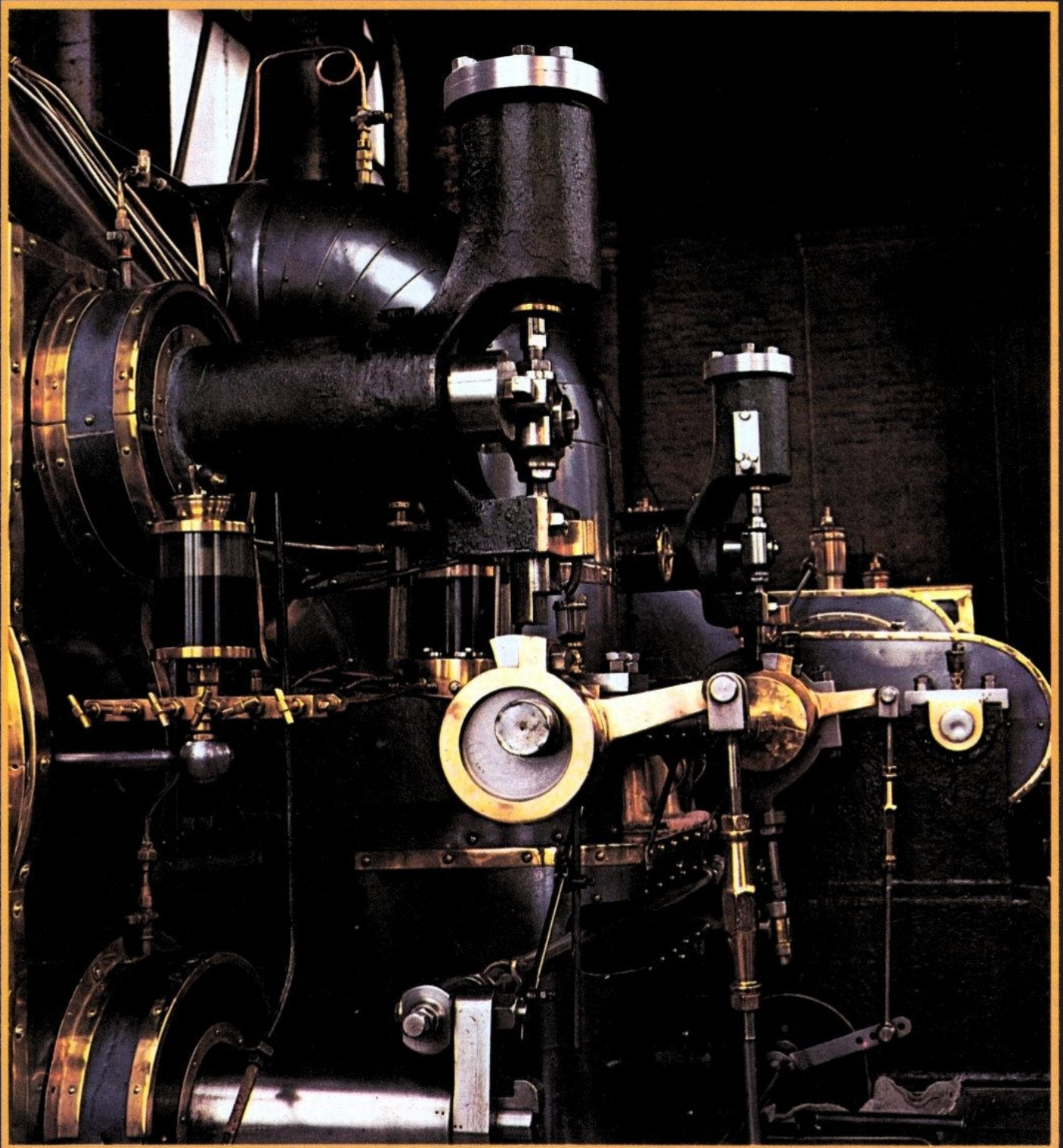


HEFT 9 EIN WÖCHENTLICHES SAMMELWERK ÖS 25  
SFR 3.50 DM 3

# WIE GEHT DAS

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



---

scan: **IGDL**

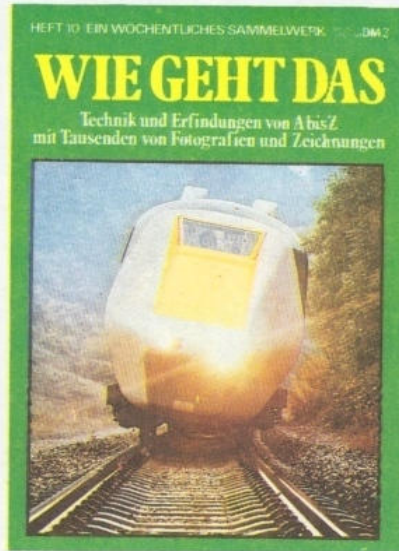


# WIE GEHT DAS

## Inhalt

Computer	225
Coriolis-Kraft	231
Dampfkatapult	232
Dampfmaschine	235
Datenspeicher	240
Densitometer	243
Destillation	245
Diamant	249
Diamantbearbeitung	252

## In Heft 10 von Wie Geht Das



Dieselelektrischer Antrieb – bei dem ein Dieselmotor einen Generator antreibt, der Strom für einen Elektromotor erzeugt – findet bei Eisenbahnlokomotiven, Schiffen und schweren Bergbaumaschinen Verwendung. Lesen Sie in Heft 10 von Wie Geht Das, wie eine solche Antriebsanlage konstruiert ist.

Der Dieselmotor ist die gebräuchlichste Motorenart für Lastwagen und Busse. Pkws werden hauptsächlich mit Benzinmotoren angetrieben. Der Dieselmotor wird aber auch als Antrieb für Personenkraftwagen immer beliebter. In der nächsten Ausgabe von Wie Geht Das können Sie alles Wissenswerte über den Dieselmotor nachlesen.

### WIE SIE REGELMÄSSIG JEDE WOCHE IHR HEFT BEKOMMEN

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

### ZURÜCKLIEGENDE HEFTE

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

Österreich: Das einzelne Heft kostet öS 25. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: WIE GEHT DAS, Wollzeile 11, 1011 Wien. Postscheckkonto: Wien 2363.130. Oder legen Sie bitte der Bestellung einen Verrechnungsscheck bei. Kennwort: HEFTE.

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

### SAMMELORDNER

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

### SO BEKOMMEN SIE IHRE SAMMELORDNER

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

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

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

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

Einzahlschein) 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 Überweiskopie Ihre vollständige Anschrift gut leserlich enthalten.

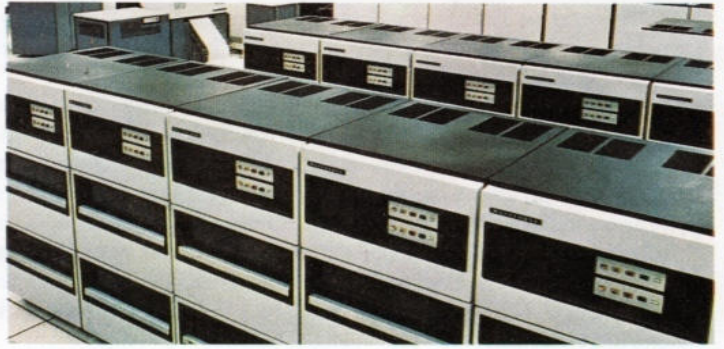




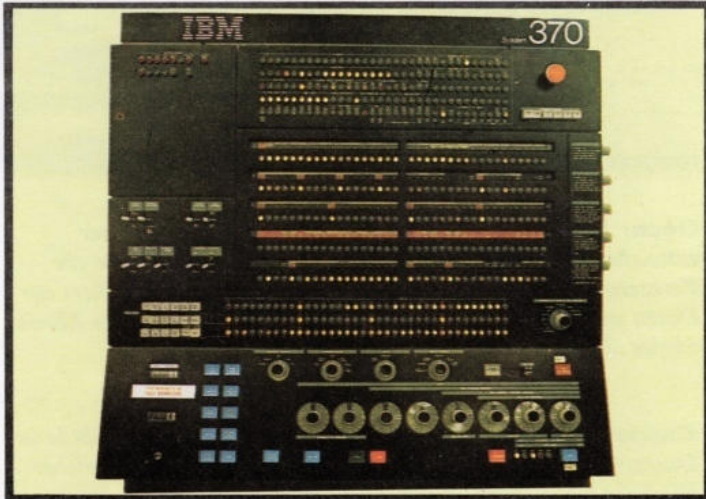
## COMPUTER

Wenige Erfindungen unseres Jahrhunderts haben so entscheidend zur technischen Weiterentwicklung beigetragen wie der Computer. Nur durch ihn war eine Landung auf dem Mond möglich. Heute werden Computer unter anderem im Bankwesen, bei der medizinischen Diagnose und beim Drucken von Zeitungen eingesetzt.

Seit vielen Jahrtausenden suchte der Mensch auf verwaltungstechnischem Gebiet und auf dem Gebiet der Verarbeitung von Informationen nach mechanischen Hilfsmitteln. Wichtig hierbei ist die Speicherung von Informationen sowie deren



**Oben:** Das Bild zeigt einen Teil einer sehr großen Computeranlage (Burroughs B 6700), die in dem 'Defense Logistics Services Center' (Verteidigungszentrum) in Battle Creek, Michigan, USA, installiert ist. Das System hat Platten Speicher mit einer Kapazität von 13 Millionen Bytes. Hier werden einige dieser Plattenspeicher gezeigt.



**Links:** Das Bedienungspult einer großen Computeranlage, das IBM System/370.

**Unten:** Der 'Senster' wurde von einem Computerwissenschaftler in Zusammenarbeit mit der Firma Philips entwickelt. Er arbeitet nach dem Prinzip des Hebezugs, der 6 Segmente hat, um den höchsten Grad der Manövrierfähigkeit zu gewährleisten. Der 'Senster' reagiert auf die menschliche Stimme und kann über eine solche gesteuert werden. Er wird hier auf einer Roboter-Ausstellung in Amsterdam vorgeführt.





Verarbeitung in Form von Sortiervorgängen oder in der Ausführung arithmetischer Operationen. Wichtig ist auch das schnelle Wiederauffinden einer bestimmten Information.

In der numerischen Informationsverarbeitung kann eine Information als physikalische Größe (z.B. Länge oder Spannung) oder als eine Kombination von Zeichen vorliegen. Im ersten Falle spricht man von einer *analog*en Darstellung. Ein bekanntes Beispiel ist der Rechenschieber, auf dem eine Zahl durch eine Länge, die dem LOGARITHMUS der Zahl proportional ist, dargestellt wird. Hierdurch kann die Multiplikation zweier Zahlen durch die Addition von zwei Längenabschnitten ausgeführt werden.

Bei modernen Analogrechnern werden zur Darstellung von physikalischen Größen veränderliche Spannungen eingestellt. Sie werden besonders dann eingesetzt, wenn Rechnungen mit physikalischen Größen durchgeführt werden sollen, die zeitabhängig sind und die Lösung von Differentialgleichungen verlangen.

In *digital*en Computern werden Zahlen durch Einstellungen von Zahnrädern oder durch eine Reihe von Anzeigelämpchen, die eine Zahl im Dualsystem darstellen, angezeigt. Im Dualsystem treten Kombinationen der Zeichen 1 und 0 auf. Dies bedeutet, daß ein leuchtendes Lämpchen den Wert 1, ein nichtleuchtendes Lämpchen den Wert 0 kennzeichnet.

Bei den wenigsten Anwendungen in der Informationsverarbeitung sind die besonderen Eigenschaften der Analogrechner erforderlich. Hingegen ist bei der Informationsverarbeitung der Bedarf an Speicherplatz sehr hoch; die Möglichkeit, auch Buchstaben zu verarbeiten, muß ebenfalls gegeben sein. Hierzu eignet sich der digitale Computer besser als der Analogrechner. Wenn man heute vom Computer spricht, versteht man darunter allgemein den digitalen Computer.

Bei jedem Prozeß, gleichgültig ob er in Verbindung mit einem Computer oder ohne ihn abläuft, gibt es eine Prozeßeingabe, den Prozeßablauf selbst und eine Prozeßausgabe. In gleicher Weise gilt dies auch für den Computer. Es werden nun — bezogen auf den Computer — Eingabe, Prozeßablauf und Ausgabe näher beschrieben.

## Eingabe

Die beiden gebräuchlichsten Eingabemedien sind der Lochstreifen und die Lochkarte. Die Daten werden durch eine Kombination aus gelochten (Wert: 1) oder nichtgelochten (Wert: 0) Stellen erhalten.

Die ersten Lochkarten- und Lochstreifenlesegeräte (siehe *LOCHKARTENGERÄTE*) für die Computereingabe von Daten hatten überall dort, wo ein gestanztes Loch hätte auftreten können, kleine Drahtbürsten. Wenn in der Lochkarte oder dem Lochstreifen ein Loch eingestanz war, kontaktierte die Drahtbürste eine auf der Rückseite der Eingabemedien befindliche Metallplatte; ein elektrischer Schaltkreis wurde geschlossen. Hierdurch wurden an den Stellen in den Eingabemedien, wo sich Löcher befanden, elektrische Signale erzeugt. Bei modernen Lesegeräten verwendet man zur Erkennung von Löchern fotoelektrische Systeme. Hier wird der elektrische Schaltkreis mit Hilfe eines Lichtstrahles geschlossen. Lesegeräte für Lochstreifen können bis zu 1 000 Zeichen/s lesen, Lesegeräte für Lochkarten bis zu 2 000 Karten. Zwei Typen von Lochkarten werden heute verwendet; die eine hat 80 Spalten, die andere 96 Spalten.

## Datenverarbeitung

Die Eingangssignale — Befehle genannt —, die zu verarbeitende Zahlen oder Anweisungen an den Computer darstellen können, gelangen als elektrische Pulse zum Herz des Computers, der *Zentraleinheit*. Hier werden die als elektrische Pulse ankommenden Informationen im sogenannten *Arbeitspeicher* abgespeichert. Entsprechend der von der Eingabeein-



**Oben:** Für den Hausgebrauch wurde ein Kleincomputer entwickelt. Er kann an einen Kassettenrecorder und an ein Fernsehgerät angeschlossen werden. Die Kassette speichert die Daten und gibt sie in gleicher Weise wie aufgezeichnete Musik wieder. Die Daten werden vom Bildschirm abgelesen.

**Unten:** Computer bei der Europäischen Raumfahrtbehörde in Darmstadt. Die Daten werden auf Magnetplatten gespeichert. Sie befinden sich hinter den Bildschirmen, auf denen die Information ausgegeben wird. Hinter den Plattenspeichereinheiten sind die Speichereinheiten zu sehen.





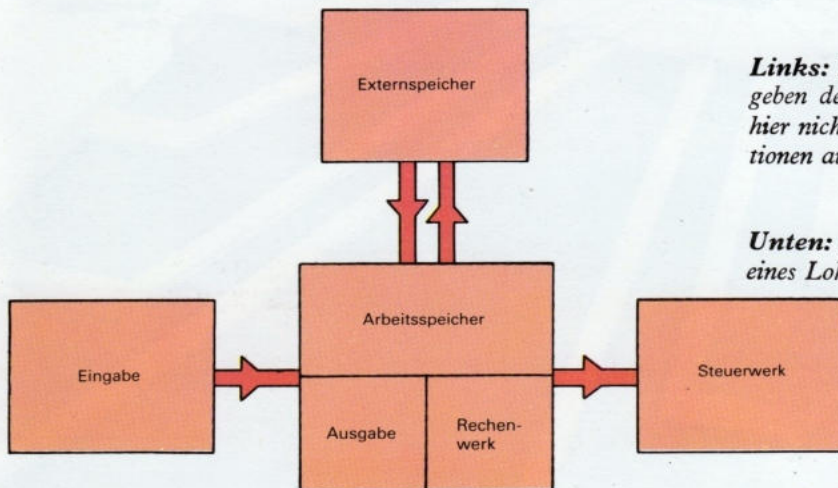
heit erfaßten Signale enthält der **SPEICHER** die Informationen (zu verarbeitende Zahlen und Befehle) mit den Werten 1 oder 0.

Derzeit werden zwei Speicherarten verwendet, der *Magnetkernspeicher* und der *Halbleiterspeicher*. Dies sind elektronische Schaltungen; die auch unter dem Namen *bistabile Multivibratoren* oder *Flipflops* bekannt sind. In einem Magnetkernspeicher werden entsprechend der Magnetisierung die binären Zeichen von kleinen *Ferritkernringen*, die von zwei senkrecht zueinander stehenden Drähten durchdrungen werden, dargestellt.

Wenn Strom in einer bestimmten Richtung durch die Drähte fließt, wird die sich ergebende Magnetisierung als Wert '1' definiert. Fließt der Strom in entgegengesetzter Richtung, wird der Wert '0' definiert. Das Auslesen der in den Ring

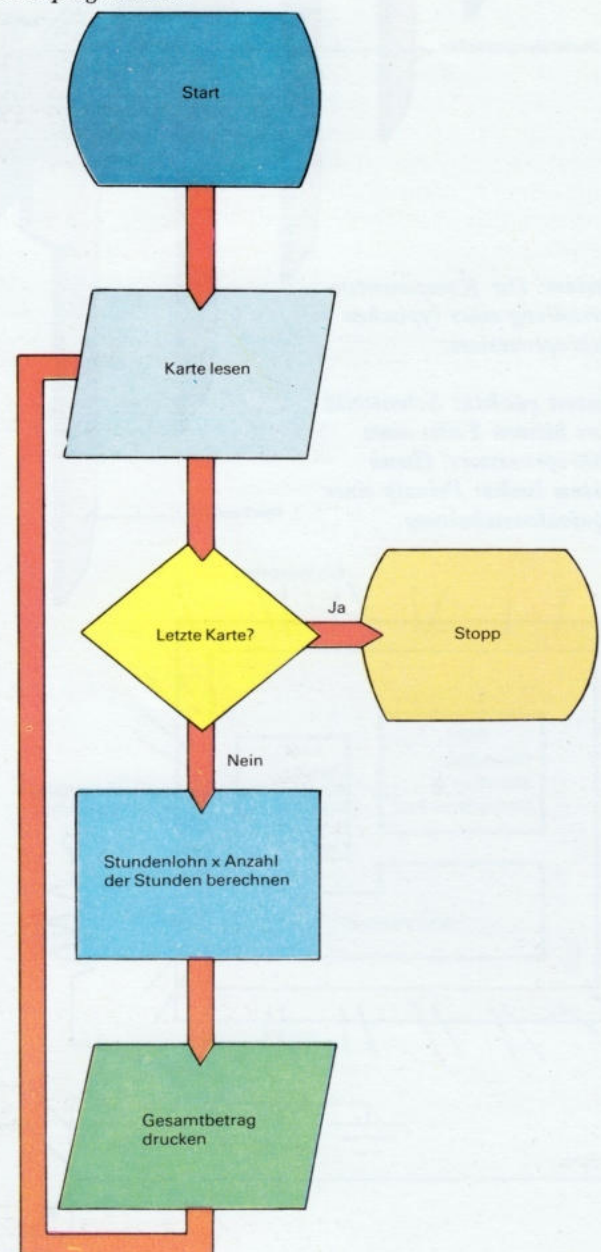
eingespeicherten Information erfolgt über einen Lesedraht, der schleifenartig durch alle Ringe gezogen wird. Durch die Magnetisierungsdrähte wird ein Strom geschickt, der alle Ferritkerne auf den Wert '0' setzt. Hatte ein Ferritkern schon vorher den Wert '0', geschieht nichts. War der Wert des Ferritkerns '1', klappen die Elementarmagnete in dem Kern um und induzieren einen kleinen Strom in den Lesedraht. Nachdem die Information gelesen wurde, sorgen zusätzliche Schaltungen dafür, daß der alte Zustand in den Ferritkernen wiederhergestellt wird. Wären diese Schaltungen nicht vorhanden, würde die gespeicherte Information nach dem Lesen verloren sein.

Jeder Ferritkern stellt ein *Informationsbit* (*Bit* = *Binary Digit* = *binäres Zeichen*) dar. Eine Anzahl von Bits wird zu einem Wort zusammengefaßt. Typische Wortlängen sind bei

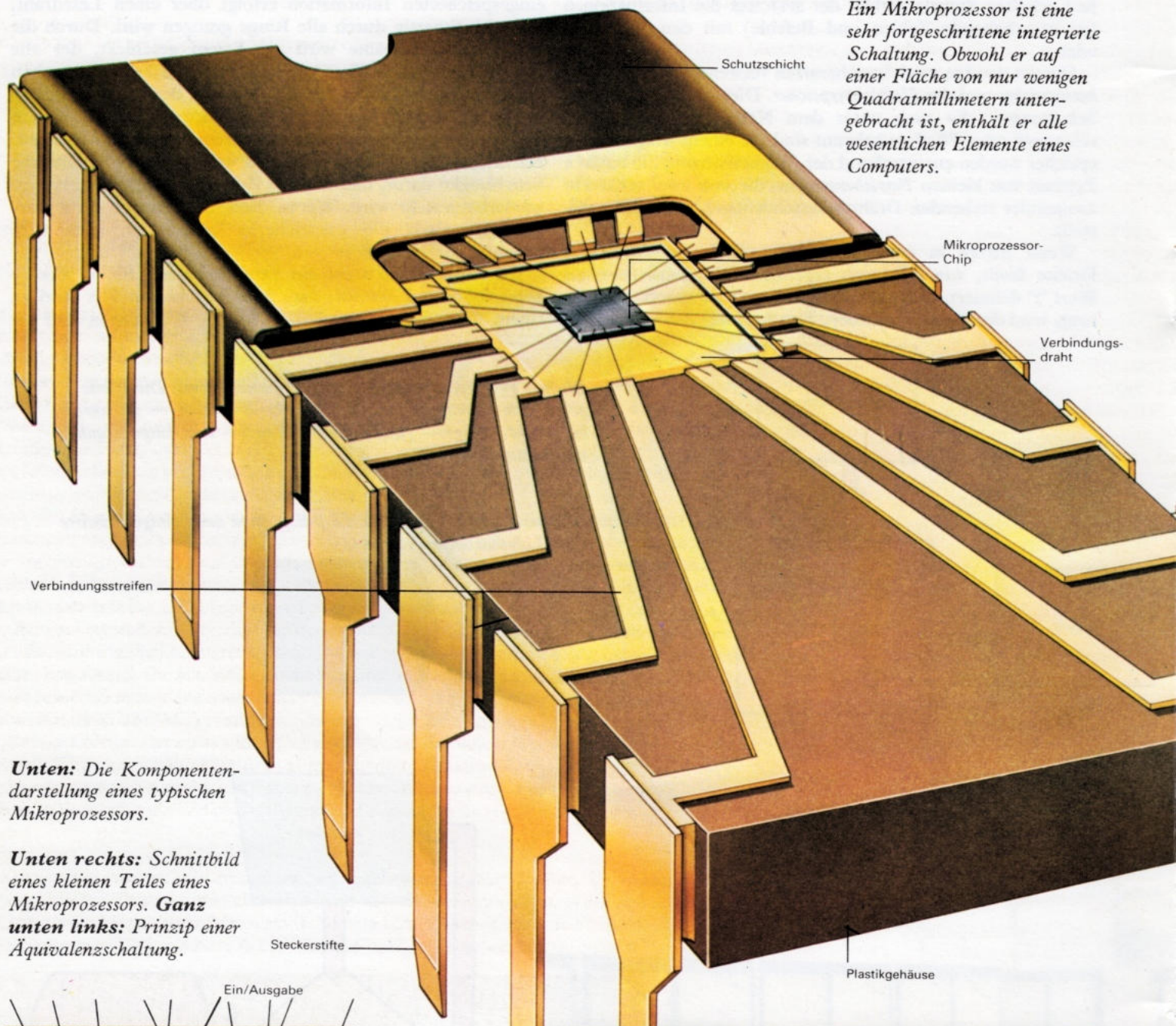


**Links:** Prinzipdarstellung eines Computersystems. Die Pfeile geben den Datenfluß an. Ein Ausgabe-Einheiten — sie werden hier nicht gezeigt — führen sowohl Eingabe- wie Ausgabefunktionen aus.

