff/Wasserstoff-Zellen in Serie schaltete.

In den dreißiger Jahren begann ein junger englischer

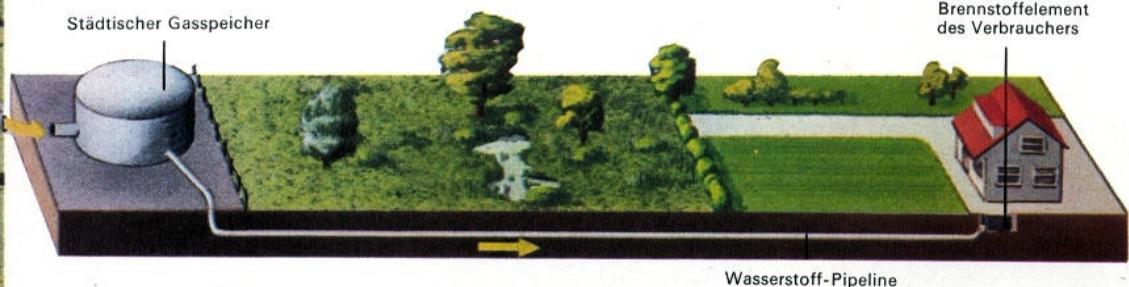




**Links:** Wasserstoff für Brennstoffelemente, die elektrische Energie für Haushalt und Industrie liefern, kann durch Elektrolyse von Wasser gewonnen werden. Als Energiequelle zur Erzeugung von Wasserstoff durch Elektrolyse können Wind, Wasserwellen oder die Sonne dienen. Diese natürlichen Energiequellen würden die Lieferung elektrischer Energie allerdings wetterbedingt und unbestimmt machen. Es kann unter Umständen viel natürliche Energie zur Verfügung stehen, wenn der Elektrizitätsbedarf gering ist, und wenig natürliche Energie, wenn der Elektrizitätsbedarf hoch ist. Die so erzeugte elektrische Energie kann nicht gespeichert werden, weshalb keine Energiereserven für die Hauptbelastungszeiten konserviert werden können. Verwendet man allerdings die natürlichen Energiequellen zur Erzeugung von Wasserstoff, läßt sich dieser ebenso wie die zu seiner Herstellung verwendete Energie unendlich lange lagern und kann, genauso wie Stadt- oder Erdgas, durch Leitungen an den Verbraucher geliefert werden.

**Unten:** Die beiden Schaubilder zeigen, wie Brennstoffelemente, die mit Wasserstoff arbeiten, die konventionelle Elektrizitätsversorgung ersetzen könnten. Die Gewinnung elektrischer Energie könnte folgendermaßen ablaufen: Mit Hilfe natürlicher Energiequellen wird elektrische Energie zur Erzeugung von Wasserstoff durch Elektrolyse von Wasser gewonnen. Der Wasserstoff wird anschließend Brennstoffelementen, die sich beim Verbraucher befinden, zugeführt.

### GASVERSORGUNG



### HERKÖMMLICHE ELEKTRIZITÄTSVERSORGUNG



Ingenieur, Francis Bacon, mit Gasbatterien zu experimentieren, indem er handelsübliche Werkstoffe benutzte. Nach vielen Jahren geduldiger Arbeit war er im Jahre 1959 in der Lage, eine Sauerstoff/Wasserstoff-Batterie vorzustellen, die eine Leistung von 6 kW abgab. Die 'Bacon-Zelle' wurde von den USA übernommen und von der Firma Pratt & Whitney Aircraft weiterentwickelt, um als Energiequelle beim Apollo-Mondfahrzeug zu dienen.

