

WIE GEHT DAS

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



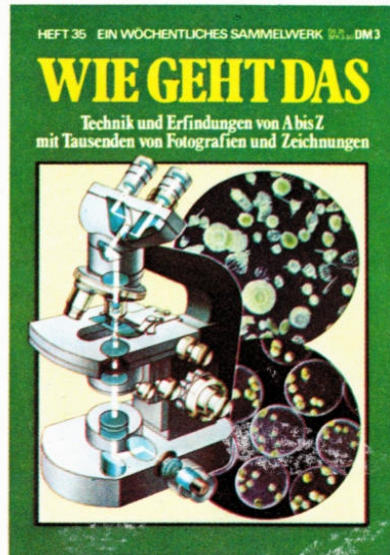
scan: **IGDL**

WIE GEHT DAS

Inhalt

| | |
|---------------------------|-----|
| Magnetometer | 925 |
| Mähdrescher | 927 |
| Manometer und Druckmesser | 930 |
| Margarineherstellung | 933 |
| Maschinelles Lesen | 936 |
| Maschinenpistole | 940 |
| Masse und Gewicht | 942 |
| Masse/Energie Äquivalenz | 944 |
| Massenspektroskopie | 945 |
| Melkmaschine | 948 |
| Metalle | 950 |

In Heft 35 von Wie Geht Das



Das im 17. Jahrhundert erfundene Mikroskop stellt für Wissenschaftler in aller Welt ein unersetzliches Forschungsinstrument dar. In Heft 35 von Wie Geht Das können Sie alles über Entwicklung, Arbeitsweise und Anwendung von Mikroskopen erfahren.

Der Mikroprozessor ist eine der bedeutendsten technologischen Neuerungen des 20. Jahrhunderts und des modernen Zeitalters überhaupt. Alle Aspekte unseres heutigen Lebens werden auf irgendeine Weise von der Existenz der Mikroprozessor-Technologie beeinflusst. Wenn Sie wissen wollen, was ein Mikroprozessor ist und wie er funktioniert, lesen Sie die nächste Ausgabe von Wie Geht Das.

WIE SIE REGELMÄSSIG JEDE WOCHE IHR HEFT BEKOMMEN

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

ZURÜCKLIEGENDE HEFTE

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

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

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

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

INHALTSVERZEICHNIS

Damit Sie in WIE GEHT DAS mit einem Griff das gesuchte Stichwort finden, werden Sie mit der letzten Ausgabe ein Gesamtinhaltsverzeichnis erhalten. Darin einbezogen sind die Kreuzverweise auf die Artikel, die mit dem gesuchten Stichwort in Verbindung stehen. Bis dahin schaffen Sie sich ein Inhaltsverzeichnis dadurch, daß Sie die Umschläge der Hefte abtrennen und in der dafür vorgesehenen Tasche Ihres Sammelordners verwahren. Außerdem können Sie alle 'Erfindungen' dort hineinlegen.

SAMMELORDNER

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

SO BEKOMMEN SIE IHRE SAMMELORDNER

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

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

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

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

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

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



MAGNETOMETER

Zur Messung der magnetischen Feldstärke in Forschung und Industrie sind Magnetometer verschiedener Bauart entwickelt worden.

Die ersten Magnetometer bestanden aus einem an einer Feder aufgehängten Magneten. Die Feldstärke wurde aus der Dehnung der Feder bestimmt. Heute sind sie weitgehend durch elektronische Geräte abgelöst worden, von denen die Protonenpräzessionsmagnetometer, die Fluxgate-Magnetometer und die Halleffekt-Magnetometer die bekanntesten sind.

Protonenpräzessionsmagnetometer

Diese genauesten heute verfügbaren Magnetometer gehen von der Ausrichtung von Protonen, den positiv geladenen Bausteinen der Atomkerne, in einer protonenreichen Substanz aus. Man nimmt beispielsweise Paraffin, das eine verhältnismäßig große Zahl von Wasserstoffatomen besitzt. Das Paraffin befindet sich in einer Flasche und wird durch über die Flasche greifende Magnetspulen sehr stark magnetisiert. Bei vollständiger Magnetisierung sind die Protonen alle genau in

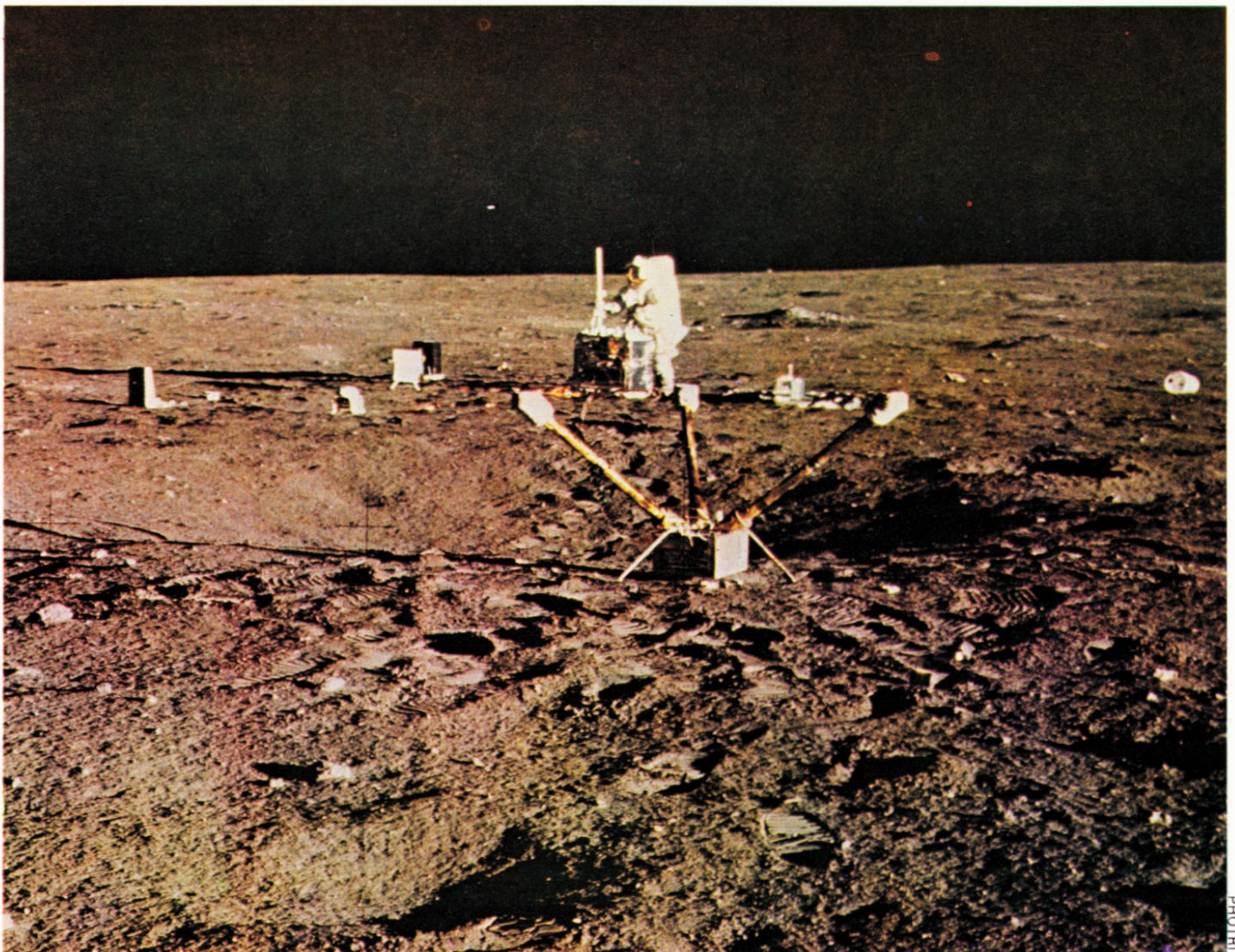
eine Richtung orientiert. Wird das ausrichtende Feld abgeschaltet, gehen die Protonen in den orientierungsmäßig ungeordneten Zustand über und induzieren dabei eine Spannung in einer Meßspule. Die Geschwindigkeit, mit der der geordnete Zustand zerfällt, ist ein Maß für das umgebende Magnetfeld.

Der Hauptvorteil des Protonenpräzessionsmagnetometers liegt darin, daß man diese Geschwindigkeit oder die entsprechende Abklingzeit äußerst genau messen kann und damit sehr präzise Werte für die Feldstärke bekommt. Es ist jedoch nicht geeignet, um schnell veränderliche Felder, Wechselfelder oder momentane Feldwerte zu messen oder die Feldrichtung zu bestimmen.

Fluxgate-Magnetometer (nach Förster)

Dieses Gerät geht von der schnellen Magnetisierung eines Paares leicht magnetisierbarer Spulenkerne hoher Permeabilität aus, die jeweils im Inneren eines konzentrischen Spulenpaares (primäre und sekundäre Windungen) sitzen. Ein durch die Primärspule fließender Wechselstrom magnetisiert den Kern, wodurch eine Spannung in der Sekundärspule induziert wird. In Gegenwart eines äußeren Feldes wird die Magnetisierungskurve des Kernes verschoben. Durch die Verwendung von zwei Kernen, die so angeordnet sind, daß sich die Meßsignale bei Nichtanliegen eines äußeren Feldes aufheben, erhält man eine dem äußeren Feld proportionale Sekundärspannungsamplitude. Diese Wechselspannung hat die doppelte Frequenz des Magnetisierungsstromes.

Ein Fluxgate-Magnetometer mit drei Meßköpfen wurde bei der Apollo-12-Mondlandung eingesetzt. Das Magnetometer ist im Vordergrund zu erkennen.



Magnetometer, die auf diesem Prinzip beruhen, können Magnetfelder über kleine Querschnitte ($5 \times 2 \text{ mm}^2$), schnell veränderliche Felder (bis zu mehreren Kilohertz) und Feldrichtungen messen. Die Werte der meßbaren Feldstärken liegen zwischen 10^{-6} Oersted und 1 Oersted. Das Magnetfeld der Erde beträgt an den Polen etwa 0,6 Oersted.

Fluxgate-Magnetometer sind ideale Geräte bei der Suche gesunkener Objekte wie Schiffe, Bomben und Minen. Durch ihre Richtungsempfindlichkeit sind sie als Kompaßsystem in Flugzeugen geeignet, wobei man in jeden Flügel ein Magnetometer einbaut. Andere Anwendungen finden sich bei der Magnetfeldbestimmung im Weltraum und bei der Messung der Magnetisierung geologischer und archäologischer Proben.

Halleffekt-Magnetometer

Das Prinzip des Halleffekt-Magnetometers wurde schon im Jahre 1879 erkannt, aber erst mit der Einführung von Halbleitern wie Indiumarsenid oder Indiumantimonid ist es zur praktischen Anwendung gekommen. Wenn man durch ein rechteckiges Plättchen dieses Materials, das senkrecht zum

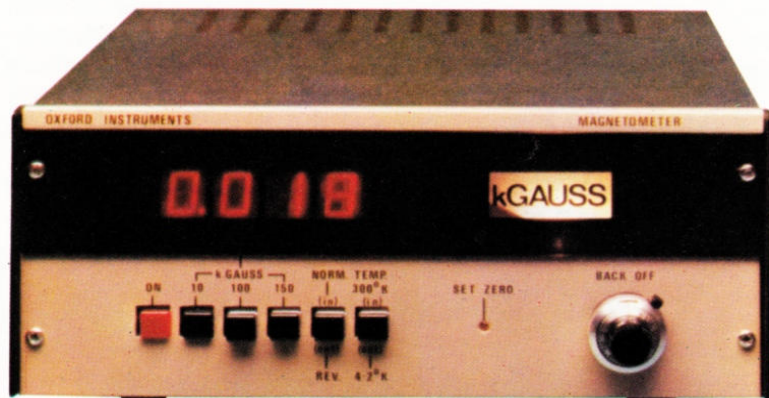
Magnetfeld liegt, einen Strom von einer Kante zur gegenüberliegenden Kante schickt, tritt zwischen den beiden anderen Kanten eine kleine Spannung auf, die durch die Bewegung der Ladungsträger im Magnetfeld entsteht. Diese 'Hallspannung' ist ein Maß für die Stärke des Magnetfelds.