**Unten:** Dieses vereinfachte Flußdiagramm zeigt einige Schritte eines Lohnkartenprogrammes.



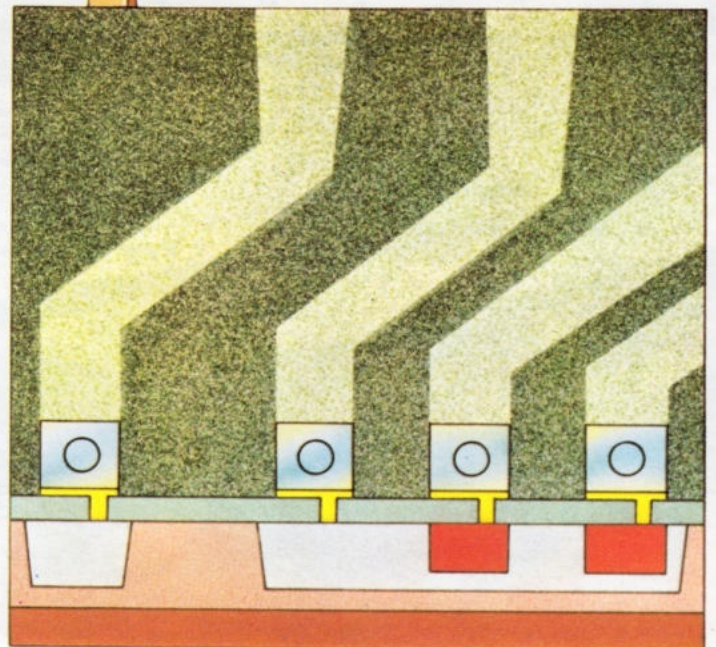
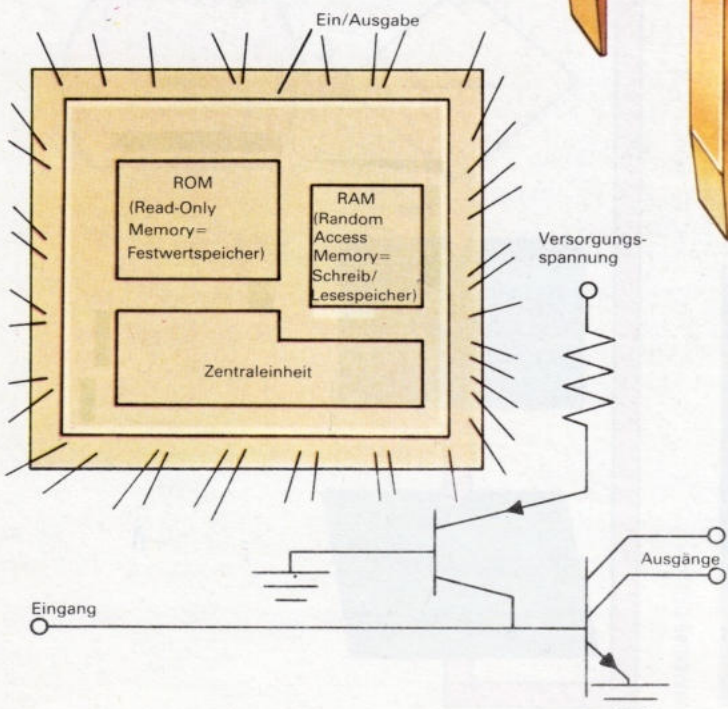




Ein Mikroprozessor ist eine sehr fortgeschrittene integrierte Schaltung. Obwohl er auf einer Fläche von nur wenigen Quadratmillimetern untergebracht ist, enthält er alle wesentlichen Elemente eines Computers.

**Unten:** Die Komponentendarstellung eines typischen Mikroprozessors.

**Unten rechts:** Schnittbild eines kleinen Teiles eines Mikroprozessors. **Ganz unten links:** Prinzip einer Äquivalenzschaltung.





Computern 16, 24 und 32 Bits. In vielen Fällen werden 8 Bits zu einem sogenannten *Byte* zusammengefaßt.

Die in Ferritkernen gespeicherten Daten gehen bei Stromunterbrechung nicht verloren. Bei Halbleiterspeichern hingegen wird die Information bei Stromunterbrechung gelöscht.

### Steuerwerk und Rechenwerk

Neben dem Arbeitsspeicher sind in der Zentraleinheit noch *Steuerwerk* und *Rechenwerk* untergebracht. Das Steuerwerk nimmt sich Befehle aus dem Speicher und initialisiert Schaltungen, damit jeder Befehl ausgeführt werden kann. Ein Beispiel hierfür ist das Übertragen von Daten von einer Eingabeeinheit in den Speicher. Eine Anzahl von nacheinander folgenden Befehlen nennt man auch Programm. Das Steuerwerk arbeitet die Befehle eines Programmes so lange ab, bis ein Befehl anzeigt, daß er der letzte zu verarbeitende ist.

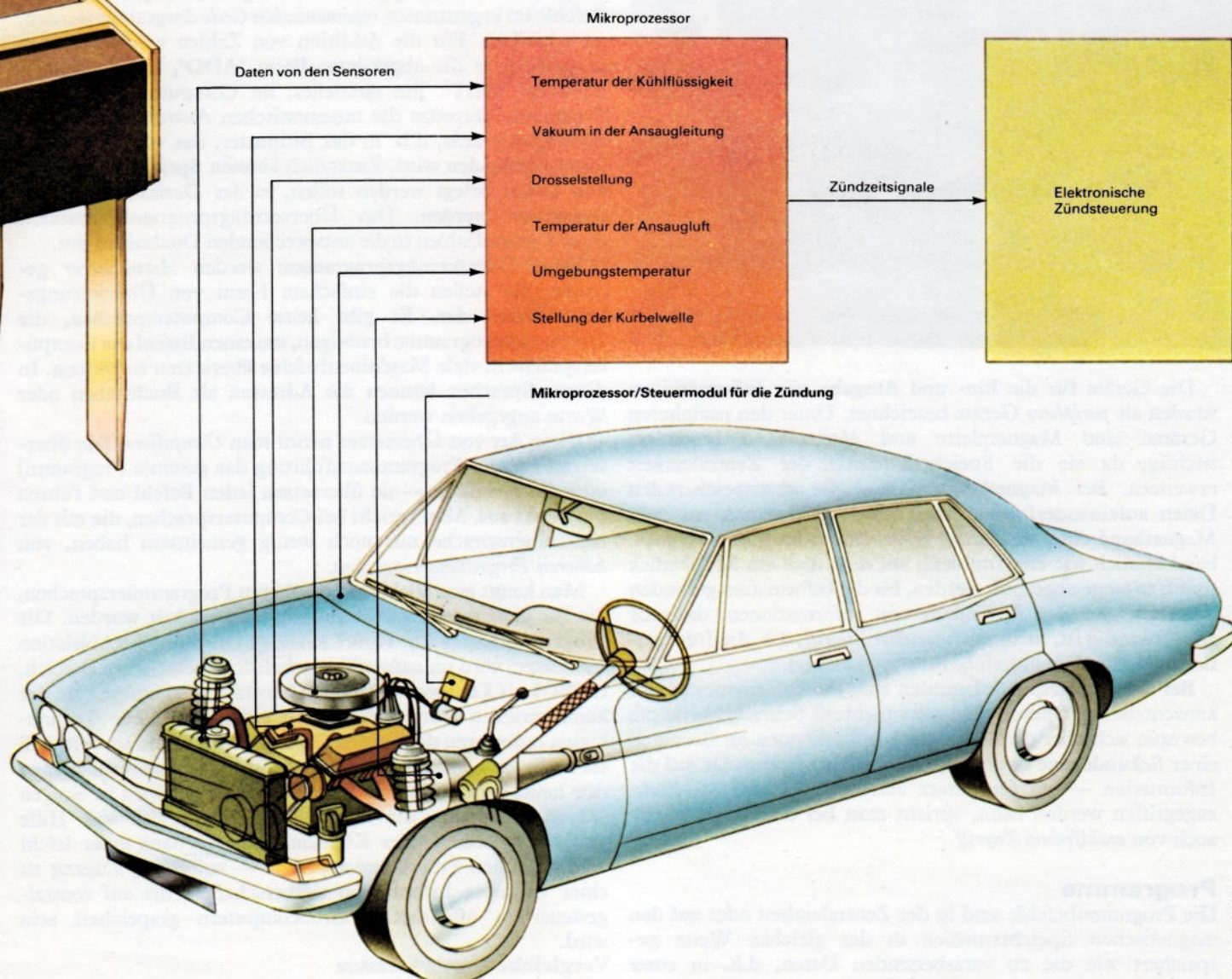
Im Rechenwerk werden Rechenvorgänge ausgeführt. Hier können Zahlen addiert, subtrahiert, multipliziert, dividiert, verglichen oder auch verändert werden. Welche Operation ausgeführt wird, hängt von den Programmbefehlen ab, die über das Steuerwerk erteilt werden. Der Vergleich ist einer der wichtigsten Möglichkeiten, die das Rechenwerk ausführen kann. Man kann beispielsweise zwei alphanumerische Begriffe vergleichen und sie entsprechend ihren Anfangsbuchstaben alphabetisch einordnen.

Die Ausgabe von Daten aus der Zentraleinheit kann auf verschiedene Art erfolgen — als gedruckte Information auf dem Drucker, als Anzeige auf einem dem *Fernsehbildschirm* ähnlichen Bildschirm, auf Lochkarten oder Lochstreifen. Des weiteren können die Daten aus der Zentraleinheit auf magnetische Speichermedien übertragen werden (*Magnetplatte* oder *Magnetband*).

**Links:** Der Mikroprozessor-Chip — er mißt etwa 36 mm<sup>2</sup> — wird auf ein Plastikgehäuse montiert. Er wird mit den externen Steckern verbunden und erhält anschließend eine Schutzschicht.

**Unten:** Ein gutes Beispiel für die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten des Mikroprozessors ist die Steuerung der Zündanlage eines Autos. Über Sensoren werden dem Mikroprozessor Informationen übermittelt. Hiermit berechnet der Mikroprozessor den genauen Zündzeitpunkt. Die genaue Steuerung der Zündanlage bedeutet,

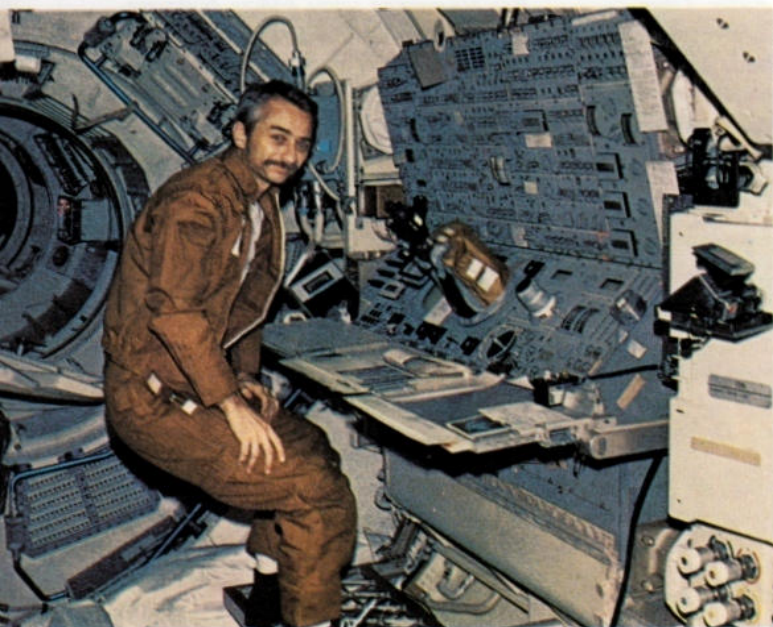
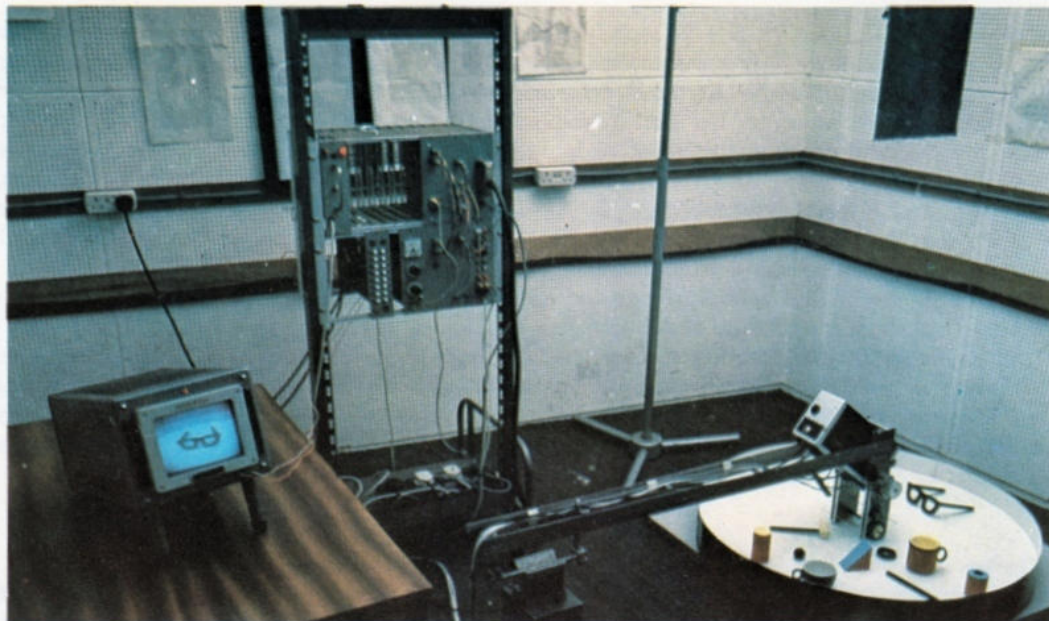
daß die Maschine das Benzin besser ausnutzt; dies bedeutet letztlich eine verbesserte Leistung und Beschleunigung sowie höhere Nutzung des Kraftstoffes. Außerdem wird der Kraftstoff besser verbrannt, was zu weniger umweltverschmutzenden Verbrennungsrückständen in den Auspuffgasen führt.





**Rechts:** Der Prototyp eines 'beweglichen Auges'. Es ist mit einem Computer verbunden und kann einige einfache Objekte identifizieren. Beispiele sind automatische Abfertigung von Gepäck und Paketen sowie die Überwachung von Fließbandarbeiten.

**Unten:** Der Computer im Innern der Raumstation 'Skylab 3'. Computer haben entscheidend zur Entwicklung in der Raumfahrt beigetragen. Sie überwachen und steuern nicht nur die Navigation, sondern auch das Stromversorgungssystem der Raumstation.



ASPECT

Wortstruktur, die aus einzelnen Bits besteht. Bei den ersten elektronischen Computern mußte der Programmierer die Bitzuordnung für jeden Befehl kennen und wissen, an welcher Speicherstelle sich die Daten befinden.

Aber bald lernte man, wie diese Arbeiten vom Computer selbst ausgeführt werden konnten. Man war nun in der Lage, Programme in einer *symbolischen* Programmiersprache, in der Befehle im sogenannten *mnemonischen Code* dargestellt werden, zu schreiben. Für die Addition von Zahlen verwendet man beispielsweise die abgekürzte Form 'ADD', für die Multiplikation 'MLT'. Ein spezielles, im Computer befindliches Programm übersetzt die mnemonischen Anweisungen in die *Maschinensprache*, d.h. in das Bitmuster, das von dem Computer verstanden wird. Zusätzlich können Speicherstellen, die von Daten belegt werden sollen, in der Dezimaldarstellung angegeben werden. Das Übersetzungsprogramm wandelt diese Dezimalzahlen in die entsprechenden Dualzahlen um.

Diese Übersetzungsprogramme werden *Assembler* genannt. Sie stellen die einfachste Form von Übersetzungsprogrammen dar. Es gibt heute Computersprachen, die Übersetzerprogramme benötigen, um einen Befehl der Computersprache in viele Maschinenbefehle übersetzen zu können. In diesen Sprachen können die Adressen als Buchstaben oder Worte angegeben werden.

Diese Art von Übersetzer nennt man *Compiler* (sie übersetzen vor der Programmausführung das gesamte Programm) oder *Interpreter* — sie übersetzen jeden Befehl und führen ihn direkt aus. Man spricht bei Computersprachen, die mit der Maschinensprache nur noch wenig gemeinsam haben, von *höheren Programmiersprachen*.

Man kennt eine Vielfalt von höheren Programmiersprachen, die für ganz spezielle Anwendungen entwickelt wurden. Die Programmiersprache FORTRAN (FORMula TRANslation Language) wird im naturwissenschaftlich-technischen Bereich, COBOL (COMMON Business Orientated Language) in der kommerziellen Datenverarbeitung eingesetzt. Neue Technologien reduzieren die Kosten für Computer schon so weit, daß sie mehr und mehr Interessenten zugänglich werden. Neben den heute weit verbreiteten Taschenrechnern wird in einigen Jahren jedermann die Möglichkeit haben, sich mit Hilfe einfach zu bedienender Kleincomputer — dank einer leicht verständlichen Programmiersprache — sofortigen Zugang zu einer Unmasse Information zu verschaffen, die auf zentral-gesteuerten, öffentlichen Großcomputern gespeichert sein wird.

**Vergleiche** MIKROPROZESSOR

Die Geräte für die Ein- und Ausgabe von Informationen werden als *periphere* Geräte bezeichnet. Unter den peripheren Geräten sind Magnetplatte und Magnetband besonders wichtig, da sie die Speicherkapazität der Zentraleinheit erweitern. Bei Magnetbändern sind die abzuspeichernden Daten aufeinanderfolgend angeordnet. Sucht man auf dem Magnetband eine bestimmte Information, muß das Magnetband ähnlich wie ein Tonband, auf dem man ein Musikstück sucht, so lange abgespult werden, bis die Information gefunden ist. Diese Art des Auffindens von Informationen, die sehr zeitaufwendig ist, nennt man *serieller Zugriff*, d.h. die Informationen sind aufeinanderfolgend abgespeichert.

Bei der Magnetplatte befinden sich die Informationen auf konzentrischen Spuren. Ein oder mehrere Schreib/Leseköpfe bewegen sich über die Magnetplatte. Sie können im Bruchteil einer Sekunde eine bestimmte Information finden. Da auf die Information — im Gegensatz zum Magnetband — direkt zugegriffen werden kann, spricht man bei der Magnetplatte auch von *wahlfreiem Zugriff*.

## Programme

Die Programmbefehle sind in der Zentraleinheit oder auf den magnetischen Speichermedien in der gleichen Weise gespeichert wie die zu verarbeitenden Daten, d.h. in einer



## CORIOLIS-KRAFT

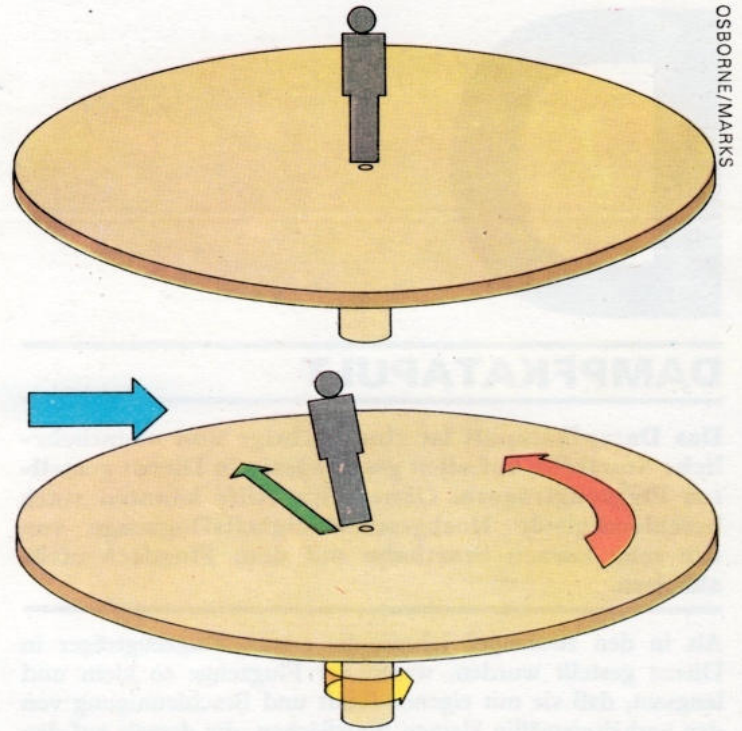
Allgemein bekannt ist die Zentrifugalkraft, die man nur bei rotierenden Systemen kennt. Daneben kennt man noch die Coriolis-Kraft, ein nach dem Mathematiker und Ingenieur Gaspard Gustave de Coriolis (1752 bis 1843) benanntes Phänomen.

In der Geophysik beobachtet man eine Ablenkung des Golfstromes und der Gezeitenströmungen auf der nördlichen Halbkugel der Erde nach rechts. In der Meteorologie erkannte man, daß der Wind nicht in Richtung des Druckgefälles (Hoch → Tief) bläst, sondern erheblich abgelenkt wird: Auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links. Nur am Äquator bläst der Wind exakt in Richtung des Druckgefälles.

### Coriolis und die Bewegungsgesetze

Nach dem ersten Newtonschen Axiom (Bewegungsgesetz) ruht ein Körper oder vollzieht eine gleichförmige geradlinige Bewegung (d.h. er bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit), solange keine Kraft auf ihn einwirkt. Bewegt sich also ein Körper in nichtlinearer Bahn auf einen Beobachter zu, muß dieser daraus schließen, daß eine Kraft auf den Körper einwirkte, die diesen Zustand hervorruft.