### Arbeitsweise

Das Prinzip des Brennstoffelementes ist das gleiche wie bei der Primärbatterie. Der einzige Unterschied ist der, daß die Funktionen der Elektroden von den Ausgangsstoffen getrennt gehalten werden. Zwei elektrisch leitende, poröse Platten werden einander parallel gegenübergestellt. Der Zwischenraum wird mit einem flüssigen Elektrolyten (z.B. einer wässrigen Kaliumhydroxidlösung) gefüllt. Der Elektrolyt dringt in die Elektroden ein, kann sie aber nicht durchdringen. Auf der Außenseite der einen Elektrode befindet sich Sauerstoff, auf der Außenseite der anderen Elektrode Wasserstoff. Jedes Gas dringt teilweise in die jeweilige Elektrode ein, wobei es durch

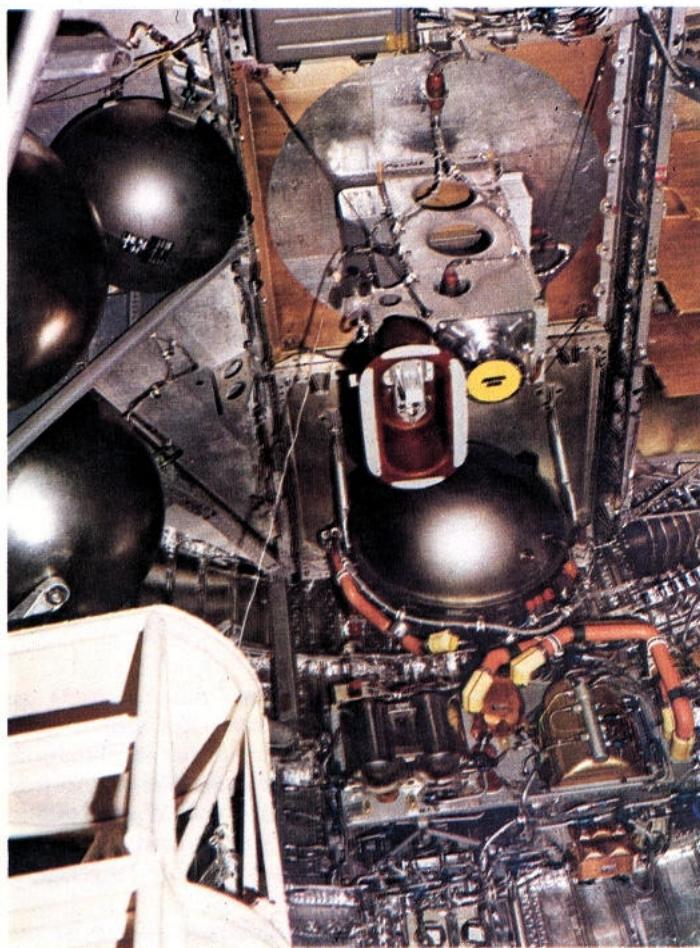
den Elektrolyten daran gehindert wird, die Elektrode zu durchdringen. Ein kleiner Teil des Gases löst sich in dem Elektrolyten in der Elektrode, diffundiert durch ihn hindurch und erreicht den Zelleninnenraum. Auf diese Weise wird jede Elektrode mit einem dünnen Sauerstoff- bzw. Wasserstofffilm überzogen. Bei dieser dünnen Schicht spricht man davon, daß sie auf der Oberfläche der Elektrode adsorbiert (angelagert) wurde.

Die mit Wasserstoff überzogene Elektrode — sie ist die negative Elektrode (Anode) — befindet sich in Kontakt mit dem Elektrolyten, der negativ geladene Hydroxid-Ionen ( $\text{OH}^-$ ) enthält. Ein Elektron, das die Elektrodenoberfläche verläßt, kann sich mit einem  $\text{OH}^-$ -Ion zu einem Wassermolekül ( $\text{H}_2\text{O}$ ) verbinden. Bei der chemischen Reaktion wird wirksame Energie freigesetzt. Ob diese chemische Reaktion ablaufen kann, hängt von der Elektrodenoberfläche, der Temperatur und anderen Einflußgrößen ab. Eine Platin-Elektrode liefert die besten Ergebnisse. Bacon erzielte jedoch auch gute Ergebnisse mit Nickel bei etwas erhöhten Temperaturen. Die mit Sauerstoff belegte Katode (positive Elektrode) ruft eine entgegengesetzte Reaktion zur Anode hervor. Der Sauerstoff

nimmt zusätzlich Elektronen auf und reagiert mit den Wasser-molekülen, um Hydroxid-Ionen zu bilden; es wird Energie freigesetzt.