Dieses Gerät ist besonders geeignet zur Messung starker Magnetfelder — z.B. von 1 Oe bis 200 Oe — und arbeitet bei Frequenzen bis zu einem Megahertz (einer Million Schwingungen pro Sekunde). Da die Halbleiterscheibe nur 0,1 mm dick zu sein braucht, ist das Halleffekt-Magnetometer ideal zur Ausmessung von starken Feldern in schmalen Spalten von Maschinen, z.B. Elektromotoren, geeignet.

Die übliche Konstruktion eines Magnetometers beliebigen Typs besteht aus einem Meßkopf in einem Gehäuse, der über Kabel mit der Elektronik und der Meßanzeige in einem getrennten Gehäuse verbunden ist, womit sich ein leicht verwendbares, meist tragbares Gerät ergibt. Protonenpräzessionsmagnetometer können jedoch so groß und gewichtig sein, daß ein Fahrzeug zu ihrem Transport benötigt wird (siehe Abbildung unten).

Links: Ein Halleffekt-Magnetometer mit der dazugehörigen Meß-Sonde.

Unten: Ein hochempfindliches Protonenpräzessionsmagnetometer, das an einem Hubschrauber angebracht wird und zur geophysikalischen Erforschung des Geländes dient.



MÄHDRESCHER

Die größte und wichtigste landwirtschaftliche Maschine auf dem Feld ist der Mähdrescher. In ihm stecken nahezu 150 Jahre technischer Entwicklungsarbeit mit dem Ziel, die schwere Erntearbeit zu erleichtern.

Die erste bedeutende Erfindung auf dem Gebiet der Landmaschinen war nach der Erfindung des Pfluges die der Mähmaschine in den dreißiger Jahren des 18. Jahrhunderts durch Cyrus McCormick. Er baute seine erste praktisch verwendbare Maschine mit 22 Jahren. Die Mähmaschine brachte eine sofortige Erleichterung für die Feldarbeiter. Doch nach wie vor mußte das geschnittene Getreide zu

Der zur Zeit modernste Mähdrescher arbeitet nach dem Prinzip des axialen Durchflusses, d.h. im Inneren der Maschine befindet sich ein Rotor, der wie eine Archimedische Schraube funktioniert. Das Korn wird auf diese Weise nicht nur einmal, sondern mehrere Male gedroschen.



Garben gebunden werden. Im Jahre 1850 wurde eine mechanische Bindevorrichtung, die die Mähmaschine bedeutend verbesserte, patentiert. Aber das Getreide mußte noch immer gedroschen, d.h. aus den Ähren gelöst werden. Man hatte zwar bereits Dreschmaschinen entwickelt, doch waren sie entweder ortsfest, so daß man das Korn zu ihnen hin transportieren mußte, oder sie mußten zur Erntezeit von den anderen Maschinen auf das Feld geschleppt werden.

Im Jahre 1835 wurde für A. Y. Moore aus Kalamazoo, Michigan, eine Maschine patentiert, die das Getreide mähen, dreschen und reinigen konnte. Moores Maschine hatte eine Schnittbreite von 4,6 m, reinigte das Korn mit Hilfe eines Gebläses und versackte es sogar. Wegen der klimatischen Bedingungen erwies sich diese Maschine nicht als praktisch und wurde nur im trockeneren Kalifornien eingesetzt. (Im Jahre 1854 wurden in Alameda County in Kalifornien 240 ha Weizen mit einer kombinierten Mäh- und Dreschmaschine abgeerntet.) Die erste Herstellerfirma von kombinierten Mäh- und Dreschmaschinen, die von Pferden gezogen wurden, war die 'Combined Harvester and Agricultural Works' in Stockton, Kalifornien.

Um 1885 baute in Australien die McKay Company eine

von Pferden gezogene Maschine, die 'stripper' (= Abstreifer) hieß. Beim Hineinfahren in das stehende Getreide fuhren umlaufende Scheiben durch die Ähren und schleuderten die reifen Körner und die losen Spelzen heraus. Sie trennte die Körner von den Spelzen und leitete sie in einen Absacktrichter. Sie erntete jedoch bei weitem nicht alle Körner und ließ auch die Halme stehen, die später abgebrannt, abgemäht oder untergepflügt werden mußten.

Von Pferden gezogene Mähbinder wurden von der kanadischen Firma Massey-Harris hergestellt. Im Jahre 1910 brachte diese Firma ihren ersten Mähdrescher auf den Markt. Bei ihm war ein Mähbalken mit einer Dreschmaschine zusammengefaßt. Die Schwierigkeit bei all diesen Maschinen lag darin, daß sie von Lokomobilen (Dampftraktoren) —

schweren, teuren Maschinen, deren Anschaffung sich die meisten Landwirte nicht leisten konnten — gezogen werden mußten. Man konnte natürlich die Mähdrescher auch mit Pferden ziehen. Die Dreschmaschine wurde durch Zugkraft angetrieben, d.h. von der Drehkraft eines der Räder, die auf dem Boden abrollten. Mit Pferdekraft betriebene Maschinen arbeiteten langsam, weil die Pferde dabei Schwerstarbeit leisten mußten.

Im Jahre 1922 baute die Firma Massey-Harris zum Antrieb der Schneid- und Dreschaggregate einen Verbrennungsmotor in ihren Mähdrescher ein. Jetzt konnte er von einem leichten Schlepper oder einem Pferdegespann gezogen werden. Gleichzeitig fanden auch Schlepper mit Verbrennungsmotoren weite Verbreitung. Die australische McKay Company, die später von Massey-Harris aufgekauft wurde, tat im Jahre 1924 den nächsten logischen Schritt und baute eine stärker automatisierte Maschine mit einer Schnittbreite von 3,7 m, den 'Sunshine Auto-Harvester'. Sie hatte nicht nur eine Antriebseinheit zum Schneiden und Dreschen des Korns, sondern wurde auch von einem eigenen Motor angetrieben.

Im Ersten Weltkrieg hatten Mähdrescher im Mittleren Westen der USA wegen des Arbeitskräftemangels eine größere

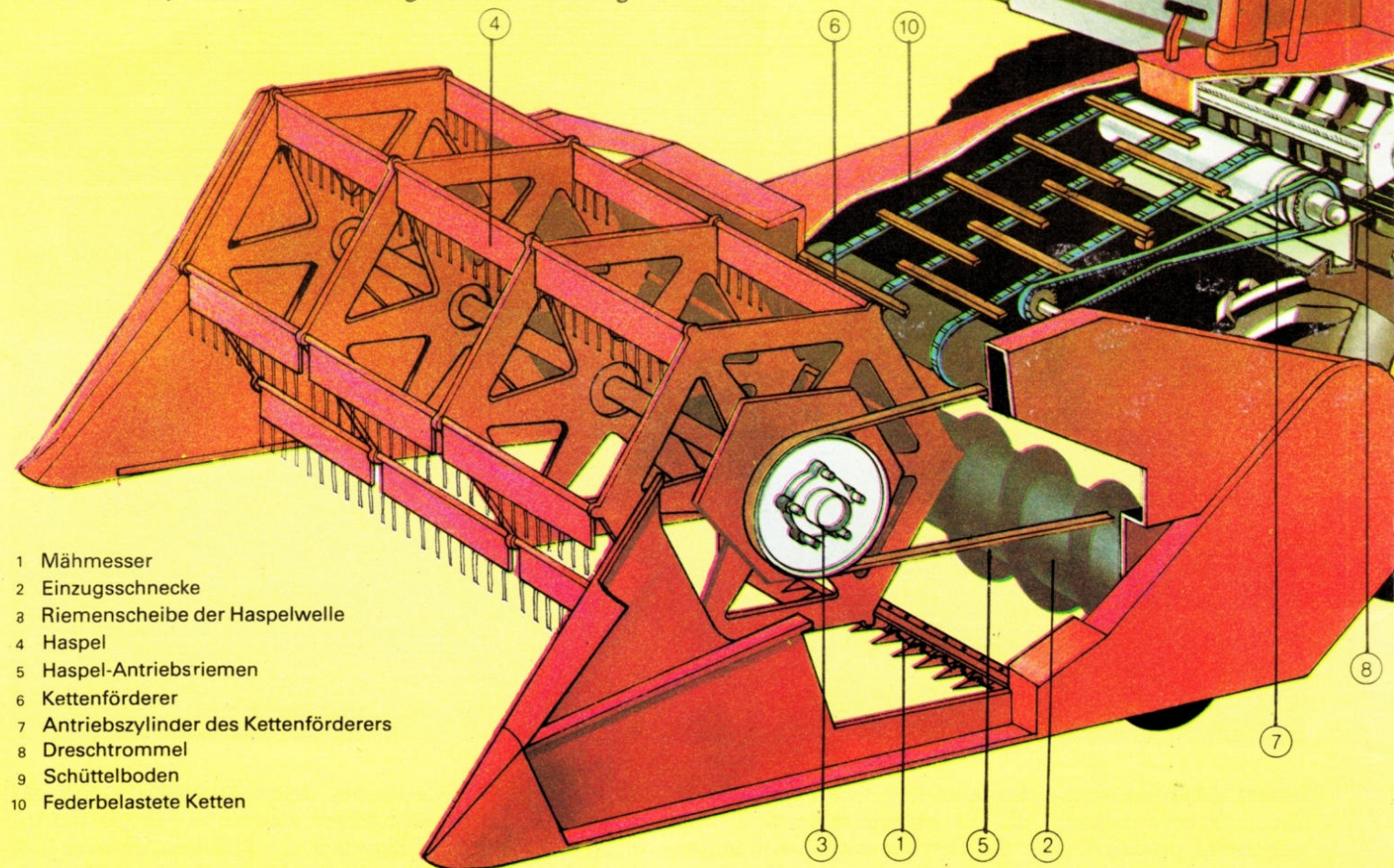
Verbreitung gefunden. Bis dahin waren große Gruppen von Erntearbeitern zur Erntezeit mit ihren Dreschmaschinen und Dampflokomobilen von Hof zu Hof gezogen. Da die Bäuerinnen für diese Dreschkolonnen kochen mußten, war ihnen an der Verwendung von Mähdreschern sehr gelegen.

Schließlich baute im Jahre 1935 die Allis-Chalmers Company aus Milwaukee, Wisconsin, den ersten Mähdrescher, den ein einziger Mann fahren und bedienen konnte. Seit den vierziger Jahren sind in Ländern mit großen Weizenanbaugebieten Mähdrescher von der Größe kleiner Wohnhäuser ein alltäglicher Anblick geworden.

Der moderne Mähdrescher

Im großen und ganzen ist die Wirkungsweise heutiger Mähdrescher die gleiche wie bei früheren Baumustern.