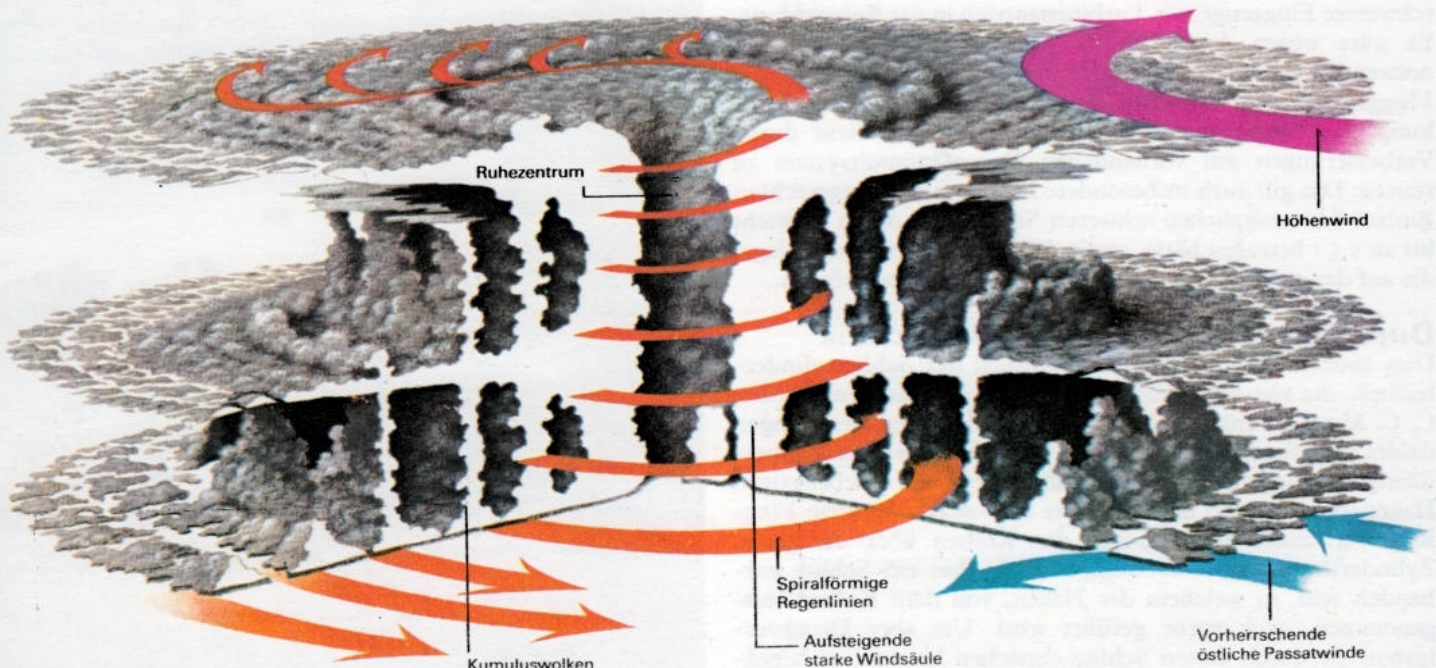
Wirft ein Mann einen Ball, berücksichtigt er nicht, daß sich die Erde unter ihm dreht. Wenn der Ball sein Ziel erreicht, hat sich die Erde ein wenig gedreht, und der Ball landet ein wenig seitlich von dem Punkt, auf den er gezielt wurde. Wäre dieser Effekt so groß, daß man ihn sehen könnte, hätte der Mann den Eindruck, eine unbekannte Kraft hätte den Ball von seiner Bahn seitlich abgelenkt. Dies ist die Wirkung der Coriolis-Kraft. Hierbei handelt es sich nicht so sehr um eine reale, sondern eher um eine scheinbare Kraft, eine sogenannte Trägheitskraft, die nur in einem rotierenden Bezugssystem auftritt. Dieses Bezugssystem ist in vorliegendem Falle die Erde.



OSBORNE/MARKS

**Oben:** Eine Darstellung der Wirkung der Coriolis-Kraft. Es handelt sich um eine 'unwirkliche' Trägheitskraft, die nur auf Körper einwirkt, die sich in einem rotierenden Bezugssystem, z. B. einem Karussell, bewegen. Wenn man versucht, den Radius eines sich drehenden Karussells entlang nach außen zu gehen, spürt man eine seitwärts wirkende Kraft, der man sich entgegenlehnen muß, um vorwärts zu kommen.

**Unten:** Die um das Ruhezentrum eines Hurrikans rotierenden Wolkenwirbel dehnen sich in der Troposphäre nach rechts aus. Die Kumuluswolken sind um die Ruhezone in Bändern angeordnet. Wenn der Sturm abflaut — im allgemeinen über kaltem Wasser oder auf dem Lande — treten Wolken in die Ruhezone ein. Als Folge läßt der Sturm nach.



DAVID NOCKELS



# D

## DAMPFKATAPULT

**Das Dampfkatapult ist eine wichtige und unentbehrliche Starthilfe auf allen gegenwärtig in Dienst gestellten Flugzeugträgern. Ohne seine Hilfe könnten stark beschleunigende Hochgeschwindigkeitsflugzeuge von der sehr kurzen Startbahn auf dem Flugdeck nicht abheben.**

Als in den zwanziger Jahren die ersten Flugzeugträger in Dienst gestellt wurden, waren die Flugzeuge so klein und langsam, daß sie mit eigener Kraft und Beschleunigung von den verhältnismäßig kleinen Startflächen, die damals auf den Flugdecks vorhanden waren, starten konnten. Nachdem aber die Flugzeuge schwerer und schneller geworden sind, reicht die für das Abheben benötigte Startbahnlänge auch bei den großen Flugzeugträgern mit ihren langen Flugdecks nicht mehr aus. Um den Flugzeugen die für einen sicheren Start auf kürzester Startfläche benötigte Beschleunigung zu geben, wurde im vorderen Bereich des Flugdecks eine Dampfkatapultanlage eingebaut.

Länger als dreißig Jahre lieferte ein hydrodynamisches System die für das Starten erforderliche Beschleunigungskraft. Aus großen, unter Deck liegenden Druckluftbehältern wurde Druckluft auf einen Kolben gegeben, wodurch dieser in einem Zylinder kraftvoll nach vorn gepreßt wurde. Diese Bewegungsenergie wurde dann über Umlenkrollen und Drahtseile als Beschleunigungsmoment auf das Flugzeug übertragen, das dadurch die erforderliche Startgeschwindigkeit erhielt. Nach dem Abheben des Flugzeuges wurde der Kolben durch hydraulischen Gegendruck zurückgeholt.

Als der Zweite Weltkrieg zu Ende ging, waren wesentlich schwerere Flugzeuge mit Turbinenantrieb in der Entwicklung. Es wäre wegen der erheblich größeren Bauart und somit notwendig gewordenen umfangreicheren Ausstattung mit Fluggeräten aller Art sowie der daraus resultierenden Erhöhung des Startgewichtes unmöglich gewesen, diese durch Verbesserungen am vorhandenen Dampfkatapultsystem zu starten. Das gilt auch insbesondere für den funktionsgerechten Einbau der zusätzlichen schweren Stahltrasse, deren Gewicht bis zu 7,5 t betragen hätte, sowie der Druckluftpumpenanlage, die auf den neuesten Stand hätte gebracht werden müssen.

### Durchbruch der Schlitzzylindertechnik

Dies änderte sich mit dem Durchbruch der Schlitzzylindertechnik, die von dem Befehlshaber in der englischen Marine, C. C. Mitchell, entwickelt wurde. Seine Überlegungen gingen dahin, das System der Umlenkrollen und Drahtseile überflüssig zu machen, indem der Kolben über einen hebelartigen Haken, der oben aus dem Zylinder herausragt, mit dem Flugzeug verbunden ist. Da sich der Kolben über die ganze Zylinderlänge vorwärtsbewegt, muß in ihm ein Schlitz vorhanden sein, in welchem der Haken, von dem Kolben mitgenommen, nach vorne geführt wird. Um aber Druckverlusten, die durch diesen Schlitz entstehen können, zu begegnen, muß der Schlitz sehr sorgfältig abgedichtet werden,

*Rechts: Eine 'Vigilante' A-5, die zum Start auf einem Flugzeugträger vorbereitet wird. Das Flugzeug wird von einem Dampfkatapult gestartet. Die Vigilante A-5 sind Allzweckbomber.*

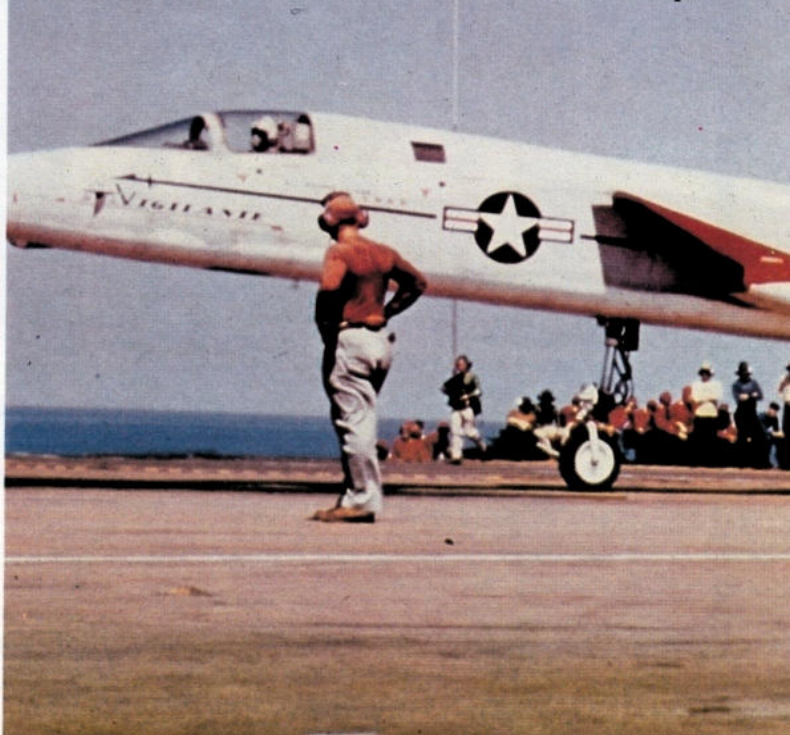
ohne die Gleitfähigkeit des Kolbens zu beeinträchtigen. Der Erfinder dieses Systems löste dieses Problem, indem er entlang des Schlitzes einen Dichtungsstreifen einbaute, der von dem Haken zwar zur Seite gedrückt wurde, aber seine Dichtfähigkeit nicht verlor, da er durch ein Abdichtformstück in die alte Lage zurückgepreßt wurde.

Zur gleichen Zeit liefen Untersuchungen über mögliche neue Antriebsmedien. Die Entscheidung fiel letztlich für den Dampf, der allen anderen untersuchten Antriebsmedien überlegen war, weil er zu jeder Zeit aus dem Turbinenantriebssystem des Flugzeugträgers gezogen werden konnte.

Das Dampfkatapult wurde erstmals im Jahre 1949 an Bord des leichten Flottenträgers *HMS Perseus* intensiv durch Experimente erprobt und dann im Jahre 1953 bei der englischen Marine eingeführt. Im Frühstadium des Zweiten Weltkrieges war für die deutsche Flotte ein Flugzeugträger im Bau, der den Namen 'Zeppelin' trug und in Ansätzen bereits ein Dampfkatapultsystem besaß. Dieses Kriegsschiffprojekt wurde nach einigen Jahren aufgegeben.

Der Einbau des Dampfkatapultsystems variiert von Flugzeugträger zu Flugzeugträger. In seiner typischen Ausführung besteht es aus zwei Dampfkatapultanlagen, die je etwa 61 m lang sind und auch für schwerste Flugzeuge, die gegenwärtig von Flugzeugträgern gestartet werden können, eine Beschleunigungskraft von mehr als 4 g entwickeln. 'g' ist ein Beschleunigungsmaß, das der Erdbeschleunigung entspricht und  $9,81 \text{ m/s}^2$  beträgt.

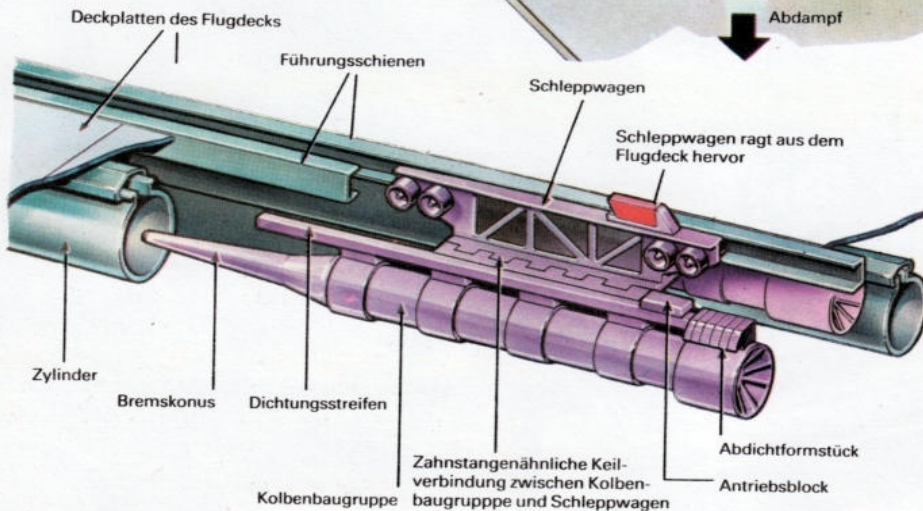
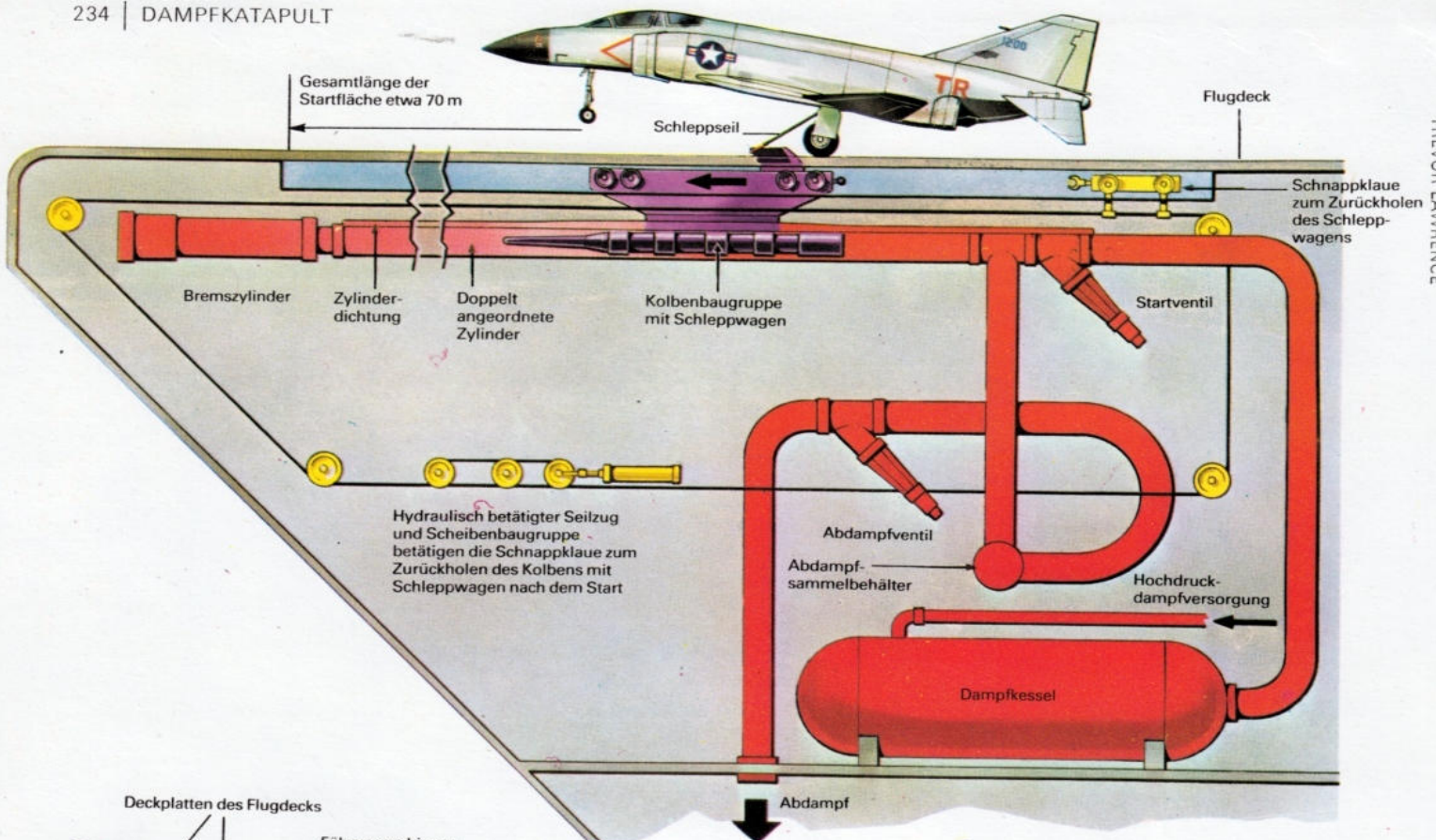
Jedes Dampfkatapult hat zwei Zylinder, die rechts und links von einer in das Flugdeck eingelassenen Führungsschiene angeordnet sind. In der Führungsschiene läuft ein kleiner Schleppwagen, der über eine zahnstangenähnliche Keilverbindung mit dem Kolben verbunden ist. Auf dem Schleppwagen befindet sich ein hebelartiger Schlepphaken, der über das Flugdeck hinausragt. Über ein Schleppseil, das an dem Schlepphaken und am startklaren Flugzeug eingehakt ist, wird die Beschleunigungskraft der in den Zylindern vorwärts gepreßten Kolben auf das Flugzeug übertragen, wodurch es mit so hoher Geschwindigkeit vorwärts gezogen wird, daß sich eine Luftströmung bildet, die das Flugzeug aufgleiten und manövrierfähig werden läßt. Die gleitenden Teile des Zylinders bestehen aus einem Doppelkolben, der an einer gemeinsamen Achse angebaut ist, und einem dazwischen befindlichen Steg des Schleppwagens. Durch diese Anordnung bleibt der Dichtungsstreifen in seiner abdichtenden Lage, bis der durch den Hochdruckdampf angetriebene Kolben durchgelaufen ist. Diese Anordnung verhindert sowohl den Verlust von Dampf-











**Oben:** Gesamtplan der Dampfkatapultanlage. Die Zylinder, in denen die Kolben mit dem Schleppwagen gleiten, sind wegen der Schnittzeichnung stark verkürzt dargestellt. Dem Dampfsystem des Flugzeugträgers wird Hochdruckdampf als Antriebsmedium für die Kolben entnommen. Sie werden am Ende der Zylinder von einer nachlaufenden, hydraulisch betätigten Schnappklaue eingefangen und dann wieder in ihre Ausgangsstellung zurückgeführt.

**Links:** Diese Schnittzeichnung zeigt ein typisches modernes Dampfkatapult, wie es auf Flugzeugträgern der englischen und amerikanischen Marine zum Einsatz kommt. Der Kolben gleitet von rechts nach links. An seinem Vorderende sitzt der spitze Bremskonus, der in den mit Wasser gefüllten Bremszylinder hineingleitet und dadurch die Kolbengeschwindigkeit abbremst. **Darunter:** Anbringen des Katapults an einen Jet auf einem US-Marine-Flugzeugträger. Das Jagdflugzeug vom Typ Vought A-7E Corsair ist ein mit einem 20-mm-Geschütz ausgerüsteter Einsitzer, der bis zu 9 000 kg Bomben und Fernlenkgeschosse tragen kann.

druck als auch Verformungen des Zylinders, die von dem Dampfdruck verursacht werden könnten.

### Bremssystem

Am Ende des Zylinders laufen die Kolben mit dem Schleppwagen in einen Bremszylinder, der sich im Bug des Flugzeugträgers befindet. Der Bremszylinder hat eine horizontale Lage, damit er die Kolben aufnehmen kann. Um sie abzubremesen, wird er durch Wassereinslässe, die an der Innenseite spiralförmig angeordnet sind, voll Wasser gefüllt. Nachdem ein

Flugzeug abkatapultiert worden ist, wird der Kolben mit dem Schleppwagen durch eine hydraulisch betätigte Fangvorrichtung neu ausgerichtet und durch eine Schnappklaue in die Ausgangslage zurückgeholt.

Für das Hochdruckdampfsystem werden Druckbehälter verwendet, die aus dem Dampfsystem des Flugzeugträgers aufgefüllt werden. Im Augenblick des Startens strömt Hochdruckdampf über Ventile in die Zylinder. Durch Regulieren des Dampfdruckes wird die geforderte Startgeschwindigkeit des jeweils startenden Flugzeugtyps erreicht.



## DAMPFMASCHINE

**Mit dampfgetriebenen Landfahrzeugen wurden bereits Geschwindigkeiten bis 204 km/h erreicht.**

Nach der Erfindung der Dampfmaschine konnte erstmals in der Menschheitsgeschichte mechanische Energie ohne Zuhilfenahme von Wasser-, Wind- oder tierischer Kraft erzeugt werden.

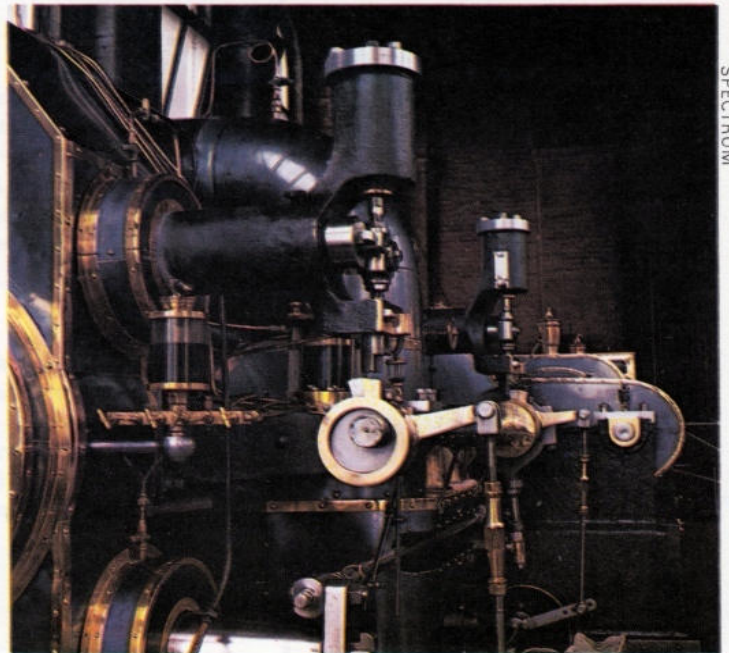
Die Dampfmaschine wurde im 18. Jahrhundert von James Watt (1736 bis 1819) und Richard Trevithick (1771 bis 1833) erfunden. Da der Brennstoff außerhalb des Arbeitszylinders verbrannt wird, ist der Grad der Luftverschmutzung sehr gering.