In einem idealen Sauerstoff/Wasserstoff-Brennstoffelement unter normalen Druck- und Temperaturbedingungen wird die gebildete Energie unmittelbar in elektrische Energie umgewandelt. Unabhängig vom entnommenen elektrischen Strombetrag wird eine Spannung von etwa 1,23 V erzeugt. Der Wirkungsgrad eines Brennstoffelementes ist höher als der beim Verbrennen von Brennstoffen, da es der Beschränkung des Carnot-Prozesses nicht unterworfen ist. Obwohl es keine ideale Brennstoffzelle gibt, war ihr guter Wirkungsgrad für die Verwendung im Apollo-Raumfahrtprogramm ausschlaggebend. Während des Apollo-11-Programmes wurden 399 kWh elektrische Energie erzeugt. Der Wirkungsgrad

**Unten:** Innenansicht einer Mondsonde, wie sie im Apollo-Raumfahrtprogramm eingesetzt wurde. Die kuppelförmigen Teile sind Bestandteile der Bedienungsgeräte für die Wasserstoff/Sauerstoff-Brennstoffelemente der Flugzeugfirma Pratt & Whitney. Ähnliche Zellen, mit je 2,3 kW Maximalkapazität, wurden für die Apollo- und Skylab-Programme benutzt.

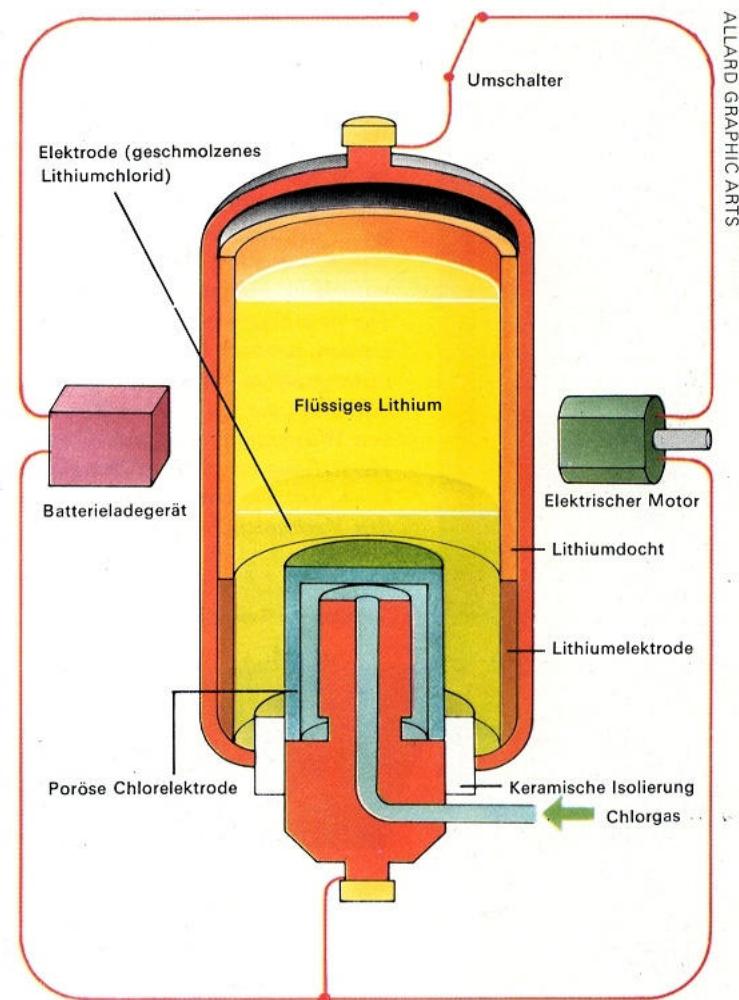


PHOTRI

betrug 87% freie Energie, bezogen auf die Bildung von Wasser, und 72%, bezogen auf die Gesamtwärmereaktion.