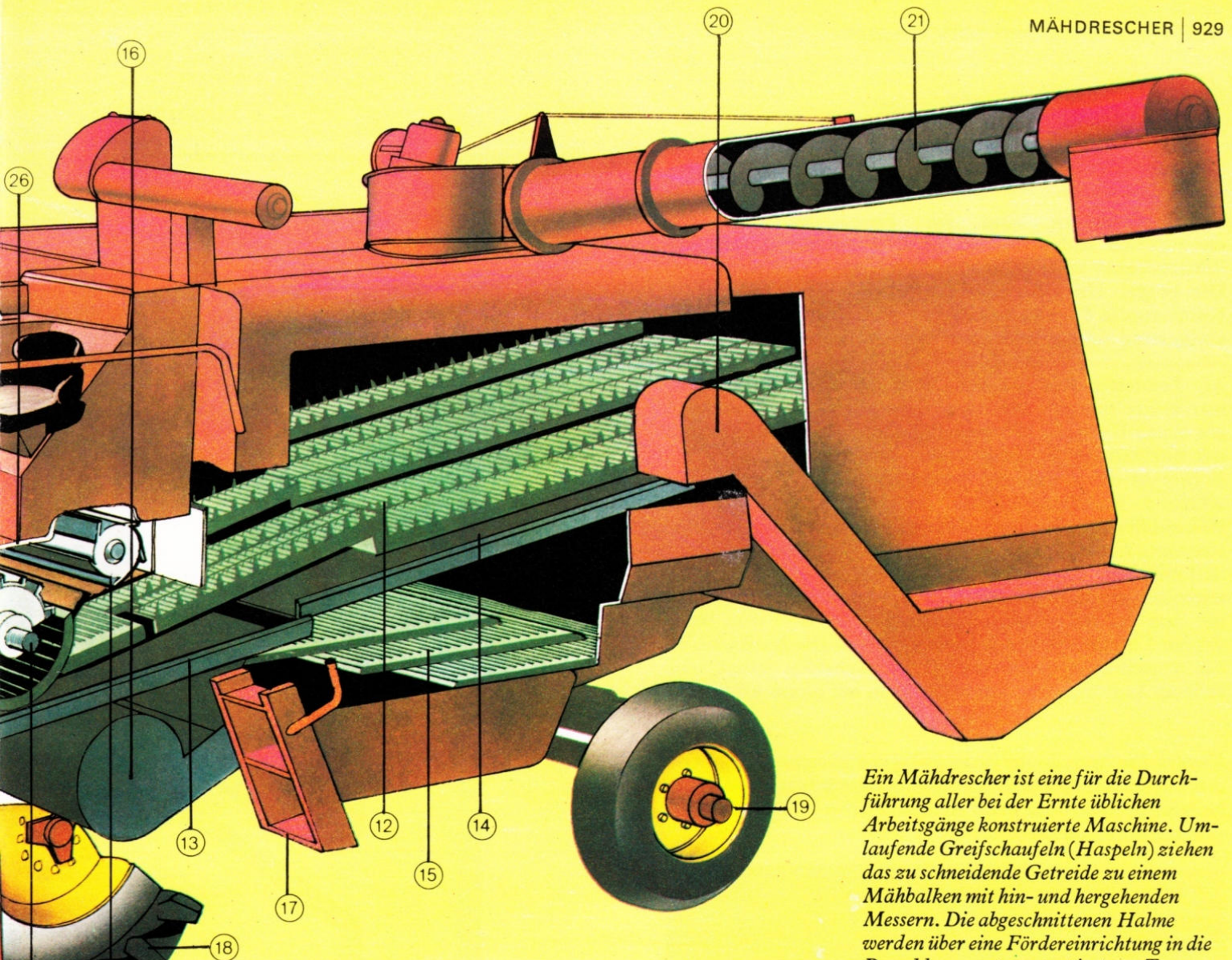
Rotierende Ährenhaspeln ziehen das Getreide zu einem Mähbalken hin, dessen hin- und hergehende Messerstange



das Getreide kurz über dem Boden abschneidet. Es fällt auf den Schneidetisch (Mähdreschertisch) und wird durch Einzugschnecken zur Tischmitte geführt. Ein zentraler Kettenförderer nimmt das geschnittene Getreide auf und fördert es in das Innere der Maschine, wo das eigentliche Dreschen durch eine Trommel erfolgt. Diese Trommel ist ein offener Zylinder mit (außerhalb liegenden) Trommelbacken, der sich sehr schnell dreht und mit den Backen die Körner aus den Ähren herausreißt. Strohschüttler fördern das Stroh zum rückwärtigen Teil der Maschine, wo es ausgeworfen wird. Die Körner und die Spreu gelangen zum Körnertrieur. Dies sind Drahtsiebe mit unterschiedlicher Maschenweite, die Teile immer geringerer Größe durchlassen. Anschließend gehen die Körner zur Windfege; dort wird die Spreu (kleine Strohteilchen, Spelzen und andere Fremdkörper) ausgeblasen. Die einzelnen Körner befinden sich jetzt im Unterteil der Maschine. Von dort führt sie eine seitlich laufende Förderschnecke zu einem Kettenförderer, der sie in einen oben in

der Maschine befindlichen Kornbehälter transportiert. Eine weitere Schnecke in der Förderanlage kann die Körner aus dem Vorratsbehälter unmittelbar auf ein Transportfahrzeug fördern.

Ein moderner Mähdrescher besitzt einen Vorratsbehälter mit einem Fassungsvermögen von 12 bis 15 Zentnern. So kann man etwa eine halbe Stunde lang arbeiten, ehe die Körner in den Getreidesilowagen entleert werden müssen. Oft verwendet man aber einfach Ackerwagen, bei denen vorher das Getreide versackt werden muß. Bei stehendem Getreide kann unter guten Bedingungen ein Mähdrescher 10 ha am Tag abernten, wobei der Ertrag um etwa 4 t/ha bis 5 t/ha liegt. Da in unseren Breiten die Erntezeit sehr kurz ist, werden Hochleistungsmaschinen benötigt. In der Bundesrepublik liegt die Motorleistung eines Mähdreschers bei 75 kW (etwa 100 PS) oder leicht darüber. Die erforderliche kW-Leistung hängt von der Anzahl der mitbetriebenen Maschinen ab. Mähdrescher, die das Stroh vor dem Aus-



- 11 Kleine Trommel
- 12 Strohschüttler
- 13 Kornbehälter
- 14 Strohsieb
- 15 Körnertrieur (Drahtsiebe)
- 16 Windfège

- 17 Aufstiegsleiter
- 18 Antriebsräder
- 19 Gelenkte Räder
- 20 Kaff-(Spreu-) gebläse
- 21 Entleerungsschnecke
- 22 Rohluftansaugstutzen
- 23 Motorhaube
- 24 Lenkrad
- 25 Scheinwerfer
- 26 Fahrersitz
- 27 Hydraulikhebel

Ein Mähdrescher ist eine für die Durchführung aller bei der Ernte üblichen Arbeitsgänge konstruierte Maschine. Umlaufende Greifschaukeln (Haspeln) ziehen das zu schneidende Getreide zu einem Mähbalken mit hin- und hergehenden Messern. Die abgeschnittenen Halme werden über eine Fördereinrichtung in die Dreschkammer transportiert, wo Trommelbacken das Korn auf einer mit hoher Drehzahl umlaufenden Trommel aus den Ähren reiben. Die Körner fallen durch eine Reihe von Sieben, wo die Spreu mit Luft ausgeblasen wird. Anschließend gelangen die Körner über eine Förderschnecke zum Vorratsbehälter. Strohschüttler werfen die Halme aufs Feld.

stoßen zerhackeln, benötigen etwa 20 kW (etwa 27 PS) mehr. Die Schnittbreite, die in Fuß gemessen wird, beträgt 6, meist 8, oft bis 12 Fuß (2 m, 2,5 m und 4 m). In größeren Ländern, wie in den USA und Kanada, wo die Zufahrt zu den Feldern einfacher ist, kann man mit größeren Schnittbreiten arbeiten. Es kann aber sein, daß der Ertrag wegen starken Regens und aus anderen Ursachen nicht so groß ist, daher braucht der Mähdreschertisch nicht unbedingt breiter zu sein.

Die größten modernen Mähdrescher haben für die verschiedenen Antriebe und die Lenkkraft-Unterstützung (Mähdrescher werden über die Hinterräder gelenkt) mitunter hydrostatische Flüssigkeitsgetriebe und oft auch eine klimatisierte Kabine, um den Fahrer vor Staub und starker Sonneneinstrahlung zu schützen. Zu den Anzeige- und Warneinrichtungen können akustische Signale für gerissene Keilriemen bei einem verstopften Strohauswurf oder bei Überhitzung des Motors gehören.

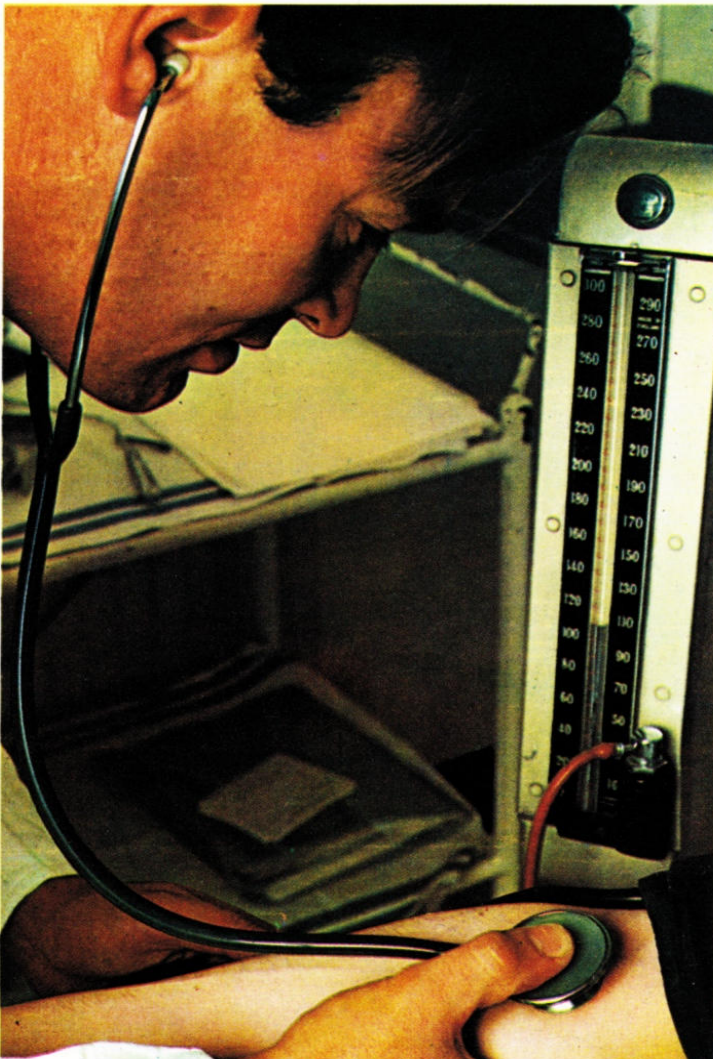


MANOMETER UND DRUCKMESSER

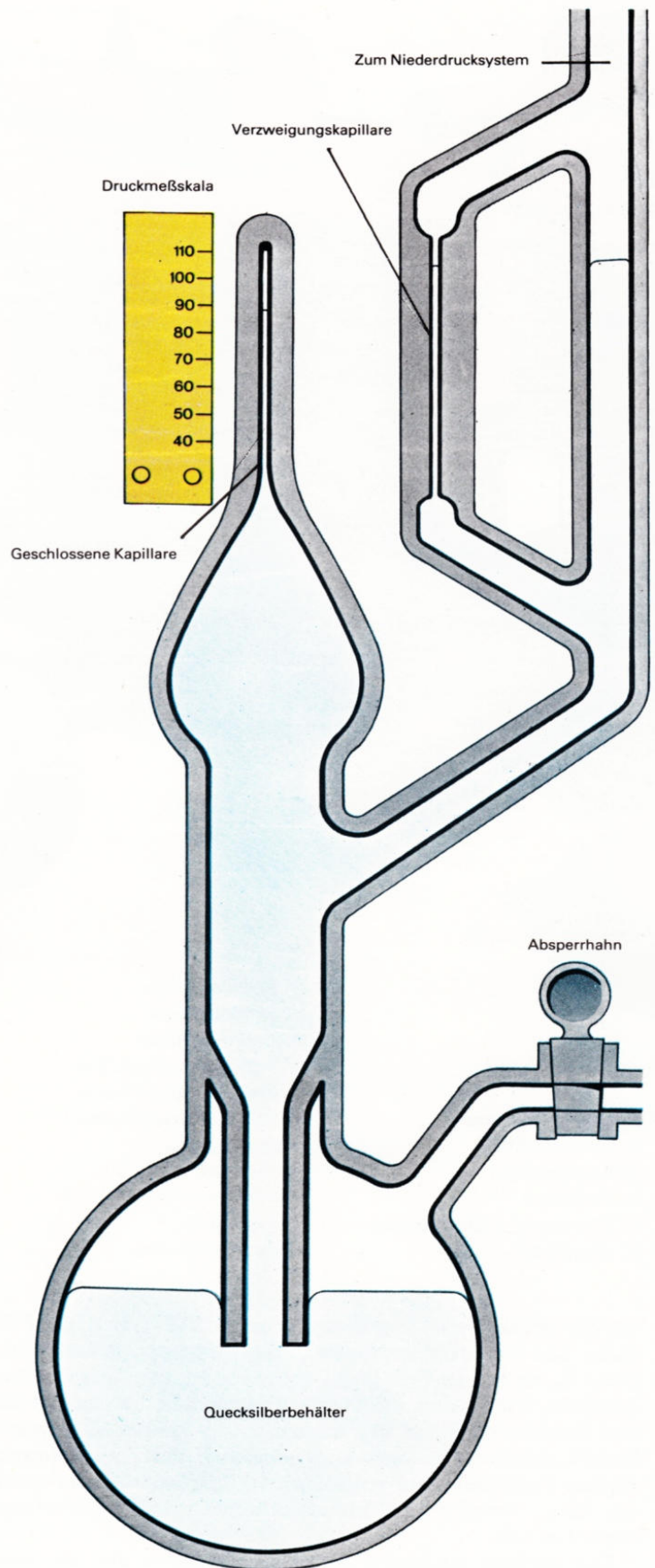
Druckmessungen sind im Flugdienst, bei der chemischen Industrie, in Kraftwerksanlagen und im Wetterdienst unerlässlich und von großer Bedeutung. Die Folgen eines falschen Meßwertes können zu einer Katastrophe führen, wenn beispielsweise eine Drucksteigerung im Kernreaktor unbemerkt bleibt.