### Die Funktion des Zylinders

Meist werden doppelt wirkende Dampfmaschinen verwendet. Man nennt sie so, weil sie bei jeder Schwungradumdrehung zwei Arbeitshübe liefern. Der unter hohem Druck stehende Dampf wird in einen Zylinder geleitet, in dem sich ein Kolben befindet. Hier dehnt er sich aus und bewegt dadurch den Kolben. Ist der Kolben am Ende des Zylinders angelangt, hat er seinen Umkehr- oder Totpunkt erreicht. Der entspannte Dampf tritt nun an der anderen Seite des Kolbens ein und schiebt ihn wieder an seinen ursprünglichen Ausgangspunkt zurück. Wird der Kolben auf der einen Seite geschoben, drückt er auf der anderen Seite den entspannten Dampf aus dem Zylinder heraus.

Der Arbeitsablauf kann für die verschiedenen Kolbenstellungen grafisch dargestellt werden, indem man den Druck in Abhängigkeit vom Volumen betrachtet. Die Darstellung der Kurve kann bei laufender Maschine auf mechanischem Wege über eine mit dem Zylinder verbundene Anzeigeeinrichtung erfolgen. Abweichungen von der ursprünglichen

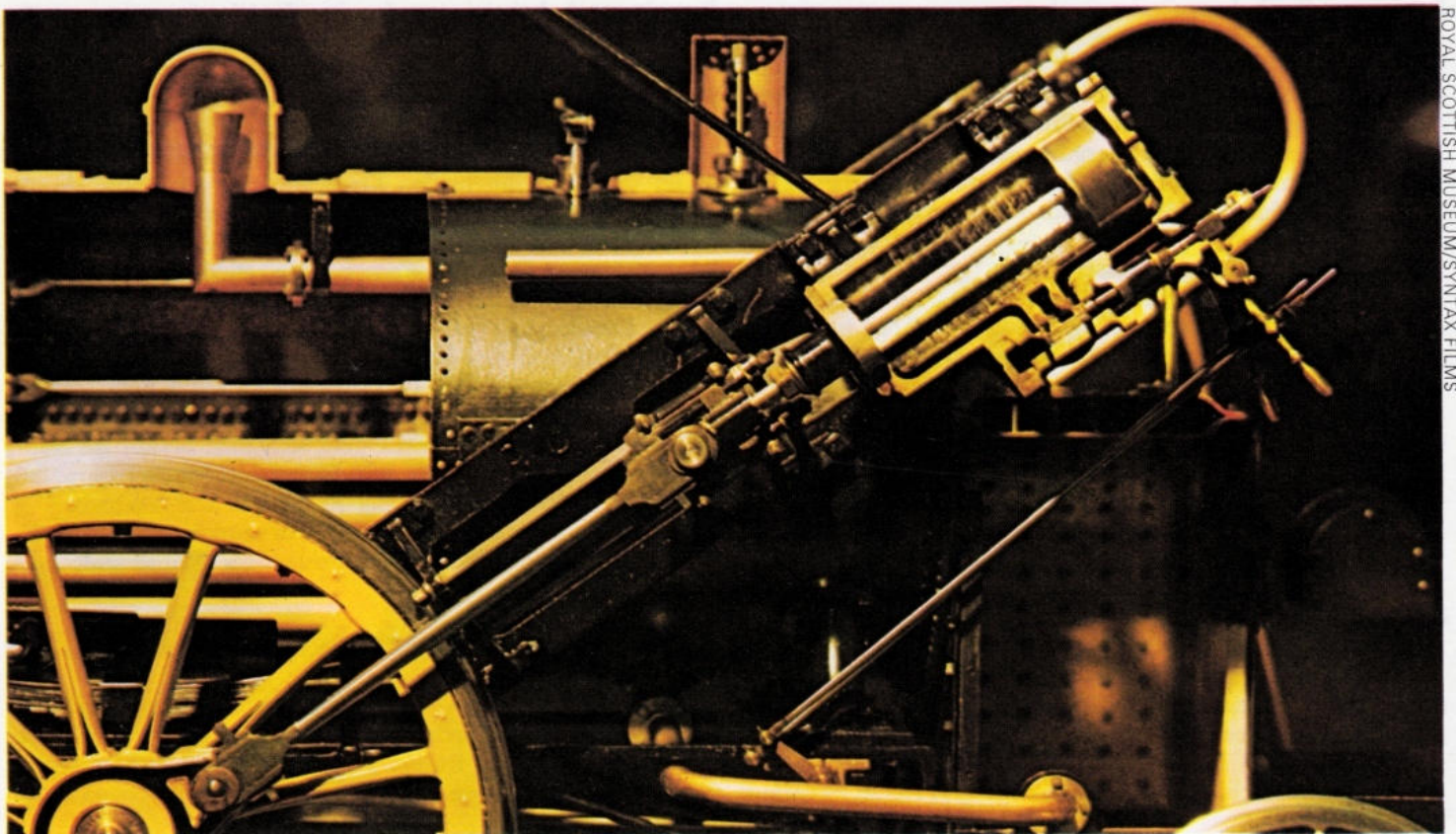
**Unten:** Ein Schnittmodell von Stephenson's 'Rocket'. Sie war die erste Lokomotive, die sowohl im Personen- als auch im Güterverkehr eingesetzt wurde. Kolben, Zylinder, Dampfventil und Pleuelstange sind deutlich erkennbar.



**Oben:** Ventiltrieb für den Niederdruckzylinder einer Maschine im Fabrikeinsatz.

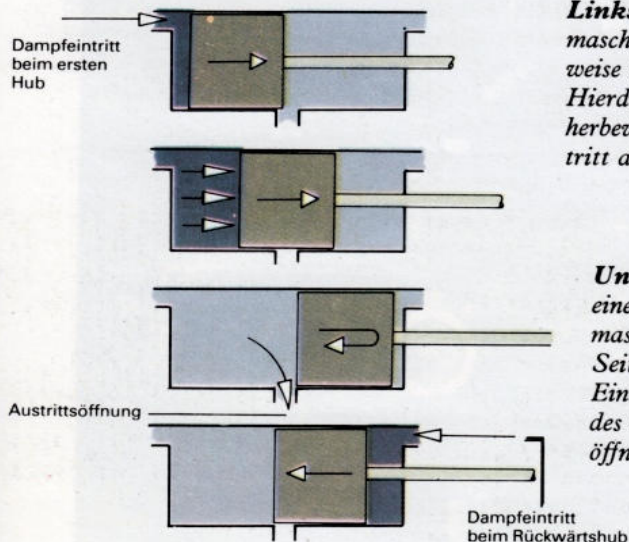
Kurvenform weisen darauf hin, daß Nachjustierungen oder Reparaturarbeiten auszuführen sind.

Die Hin- und Herbewegung des Kolbens läßt sich direkt nur zum Betrieb von Pumpen ausnutzen. Für andere Zwecke muß die Linearbewegung des Kolbens in eine Drehbewegung umgewandelt werden. Dies geschieht über eine Kurbel, die von der Pleuelstange angetrieben wird. Bei frühen Dampfmaschinen war die Pleuelstange mit einem Balancier verbunden; die Pleuelstange wurde vom anderen Ende des Balanciers angetrieben. Dies machte die Maschine sehr schwerfällig, so daß an die Stelle des Balanciers bald der von Trevithick erfundene geführte Kreuzkopf trat. Noch kompakter war die Dampfmaschine mit oszillierendem Zylinder. Bei ihr bewegte sich der Zylinder um ein Drehlager, durch das der Dampf auch ein- und austrat. Bei dieser





### PRINZIP EINER GLEICHSTROMDAMPFMASCHINE

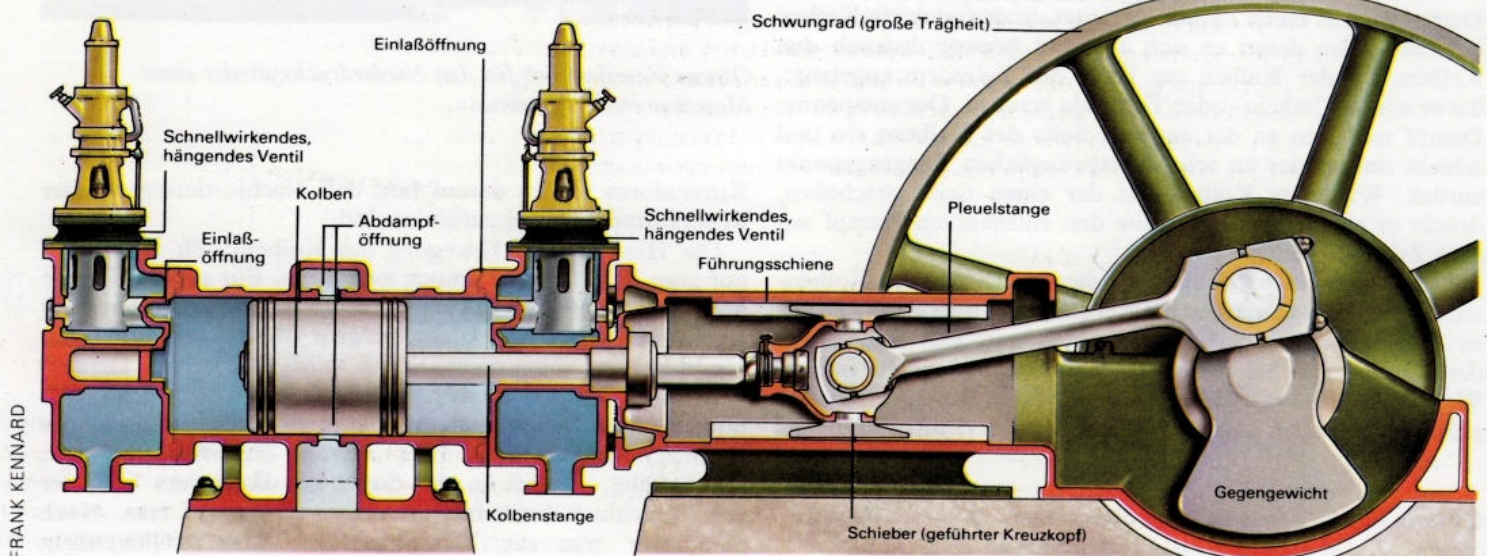


**Links:** In einer Gleichstromdampfmaschine wird der Dampf wechselweise in den Zylinder geleitet. Hierdurch wird der Kolben hin- und herbewegt. Der entspannte Dampf tritt aus Zylinderöffnungen aus.

**Unten:** Ein Schnitt durch eine Gleichstromdampfmaschine. Sie hat an jeder Seite des Zylinders ein Einlaßventil und in der Mitte des Kolbens mehrere Zylinderöffnungen.

**Ganz rechts:** Schematische Darstellung der Funktion eines Absperrschiebers bei einer doppeltwirkenden Vierzylinder-Dampfmaschine. Der Schieber bewegt sich hin und her und schafft somit abwechselnd eine Verbindung zwischen dem Dampfeintritt und -auslaß und dem Antriebskolben auf beiden Seiten.

**Rechts unten:** Schnittzeichnungen einer Dreifachexpansions-Dampfmaschine. Drei Gleitschieber leiten Hochdruckdampf aus dem Einlaß nacheinander durch den Hoch-, Mittel- und Niederdruckzylinder zum Austritt. Die Ventile werden durch auf der Kurbelwelle befindliche Exzenter gesteuert.



Anordnung konnte die Kolbenstange unmittelbar an der Schwungradkurbel angelenkt werden.

Bei jeder Umdrehung gibt es zwei Stellungen (oberer und unterer Totpunkt), in denen Kolbenstange und Schubstange mit dem Kurbelarm fluchten. In diesem Punkt tritt kein Drehmoment auf. Bei einer Einzylindermaschine muß die Massenträgheit des Schwungrades diese Totpunkte überwinden. Die meisten Mehrzylindermaschinen umgehen diese Schwierigkeit durch Winkelabstände zwischen den Kurbeln.

### Kessel und Feuerungen

Bei frühen Dampfmaschinen ähnelten Kessel und Feuerung noch der Luftdruckmaschine von Newcomen (1663 bis 1729). Ihr Aussehen glich der einer vergrößerten Ausführung von Kupferkesseln, wie man sie noch vereinzelt in alten Bauernhäusern vorfindet. Die geringe Festigkeit solcher Kessel begrenzte den Dampfdruck auf etwa 0,07 bar Überdruck. Dies bedeutet, daß eine Dampfmaschine mit brauchbarer Leistung sehr große Zylinder haben mußte. Es war jedoch schwer, eine Heizfläche von ausreichender Größe zu bekommen, die die Verbrennungswärme mit einem einigermaßen günstigen Wirkungsgrad auf das Wasser übertrug. Ein großer Teil der durch die Verbrennung erzeugten Energie ging daher ungenutzt durch den Schornstein.

Die ersten erfolgreichen Versuche zur Beseitigung dieser Schwierigkeit unternahmen Richard Trevithick und sein amerikanischer Geschäftsfreund Oliver Evans (1755 bis 1819) aus Philadelphia. Sie fertigten festere zylindrische Kessel mit nur einer innenliegenden Feuerstelle und einem Feuerzug

an. Beide Geräte waren mit Rücklaufkanälen, durch die der Kesselmantel beheizt wurde, in Ziegel eingemauert. Es handelt sich hierbei um sogenannte Einflammrohrkessel.

Neuzeitliche Kessel weisen eine größere beheizbare Fläche auf, sind weniger platzraubend und können rascher als frühere Modelle Dampfdruck erzeugen. Man unterteilt sie in Flammrohrkessel und Siederrohrkessel. Beim Flammrohrkessel streichen die heißen Gase von der Feuerung durch Stahlrohre mit einem Wassermantel, wie beispielsweise beim Lokomotivkessel. In Siederrohrkesseln fließt das Wasser durch Rohrschlangen über die Feuerbüchse. Siederrohrkessel sind in der Herstellung teurer als Flammrohrkessel; sie können bei hohem Druck betrieben werden und sind sehr sicher.

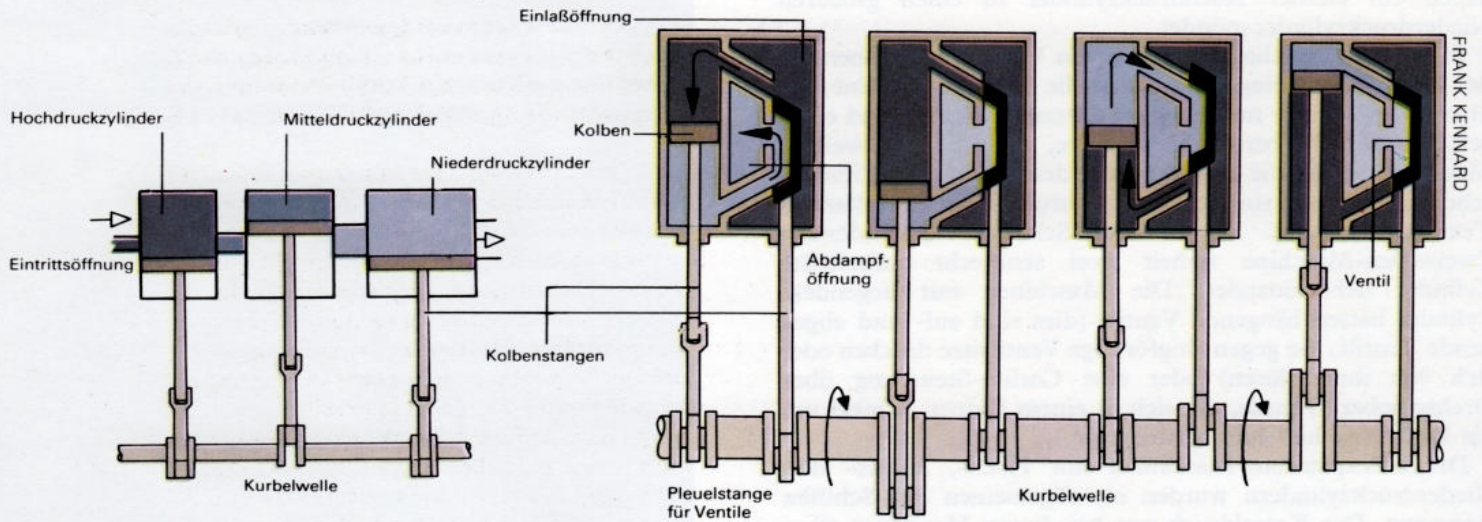
Beim Beheizen des Dampfkessels kann auf teure Brennstoffe verzichtet werden. In vielen Fällen leitet man einfach Abzugsgase von Schmelzöfen oder sogar Abgase von Dieselmotoren ein. Als Brennstoff eignet sich jede brennbare Substanz, selbst Abfallmaterial wie Sägespäne, Zuckerrohrabfall oder Rückstände der Mineralöl-Raffinerie. Die Verbrennung findet bei Atmosphärendruck statt. Hierdurch wird die Luftverschmutzung durch Stickstoffoxide oder Kohlenstoffmonoxide herabgesetzt.

### Verbund- und Mehrfachexpansions-Maschinen

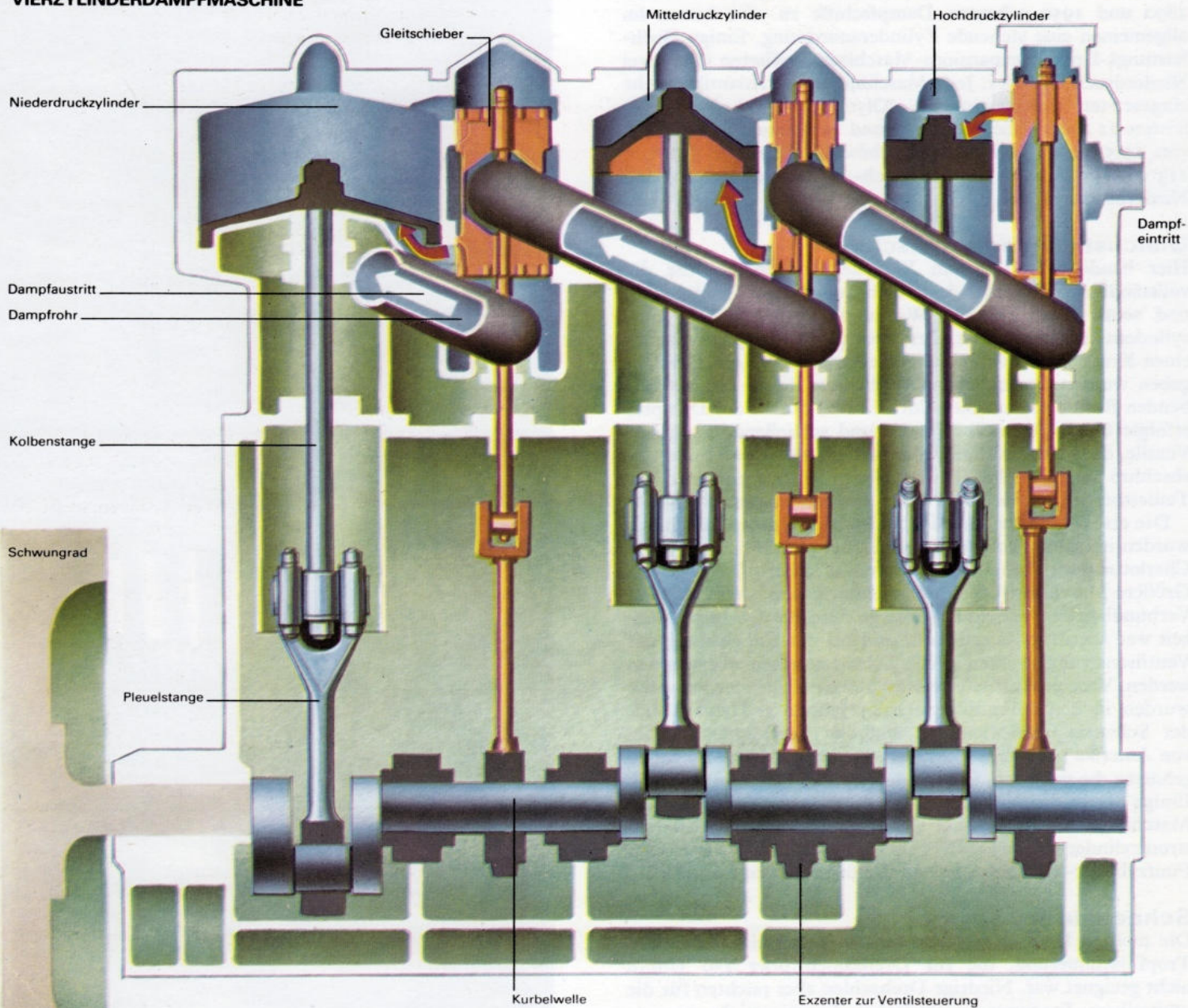
Höhere Drucke lassen einen höheren Dehnungsgrad des Dampfes zu. Dies allerdings führt bei Einzylindermaschinen oft zu einem viel zu frühen Füllungsschluß sowie zu übermäßigen Temperaturunterschieden an der Zylinderwandung.



# **VERBUNDDAMPFMASCHINE (DREISTUFIG)**



# **VIERZYLINDERDAMPFMASCHINE**





Bessere Ergebnisse erzielt man mit Verbundmaschinen, bei denen ein kleiner Hochdruckzylinder in einen größeren Niederdruckzylinder mündet.

Man kennt verschiedene Arten von Verbundmaschinen. In der Praxis häufig eingesetzt wurde die Tandemmaschine, die über zwei Zylinder mit einer gemeinsamen Kurbel und einer gemeinsamen Kolbenstange verfügte, und die Zweiwellen-Maschine, bei der die Zylinder zu beiden Seiten einer Riemenscheibe angebracht sind (diese Ausführung traf man vielfach in Textilfabriken an). Bei der auf Schiffen vorzufindenden Zweiwellen-Maschine stehen zwei senkrecht aufgestellte Zylinder nebeneinander. Die Maschinen mit liegendem Zylinder hatten hängende Ventile (dies sind auf- und abgehende Ventile, die gegen ringförmige Ventilsitze drücken oder sich von ihnen lösen) oder eine Corliss-Steuerung über Drehschieber (Ventile, die sich in einem kleinen Winkel um die Drehachse hin- und herdrehen).