### Das Carbonat-Brennstoffelement

Ein anderes vielversprechendes Brennstoffelement verwendet ein Metallcarbonat als Elektrolyt. Bei einer Temperatur von 700°C spaltet sich der Elektrolyt in Metall- und in Carbonat-Ionen ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) auf. An der einen Elektrode ist der Brennstoff Kohlenstoffmonoxid, das sich mit den Carbonat-Ionen zu Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ) verbindet und Elektronen freisetzt.



**Oben:** In der Lithium/Chlor-Zelle verbindet sich Chlorgas mit Lithium zu Lithiumchlorid; elektrische Energie wird frei. Das entstandene Lithiumchlorid kann zur Wiederverwendung durch Zufuhr elektrischer Energie in die ursprünglichen Ausgangsstoffe zerlegt werden.

An der anderen Elektrode verbindet sich Sauerstoff mit Kohlenstoffdioxid unter Aufnahme von Elektronen. Es entstehen Carbonat-Ionen. Kohlenstoffdioxid als Brennstoff ist billig, da bei den Betriebstemperaturen an der Kathode für die Sauerstoffversorgung Luft verwendet werden kann. Kohlenstoffdioxid wird bei der Destillation von Steinkohleertrag als billiges Nebenprodukt gewonnen.

### Weiterentwicklung

Das Sauerstoff/Wasserstoff-Brennstoffelement wurde für das Space-Shuttle-Projekt und für Unterwasseranwendungen weiterentwickelt. Es wurde ein komplizierteres System entwickelt, in dem man Kohlensäure in unreinen Wasserstoff umwandelt, der dann einem Brennstoffelement mit einer Säure als Elektrolyten zugeführt wird. Die erwartete Ausgangsleistung soll 26 MW betragen. In dem System ist ein Wechselrichter zur Erzeugung von Wechselstrom enthalten.

Brennstoffelemente zur Erzeugung von Elektrizität wurden zu Versuchszwecken in Wohngebäude installiert. Größere Einheiten von Brennstoffelementen werden als Untereinheiten für Elektrizitätswerke geschaffen. Derzeit wird an einem Brennstoffelement gearbeitet, das Methanol (ein Alkohol) als Brennstoff verwenden soll, um Elektroautos anzutreiben. Wegen des geringen Leistungs/Gewichts-Verhältnisses scheint man sich in Zukunft doch für Akkumulatoren als Antrieb für Elektroautos zu entscheiden.



# Erfindungen 3: BOGEN

Der Bogen ist die älteste Maschine der Welt, die aus mehr als einem Teil besteht; er ist zugleich das älteste energiespeichernde Gerät. Er hatte einen bahnbrechenden Einfluß auf die Entwicklung des Frühmenschen, da er ihn zu einem wirklich leistungsfähigen Jäger machte. Mit seiner Hilfe konnte der Mensch zum ersten Mal ein Tier auf größere Entfernung als Speerwurfweite erlegen.

Die Wirkungsweise des Bogens ist darin begründet, daß die volle Kraft eines menschlichen Armes beim Spannen auf den Bogen übertragen und dann in einem kurzen Moment gleichsam explosiv freigesetzt wird. Der Pfeil fliegt durch diese Art der Energieübertragung viel weiter, als er mit dem Arm allein geworfen werden könnte. Die Geschwindigkeit des Pfeiles und seine Reichweite werden dadurch vergrößert. Ein guter moderner Langbogen schießt einen Pfeil 400 m bis 500 m weit.