Am leichtesten läßt sich der Druck mit einem Flüssigkeitsmanometer messen. In seiner einfachsten Form besteht es aus einem U-förmig gebogenen Glasrohr, das im allgemeinen mit QUECKSILBER gefüllt ist. Einer der beiden Schenkel des Rohres ist offen, während der andere an das System angeschlossen ist, dessen Druck gemessen werden soll. Die Höhendifferenz des Quecksilberstandes in beiden Röhrenschenkeln ist ein Maß für den Druck im zu messenden System, der mit dem äußeren Luftdruck verglichen wird. Es sei angenommen, daß die Höhe des Quecksilberstandes in der mit dem System verbundenen Röhre 10 cm über dem Stand des zur Luft hin offenen Schenkels beträgt. Die Anzeighöhe des Quecksilberstandes im offenen Schenkel hängt vom äußeren Luftdruck ab. Luftdruck kann mit einem BAROMETER

Unten: Ein Arzt, der mit einem Sphygmomanometer den Blutdruck in den Arterien mißt. Die Manschette wird aufgeblasen, bis kein Pulsschlag mehr in der Arterie zu hören ist. Der Druck wird von der Skala abgelesen.



KEN MOREMAN

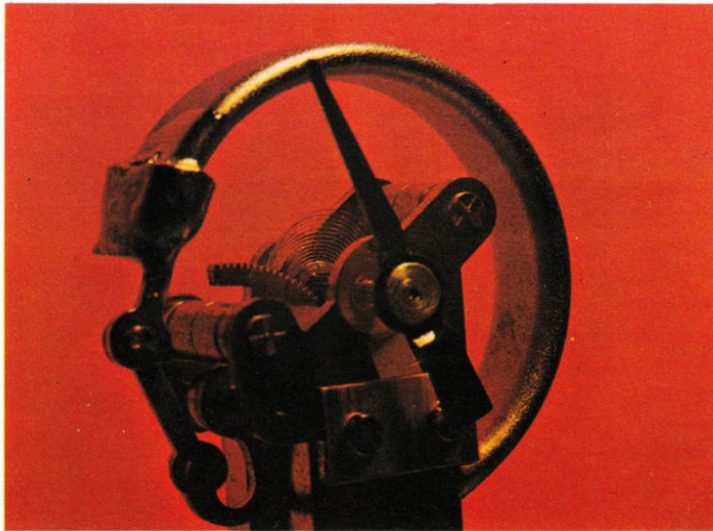


OSBORNE/MARKS

Oben: Ein McLeod-Druckmesser, der zur Messung sehr niedriger Drücke benutzt wird. Der Quecksilberstand in der Verzweigungskapillare wird mit dem Absperrhahn so lange eingestellt, bis er die gleiche Höhe wie der in der geschlossenen Kapillare besitzt. Dann liest man den Quecksilberstand der geschlossenen Kapillare von der Meßskala ab und hat den Druck des Systems ermittelt.

gemessen werden. Beträgt er 760 mm Quecksilbersäule, dann wird in unserem Beispiel das Quecksilber im anderen Schenkel 660 mm hoch stehen. Die Einheiten in Millimeter Quecksilbersäule (mm Hg) wurden früher bei Druckmessungen angewendet, besonders dann, wenn mit Manometern oder Barometern die Druckkraft bestimmt wurde. Heute müssen die Meßwerte in Newton pro Quadratmeter (N/m^2), in bar oder in Pascal (Pa) angegeben werden. Zur Umrechnung muß man wissen, daß 1 mm Quecksilbersäule gleichbedeutend mit 133,322 Pa sind und $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ ist. Ein bar wiederum hat 10^5 Pa .

Andere Druckmesser bestehen gewöhnlich aus einer mechanischen Meßwandlereinrichtung. Ein Meßwandler dient der Umwandlung von einer Energieform in eine andere. In Druckmeßgeräten enthält der Meßwandler ein druckempfindliches Element, das mechanisch mit einer Anzeigevorrichtung gekoppelt ist. Das druckempfindliche Element bewirkt eine Zeigerverstellung. Dieser Messung liegt ein elastisches Prinzip zugrunde, bei dem unter der Einwirkung des Druckes eine Verformung stattfindet, ähnlich der Ausdehnung eines Luftballons. Der Betrag der Verstellung ist von der Form, der Stärke und der Federkraft des Elementes abhängig, wenn gleiche Druckeinwirkungen vorausgesetzt werden. Der Zeiger führt um einen Mittelpunkt eine Drehbewegung aus, die in der Regel als maximalen Ausschlag einen Winkel von 270° erfaßt. Auf der Skala ist den Winkelwerten der entsprechende Meßwert zugeordnet. Manchmal arbeiten zwei oder drei Zeiger zusammen, damit die Anzeige genauer wird. Das vollständige Instrument sitzt in einem flachen, runden Gehäuse, das mit den entsprechenden Verbindungsrohren an das zu messende System angepaßt wird. Der angezeigte Druck



Oben: Ein Ionen-Druckmesser, der zum Messen extrem niedriger Drücke verwendet wird. Im Inneren: eine Katode.

Links: Der mechanische Aufbau einer Bourdon-Röhre (man sieht die C-förmige Röhre), deren oberes Ende geschlossen ist.

ist immer das Ergebnis einer Differenzbildung der Drücke zwischen den beiden Oberflächen des Fühlerelementes. Man unterscheidet drei Arten der Messung: die absolute Druckmessung; man bildet den Meßwert aus der Differenz eines Vakuumdruckes und des zu messenden Druckes; die relative Druckmessung, bei der die Differenz aus dem Luftdruck und dem zu messenden Druck gebildet wird, und dem Differenzdruckmeßverfahren, bei dem der Meßwert aus der Differenz zweier gemessener Drücke erhalten wird. Da zur relativen Druckmessung der Luftdruck herangezogen wird, ist dieses Verfahren gegenüber Luftdruckschwankungen empfindlich. Man muß zur exakten Bestimmung des Meßwertes Korrekturwerte einführen.

Die Bourdonröhre

Die Bourdonröhre wurde im Jahre 1850 von dem französischen Ingenieur Eugène Bourdon (1808 bis 1884) kon-

struiert. Es handelt sich um eine Röhre, die in einem Halbkreisbogen, ähnlich einem C, geformt ist. Wird ihr Inneres von einem Medium durchflossen, ändert sie ihre Form, indem sie sich entsprechend den Druckverhältnissen aufrichtet, denn ihr oberes Ende ist verschlossen. Dadurch wird eine Zeigerverstellung verursacht. Geräte mit einer Bourdonröhre lassen sich universell einsetzen. Man findet sie deswegen häufig in Druckmeßanlagen. Es sind auch andere Röhrenformen üblich: Spiralen, Schneckenlinien oder verwinkelte Drehungen. In allen Fällen besitzt die Röhre einen ovalen Querschnitt als wichtigste Voraussetzung für eine große Empfindlichkeit und Linearität innerhalb des Meßbereiches. Würde die Röhre einen runden Querschnitt besitzen, wäre ihr Widerstand gegen mechanische Verformung zu groß.

Membranen und Druckdosen

In Druckmessern anderen Typs besteht das druckempfindliche Element aus einer dünnen, kreisförmigen Metallmembran, auf deren eine Seite die zu messende Druckkraft wirkt und eine Wölbung der Metallfläche zur anderen Seite verursacht. In Abhängigkeit von der Stärke der Wölbung wird ein Zeiger verstellt. Man erhält eine lineare Meßskala, wenn dafür

gesorgt wird, daß die Wölbung, bezogen auf die Metalldicke, sehr gering bleibt. Als annehmbar gilt eine Verformung, die höchstens ein Drittel der Wanddicke betragen darf. Aus diesem Grunde benutzt man das System meistens in Verbindung mit elektronischen Meßwertumwandlern, die mit höchster Genauigkeit solch geringe Bewegungen aufnehmen und auswerten können.

Zur Vergrößerung des Ausschlages wird die Membran oft mit ringförmigen Riffelungen versehen. Noch besser ist es, eine Druckdose zu bauen, die man dadurch erhält, daß zwei geriffelte Membranen mit ihren Kanten verschweißt werden, so daß sich eine kreisförmige Kapsel ergibt. Damit erhöht sich nicht nur die Empfindlichkeit, sondern mit diesem Aufbau lassen sich auch die Probleme bewältigen, die dadurch entstehen, daß im Membranmaterial mechanische Gefügespannungen durch die Befestigung in einem starren Gehäuse auftreten.

Die Empfindlichkeit läßt sich noch weiter erhöhen, wenn man die Kapseln so aufbaut, daß mehrere als Kaskade hintereinandergeschaltet wirken können. Ein Gerät mit diesem Aufbau heißt Aneroidbarometer. Es gibt Aufbauten, bei denen zehn Kapseln zusammengefügt sind. Ihr Aussehen ähnelt einem zylindrischen Blasebalg, weshalb sie auch Balg genannt werden.