Dreifachexpansions-Maschinen mit Hoch-, Mittel- und Niederdruckzylindern wurden im allgemeinen auf Schiffen eingesetzt. Der Kesseldruck war bei diesen Maschinen über 10 bar. Diese Maschinen traf man auf fast allen der zwischen 1890 und 1950 gebauten Dampfschiffe an. Sie hatten im allgemeinen eine stehende Zylinderanordnung. Einige Hochleistungs-Dreifachexpansions-Maschinen verfügten über zwei Niederdruck-Zylinder. Jede Maschine des im Atlantikverkehr eingesetzten Fahrgastschiffes 'Olympic' (1911 bis 1936) leistete 11 200 kW bei 75 U/min und hatte einen Kesseldruck von 15,5 bar. Die Zylinderdurchmesser betrugen 137 cm, 213 cm und 246 cm für den Hoch-, Mittel- und die beiden Niederdruckzylinder.

### Gleichstromdampfmaschinen

Hier handelte es sich um Einzylindermaschinen, die die vollständige Expansion des Hochdruckdampfes ausnutzten und somit einen höheren Wirkungsgrad als frühere Einzylindermaschinen hatten. Der expandierte Dampf trat durch einen Kranz von Einlaßöffnungen ein, die vom Kolben freigegeben wurden. Anschließend verdichtete dieser den verbleibenden Restdampf auf Kesseldruck. Der Zutritt des Dampfes erfolgte über sich rasch öffnende und schließende hängende Ventile, die gegen kräftige Federn arbeiteten, so daß Füllungsabschluß unter Vollast bei 10% des Hubes erfolgte. Für Teillastbetrieb wurde dieser Wert noch verringert.

Die ersten funktionstüchtigen Gleichstromdampfmaschinen wurden im Jahre 1908 von Johann Stumpf (1862 bis 1936) in Charlottenburg (heute Stadtteil von Westberlin) entwickelt. Größere Maschinen ließen sich leichter bauen, wenn man auf Verbundbetrieb verzichtete. Eine größere Fertigungsgenauigkeit war allerdings unerlässlich, und bei der Entwicklung der Ventilsteuerung mußten große Schwierigkeiten überwunden werden. Viele große ortsfeste Maschinen in liegender Bauweise wurden in den darauffolgenden 45 Jahren in Deutschland, der Schweiz, Großbritannien und den Vereinigten Staaten von Amerika nach dem Gleichstromprinzip gebaut. Zu ihnen gehörten die stärksten, jemals hergestellten Dampfmaschinen. Einige der in den Vereinigten Staaten von Amerika gebauten Maschinen entwickelten aus vier parallel arbeitenden Gleichstromzylindern 18 650 kW; in Deutschland leistete eine Fünfzylinder-Maschine aus den dreißiger Jahren 22 400 kW.

### Schnellläufer

Die meisten Dampfmaschinen arbeiteten mit einer einfachen Tropfölschmierung, die für Drehzahlen über 150 U/min nicht geeignet war. Niedrige Drehzahlen aber reichten für die unmittelbare Erzeugung elektrischer Energie nicht aus, so daß Kraftwerke mit drehzahlsteigernden Seilantrieben ausgerüstet waren, die im Aufbau kompliziert waren und viel Platz beanspruchten. Die schnelllaufende Dampfmaschine

*Zwei Dampflokomotiven, die einen schweren Expresszug ziehen. Dampfmaschinen sind nicht sehr leistungsfähig — nur etwa 6% der aus Brennstoffen entstehenden Energie wird in brauchbare mechanische Energie umgewandelt. Dieselmotoren sind etwa viermal so leistungsfähig.*





überwand diese Schwierigkeit durch eine Druck-Umlaufschmierung in einem geschlossenen Kurbelgehäuse für Kreuzköpfe, Schubstangen und Ventilantrieb. Die Arbeitsweise war entweder Verbund- oder Dreifachexpansion, wobei jeder Zylinder Kolben, Ventile und einen festen Füllungsabschluß hatte. Die Maschine wurde durch Drosselung der Dampfzufuhr geregelt. Die Zylinder waren vom Kurbelgehäuse durch Abstandstücke getrennt, die länger waren als der Hub, so daß kein Öl von den Kolbenstangen in den Zylinder gesogen werden konnte, was zu einer Verunreinigung der Abgase geführt hätte. Diese Maschinen machten bis zu 500 U/min und ließen sich unmittelbar an einen Generator anschließen.

Auf die größeren (Kondensations-) Dampfmaschinen folgten Dampf-TURBINEN. Allerdings findet gegenwärtig noch immer eine Gegendruck-Ausführung für Anlagen mit einer Stromkapazität bis etwa 500 kW Anwendung. Dabei wird der Dampf mit Überdruck abgeblasen. Ähnliche Maschinen werden auf Motorschiffen für den Betrieb elektrischer Beleuchtungsanlagen eingesetzt.

### Dampfkraftwagen

Der erste Dampfkraftwagen war ein im Jahre 1769 von Cugnot (1725 bis 1804) in Frankreich gebautes Dreiradfahrzeug. Ihm sollten noch Hunderte nachfolgen. Aber erst Ende des 19. Jahrhunderts wurden die ersten dampfgetriebenen Fahrzeuge produziert, die als Vorläufer des neuzeitlichen Autos erkennbar waren. Mit der Einführung des elektrischen Anlassers für Ottomotoren verschwanden Dampfkraftwagen vom Markt.





## DATENSPEICHER

**Ein moderner Datenspeicher kann Hunderte von Millionen von Informationselementen gleichzeitig speichern. Jedes Informationselement kann in einer Tausendstel Sekunde aufgefunden werden.**

Digitale COMPUTER haben zwei Speicherbereiche: den Hauptspeicher und den Externspeicher, der mit einer Aktenablage vergleichbar ist. Da bei modernen Computern eine ungeheure Datenmenge anfällt, ist es wegen der hohen Kosten des Hauptspeichers nicht sinnvoll, alle Daten im Hauptspeicher verfügbar zu haben.

Daten könnten auch auf Lochkarten oder Lochstreifen gespeichert werden. Diese Speichermedien werden jedoch nicht zu den Externspeichern gezählt. Hierzu zählen nur mit magnetischen Materialien belegte Medien wie MAGNETBAND, Magnettrommel, Magnetplatte und in speziellen Fällen auch Plastikkarten, die mit einem magnetischen Eisenoxidfilm überzogen sind. Magnetband und Magnetplatte werden am häufigsten eingesetzt. An die Computer wird oft mehr als ein Speichertyp angeschlossen, da jeder dieser Typen für eine bestimmte Anwendung besonders geeignet sein kann.

### Schreiben und Lesen

Die Daten werden auf die Magnetschicht der Bänder, Platten, Trommeln und Karten mit Hilfe von Magnetköpfen *geschrieben bzw. ausgelesen*. Die Magnetköpfe funktionieren ähnlich



**Oben:** Magnetplatteneinheit. In ihr befinden sich die Magnetplatten, auf denen Informationen abgespeichert sind. Die Magnetplatteneinheit ist für den Computer, an den sie angeschlossen ist, ein Zusatzspeicher.

**Links:** Magnetplatteneinheiten (Vordergrund) und Magnetbandeinheiten. Die Magnetplattenpakete sind in runden Plastikgehäusen untergebracht, wenn sie nicht benötigt werden.

wie die Schreib/Leseköpfe von Magnetbandgeräten. Sie enthalten elektromagnetische Spulen, die das Lesen oder Schreiben einer Information auf das Speichermedium veranlassen. Signalpulse werden von der Zentraleinheit an die Empfangsspulen weitergegeben. Das in den Spulen erzeugte Magnetfeld magnetisiert die unmittelbar in ihrer Nähe befindlichen Bereiche des entsprechenden Speichermediums. Dies bedeutet, daß die zu speichernden Daten an magnetisierbaren Stellen auf der Eisenoxidoberfläche erfaßt werden. Man nennt die einzelnen Stellen Bits (*bit = Binary Digit = Binärzeichen*).

Bewegen sich die gespeicherten Stellen entlang der Spulen des Lesekopfes, werden elektrische Ströme in die Windungen der Spule induziert, die als Signale von der Zentraleinheit empfangen werden. Die magnetisierten Stellen stellen die Werte '1' und '0' dar. Sie sind die beiden Zeichen (Binärzeichen), die im Dualsystem — das Zahlensystem, das von logischen Schaltungen benutzt wird — verwendet werden. Die Definition der Zuordnung ist beliebig. Haben sich die Elementarmagnete der Eisenoxidschicht in einer Richtung ausgerichtet, wird der Wert '1' zugeordnet. Bei Ausrichtung in entgegengesetzter Richtung ordnet man den Wert '0' zu. Die Art der Ausrichtung hängt von dem magnetisierenden Strom ab. Bei Vorliegen eines Zeichens '0' wird in die Leseköpfe kein

Strom induziert; bei Auftreten des Zeichens '1' wird ein Strom induziert.

Bei der praktischen Realisierung sind die Schreib/Leseköpfe zu einer Einheit zusammengefaßt. In einigen Fällen dient eine Spule sowohl als Schreib- wie auch als Lesekopf. Die Steuerung, ob Informationen auf das Speichermedium geschrieben oder von dem Speichermedium gelesen werden, erfolgt von der Zentraleinheit. Weil nur zwei Arten der Magnetisierung der Eisenoxidschicht auftreten — entweder Magnetisierung in der einen oder anderen Richtung — wird ein Löschkopf, wie er bei Tonbändern üblich ist, nicht benötigt.

### Magnetband

Das Magnetband — es ähnelt einem Tonband — hat üblicherweise eine Länge von 737 m, ist 13 mm breit und wird auf eine Spule mit einem Durchmesser von 25,4 cm gewickelt. Das Magnetband verfügt über 7 oder 9 Spuren, d.h. 7 oder 9 Zeilen, auf denen Informationen gespeichert werden können. Man kennt heute Magnetbänder, die sowohl 7 als auch 9 Spuren zu verarbeiten imstande sind. Für jede Spur steht ein Schreib/Lesekopf zur Verfügung, so daß die Zentraleinheit gleichzeitig jede Spur beschreiben oder lesen kann. Alle Spuren bis auf eine, die Parityspur (Prüfspur), sind zur Aufnahme von Daten geeignet.





Mit der Parityspur kann festgestellt werden, ob die von der Zentraleinheit kommenden Daten pro Spalte auch richtig übertragen wurden. Bevor die Daten gespeichert werden, zählt ein Prüfsystem in einer abzuspeichernden Spalte die Anzahl der '1'-Werte. Abhängig von der Anzahl der '1'- bzw. '0'-Werte pro Spalte wird in die Parityspur der Wert '1' oder '0' geschrieben. Definiert man sogenannte gerade Parität, ist die Quersumme der '1'-Werte — einschließlich des Prüfbits — eine gerade Zahl. Um zu prüfen, ob die Information richtig übertragen wurde, wird die abgespeicherte Spalte, unmittelbar nachdem sie geschrieben wurde, nochmals gelesen und geprüft. Stellt sich aufgrund des Prüfbits heraus, daß die Information



**Oben:** Eine Reihe von Magnetbandeinheiten. Die Magnetbänder werden auf der linken Spulennabe befestigt. Die leeren Magnetspulen (rechts) bleiben konstant an ihrem Platz.

falsch übertragen wurde, spult das Band auf die fehlerhafte Stelle zurück, um die Information noch einmal zu schreiben. Weist die Information immer noch einen Fehler auf, erhält der Bediener des Computers eine Fehlermitteilung.

Pro Zentimeter können 630 Bytes (1 Byte = 8 Bits) ge-

speichert werden. Da die Bandgeschwindigkeit bei 5,08 m/s (= 18,3 km/h) liegt, müssen die Magnetbänder sehr exakt gestartet oder gestoppt werden können. Bei modernen Bandantrieben werden Antriebsmotoren benutzt, die aus sehr leichten, beweglichen Teilen hergestellt sind und über hohe Beschleunigung bzw. Verzögerungsgeschwindigkeit und über einen sehr genauen Bremsmechanismus verfügen. Um beim Start, Stopp oder bei der Richtungsänderung das Band nicht zu sehr zu belasten, schafft man einen Bandvorrat zwischen Bandspule und Schreib/Lesekopf, indem man das Band in hierfür vorgesehene Kammern (Vakuumsäulen) laufen läßt. Der Bandtransport erfolgt in der Regel durch dauernd laufende Antriebsrollen.

Wie viele Magnetbandantriebe an einen Computer angeschlossen werden können, hängt von der Größe und den Anforderungen des Computersystems ab. Steuergeräte verbinden die Magnetbandeinheit mit der Zentraleinheit. Jedes Steuergerät kann mehrere Magnetbandantriebe bedienen. Eine Bandspule ist an der Magnetbandeinheit befestigt. Die andere Bandspule kann von der Magnetbandeinheit entfernt werden. Hierdurch können Daten, die nicht mehr verarbeitet werden müssen, bis zur Wiederverwendung abgelegt werden. Wenn von einem Computer Informationen auf das Magnetband geschrieben wurden, können die abgespeicherten Informationen von einem ähnlichen Computer verarbeitet werden.



**Links:** Eine Magnetbandeinheit. Das Magnetband wird automatisch in den Schreib/Lesekopf eingezogen, muß allerdings von Hand eingelegt werden. Es verfügt über 7 oder 9 Spuren bzw. Zeilen, die außer einer (Parityspur) zur Speicherung von Informationen dienen.

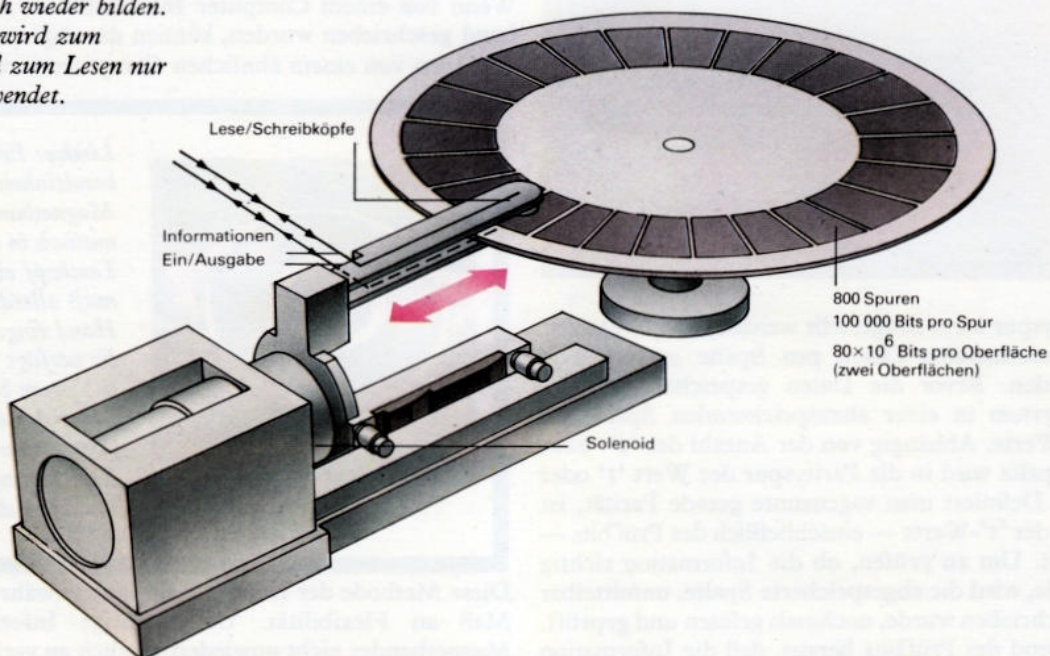
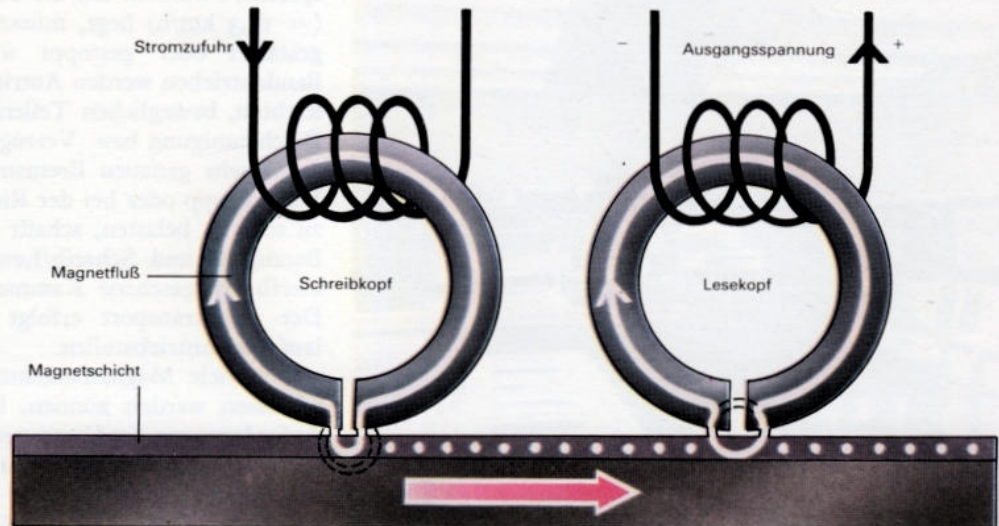
Diese Methode der Datenspeicherung gewährleistet ein hohes Maß an Flexibilität. Um wichtige Informationen eines Magnetbandes nicht unwiederbringlich zu verlieren, existieren von einem Magnetband meist mehrere Kopien.

## Magnetplatten

Magnetplatten werden ähnlich wie Schallplatten gestapelt, und zwar so, daß sich zwischen ihnen ein kleiner Luftspalt befindet. Sie werden aus Metall hergestellt, das auf beiden Oberflächen mit einer magnetischen Schicht überzogen ist. Ein Stapel enthält 11 Platten. Sie werden auf eine im Zentrum des Antriebes befindliche Spindel aufgesetzt. Die Platten drehen sich mit einer Geschwindigkeit von 2 400 U/min. Alle Oberflächen — außer der obersten und der untersten — können als Speichermedien dienen. Jede Oberfläche hat ihren eigenen Schreib/Lesekopf. Die Schreib/Leseköpfe sind an Armen befestigt. Sie federn leicht auf die Plattenoberflächen zu, berühren sie jedoch nicht. Der durch die rotierenden Platten erzeugte Nachstrom reicht aus, um die Köpfe etwa 1 µm (ein Millionstel Meter) von den Plattenoberflächen entfernt zu halten. Da sich Plattenoberfläche und Schreib/Lesekopf nicht berühren, können die Köpfe sehr schnell und genau bewegt werden. Die Daten werden in konzentrisch angeordneten Spuren auf der Plattenoberfläche aufgezeichnet. Der Abstand zwischen zwei Informationseinheiten beträgt etwa 0,127 mm.



**Rechts:** Binärzeichen können auf einem beweglichen Magnetmedium (Magnetband oder -platte) gespeichert werden. Die Zahlenzeichen werden in Form von elektrischen Pulsen an einen winzigen Elektromagneten, den 'Schreib'-Kopf, geleitet. Dort bilden die Pulse eine Anzahl magnetisierter Punkte auf dem Magnetmedium, die mit den Binärzeichen übereinstimmen. Wenn das Medium unter dem 'Lese'-Kopf durchläuft — ähnlich konstruiert wie der Schreibkopf — erzeugen die magnetisierten Punkte winzige elektrische Pulse in ihm, wodurch die ursprünglichen Binärpulse sich wieder bilden. Im Endeffekt wird zum Schreiben und zum Lesen nur ein Kopf verwendet.



## Magnettrommeln und Magnetkarten

Magnettrommeln sind außen magnetisch beschichtete Metallzylinder. Sie waren die ersten Großspeicher, haben heute jedoch nur wenig Bedeutung. Die Trommeln rotieren mit hoher Geschwindigkeit (bis zu 7 000 U/s) um eine horizontale oder vertikale Achse. Die Spuren befinden sich auf dem äußeren Umfang der Trommel. Eine Anzahl Schreib/Leseköpfe, die je eine Gruppe von nebeneinanderliegenden Spuren bedienen, sind entlang der Höhenlinie der Trommel angebracht. Wegen der hohen Herstellungskosten ist ihr Einsatz heute nicht mehr üblich.

Magnetkarten werden als Magnetkartenpaket angeboten. Einzelne Pakete können — je nach Programmanforderung — in das Schreib/Lesesystem hineingeschoben oder herausgezogen werden. Dieser Speichertyp wird derzeit nur von einem Computerhersteller angeboten.

## Zugriffszeiten

Aus der Sicht des Anwenders liegt der größte Nachteil von Magnetbandsystemen darin, daß die Informationen seriell, d.h. in Blöcken entlang des Magnetbandes, aufgezeichnet werden.

**Oben:** Prinzip eines Magnetplatten-Speichersystems. Die Binärinformation wird mit zwei Schreib/Leseköpfen auf beiden Seiten der Platte gespeichert. Eine typische Platte hat pro Seite etwa 800 Spuren, von denen jede 100 000 Bits erfassen kann.

Diese Speicherart ist dann recht günstig, wenn z.B. Namen in alphabetischer Reihenfolge hintereinander abgespeichert sind. Bei Anwendungen, bei denen Informationen von vielen verschiedenen Stellen des Bandes kommen, wie beispielsweise bei On-Line- oder Echtzeitdatenverarbeitung, hat das Magnetband große Nachteile. Um z.B. eine bestimmte Information von dem Magnetband zu erhalten, müssen unter Umständen zahllose Magnetbandmeter umgespult werden. Bei Platten- oder Trommelspeichern hingegen muß der Schreib/Lesekopf nur zu der entsprechenden Spur bewegt werden, wodurch auf eine spezielle Information sehr viel schneller als beim Magnetband zurückgegriffen werden kann. Die Gesamtzahl an Informationen, die in Externspeichern abgespeichert sein können, hängt von der Anzahl der am Computersystem befindlichen Magnetplatten und -bänder ab.



## DENSITOMETER

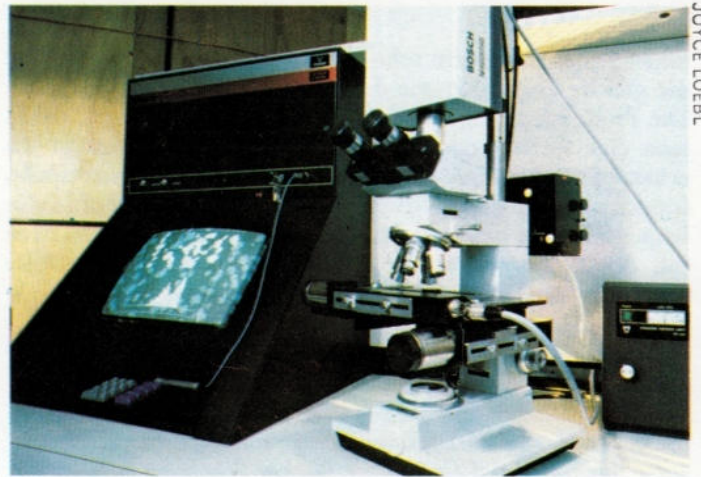
Ein Densitometer kann auf einem Foto mit Sternen zur Messung ihrer Helligkeit, bei der Farbdruckherstellung sowie in der Biologie zur Bestimmung der Dicke von Zellwänden verwendet werden.