Es ist schwer zu sagen, wie die Idee, einen Bogen zu bauen, entstanden ist (vielleicht durch Beobachtung der Federkraft eines jungen Schößlings). Die unmittelbare Vorgängerin des Bogens ist die Speerschleuder. Dieses äußerst primitive Gerät benutzen noch heute die Eskimos zum Harpunenwerfen und die australischen Ureinwohner, die den Bogen wohl deshalb nicht erfanden, weil sie mit dem Bumerang eine vergleichbare Waffe hatten.

Die Speerschleuder ist ein etwa 50 cm langer Holzstock mit einer nach innen weisenden Höhlung an einem Ende. Sie gleicht also einem Schöpfloß mit dickem Stiel und kleiner Schale. Der Werfer streckt seinen Arm nach hinten aus und ergreift die Schleuder so am glatten Ende, daß sie eine Verlängerung des Armes bildet. Das hintere Ende des Speers liegt in der Schale.

Der Speer wird geworfen, indem man Arm und Schleuder zusammen

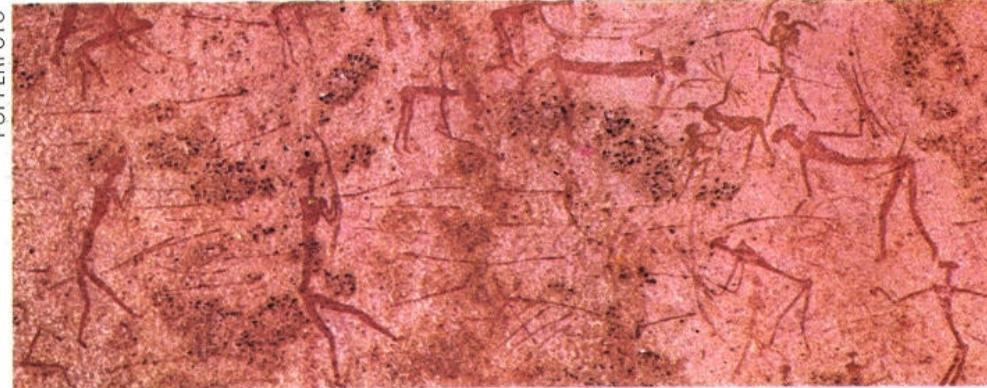
ruckartig nach vorn bewegt. Die Wirkung der Schleuder kommt dadurch zustande, daß sie den Arm um 50 cm verlängert, so daß der Speer mit höherer Geschwindigkeit fliegt.

Der Bogen war eine Weiterentwicklung der Speerschleuder, und zwar nicht, weil er ihr als Maschine gleicht, sondern weil es sich bei beiden um Möglichkeiten handelt, die Geschwindigkeit eines Geschosses zu erhöhen.

Es ist nicht bekannt, wann der Bogen erfunden wurde. Die älteste Darstellung findet sich jedoch in einer Höhlenmalerei in Nordafrika aus der Zeit um 30 000 bis 15 000 v. Chr. (Ende der Altsteinzeit). Der älteste erhaltene Bogen stammt aus der Mittleren Steinzeit (10 000 bis 3 000 v. Chr.) und wurde in Dänemark gefunden.

Wie alle frühen Bogen ist er ein einfacher Bogen, d.h. er besteht aus einem einzigen Stück, in diesem Falle Ulmenholz. Später traten dann zu-

POPPIERFOTO



Oben: Diese steinzeitliche Malerei aus der Markwe-Höhle in Simbabwe-Rhodesien zeigt Bögen der Urzeit.



Links: Pharaos Ramses II. (1290 bis 1223 v. Chr.), der mit einem einfachen Holzbogen schießt.



Rechts: Diese Darstellung aus dem 4. Jahrhundert zeigt einen parthischen Reiter mit geschweiftem Bogen beim Rückzug — einer Taktik, aus der die Redensart ein 'Partherschuß' entstand.