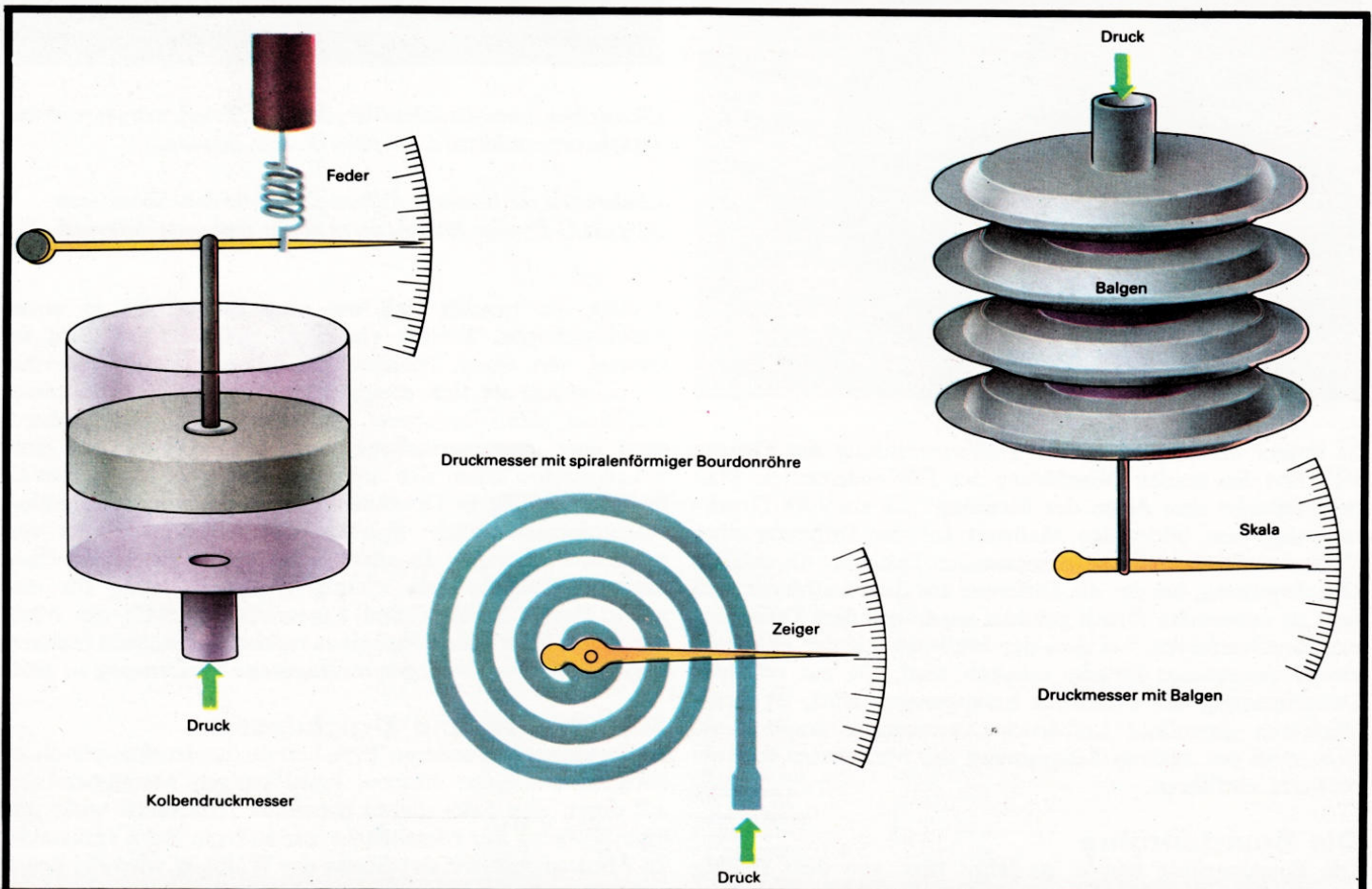
Anwendungen

Ein Beispiel für Manometer ist das von Riva Rocci erfundene Sphygmomanometer, das Ärzte zur Blutdruckmessung in den Arterien benutzen. Das Manometer wird über einen flexiblen Schlauch mit einer dehnbaren Manschette verbunden, die dem Patienten um den Oberarm gelegt wird. Die Manschette wird mit einer kleinen Handpumpe so lange aufgeblasen, bis der Druck erreicht wird, bei dem der Pulsschlag in einer Arterie im Vorderarm unterhalb der Manschette unterbrochen wird. Ist dieser Punkt erreicht, liest der Arzt den Unterschied der Quecksilberspiegel des Manometers ab und hat damit den

arteriellen Blutdruck ermittelt. Eine ähnliche Methode wird zur Messung des Blutdruckes in den Venen herangezogen. Allerdings wird dabei statt der Manschette ein dehnbare Gummibeutel verwendet, auf dessen Oberfläche eine Glasplatte befestigt ist. Der Beutel wird über einer Vene angebracht und so lange aufgeblasen, bis sie sich zusammendrückt. Am Manometer läßt sich dann der Druck ablesen.

In den Forschungslaboratorien und in der Industrie laufen Prozesse oft unter sehr niedrigen Drücken ab. Zur Messung von Drücken in solchen Systemen, die bis hinunter auf 0,133 Pa (früher ein Tausendstel mm Hg) gehen, wird der McLeod-Druckmesser eingesetzt. Dieses Meßgerät besteht aus einem geschlossenen Gefäß, in dem sich Quecksilber befindet. Das Gefäß ist einmal über eine Röhre mit einer Kammer verbunden, deren Volumen bekannt ist. In dieser Kammer befindet sich am oberen Ende eine geschlossene Glaskapillare, ein Röhrchen mit einem außerordentlich kleinen Innendurchmesser. Eine weitere Röhre verbindet das Gerät mit dem System, dessen Druck gemessen werden soll. Die zum System führende Röhre ist mit einer zweiten Kapillare überbrückt, die nahezu parallel zur geschlossenen Kapillare verläuft. Der Quecksilberspiegel in der zweiten Kapillare wird so lange durch Luftzufuhr in den Behälter verändert, bis er in gleicher Höhe mit dem Quecksilberspiegel der geschlossenen Kapillare liegt, deren Quecksilberstand dann als Meßwert den Druck angibt, der in dem System vorherrscht.

Unten: Die aktiven Elemente dreier verschiedener Druckmessertypen. Der linke Druckmesser arbeitet mit einem Kolben. Dieser Typ ist heute veraltet. Das mittlere Gerät besitzt eine spiralförmig gebogene Bourdonröhre, die über die angelegten Druckkräfte aufgebogen wird. Das rechte Gerät arbeitet mit Balgen, die sich unter Druckeinwirkung ausdehnen und somit den Zeiger verstellen.



MARGARINEHERSTELLUNG

Margarine wurde ursprünglich als billiger Butterersatz hergestellt, inzwischen aber ist sie ein wichtiges eigenständiges Nahrungsmittel, und ihre Produktion ist zu einem komplexen und sorgfältig kontrollierten industriellen Großverfahren geworden.

Die hohen Butterpreise in Frankreich in der Zeit vor dem Deutsch-Französischen Krieg 1870/71 veranlaßten Napoleon III., einen Wettbewerb zur Entwicklung eines billigen und nicht leicht verderblichen Ersatzes für Butter zu veranstalten. Dieser Butterersatz sollte dazu verwendet werden, den Fettmangel in den Bevölkerungsschichten mit niedrigem Einkommen zu vermindern und die Streitkräfte mit Fett zu versorgen. Den Wettbewerb gewann im Jahre 1869 Mège Nourière, der einen Butterersatz herstellte, indem er eine Emulsion aus entrahmter Milch (wäßrige Phase), dispergiert in Rinderfett (Ölphase), bildete, die man anschließend durch Abkühlen fest werden ließ und einer Behandlung zur Verbesserung der Struktur unterzog. Das Erzeugnis wurde



BARNABY'S

Den Grundstock für die Margarineherstellung bildet Öl. Heute neigt man aus gesundheitlichen Gründen zur Verwendung von pflanzlichen Fetten wie z.B. Sonnenblumenöl, oben rechts im Bild, Öl aus Maiskolben (oben) und Kokosöl (rechts).

wegen des Perlenglanzes der Fettkristalle 'Margarine' genannt, ein Name, der von dem griechischen Wort für Perle — margarites — stammt.

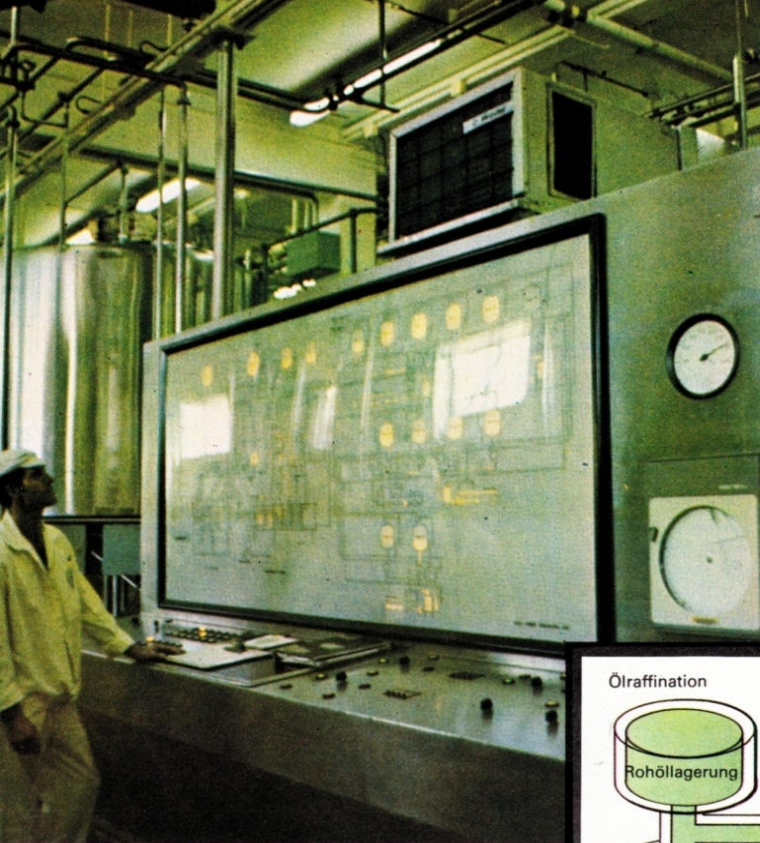
Ölmischung

Das Grundprinzip der Margarineherstellung ist zwar noch das gleiche, aber die Margarine hat sich inzwischen als eigenständiges Nahrungsmittel voll und ganz durchgesetzt. Der Hersteller benötigt für die Ölmischung eine ganze Reihe von Pflanzenölen (zum Beispiel Palmöl, Erdnußöl, Kokosöl, Sonnenblumenöl, Baumwollsaamenöl und Sojabohnenöl), von tierischen Fetten (Schweinefett) und von Fischölen (zum Beispiel Herings- und Sardinenöl).

Bevor die Öle vermischt werden können, müssen sie gereinigt werden. Die erste Reinigungsstufe ist die Ölraffination, bei der Verunreinigungen wie Kohlehydrate, Proteine, Phospholipide und Harze entfernt werden. Das Öl wird mit 5% Wasser auf etwa 90°C erhitzt, so daß die Verunreinigungen



hydratisiert werden und einen ö unlöslichen Harzrückstand bilden, der durch Zentrifugieren abgetrennt werden kann. Bei der nächsten Reinigungsstufe wird das Öl neutralisiert, um freie Fettsäuren zu entfernen, die den Geschmack beeinträchtigen und als Ergebnis von Oxidation Ranzigkeit hervorrufen würden. Die Neutralisation wird oft in 25-Tonnen-Mengen durchgeführt, und zwar durch Behandlung mit Atznatronlösung (Natriumhydroxidlösung) bei 75°C bis 96°C über einen Zeitraum von 30 Minuten. In diesem Zeitraum verbinden sich die freien Fettsäuren mit dem Ätznatron und bilden eine Seife, die man abfließen lassen kann. Nach der Seifenabtrennung wird das neutralisierte Öl mit Wasser gewaschen und unter Vakuum getrocknet.