Das Densitometer besteht aus einer Glühlampe und einem Lichtmesser. Die zu messende Probe wird so zwischen die beiden Teile gelegt, daß der Lichtmesser die optische Dichte (den Umkehrwert der Transparenz oder des durchgelassenen Lichtes) mißt. Die Dichtemessung ist logarithmisch, d.h. eine Probe, die 10% des auf sie scheinenden Lichtes durchläßt, hat eine optische Dichte 1 und bei 1% Lichtdurchlässigkeit eine optische Dichte 2.

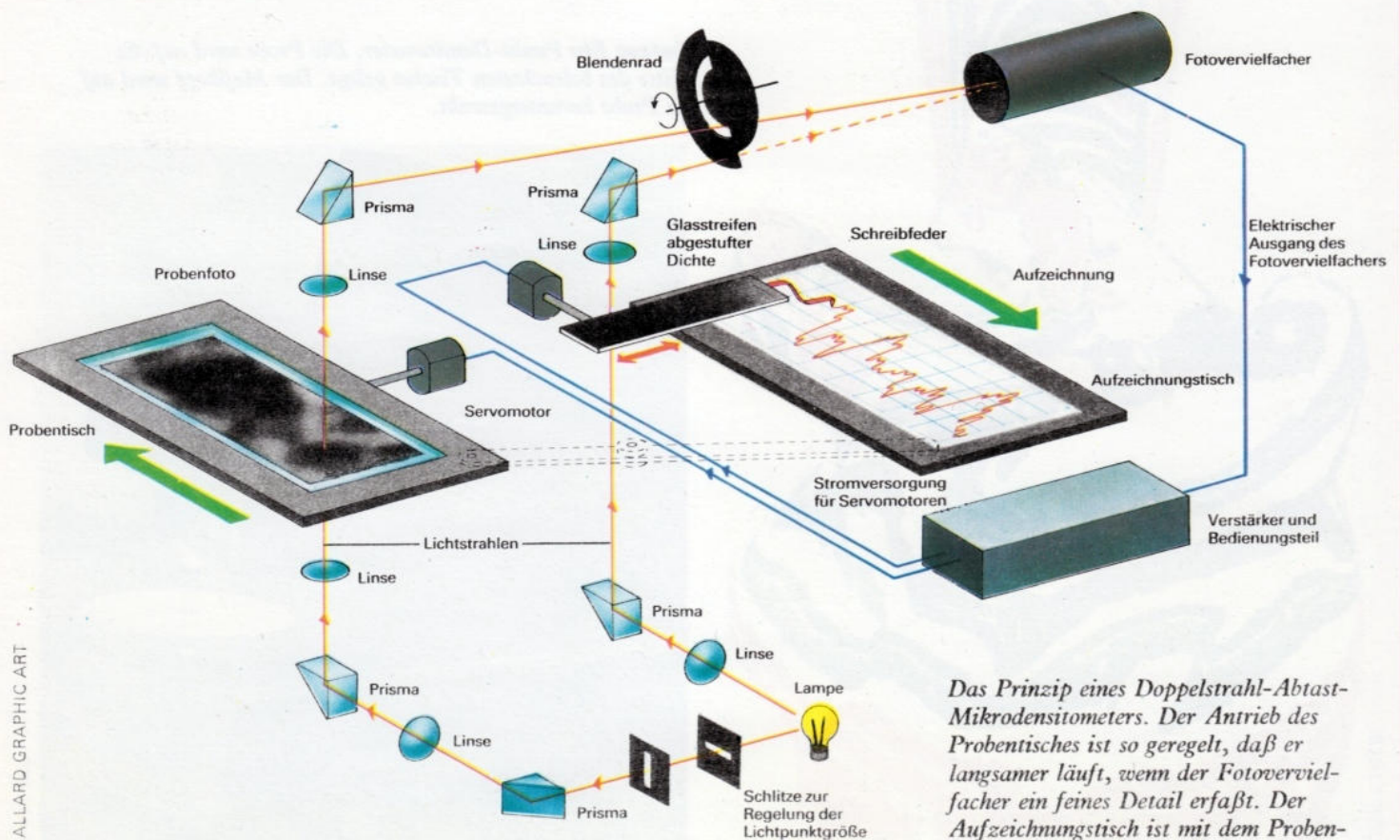
In der Praxis wird das Licht der Glühlampe durch ein optisches System auf eine Stelle konzentriert, die meist einen Durchmesser von etwa 2,5 mm hat, jedoch je nach Gerät und Anwendung in der Größe unterschiedlich sein kann. Als Lichtmesser dient ein FOTOVERVIELFACHER mit einem Verstärker und nachgeschaltetem Amperemeter, dessen Meßwert von der vom Fotovervielfacher empfangenen Lichtstärke abhängig ist.

Das Gerät ist meistens recht kompakt ausgeführt und enthält einen Meßkopf, der durch Hebelbewegung auf die Probe gesenkt wird. Der Lichtpunkt wird auf eine kleine Arbeitsplatte zur Aufnahme des Negativs der Probe gerichtet. Im Meßkopf befinden sich Farbfilter zur Verwendung in der KOLORIMETRIE und als Vergleichsdichtefilter. Eine wichtige Ausführung des Densitometers ist das Abtast-Mikrodensi-

**Rechts:** Densitometer werden bei Druckwerken eingesetzt, um die Farbe bei Farbbildern zu prüfen. Das Densitometer kann den prozentualen Anteil der Farben Cyan, Gelb, Magenta und Schwarz in den Bildern bestimmen.



**Oben:** Ein computergesteuertes Densitometer. Die Daten werden auf einem Bildschirm ausgegeben.



Das Prinzip eines Doppelstrahl-Abtast-Mikrodensitometers. Der Antrieb des Probentisches ist so geregelt, daß er langsamer läuft, wenn der Fotovervielfacher ein feines Detail erfaßt. Der Aufzeichnungstisch ist mit dem Probentisch durch eine Stange verbunden.



tometer, das mit einem sehr kleinen Lichtpunkt arbeitet, der die gleiche Größe hat wie das Detail auf einem Fotonegativ. Die Probe wird langsam über den Lichtpunkt bewegt, damit man eine fortlaufende Aufzeichnung der Dichteänderungen erhält. Die Anzeige erfolgt nicht auf einem Instrument, sondern über einen SERVOMECHANISMUS, der eine Schreibfeder betätigt. Das zu beschriftende Diagrammpapier wird synchron mit der Probe bewegt, so daß man eine fortlaufende Aufzeichnung der Dichte des abgetasteten Negativs erhält.

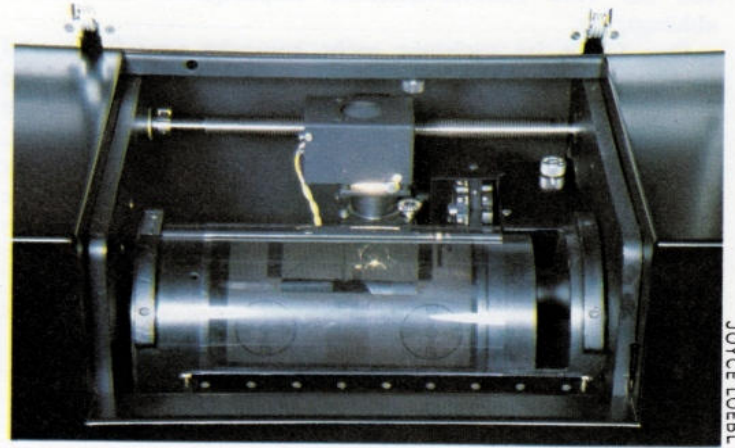
**Unten:** 4-Farben-Aufzeichnung einer brennenden Kerze mit einem Isofotometer. Ein Schwarzweißfoto der Kerze wird auf einem Standard-Mikrodensitometer abgetastet, dessen elektrisches Ausgangssignal einer elektronischen Schaltung zugeführt wird, die diese Signale in Bewegungen der Schreibfeder umwandeln. Dieses System ermöglicht es, wesentlich mehr Information von einem wissenschaftlichen Foto zu gewinnen, als durch Betrachten eines gewöhnlichen Abzuges.



JOYCE LOEBL

Eine andere Ausführung ist das Isofotometer. Auch hierbei erhält man eine Aufzeichnung der Dichteänderungen von einer Probe. Hier wird ein System mit drei Schreibfedern so gesteuert, daß bei Änderung der Dichte auf dem Papier eine Folge farbiger Markierungen aufgezeichnet wird. Eine bestimmte Dichteänderung wird dann durch eine Farbbänderung dargestellt. In einem den Zielen eines Fernsehschirmes ähnlichen Muster wird anstatt einzelner Linien die gesamte Fläche des Fotos abgetastet. Dadurch entsteht eine Konturenkarte des Fotos, wobei die Linien gleicher Farbe die Punkte gleicher Dichte verbinden. Damit können Strukturen auf dem Foto unterschieden werden, die sonst nur schwer zu erkennen wären. Unter Verwendung des Isofotometers kann man mehr Informationen erhalten, als auf einem einfachen Abzug gezeigt werden könnten.

**Unten:** Ein Scandig-Densitometer, ein mit Trommelabtastung arbeitendes Mikrodensitometer. Es ist mit einem Minicomputer verbunden, der die Abtastmuster sowie die Erfassung der Daten steuert.



JOYCE LOEBL

**Unten:** Ein Punkt-Densitometer. Die Probe wird auf die Mitte des beleuchteten Tisches gelegt. Der Meßkopf wird auf die Probe heruntorgesenkt.



MACBETH



## DESTILLATION

**Die Destillation von Meerwasser zu Trinkwasser könnte in Zukunft den Trinkwasserbedarf des Menschen decken. In Kuwait wendet man dieses Verfahren heute schon an. Als Energiequelle dient das dort reichlich vorkommende Erdgas.**

Die Destillation ist eines der gebräuchlichsten Trennverfahren sowohl in der Industrie als auch im Laboratorium des Forschers. Sie spielt eine wesentliche Rolle bei der Herstellung

molekularen Kräfte. Ihre Geschwindigkeit reicht aus, um die Flüssigkeitsoberfläche zu durchdringen. Aus der Flüssigkeit steigen Dampfblasen auf; man sagt, sie siedet. In diesem Zustand ist der Druck des gesättigten Dampfes gleich dem äußeren Druck. Bei Temperaturen unterhalb des Siedepunktes treten nur wenige an der Oberfläche befindliche Moleküle aus der Flüssigkeit aus. Im Innern der Flüssigkeit verlieren die Moleküle durch dauernde Zusammenstöße mit anderen Molekülen Energie. Ihre mittlere Geschwindigkeit reicht nicht aus, die Flüssigkeit zu verlassen, d.h. die Flüssigkeit kann nicht zum Sieden gebracht werden.



**Links:** Moderne Glasgeräte, die eine Destillation bei vermindertem Druck ausführen. Der Destillierkolben wird in einem thermostatisch gesteuerten Heizmantel erhitzt. Der entstehende Dampf gelangt zu einem Verflüssiger, in dem er mit Hilfe von kaltem Wasser, das am Außenrohr entlangfließt, kondensiert. Ein Thermometer ist so angebracht, daß es die Dampftemperatur mißt, kurz bevor der Dampf in den Verflüssiger gelangt.

**Unten:** Blick in das Laboratorium einer Erdölraffinerie. Im Vordergrund sind Glaskolben zu sehen, die Produkte der ersten Destillationsstufe enthalten. Die schwersten Fraktionsanteile, d.h. diejenigen Anteile, die bei der höchsten Temperatur überdestillieren, sind dunkler als leichtere Fraktionen.

von Benzin, ätherischen Ölen, Branntweinen und Trinkwasser.

Wie das Eindampfen beruht auch die Destillation auf dem Prinzip, daß die Moleküle einer Flüssigkeit aus ihrer Oberfläche austreten und einen Dampf oder ein Gas bilden. Beim Eindampfen verliert sich der Dampf, und der verbleibende Rest wird gesammelt. Bei der Destillation hingegen wird der Dampf nach dem Verdampfen abgekühlt und zu einer Flüssigkeit kondensiert, die aufgefangen wird. Die Umwandlung eines flüssigen oder festen Stoffes in seinen Dampf findet bei gegebener Temperatur unter einem ganz bestimmten Druck, dem Dampfdruck (auch Sättigungsdruck), statt. Der Dampfdruck hängt nur von der Temperatur ab. Wie leicht eine Flüssigkeit verdampft, d.h. wie viele Moleküle die Flüssigkeit verlassen können, hängt von der Masse und Geschwindigkeit der Moleküle und den zwischen ihnen herrschenden Anziehungskräften ab. Mit steigender Temperatur nehmen die Flüssigkeitsmoleküle zusätzlich Energie auf, wodurch sich ihre Geschwindigkeit erhöht. Bei der Siedetemperatur — sie ist diejenige Temperatur, bei der ein Körper bei gegebenem Druck vom flüssigen in den dampfförmigen Zustand übergeht — überwinden die Moleküle ihre zwischen-







**Oben:** Ein 64 Meter hoher Destillationsturm für Rohöl beherrscht diese moderne Raffinerieanlage.

### Einfache Destillation

Die einfachste Destilliervorrichtung besteht aus einem Kessel oder Kolben, in dem die Flüssigkeit erhitzt wird, und einem Kühler, der den Dampf kondensiert und die dabei gebildete Flüssigkeit in ein Aufnahmegefäß leitet. Diese einfache Apparatur wird nur zur Abtrennung einer Flüssigkeit von einem Feststoff oder zur Trennung von Flüssigkeiten mit sehr verschiedenen Siedepunkten verwendet. Die einfache Destillation wird in Kuwait zur Gewinnung von Trinkwasser aus Meerwasser angewendet; die erforderliche Wärmeenergie liefert das Erdgas der benachbarten Ölfelder — eine in Kuwait sehr billige Energiequelle.

Im Laboratorium wird im allgemeinen ein Liebig-Kühler aus Glas verwendet. Er besteht aus einem langen Glasrohr, das von einem Mantel umgeben wird, durch den ständig kaltes Wasser fließt.

### Fraktionierte Destillation

Liegen die Siedepunkte zweier Flüssigkeiten in einem Gemisch nahe beieinander, erzielt man mit einer einfachen Destillationsapparatur nur eine mangelhafte Trennung. Wird zwischen dem Scheitelpunkt der Apparatur und der Destillierblase eine Kolonne angeordnet, wird die Trennwirkung deutlich verbessert. Dies beruht darauf, daß sich ein Temperaturgefälle zwischen dem heißen Destillierkolben und dem Kopfteil ausbildet. Wegen der Kühlwirkung im oberen Teil der Kolonne — sie hat die Temperatur der sie umgebenden Luft — setzt die Kondensation ein. Die sich bildende Flüssigkeit tropft in den Destillierkolben zurück und kommt wieder mit den aufsteigenden Dämpfen in Berührung. Allmählich wird

der Dampf von leichter flüchtigen Substanzen, d.h. Substanzen mit niedrigeren Siedepunkten, angereichert, da die weniger flüchtigen Anteile oder Fraktionen auskondensieren. In der zurückbleibenden Flüssigkeit nimmt die Konzentration der weniger flüchtigen Komponenten zu.

Die Wirksamkeit hängt davon ab, ob Dampf und Flüssigkeit in der Kolonne stets in enger Berührung zueinander stehen. Im Laboratorium sind die Kolonnen gewöhnlich mit kleinen Gegenständen gefüllt, die aus Glas, keramischem Material oder Metall bestehen. Sie können verschieden geformt sein (z.B. Perlform, Kugelform oder Ringform). Die Kolonnen können auch verschiedene Größe und Gestalt haben. Mit all diesen Varianten versucht man, den Austausch zwischen Dampf und Flüssigkeit optimal zu gestalten, so daß die Wirksamkeit der Fraktionierung erhöht wird.

Kolonnen im industriellen Einsatz enthalten keine Füllkörper, da man entdeckt hat, daß die Flüssigkeit versucht, durch Kanäle in den Füllkörpern abzufließen und hierdurch nicht mit dem aufsteigenden Dampf in Berührung kommt. Man kennt heute verschiedene Ausführungen von Kolonnen. Sie beruhen aber alle auf dem Prinzip der Unterteilung durch horizontale Böden. Die Dämpfe steigen durch in die Böden eingelassene Löcher hoch; die Flüssigkeit fließt von einem Boden zum nächsten ab.

Im Laboratorium werden die Fraktionen am Kopf der Kolonne abgezogen und gelangen durch einen Kühler in die Vorlage. Mit fortschreitender Destillation nimmt die Temperatur am Kolonnenkopf zu, da die leichter flüchtigen Anteile bereits abgetrennt wurden.

Die Ölindustrie wendet fraktionierte Destillation zur Abtrennung verschiedener Produkte aus Rohöl an (siehe BENZIN). Am oberen Ende treten die flüchtigsten Komponenten (Gase, Rohbenzin, Rohkerosin) auf. Aus dem Mittelteil der Kolonnen entnimmt man die Gasöle, aus dem Bodenteil die Heizöle. Der Rückstand wird vielfach einer Vakuumdestillation unterzogen, um Schmieröle zu gewinnen.

Die Trennwirkung durch fraktionierte Destillation ist so groß, daß man flüssige Luft nicht nur in Stickstoff und Sauerstoff zerlegen, sondern auch die Edelgase Argon, Neon, Krypton und Xenon gewinnen kann, die in wirtschaftlich vertretbaren Mengen anfallen.

### Wasserdampfdestillation

Viele organische Stoffe, die sich beim Sieden unter Atmosphärendruck zersetzen oder oxidieren, können der Wasserdampfdestillation unterzogen werden. Man hat es in den meisten Fällen mit zwei Flüssigkeiten (Wasser und destillierende Substanz) zu tun, die nicht in allen Verhältnissen mischbar sind. Bei der Siedetemperatur des Wassers (100°C) ist der Dampfdruck vieler zu destillierender Substanzen hoch genug, um mit dem siedenden Wasser teilweise zu verdampfen. Der Siedepunkt der zu destillierenden Substanz muß höher als der Siedepunkt des Wassers sein.

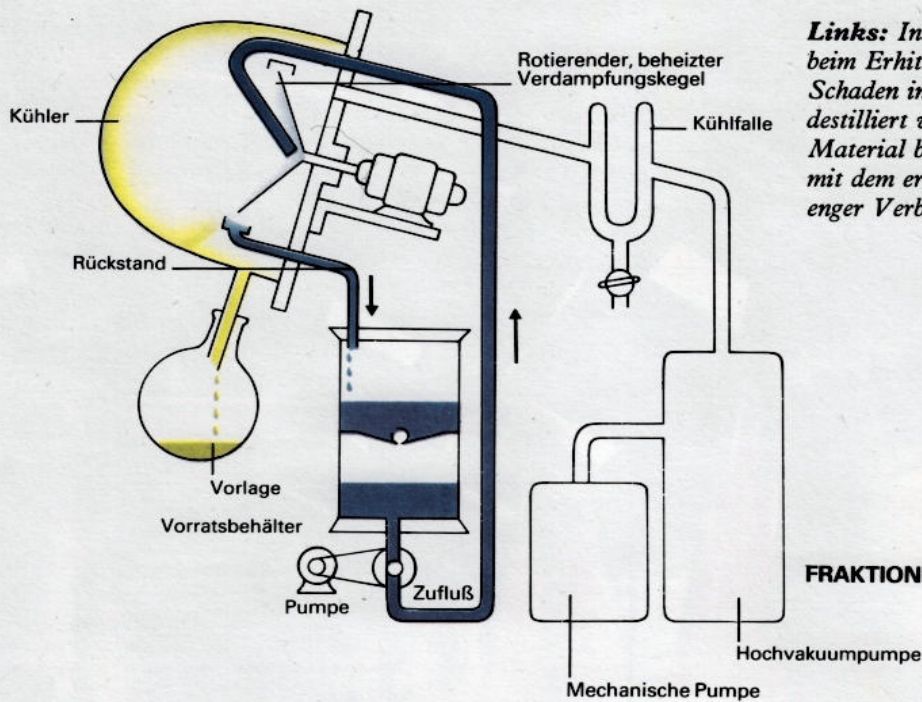
### Destillation bei vermindertem Druck

Da sich viele Substanzen oberhalb 350°C leicht zersetzen, kann man die Flüssigkeit schon früher zum Sieden bringen, wenn man den Druck herabsetzt. Eine Substanz kommt dann schon unterhalb ihres Siedepunktes bei Atmosphärendruck zum Sieden. Auf dem Montblanc (4 800 m) beispielsweise siedet Wasser schon bei 84°C. Auf diese Weise können Stoffe, die sich beim Sieden unter Atmosphärendruck zersetzen, unter vermindertem Druck unverändert destillieren. Die Destilliervorrichtung wird dicht verschlossen und an eine Vakuumpumpe angeschlossen. Für Laboratoriumszwecke evakuiert man auf einen Druck von etwa  $10^{-9}$  bar (ein Millardstel bar; Normaldruck etwa 1 bar).