WILLIAM MACQUITY



Oben: Ein Indianer in Florida im 16. Jahrhundert mit einem ungewöhnlich langen Bogen und einem Pfeil mit Feuersteinspitze nach einer Zeichnung von John White.

sammengesetzte Bögen auf, die aus mehreren zusammengefügten Stücken oder auch aus unterschiedlichen Materialien bestanden, die so gewählt waren, daß ihre Eigenschaften dem Bogen eine besondere Feder- und Durchschlagskraft gaben. Zusammengesetzte Bögen der Eskimos bestehen z.B. aus Rentiergeweih, verstärkt mit geflochtenen Tiersehnen an der Vorderkante. Für moderne Bögen verwendet man gern Metall und Glasfaser-Preßmässen.

Der Holmegaard-Bogen ist 1,45 m lang, hat also etwa die Größe eines modernen Bogens. Die Bogenlängen sind jedoch sehr unterschiedlich und gehen von knapp 1 m in Afrika bis über 2½ m in Japan.

Die einfachste Bauart weist der Langbogen auf. Er hat eine Sehne aus Leinwand oder Hanf; aber auch jedes andere feste, nicht dehbare Material wie Seide, Rohhaut und

sogar Bambusstreifen sind dafür geeignet. Die Sehne darf sich nicht dehnen, weil der Bogenstab die gesamte Federkraft aufbringt. Sie wird üblicherweise befestigt, indem man sie um eine Kerbe oder einen Ansatz an den Bogenenden schlingt.

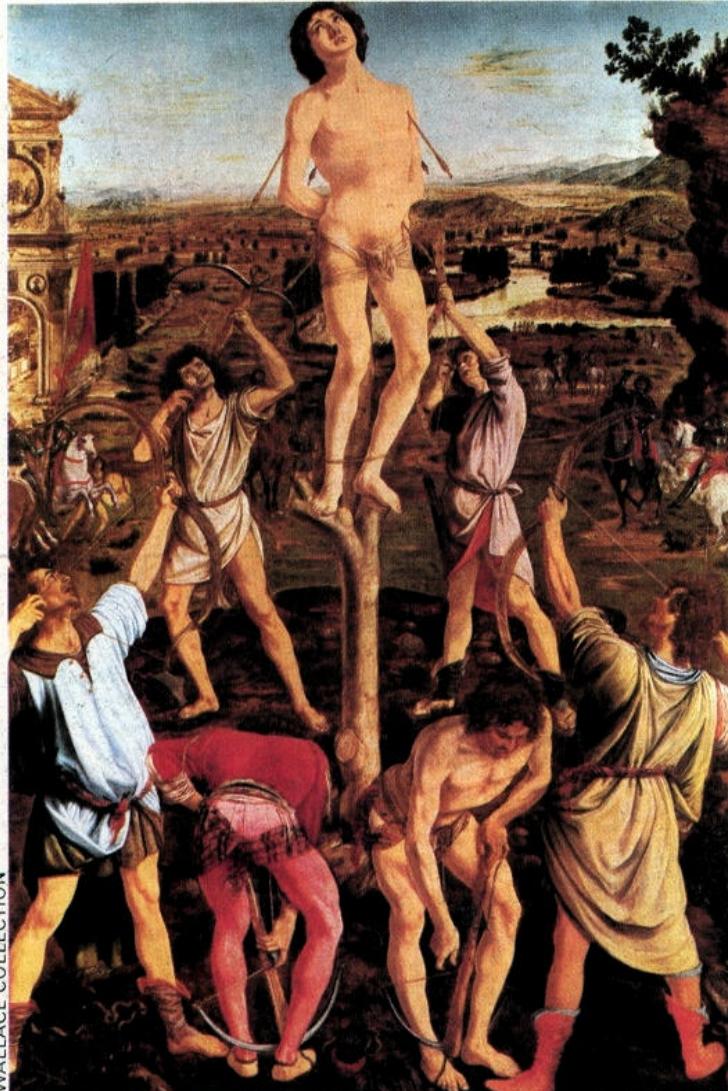
Im Laufe der Zeit wurde der Bogen immer wieder verbessert. Eine solche Verbesserung war der geschweifte Bogen aus Holz, Horn und Sehnen für Reiter. Er wird so genannt, weil die Enden des Bogenstabes nach vorne, der Biegung des übrigen Bogenteiles entgegengesetzt, gebogen sind. Diese doppelte Biegung gibt ihm eine große Federkraft und dadurch große Reichweite und Durchschlagskraft.