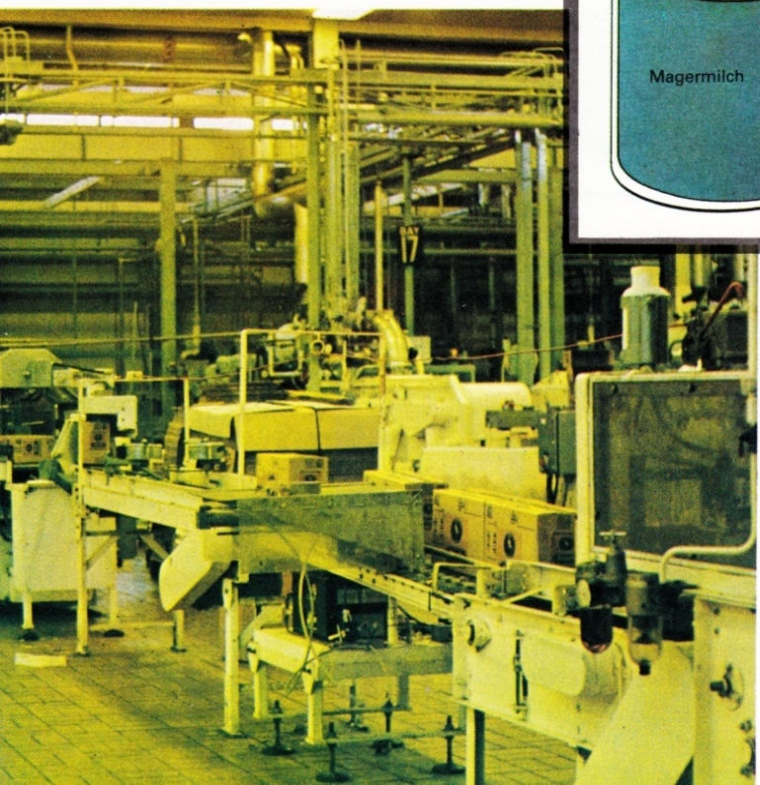
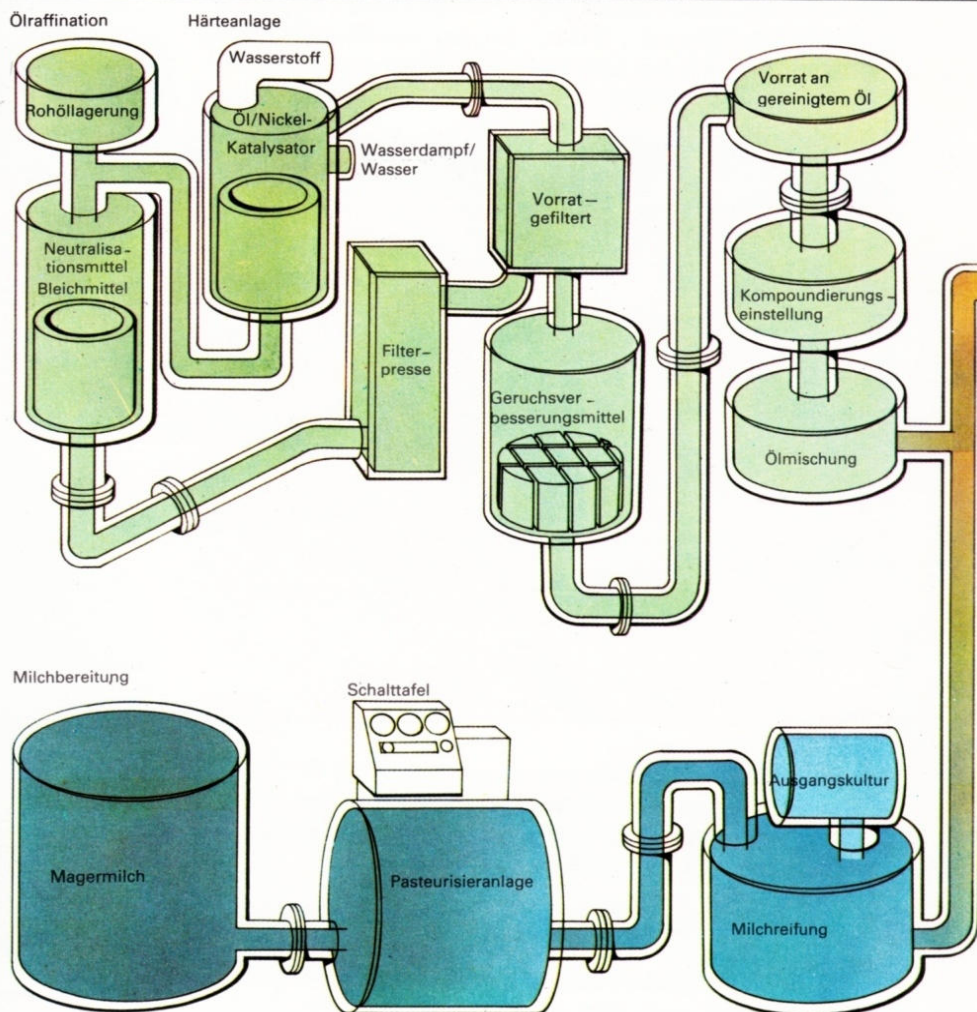
VAN DEN BERGHS

Im Öl befindliche Farbstoffe wie Karotinoide und Chlorophyll werden durch Bleichen mit 1%iger Bleicherde (eine Form von Ton) in Rührgefäßen, die man auf Temperaturen von 90°C bis 110°C hält, entfernt. Der Bleichvorgang erfolgt unter Vakuum über einen Zeitraum von 10 bis 60 Minuten, was von der Menge der ursprünglich in dem Öl enthaltenen Farbstoffe abhängt. Wenn das Verfahren beendet ist, wird die Bleicherde entfernt, indem das Gemisch durch eine Filterpresse (Platte und Rahmen) geleitet wird.

Hydrierung

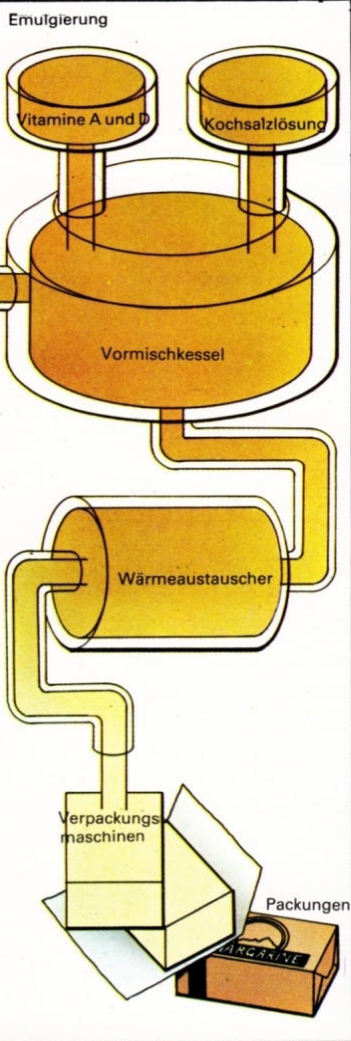
Ungesättigte Öle enthalten weniger Wasserstoffatome als gesättigte Öle, daher schmelzen sie bei niedrigeren Temperaturen. Sie sind auch instabil und neigen eher dazu, sich zu zersetzen. Der Schmelzpunkt kann durch gesteuerte Hydrierung (Zusatz von Wasserstoffatomen zu dem Molekül)

Rechts: Eine schematische Darstellung, die die verschiedenen Stufen der Margarineherstellung zeigt: Ölraffination, Milchbereitung und Emulgierung. Die Raffination führt zu Ölen, die rein und frei von Geschmack und Geruch sind. Die Raffination umfaßt die Hydrierung, die Neutralisierung und das Bleichen sowie die anschließende Filtrierung. Oft werden Öle hydriert, um den Schmelzpunkt zu erhöhen. Nach der Geruchsverbesserung werden die Öle gemischt. Die Milch, die wäßrige Phase, wird pasteurisiert und dann mit Bakterien beimpft, um Geschmack und Säuregehalt zu verleihen. Öl und wäßrige Phasen werden vor der Emulgierung mit Zusätzen gemischt.



mit einem Nickelskatalysator bei 180°C und einem Druck von 3 bar erhöht werden. Dieses Verfahren ist besonders wichtig für die Modifizierung von Fischölen, die stark ungesättigt sind. Der Schmelzpunkt eines Öles kann auch durch ein Umesterungsverfahren verändert werden, wobei die Molekularstruktur der Ölbestandteile umgestellt wird. Hydrierung und Umesterung führen zu Nebenprodukten, die durch Neutralisierung und Bleichen entfernt werden müssen.

Die Geruchsverbesserung ist die letzte Stufe bei der Bereitung des für die Mischung bestimmten Öls. Alle flüchtigen Aromastoffe, die zur Verschlechterung des Ölgeschmacks führen könnten, werden durch Wasserdampfdestillation entfernt. Bei diesem Verfahren wird das Öl auf eine Temperatur von 180°C erhitzt und Wasserdampf durch das Öl geleitet,



OSBORNE/MARKS

1. Misch tanks für Margarineherstellung, wo Molke, Salz und Wasser der Ölmischung beigegeben werden.

2. Die Verpackung der Margarine am Fließband.

3. Die fertig verpackte Margarine kommt vom Fließband.

4. Ein Lagerraum einer Margarinefabrik, der computer-gesteuert ist.



wobei der Druck von nur 0,003 bar gehalten wird, um eine Oxidation des Öls zu verhindern.

Die Mischung des gereinigten Öls hängt von der Art der herzustellenden Margarine ab. Speisemargarine muß in einem großen Temperaturbereich streichfähig sein und im Mund noch leicht schmelzen können. Zur Erzielung eines guten Schmelzbereichs kann eine Mischung aus flüssigem Öl und hartem Fett verwendet werden.

Wäßrige Phase

Der Wassergehalt von Margarine ist nicht höher als 16%. Er ist auf die wäßrige Phase zurückzuführen, d.h. eine Mischung aus Kultur-Magermilch (mit Bakterien 'gereifte' Milch zur Entwicklung von Geschmack und Säuregehalt), Magermilch, Kochsalzlösung und Wasser.

Die im Herstellerbetrieb ankommende Magermilch wird bei 75°C 30 Minuten lang pasteurisiert, um unerwünschte Bakterien zu entfernen. Wenn mit der Milch eine Kultur angelegt werden soll, wird sie auf 22°C gekühlt, andernfalls wird sie bei 5°C gelagert. Das Anlegen einer Kultur erfolgt durch die Beimpfung der Milch mit Streptococcus lactis-Bakterienstämmen, die die Milchlaktose in Milchsäure und andere kurzkettige organische Säuren umwandeln. Im ersten Stadium des Reifens werden 20 Liter pasteurisierte Magermilch in einer Kanne mit der Kultur geimpft, worauf man das Ganze 24 Stunden lang reifen läßt. Diese Milch wird dann in einen Kessel mit mehreren Tausend Litern Milch gegeben, um bei einer gesteuerten Temperatur von 22°C über etwa den gleichen Zeitraum zu reifen, damit sie den richtigen Geschmack erhält. Nach dem Prozeß des Reifens wird die Kultur-Milch auf 5°C abgekühlt und mit Magermilch, Wasser und Kochsalzlösung gemischt, so daß die fertige Margarine einen Salzgehalt von 1% bis 2% hat.

Ölphase

Es ist gesetzlich festgelegt, daß die Ölmischung eine Reihe von Bestandteilen enthalten muß, bevor sie mit der wäßrigen Phase emulgiert werden kann, wobei die typischen Werte 23 bis 27 internationale Einheiten (IU = International Units) Vitamin A pro Gramm Margarine und 2,8 IU bis 3,5 IU Vitamin D pro Gramm Margarine betragen. Diese wurden der Ölmischung gewöhnlich in Form von Konzentraten der Fischleber oder des Palmöls zugesetzt. Heute werden synthetische Präparate verwendet.

Es werden auch Emulgatoren beigegeben, um die Wasser-in-Öl-Emulsion zu stabilisieren, sobald sie mechanisch gebildet wurde. Dazu verwendete man gewöhnlich Eigelb. Da aber Eigelb gegenüber Mikrobenbefall anfällig ist, wurde es durch Monoglyzeride (Ester einer organischen Säure und des Alkohols Glycerin) und Lecithin (eine organische Verbindung, die einem Fett ähnlich ist) in Mengen bis zu 0,5% ersetzt. Schließlich werden noch einige der in der Butter vorkommenden Bestandteile zugesetzt um den Geschmack zu verbessern.

Emulgierung und Strukturbildung

Abgemessene Mengen des Öles und der wäßrigen Phase werden gemischt und zu einer Emulsionspumpe geleitet, die das Gemisch bei 38°C einem Wärmeaustauscher zuführt, wo es auf 10°C abgekühlt wird. Der Wärmeaustauscher ist ein mit Abstreichklingen versehenes Rohr, das mit etwa 1000 U/min rotiert. Die Kühlwirkung wird durch ein Ammoniakkältemittel erreicht, das in dem Wärmeaustauschergehäuse mit -18°C zirkuliert. Wenn die Emulsion kristallisiert, wird sie durch die rotierenden Klingen von den Wärmeaustauscherwänden abgekratzt und in ein Härterohr gepreßt. Hier entwickelt sich innerhalb von 2 Minuten die Struktur, bevor das Produkt herausgepreßt und verpackt wird.

MASCHINELLES LESEN

Langes Lesen macht müde. Die Konzentration läßt nach, insbesondere dann, wenn die Lektüre nicht interessant ist. Heute gibt es Maschinen, die mehrere Tausend Zeichen pro Sekunde ohne Ermüdung im 24-Stunden-Zyklus lesen können.

Maschinelles Lesen oder Zeichenerkennung nennt man einen automatischen Ablauf, bei dem Schreibmaschinentext oder handgeschriebener Text gelesen werden kann. Maschinen zur Zeichenerkennung dienen meist als Dateneingabegeräte bei Computersystemen. Da viele der Daten vom Menschen aufbereitet oder auch gelesen werden müssen, ist es erforderlich, daß sowohl der Mensch als auch die Maschine mit den gleichen Vorlagen arbeiten. Nach der traditionellen Methode wurden Daten von einem Bediener mit einem sogenannten Locher (siehe LOCHKARTENGERÄTE) auf Lochkarten oder Lochstreifen übertragen, die dann als Dateneingabemedium für den COMPUTER dienten. Dieses Verfahren ist teuer und fehleranfällig. Die großen Mengen anfallender Datenmengen führten schließlich zu Geräten für maschinelles Lesen.