Diese sogenannte Vakuumdestillation wird auf die Rück-



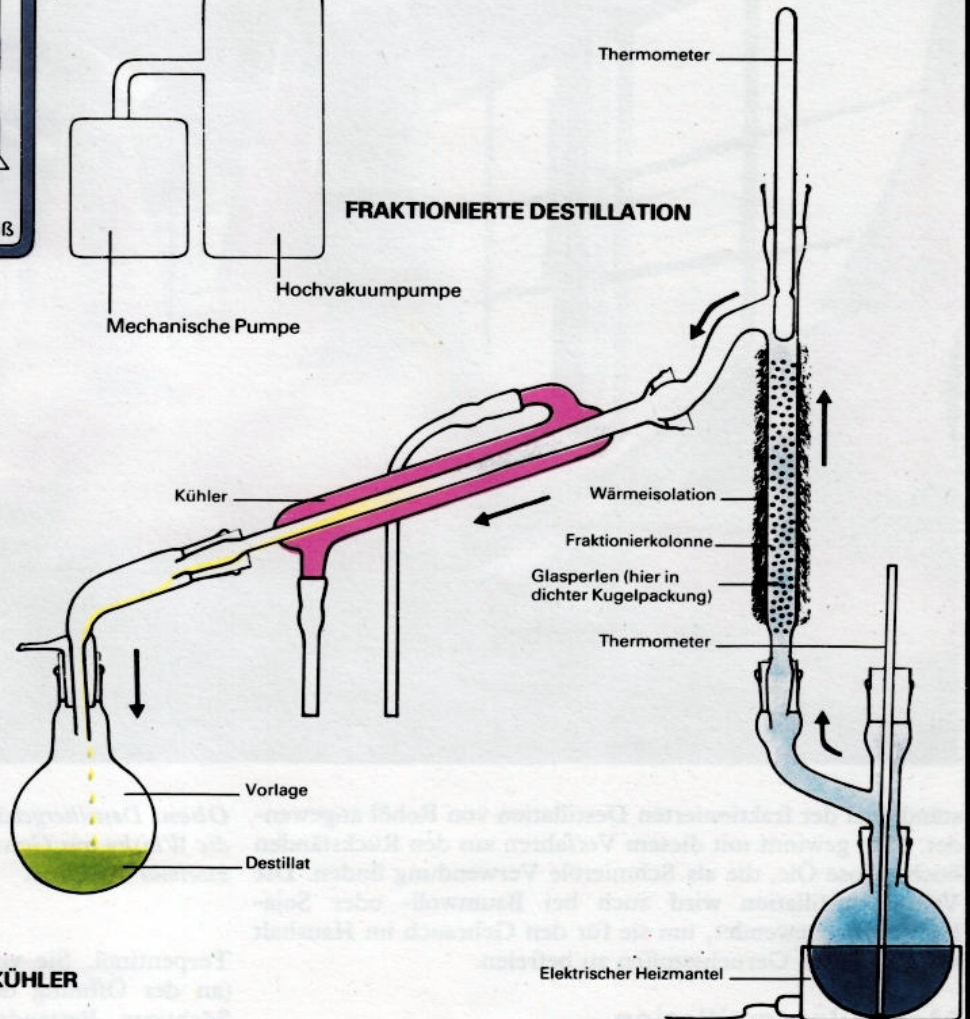
# MOLEKULARDESTILLATION MIT ZENTRIFUGE



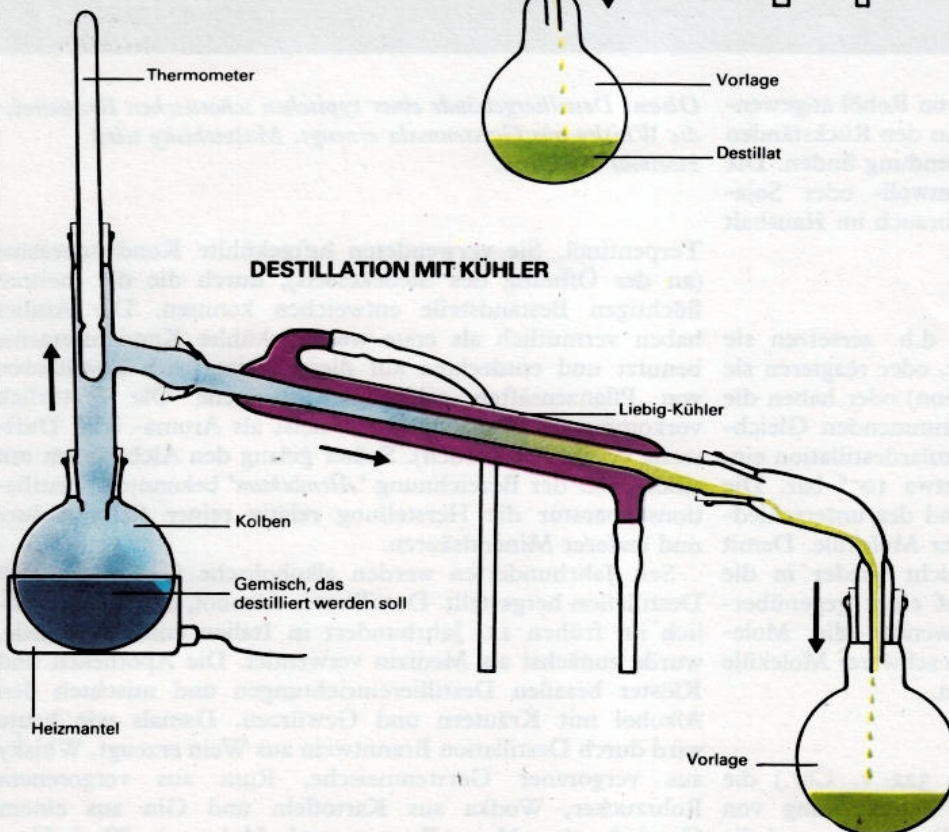
**Links:** Instabile Substanzen, die sich beim Erhitzen zersetzen, können ohne Schaden in einer Molekularzentrifuge destilliert werden. Hitzeempfindliches Material befindet sich nur kurze Zeit mit dem erhitzten Dampftrichter in enger Verbindung.

**Rechts:** Ein Flüssigkeitsgemisch, bei dem die Siedepunkte der einzelnen Komponenten sehr nahe beieinander liegen, können durch fraktionierte Destillation getrennt werden. Das Kondensat sammelt sich in Abhängigkeit des Siedepunktes im Behälter. Nur das Produkt mit dem höchsten Siedepunkt kann in den Verflüssiger gelangen.

## FRAKTIONIERTE DESTILLATION



## DESTILLATION MIT KÜHLER



**Links:** Die einfache Destillationsapparatur kann dazu verwendet werden, Substanzen mit sehr unterschiedlichen Siedepunkten zu trennen. Beispielsweise kann eine Ölprobe aus einem Schiffsmotor destilliert werden, um den im Öl vorhandenen Wasseranteil zu bestimmen.





stände bei der fraktionierten Destillation von Rohöl angewendet. Man gewinnt mit diesem Verfahren aus den Rückständen hochviskose Öle, die als Schmieröle Verwendung finden. Die Vakuumdestillation wird auch bei Baumwoll- oder Sojabohnenöl angewendet, um sie für den Gebrauch im Haushalt von störenden Geruchsstoffen zu befreien.

### Molekulardestillation

Sind Substanzen sehr hitzeempfindlich, d.h. zersetzen sie sich beim Erhitzen auf ihrem Siedepunkt, oder reagieren sie beim Erhitzen mit Luftsauerstoff (Oxidation) oder haben die zu trennenden Stoffe einen fast übereinstimmenden Gleichgewichtsdampfdruck, setzt man die Molekulardestillation ein. Man destilliert in einem Vakuum von etwa  $10^{-6}$  bar. Die Trennung der Substanzen erfolgt aufgrund der unterschiedlichen Verdampfungsgeschwindigkeiten der Moleküle. Damit die Moleküle nach dem Verdampfen nicht wieder in die Flüssigkeit zurückkehren, werden sie auf einer gegenüberliegenden Wand 'festgefroren'. Man wendet die Molekulardestillation vorwiegend zum Trennen schwerer Moleküle mit Molekularmassen von 500 bis 1 000 an.

### Geschichte

Als erster erwähnt Aristoteles (384 bis 322 v. Chr.) die Destillation bei der Beschreibung der Verdampfung von Meerwasser zur Trinkwassergewinnung. Die Römer und die Ägypter destillierten Fichtenholzharz und erhielten so

**Oben:** Destilliergebäude einer typischen schottischen Brennerei, die Whisky aus Gerstenmalz erzeugt. Malzwhisky wird zweimal destilliert.

Terpentinöl. Sie verwendeten luftgekühlte Kondensierarme (an der Öffnung des Siedekessels), durch die die meisten flüchtigen Bestandteile entweichen konnten. Die Araber haben vermutlich als erste wassergekühlte Kondensierarme benutzt und entdeckten auf diese Weise beim Destillieren von Pflanzensäften zahlreiche ätherische Öle (natürlich vorkommende Pflanzenöle, die meist als Aroma- oder Duftstoffe verwendet werden). Später gelang den Alchimisten mit einer unter der Bezeichnung 'Alembikum' bekannten Destillationsapparatur die Herstellung relativ reiner Salpetersäure und anderer Mineralsäuren.

Seit Jahrhunderten werden alkoholische Getränke durch Destillation hergestellt. Destillierter Alkohol, der wahrscheinlich im frühen 12. Jahrhundert in Italien entdeckt wurde, wurde zunächst als Medizin verwendet. Die Apotheken und Klöster besaßen Destilliereinrichtungen und mischten den Alkohol mit Kräutern und Gewürzen. Damals wie heute wird durch Destillation Branntwein aus Wein erzeugt, Whisky aus vergorener Gerstenmaische, Rum aus vergorenem Rohrzucker, Wodka aus Kartoffeln und Gin aus einem Gemisch von Mais, Roggen und Malz mit Wacholder-Zusatz.



## DIAMANT

**Ein Diamant verdankt seine Schönheit seiner hohen Brechzahl. Das auf einen Diamanten treffende Licht wird in dessen Inneren viele Male reflektiert, so daß er, wenn es ihn wieder verläßt, herrlich funkelt.**

Diamanten wurden vor über zweitausend Jahren in Indien und Borneo entdeckt. Die brasilianischen Diamantenfelder fand man im Jahre 1725. Im Jahre 1866 stieß man in Südafrika auf Diamanten. Heute liegen die ergiebigsten Diamantenbergwerke in Afrika und in der Sowjetunion. Seit 1953 werden Diamanten auch künstlich hergestellt.

### Diamantenführende Gesteinsarten

Diamanten findet man in dem Gestein Kimberlit, das in vulkanischen Schloten und Spalten vorkommt. Sie haben meist einen fast kreisförmigen Querschnitt und Durchmesser von einigen Metern bis zu mehreren Hundert Hektar. Kimberlit enthält auch andere Mineralien wie Glimmer, Granat und Zirkon. Diese erleichtern den Geologen die Suche nach Kimberlit, aber nicht alle Kimberlite enthalten Diamanten. Im natürlichen Zustand hat Kimberlit eine graublaue Farbe und wird deswegen *Blauer Grund* genannt. Der Luft ausgesetzt, verwittert er zu einem gelblichen Lehm, den man *Gelben Grund* nennt. Bergmännisch werden Diamanten entweder aus Kimberlit-Schloten oder aus alluvialen, d.h. durch fließendes Wasser gebildeten Ablagerungen gewonnen.

Diese Ablagerungen bestehen aus Kimberlit, der durch Vulkanismus an die Erdoberfläche gelangte, dann verwitterte und durch Flüsse fortgetragen wurde, bis er sich oft weit vom Ursprungsort entfernt wieder ablagerte. Das bedeutendste Vorkommen von Kimberlit in Afrika bildete sich auf diese Weise an der Atlantikküste. Es wird von der Firma 'Consolidated Diamond Mines of South West Africa' ausgebeutet. In alluvialen Ablagerungen kommen gewöhnlich 15 bis 30 Tausend Teile totes Gestein auf ein Teil Diamant.

### Abbauverfahren

Ursprünglich wurden alle Kimberlit-Vorkommen im Tagebau ausgebeutet. Die größte im Tagebau erreichte Tiefe von 240 m befindet sich in der südafrikanischen Minenstadt Kimberley. Man muß in beträchtliche Tiefen gehen, um Kimberlit unter

Tage abzubauen. In den Bergwerken von Kimberley arbeitet man in 900 m Tiefe.

Das älteste, heute kaum noch angewendete Abbauverfahren unter Tage ist das *Kammerschließen*, das um 1890 in Kimberley entwickelt wurde. Man teuft mehrere Hundert Meter tiefe Schächte in einiger Entfernung vom Schlot ab. Von diesen aus baut man waagerechte Stollen in den Schlot und dann wieder zahlreiche kurze Stollen in den Blauen Grund. Dadurch entsteht ein System von Kammern, aus denen der Blaue Grund zu Tage gefördert wird. Die Förderleistung kann 5 000 Tonnen pro Tag erreichen.

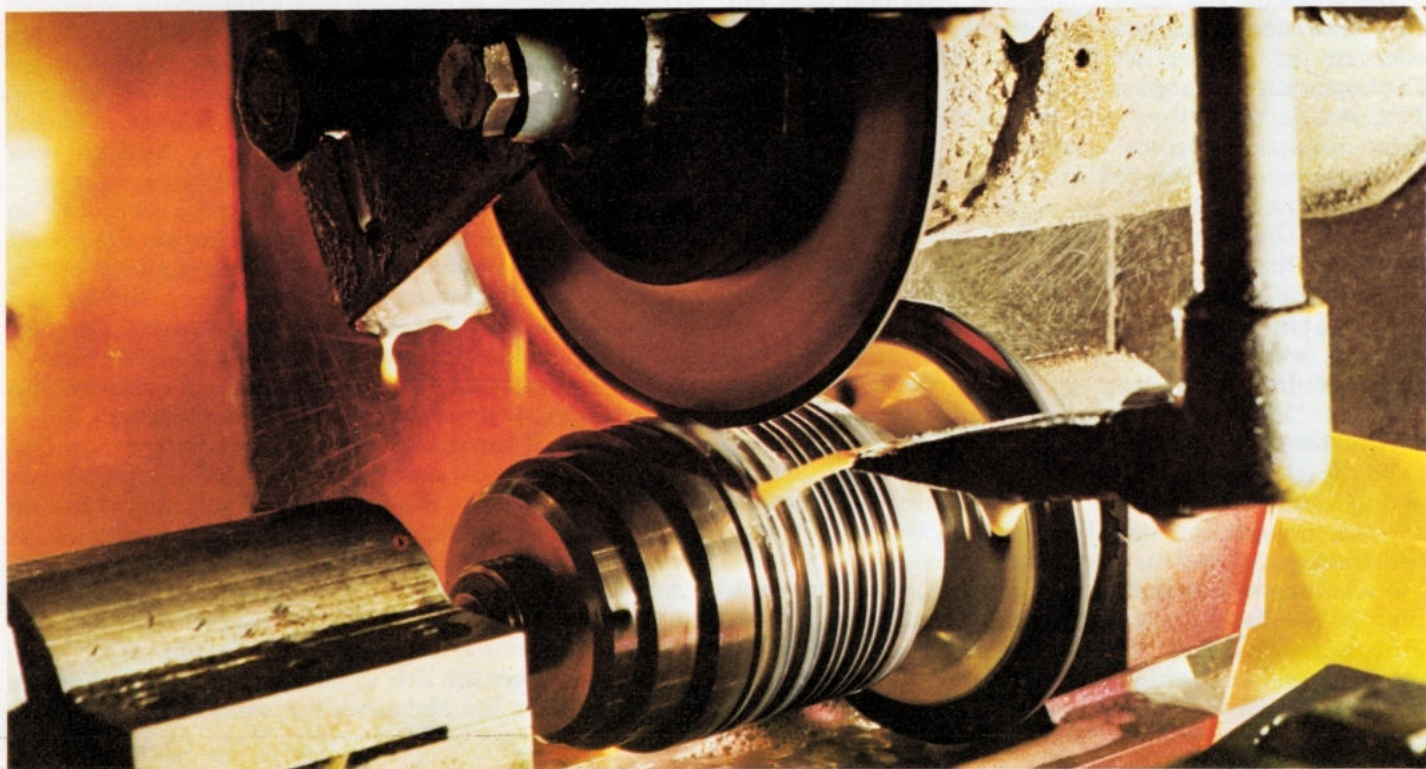
Beim Blockbruchbau werden vom Förderschacht waagerechte Tunnel durch den Schlot getrieben. An den Seiten dieser Tunnel läßt man in einem Abstand von 3,50 m schräge Öffnungen von 1,20 m<sup>2</sup> Fläche. Die Öffnungen sind die Abzugsstellen für das Erz. Darüber hinaus wird das Schlotgestein kegelförmig ausgehöhlt, so daß der abgebaute Kimberlit über diese kegelförmigen Öffnungen zu den Abzugsstellen gelangen kann. Schürfanlagen laden den Kimberlit auf Fahrzeuge, die ihn zu Brechern bringen. Von dort wird er an die Oberfläche gefördert. Erscheint an der Abzugsstelle totes Gestein, ist der Abbau dieses Blocks beendet.

### Diamantengewinnung aus dem Erz

Da Diamanten unbeschädigt vom Erz getrennt werden müssen und ihr Vorhandensein nicht durch chemische Untersuchungen zu bestimmen ist, werden zur Diamantengewinnung Spezialverfahren angewendet. Als erstes bricht man das Gestein sorfältig, um die Diamanten freizulegen. Anschließend dienen mehrere, die Schwerkraft ausnutzende Konzentrationsgeräte dazu, das diamantenreiche *Konzentrat* vom toten Gestein zu trennen.

Für die Konzentration mit Hilfe der Schwerkraft, auch *naßmechanische Aufbereitung* genannt, verwendet man Rotationswaschpfannen und Separatoren unterschiedlicher Bauarten. Die in Kimberley um 1874 entwickelte Waschpfanne wird mit einem aus verwittertem Kimberlit und Wasser

**Unten:** Diese aus Wolframcarbid hergestellten Schleifscheiben enthalten zusätzlich in Metall eingelassenen Diamantgrieß. Durch Zusatz dieses speziellen Schleifmittels kann das zähe Carbid geschliffen werden.







**Links:** Verlegen von Zündschnüren bei der Vorbereitung einer Sprengung in einem Diamantbergwerk. Ein typisches Beispiel für den Tagebau ist der Finsch-Schlot: Der Abbau erfolgt an 12 m starken Stufen; der Kimberlit wird an diesen Stufen entlang abgesprengt.

**Rechts oben:** Bildung eines Kimberlit-Schlotes. Durch den Anstieg des Druckes des flüssigen Magmas bilden sich im darüberliegenden Gestein Risse. Der Riß erreicht die Oberfläche und es bildet sich ein Lavakegel. Dieser verwittert, wird ausgewaschen und kann schließlich abgebaut werden.

**Rechts unten:** Schnittbild eines Diamantbergwerkes mit Darstellung des Blockbruchverfahrens. Schräge, kegelförmige Öffnungen läßt man in die Wände der mit Beton ausgekleideten Schürftunnel ein. Der über den Abzugstellen liegende Kimberlit stürzt ein, fällt in den Tunnel und wird zum Brecher gebracht.

angerührten Brei gefüllt, der soviel Wasser enthält, daß die leichteren Teilchen in einer Aufschwemmung verbleiben. Diamanten und schwere Mineralien sinken zu Boden, während die leichteren Teile durch einen Abwasser-Abfluß davongeschwemmt werden.

Von den Schwergutseparatoren kennt man drei Bauarten. Im *Kegel* werden durch Rühren die schweren von den leichten Teilchen getrennt. Das *Hubrad* arbeitet nach dem gleichen Prinzip. Beim *Zyklonwascher* wird eine Wirbelbewegung erzeugt. Hierbei werden die schweren Teilchen durch Ausnutzen der Zentrifugalkraft abgeschieden.

Das abgeschiedene Schwerkonzentrat leitet man dann mit viel Wasser über einen mit einer Fettschicht versehenen Tisch oder ein in gleicher Weise vorbehandeltes Förderband. Diamanten aus dem abgebauten Kimberlit haften fest an dem Fett, weil sie von Wasser nicht benetzt werden. Die anderen Schwerminerale werden benetzt und daher vom Tisch heruntergewaschen. Von Zeit zu Zeit kratzt man die Diamanten vom Tisch und kocht sie in Wasser, um das Fett zu entfernen. Die Fettschicht hält über 99% der separierten Diamanten fest.

### Synthetische Diamanten

Bis 1953 wurden Diamanten ausschließlich durch Bergbau gewonnen. Im Jahre 1953 stellte eine schwedische Firma nach 23 Jahren Forschungs- und Entwicklungsarbeit künstliche oder synthetische Diamanten her.

Von Kohlenstoff kennt man zwei Modifikationen: Graphit und Diamant. Um aus der Kristallstruktur des Graphits Diamant herzustellen, sind Temperaturen von 2 000°C und ein Druck von 91 000 bar erforderlich.

Nachdem man technisch in der Lage war, einen Druck von rund 98 000 bar zu erzeugen, gelang es im Jahre 1953 in Europa, 40 kleine Kristalle herzustellen. In der Folge gelang die Synthese von Diamanten in vielen anderen Ländern, u.a. in den USA, der UdSSR, in Südafrika und Japan.

Synthetische Diamanten haben dieselben physikalischen, chemischen und optischen Eigenschaften wie natürliche. Sie haben eine blaßgoldene oder eine grauschwarze Farbe. Heute lassen sich synthetische Diamanten in der Größe von etwa 1 mm wirtschaftlich herstellen. Solche Diamanten werden ausschließlich in der Industrie verwendet.

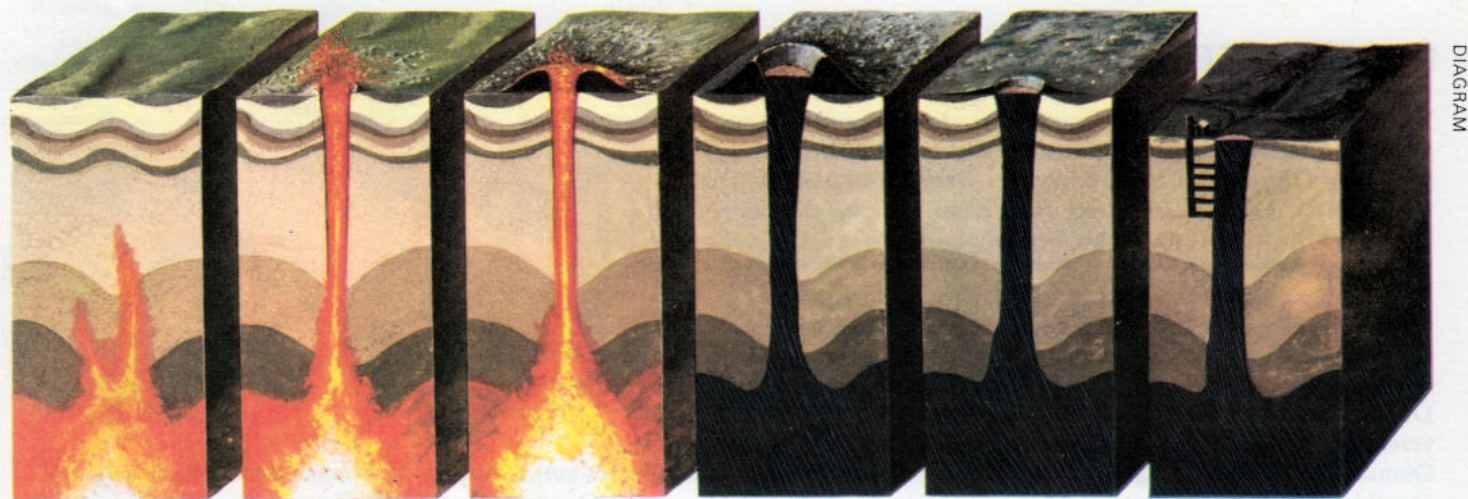
### Industriediamanten

Jeder Diamant, der zu viele Verunreinigungen aufweist, von schlechter Farbe oder für einen Schmuckstein von zu geringer Größe ist, kann in der Industrie verwendet werden. Der Industriebedarf ist so groß, daß eine Verknappung zu größten Schwierigkeiten in der modernen Metallbearbeitung führen würde. Diamanten wurden in den zwanziger und dreißiger Jahren zum wichtigsten SCHLEIFMITTEL der Welt, als man einen Werkstoff für die Bearbeitung des sehr widerstandsfähigen Karbidhartmetalls suchte, das als Schneide von Maschinenwerkzeugen eine wachsende Bedeutung erlangte.