Eine andere Weiterentwicklung ist die Armbrust, die wahrscheinlich in China erfunden wurde und im mittelalterlichen Europa sehr verbreitet war. Sie hat einen kurzen, aber

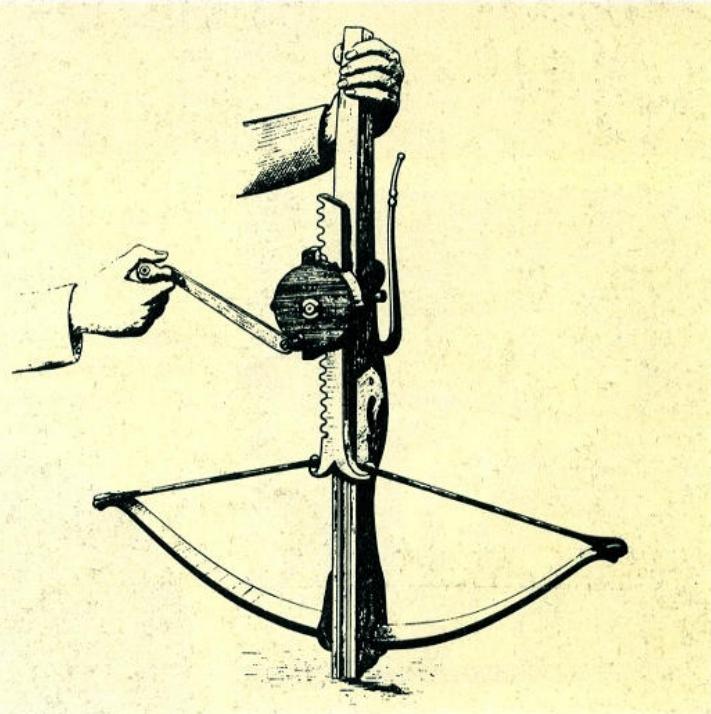
kräftigen Bogen auf einer Säule, die dem Schaft eines Gewehres ähnelt. Zum Spannen war oft so viel Kraft erforderlich, daß eine Winde oder ein ähnlicher Mechanismus benutzt werden mußte. Für den Abschuß ist ein Drücker vorhanden.

Mit dem gewöhnlichen Langbogen verschoß man Pfeile aus Holz oder Rohr, die oft mit einer Spitz aus Metall oder Feuerstein versehen waren. Am Hinterende hatten sie Federn oder Leitflächen aus einem anderen leichten Material, die den Flug stabilisierten. Mit der Armbrust verschoß man kürzere und schwerere Bolzen, gelegentlich auch kleine Steine oder Kugeln.

In Europa verlor der Bogen seine Bedeutung als Waffe, als gegen Ende des Mittelalters die Feuerwaffen aufkamen. Der Langbogen wird heute nur noch für den Sport und zum Zielschießen benutzt.



Oben: 'Das Martyrium des Hl. Sebastian', ein Gemälde von Antonio Pollaiuolo, der von 1430 bis 1498 lebte. Die hier dargestellten Bögen waren zu jener Zeit in Italien verbreitet. Der Mann im Hintergrund schießt mit einem geschweiften Bogen, während andere Armbrüste benutzen oder laden.



DAVID HOFFMAN

Ganz oben: Eine deutsche Armbrust aus dem 15. Jahrhundert. Der Bogen besteht aus Stahl und ist mit Pergament bezogen.

Oben: Der zum Spannen einer Armbrust erforderliche Zug wurde oft mit Hilfe einer Kurbelwinde aufgebracht.