Die Hauptteile eines Gerätes für maschinelles Lesen sind ein Transportsystem für die Vorlagen, das die Vorlage durch das Gerät bewegt, ein Abtaster, der das Papier abtastet und das Druckbild in elektrische Signale verwandelt, und ein Vorprozessor, der das Bild für den Erkennungsmechanismus aufbereitet. Im Erkennungsmechanismus wird die Entscheidung gefällt, welches Zeichen gerade 'gesehen' wird. Man kennt mehrere Möglichkeiten, die Zeichenerkennung zu realisieren. Welche Möglichkeit man wählt, hängt von dem Zeichentyp, der erkannt werden soll und von der Arbeitsgeschwindigkeit der Maschine ab. Bei dem im folgenden beschriebenen Gerät handelt es sich um eine optische Zeichenerkennung.

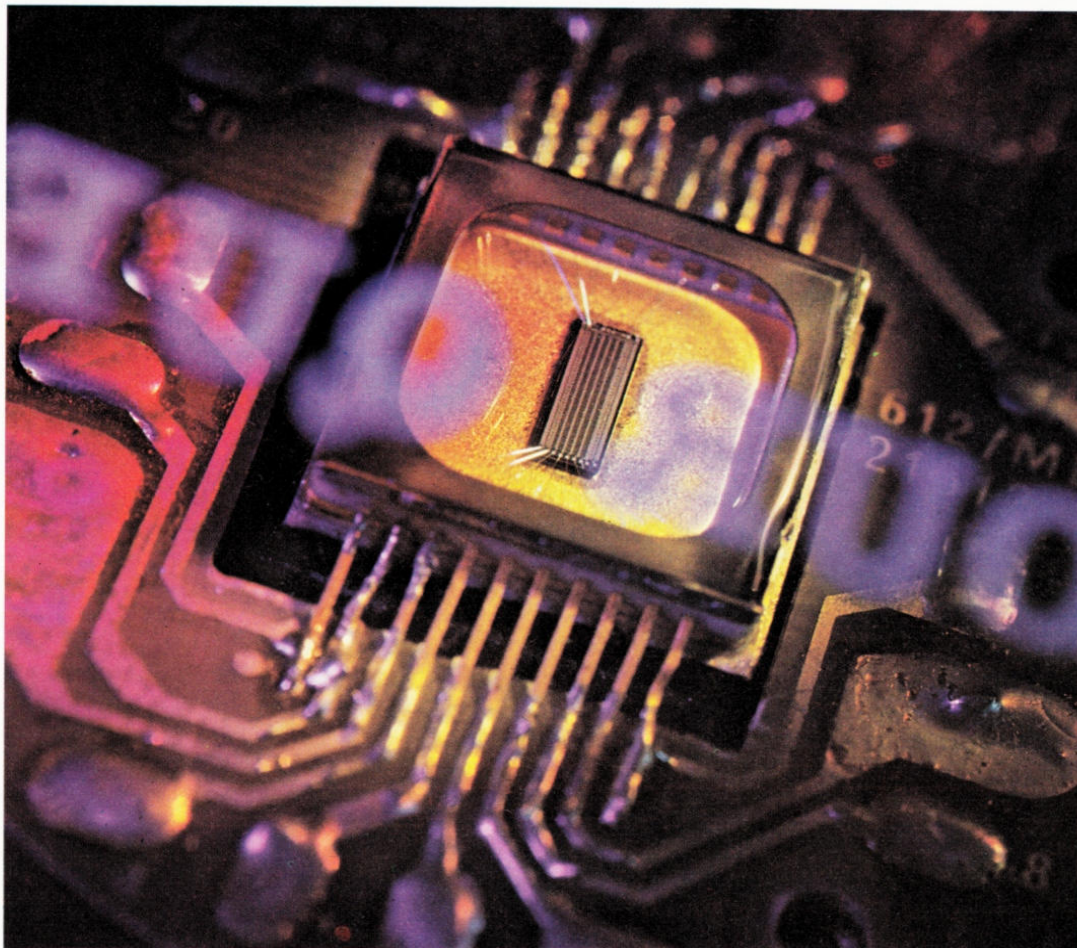
Vorlagentransport

Der teuerste Teil eines Zeichenerkennungsgerätes ist der Transportmechanismus für Vorlagen, die die gedruckte Information auf Papier, auf Karten, auf MIKROFILM oder auf Additionsrollen enthalten können. In Lesern, in denen die Vorlagen an einem fest angebrachten Abtastkopf vorbeigeführt werden, sind komplexe mechanische und pneumatische Systeme erforderlich, damit der Durchsatz des Gerätes — gemessen in Zeichen pro Sekunde — hoch ist. In Seitenlesern, in denen die Vorlagen während des optischen Abtastens nicht bewegt werden, kommt es nicht so sehr auf die Papiergeschwindigkeit an. Es treten aber Probleme beim Bewegen der einzelnen Vorlagen auf, da leicht eine Blockierung auftreten kann. Dies geschieht insbesondere bei Lochkartenlesern, FOTOKOPIERERN und ähnlichen Geräten. Kürzlich sind Zeichenerkennungsmaschinen auf den Markt gekommen, die einen Handlesekopf zum Abtasten benutzen. Solche Geräte setzt man ein, um Markierungen an Verkaufswaren in Supermärkten zu lesen.

Abtastungsgeräte

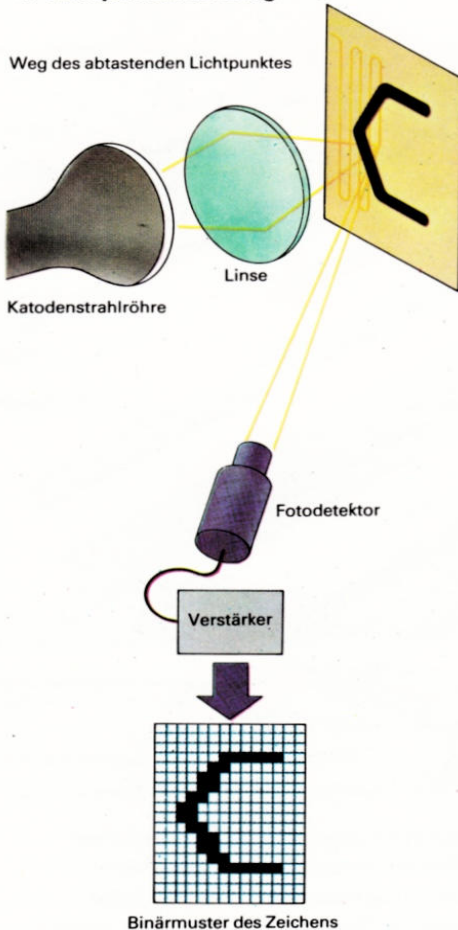
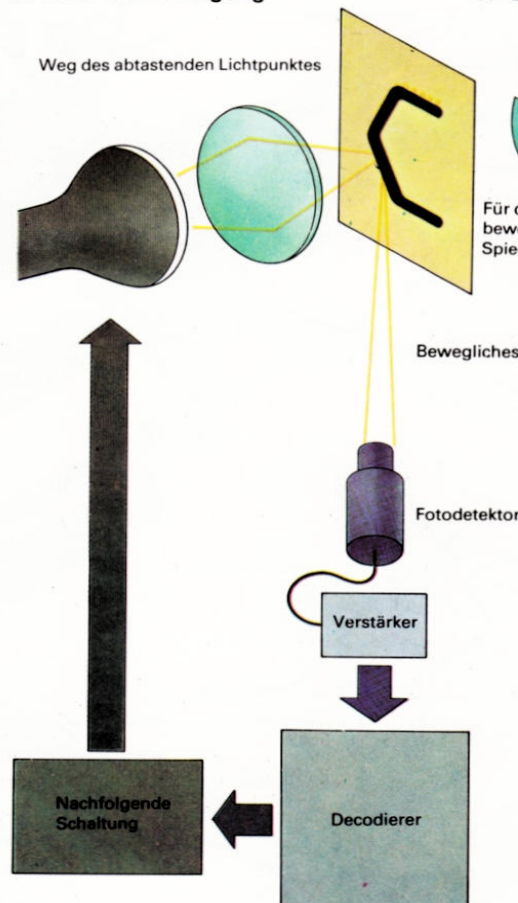
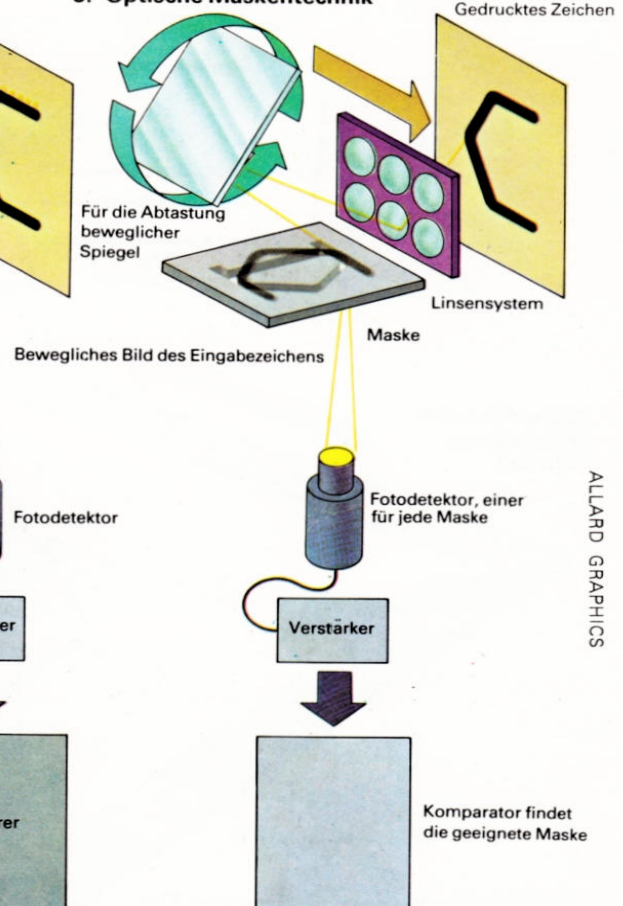
Das Abtastungsgerät dient dazu, das Druckbild auf dem Papier in ein leicht zu verarbeitendes, elektrisches Signal umzuwandeln. Die Art und Weise, wie dies geschieht, hängt von dem nachfolgenden Erkennungsverfahren ab. Das Zeichen kann durch einfallendes Licht, das durch einen engen Schlitz auf lichtempfindliche Detektoren (wie eine Fotozellenanordnung) fällt, beleuchtet werden. Alternativ können die Zeichen einzeln, in ähnlicher Weise wie bei einem Fernsehgerät, durch einen Lichtpunkt zeilenweise abgetastet werden. Das reflektierte Licht wird von einem lichtempfindlichen Detektor, im allgemeinen einer Fotovervielfacherröhre, gesammelt.

In beiden Fällen stellen die erzeugten elektrischen Signale die Helligkeitsunterschiede Punkt für Punkt auf dem Papier



Rechts oben: Das OCR-Verfahren. (1) Lichtabtastung: Der Lichtpunkt, der von einer Katodenröhre kommt, tastet das Zeichen durch eine Reihe von vertikalen Linien ab. Das reflektierte Licht wird von einem Fotodetektor empfangen und als binäres Bild gespeichert. (2) Konturenverfolgungstechnik: Ein Katodenstrahl bewegt sich über das Zeichen und stellt den äußeren Rand des Zeichens fest. (3) Optische Maskentechnik: Hier wird das Papier an Abbildungslinsen und an einem Spiegel vorbeigeführt. Das reflektierte Licht fällt auf eine Reihe von Masken.

Links: Das 'Auge' eines optischen Lesers. Es besteht aus 5 Zeilen mit vielen Fotodioden auf einem Siliciumchip. Die Zeichen werden durch eine Linse auf dem Fotodiodenbereich abgebildet. Die Ausgänge der einzelnen Fotodioden werden nacheinander 'abgefragt'.

1. Lichtpunktabtastung**2. Konturenverfolgung****3. Optische Maskentechnik**

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

0123456789

· , : ; = + / \$ % ' & |

' - { } % ? [\] ^ _

Ü Ñ Ä Ø Ö Å £ ¥

ABCDEFGHIH abcdefgh

IJKLMNOP ijklmnop

QRSTUVWXYZ qrstuvwx

YZ*+,-./ yz m Æ Ø æ

01234567 £ \$ % ; < % > ?