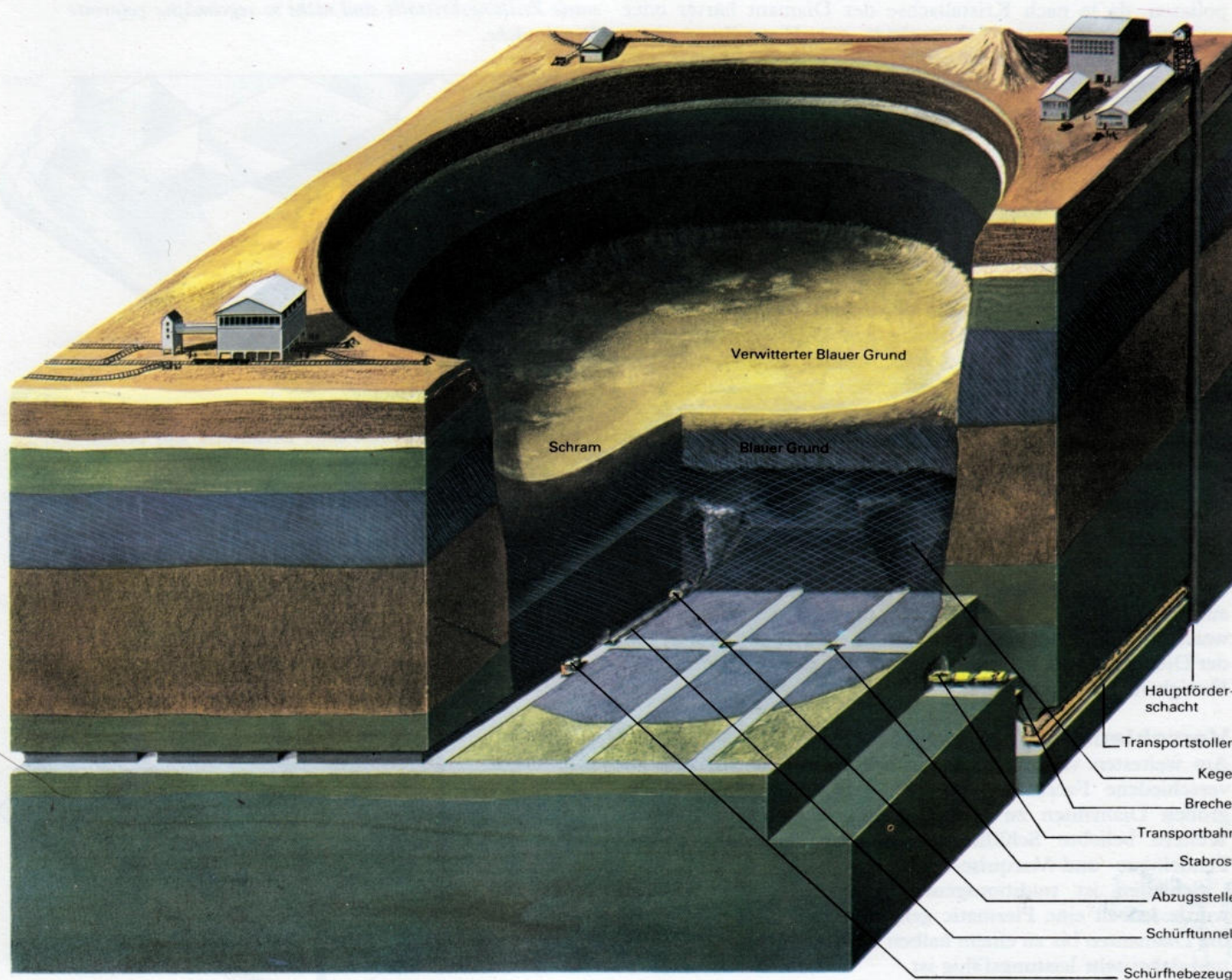
Nach der Härte sind die Kristallsymmetrieebenen, an denen er gespalten werden kann, die wichtigste Eigenschaft des Diamanten. Durch Zerkleinern, d.h. eigentlich Spalten, lassen sich die Diamanten nach verschiedenen Größen und Formen unterschiedlicher Anwendungen sortieren. Ungefähr 75% aller Industriediamanten finden Verwendung als Schleifpulver. Gemischt mit Harzen, Metallen oder keramischen Stoffen bilden sie die Schneiden von Schleifscheiben, Bandsägen, Feilen, Bohrern, Wetzsteinen, Sägeblättern und vielen anderen Werkzeugen zum Schneiden oder Bearbeiten von Werkstoffen wie Glas und außerordentlich harten Metallen bis hin zu Stein und Beton. Als Polierpulver ergeben sie die hochwertigsten Oberflächen.

Für einige Anwendungen, z.B. das Bohren nach Erdöl oder das Bohren von Löchern in Beton, werden Diamanten in Stücken, d.h. unzerkleinert, verwendet. Mit Hilfe eines Diamantziehsteines läßt sich Draht mit Geschwindigkeiten bis 160 km/h ziehen. Ein Metallziehstein würde bei der gleichen





DIAGRAM



Arbeit in Sekundenschnelle zerstört sein. Auf eine genaue Form zurechtgeschliffene Diamanten verwendet man in Plattenspiellern als Abtastnadel. Sie halten ungleich länger als andere Werkstoffe.

Im Baugewerbe werden Diamantwerkzeuge wegen ihrer hohen Arbeitsgeschwindigkeit, Geräuscharmheit und Genauigkeit immer häufiger verlangt. Sie eignen sich für das Planschleifen unebener Betonflächen, für die Gewinnung von Bohrkernen, das Bohren der bei Gebäuden und Denkmälern erforderlichen Löcher, für Rohre und andere Leitungen und ermöglichen es, Dehnungsfugen in Straßenbeläge zu schneiden, die der Rißbildung vorbeugen. Mit Diamanten bestückte

Betonhobel erzeugen auf Startbahnen und Rollwegen der Flughäfen eine rutschfeste, wasserabweisende Oberfläche und verringern dadurch die Aquaplaning-Gefahr.

Für die Automatisierung benötigt die Industrie Werkzeuge, die über lange Zeiträume mit engen Toleranzen arbeiten können. Die Standfestigkeit der Diamantenwerkzeuge ist dafür vorzüglich geeignet. Beim Bearbeiten von Phosphorbronze auf einer Drehmaschine legt ein gutes Schnellstahlwerkzeug einen Schneidweg von acht Kilometern bis zur Abnutzung zurück, ein Diamantwerkzeug einen Schneidweg von 1 700 Kilometern. Toleranzen von 0,0025 mm sind mit einem Diamantwerkzeug einzuhalten.



## DIAMANTBEARBEITUNG

**Natürliche Rohdiamanten werden in vier Grundformen gefunden: Großstein, gespaltener Stein, Zwillingskristall und Dünstein. Sie werden zu Brillanten geschliffen, wobei Verunreinigung und Einschlüsse, die die Steine enthalten können, zu berücksichtigen sind.**

Der Diamant ist zwar das härteste in der Natur vorkommende Mineral, kann aber trotzdem bearbeitet und mit Facetten versehen werden. Das Kristallgitter des Diamanten hat die Form eines Tetraeders. Bei den in der Natur vorkommenden Diamanten haben sich zwei Tetraeder zu einem Oktaeder vereinigt. An den Schnittstellen der Tetraeder lässt sich ein Diamant verhältnismäßig einfach spalten. Wird Diamant gemahlen, kann man mit dem Pulver andere Diamanten polieren, da je nach Kristallachse der Diamant härter oder weicher ist. Die vier Arbeitsgänge zur Herstellung eines Brillanten sind: Spalten, Sägen, Grauen und Schleifen.

Größere Diamanten werden gespalten, indem man in Richtung der leicht zu trennenden Kristallachse eine Kerbmarkierung anbringt. Parallel zur Spaltfläche wird eine Metallklinge aufgesetzt. Durch einen heftigen Schlag mit dem Hammer spaltet sich dann der Rohdiamant.

Eine Vorbearbeitung führt man oft mit einem sich sehr schnell drehenden Kreismesser aus. Dies ist eine dünne Scheibe aus Phosphorbronze, die mit einer Drehzahl von 5 000 U/min läuft. Die Kante der Scheibe ist mit einer Paste aus feinem Diamantpulver und Olivenöl bedeckt.

Vor dem Schleifen rundet man den Diamanten ab. Man spannt ihn in ein Drehbank-Spannfutter und drückt, während er sich dreht, einen anderen Diamanten dagegen. Dabei wird der eingespannte Diamant roh gerundet.

Diamantpulver wird auf eine Gußeisenscheibe entweder aufgebracht oder die Scheibe wird mit dem Pulver getränkt. Der zu schleifende Diamant wird in eine Dogge oder Zange eingespannt. Die Dogge ist der Halter, in dem der Diamant mit einem Lötmittel befestigt wird. Man kann ihn auch mit einer Einspannvorrichtung festhalten. Die Zange wirkt wie der Tonarm eines Plattenspieler und setzt den Diamanten auf die sich drehende Scheibe. Aufgrund der harten und weichen Richtungen des Diamanten ist die Art und Weise, wie der Diamant an die Schleifscheibe kommt, eine der wichtigsten Fertigkeiten des Schleifers.

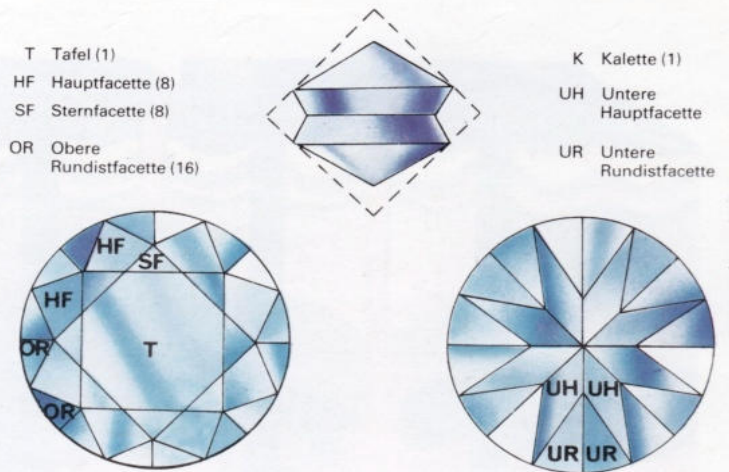
### Verschiedene Schliffarten

Am weitesten verbreitet ist der Diamantschliff, für den 58 verschiedene Facettierarbeitsgänge erforderlich sind. Einen großen Diamanten zu schleifen, kann monatelang dauern. Weitere beliebte Schliffarten sind der Smaragd-, Oval-, Pendeloque- und Marquise-Schliff.

Schleifen ist traditionsgemäß Handarbeit. Vor kurzem wurde jedoch eine Piermatic genannte Maschine entwickelt, die Diamanten bis zu einem halben Karat automatisch schleift und dabei sehr leistungsfähig ist.

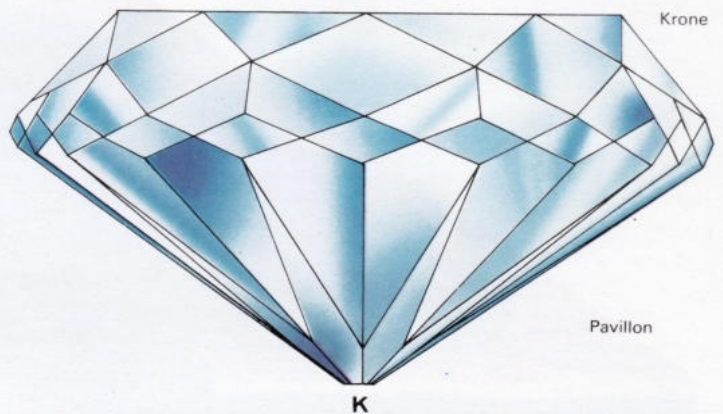


ZEFA

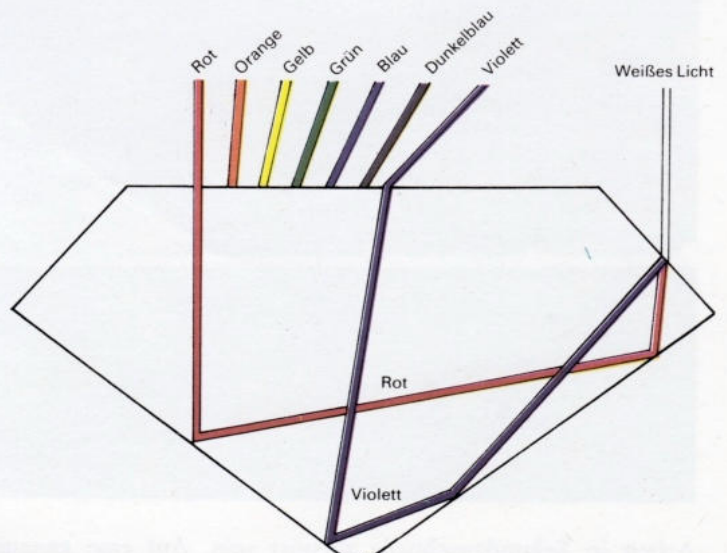


OSBORNE/MARKS

**Oben:** So entstehen zwei Diamanten mit Brillantschliff aus einem Stein oder Ganzkristall. Gespaltene und Dünsteine sowie Zwillingskristalle sind nicht so regelmäßig geformte Bruchstücke.



**Oben:** Die drei Ansichten eines Brillanten. Die Krone (das Oberteil) hat 33 Facetten und der Pavillon (das Unterteil) hat 24 oder 25, je nachdem, ob unten eine Kalette angeschliffen wurde.



**Oben:** Der Brillantschliff gibt dem Diamanten das meiste Feuer und Leben, weil durch den Schliff alle Farben reflektiert werden, in die ein eintretender weißer Lichtstrahl zerlegt wird. Das Bild zeigt, wie das Licht gebrochen, zerlegt und wieder gebrochen wird.

**Links:** Das Schleifen eines Diamanten. Man schleift Facetten, indem man den Stein in ein dem Tonarm eines Plattenspieler ähnliches Gerät spannt, das ihn an die Schleifscheibe bringt. Dazu wird Diamantschleifpulver verwendet, das von minderwertigen Diamanten gewonnen wird.







# Erfindungen 5: SCHREIBEN



Das Schreiben begann etwa 3500 v. Chr. in Mesopotamien, als die Hofbeamten schriftlich Buch über Vermögen und Besitz, Abgaben und Steuern führten. Die ersten Schriften bestanden aus Wortzeichen: Jeder Gegenstand hatte sein eigenes Symbol, in der Regel die vereinfachte Nachbildung des Gegenstandes selbst. Die Zeichen wurden mit einem angespitzten Stift in die Tontafeln eingeritzt. Bald gab es eine große Zahl von Symbolen, die genaue Aufzeichnungen ermöglichten.

Als immer mehr Zeichen hinzukamen, wurde dieses System schnell unhandlich. So gab es z.B. kein Wortzeichen für 'Schaf', sondern unterschiedliche Symbole für Schafböcke, Mutterschafe und Lämmer.

## Keilschrift

Die Vereinfachung der mesopotamischen Schrift erfolgte in zwei Schritten. Man gab die ursprüngliche Methode des Einritzens von Wortzeichen auf. Die Zeichen wurden nun

**Oben links:** Ägyptische Hieroglyphen um 1450 v. Chr. Sie berichten über die Restaurierung eines Teiles einer Tempelanlage.

**Oben rechts:** Beispiel der Keilschrift aus Persepolis um 500 v. Chr.

mit einem dreikantigen Rohrgriffel in die Oberfläche der Tontafeln eingedrückt. Auf diese Weise wurden aus einer Anzahl keilförmiger Abdrücke in Ton Wortzeichen zu einer Schrift zusammengesetzt, die man heute als *Keilschrift* bezeichnet. In einem zweiten Schritt wurde die Anzahl der Zeichen durch Beifügung von sogenannten Klassen- oder Determinativzeichen in Adjektivform verringert. So benötigte man fortan nur noch ein einziges Zeichen für 'Schaf', das durch Hinzufügen solcher Determinativzeichen als männlich, weiblich oder als Lamm gekennzeichnet werden konnte.

## Hieroglyphen

Auch die berühmten *Hieroglyphen* der Ägypter waren Wortzeichen, die, wenn auch später, in nahezu der gleichen Weise wie die mesopotamischen Zeichen verwendet wurden. Zunächst dienten die Hieroglyphen zur Aufzeichnung bedeutender Ereignisse. Da sie dazu bestimmt waren, in Stein gehauen zu werden, erschienen sie klarer und detaillierter als die mesopotamischen Schriftzeichen. Wie in Mesopotamien benutzte man auch in Ägypten Determinativzeichen zur näheren Bestimmung des jeweiligen Gegenstandes. Ein weiterer wichtiger Schritt sowohl in Ägypten als auch in Mesopotamien war die Verwendung der Wortzeichen als Silben, wobei das einzelne Wort aus zwei oder mehreren Zeichen zusammengesetzt wurde. In keinem der beiden Länder wurde diese Entwicklung jedoch bis zu ihrem logischen Ende geführt — zu einer Schrift, die auf Zeichen basiert, denen jeweils ein eigener Lautwert



zugeordnet ist, nämlich eine phonetische Schrift.

### Hieratische Schrift

Mit der Erfindung des Papyrus, einer Art Papier, das aus den Stengeln der Papyrusstaude hergestellt wurde (in Ägypten um das Jahr 3000 v. Chr.), mußte die alte Form der Hieroglyphen geändert werden, um ein schnelleres Schreiben zu ermöglichen. Jedes Zeichen wurde auf wenige Striche verkürzt; man spricht von der *hieratischen* Schrift. Dies war der Beginn unserer modernen Schreibweise, denn die alte Keilschrift eignete sich nur für Tontafeln und konnte dem Schreiben mit Pinsel oder Feder auf Papier nicht angepaßt werden.

Bis zum Jahre 1000 v. Chr. hatten die Phönizier, das berühmte Handelsvolk des östlichen Mittelmeerraumes, unter Entlehnung ägyptischer und mesopotamischer Schrift Elemente eine eigene Schrift entwickelt. Jeder

Konsonant erhielt ein eigenes Zeichen, aber die Vokale fehlten. Wie die hieratische Schrift ließ sich auch diese phönizische Schrift schnell schreiben.

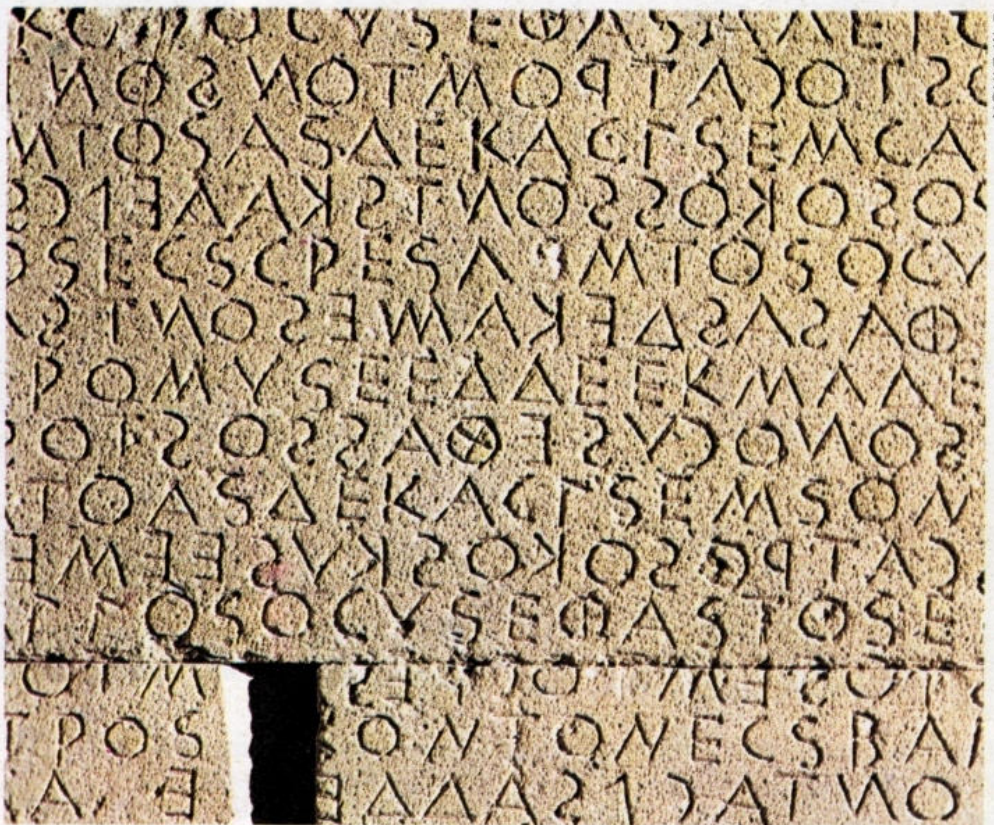
Die frühen griechischen Siedler übernahmen die phönizische Schrift. Durch Hinzufügen einer Reihe von Vokalzeichen beseitigten sie etwa bis zum Jahre 600 v. Chr. ihre Hauptunzulänglichkeiten und schufen das, was als Alphabet in allen europäischen Ländern Verwendung findet.

Von den großen, heute gebräuchlichen Schriftsprachen kannte auch

das Arabische — wie die phönizische Schrift, aus der es entwickelt wurde — ursprünglich keine Vokalzeichen. Sie werden heute gelegentlich hinzugefügt. Die chinesische Schrift entwickelte sich ähnlich wie die ägyptischen Hieroglyphen. Bei den mit Pinsel gemalten Schriftzeichen handelt es sich um Wortzeichen, die durch Vereinfachung und Verkürzung aus ursprünglich bildhafteren Formen hervorgegangen sind. Da die einzelnen Wörter in den lokalen Dialekten ganz unterschiedlich ausgesprochen wurden, entwickelte sich nie eine Lautschrift.



C. M. DIXON



C. M. DIXON



**Oben links:** Eine der ältesten erhaltenen Niederschriften, in der Entwicklung eine Stufe weiter als die mesopotamische Bilderschrift. Diese Tontafel zeigt eine Aufstellung über Anbauflächen und Ernten und stammt etwa aus dem Jahre 2800 v. Chr.

**Oben rechts:** Die frühgriechische Schrift verwendete viele Buchstaben, die uns auch heute noch vertraut sind. Damals wurde eine Schreibform benutzt, die als Boustrophedon (Furchenschrift) bekannt ist. Bei dieser Schreibform wechselt die Schriftrichtung mit jeder neuen Zeile.

**Links:** Beispiel einer hieratischen Schrift, einer Nachfolgeschrift der Hieroglyphen. Sie hat ihren Ursprung etwa um 1250 v. Chr.