89 [@ ! # & ,]

(=) " ' ^ ~ `

Ä Ö Å Ñ Ü Æ Ø ↑ ≤ ≥ × ÷ ° ¢

dar. (Eine Näherung, die in einer Maschine verwendet wird, tastet das Zeichen in nichtgleichmäßiger Weise ab. Aber es verwendet den Ausgang von einem Detektor, um die Bewegung des Lichtpunktes zu steuern. Hierdurch kann der Lichtpunkt dazu veranlaßt werden, die Umrisse eines Zeichens abzutasten.)

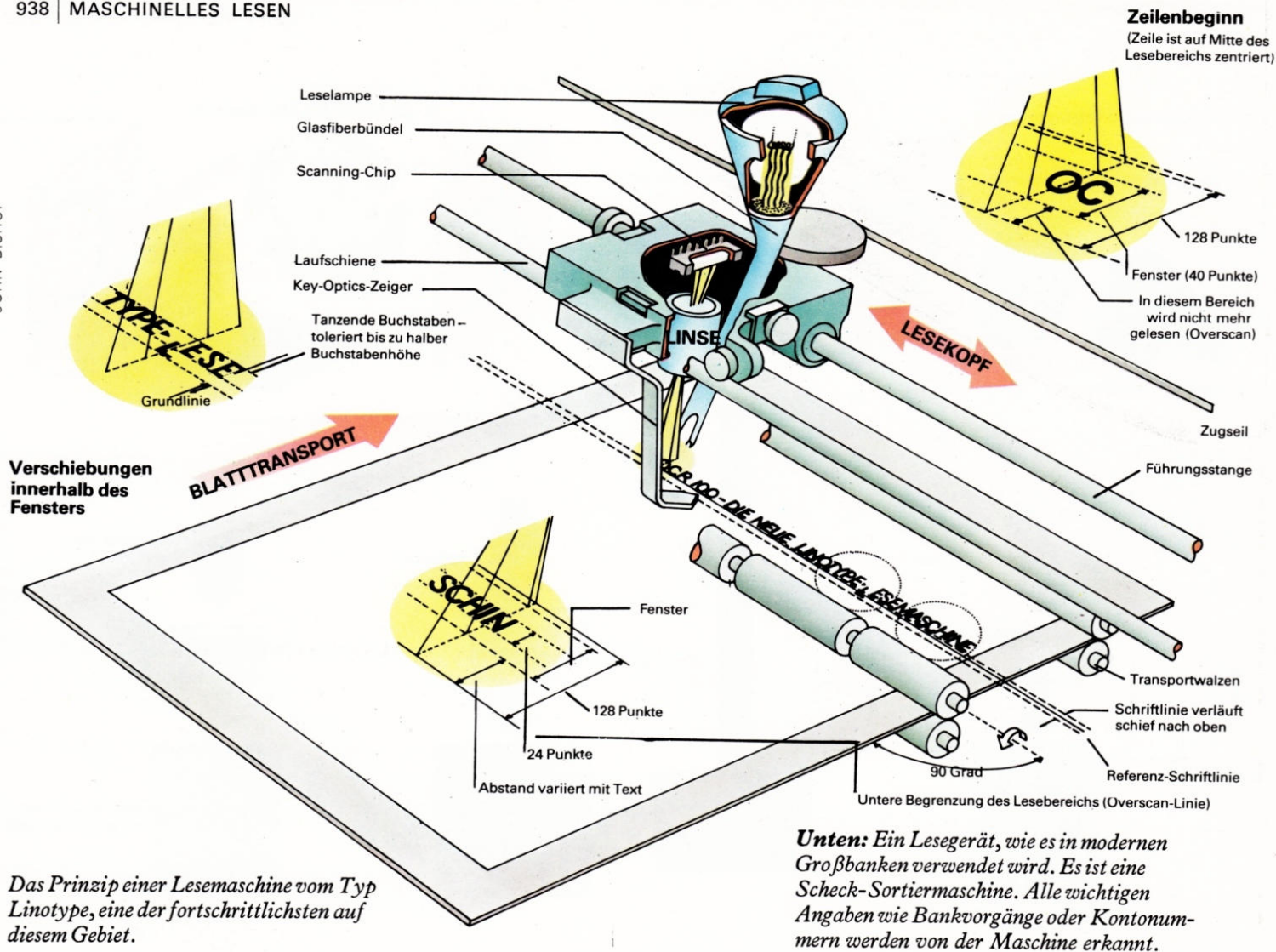
Vorprozessor

Praktisch enthält das Bild auf dem Papier viele Grautöne. Die nachfolgende Verarbeitung der Signale wird bedeutend erleichtert, wenn sie in den Dualcode, der nur zwei Zustände kennt, umgewandelt wird. Dies bedeutet, daß das Analogsignal, welches das Bild darstellt, entsprechend einem gewissen Schwellwert nur in Schwarz oder Weiß aufgeteilt wird. Hierdurch kann ein Zeichen erheblich verzerrt werden. Beispielsweise kann ein Schmutzfleck auf dem Papier stärker hervortreten als ein einwandfrei gedruckter Buchstabe. Ebenso kann eine fehlerhafte Druckeinrichtung Buchstaben tippen, die nicht in einer Zeile liegen. Es ist dann notwendig, die Stellung des betreffenden Zeichens und die eigentliche Position zur Kennzeichenerkennung zu erfassen. Dies ist nicht möglich, wenn sich nebeneinanderliegende Zeichen berühren. Diese Technik nennt man Vorübersetzung.

Zeichenerkennungseinheit

Das häufigste Verfahren zur Kennzeichenerkennung ist die Musterklassifizierung, von der eine Klassifikationsmethode die Punkt-für-Punkt-Zuordnung ist. Hier wird das erstellte Binärmuster eines Zeichens mit einem in den Computer eingespeicherten Binärmuster verglichen. Beim Vergleich wird

Links: Zwei Arten von Schriften, wie sie auf Formen und Dokumenten verwendet werden und vom optischen Lesegerät erkannt werden: OCR-A (oben) und OCR-B (unten).



Das Prinzip einer Lesemaschine vom Typ Linotype, eine der fortschrittlichsten auf diesem Gebiet.

ein gelesenes Zeichen als dasjenige Zeichen erkannt, das dem eingespeicherten Binärmuster am nächsten kommt. Ein Zeichen kann als nicht identifizierbar zurückgewiesen werden, wenn das eingespeicherte Binärmuster keine Übereinstimmung mit dem gelesenen Zeichen erzielt. Pro Sekunde können einige Tausend Zeichen erkannt werden. Die Begrenzungsgröße für die Geschwindigkeit ist der Transportmechanismus. Die Fehlerrate beträgt weniger als 1%.

Da bei handgeschriebenen Zeichen von Person zu Person große Unterschiede bestehen, kann das Punkt-für-Punkt-Verfahren nur dann angewendet werden, wenn man eine Art Normschrift vorschreibt oder eine Schreiberkennung vornimmt.

Arten der Zeichenerkennung

Wegen der Vielfalt der Schrifttypen kann man bei der Zeichenerkennung die Fehlerrate nur dann klein halten, wenn man sich auf wenige Schriften einigt. Es haben sich inzwischen international genormte Schriften eingebürgert, die man beim maschinellen Lesen einsetzt. Es gibt Maschinen, die nur eine Schriftfamilie erkennen. Andere Maschinen haben mehrere Schriftfamilien gespeichert, können aber jeweils nur eine Schriftfamilie, die angewählt werden kann, verarbeiten. Wieder andere Maschinen sind in der Lage, mehrere Schriftfamilien gleichzeitig zu lesen. Maschinen für eine Schriftfamilie dienen zur Überprüfung von Vorlagen, die immer mit dem gleichen Schrifttyp beschrieben sind. Maschinen, die mehrere Schriftfamilien gleichzeitig erkennen können, werden immer dann eingesetzt, wenn Vorlagen, die von verschiedenen Stellen kommen, in beliebiger Reihenfolge zu der Maschine gelangen. Als Verfahren für das maschinelle Lesen haben sich MICR (Magnetic Ink Character Recognition = Magnetische Zeichenerkennung), OCR (Optical Character Recognition = Optische



Zeichenerkennung), OMR (Optical Mark Recognition = Zeichenerkennung durch Markierung) und HNR (Hand Printed Numeral = Zeichenerkennung handgeschriebener Ziffern) durchgesetzt.

MICR

Hier werden stilisierte Zeichen benutzt, die mit Hilfe einer magnetischen Tinte auf Papier gedruckt werden. Die Zeichenerkennung ist äußerst einfach. Man kennt die Schriften CMC7 und E13B. Die Schrift CMC7 wird vorwiegend in Deutschland bei den Banken zum Lesen von Schecks eingesetzt. Die Schrift E13B ist zur internationalen Norm empfohlen und wird besonders in angloamerikanischen Ländern verwendet. Die CMC7-Zeichen bestehen aus 7 zum Teil unterbrochenen Vertikalstrichen gleicher Dicke mit zwei möglichen unterschiedlichen Strichabständen *e* (eng) und *w* (weit). Der zeicheninterne binäre Code wird durch die Strichabstände $e = 0$ und $w = 1$ gebildet. Magnetschriften haben den Vorteil, daß Verschmutzungen auf dem Papier zu keinen Fehlern führen.

OCR

Für die optische Zeichenerkennung kennt man zwei Klassen: OCR-A und OCR-B. OCR-A ist eine leicht stilisierte Schrift, während OCR-B eine normal aussehende Schrift ist. Die Abmessungen beider Schriften wurden bewußt unterschieden, damit beim Lesen der Schriften für jede Klasse eine eindeutige Zuordnung der Zeichen gegeben ist. Typische Anwendungen von OCR-Schriften sind z.B. Rechnungsbelege,

die vom Computer geschrieben werden. Bei der Abbuchung kann der Rechnungsbetrag unmittelbar vom Computer verarbeitet werden.

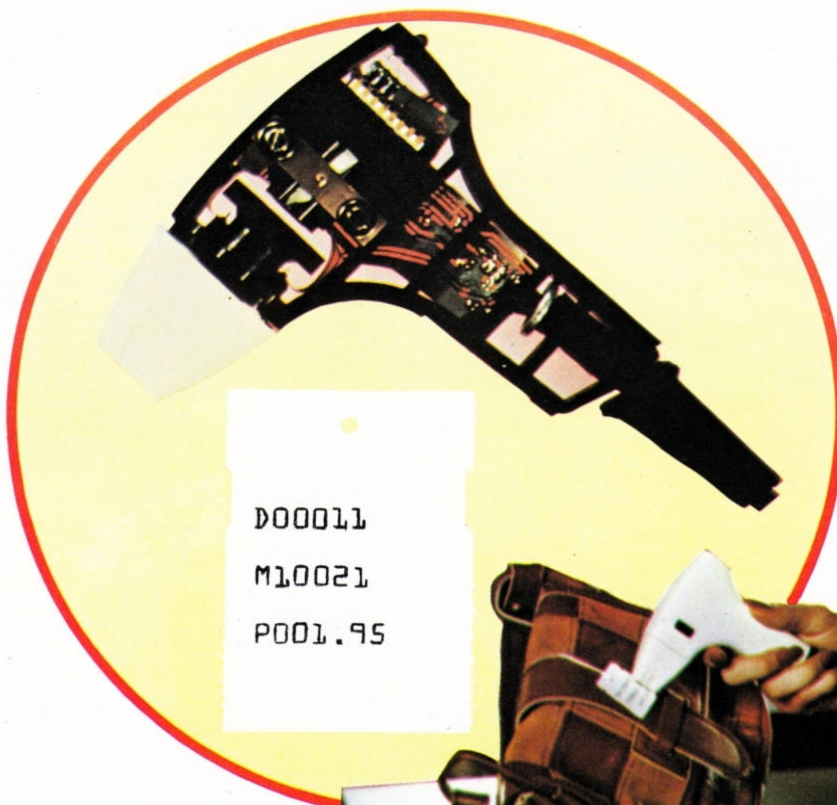
OMR

Bei diesem Verfahren werden keine alphanumerischen Zeichen gelesen, sondern mit einem Bleistift in bestimmten Feldern Markierungen angebracht. OMR-Maschinen waren die ersten Maschinen, die mit der Hand geschriebene Informationen verarbeiten konnten. Wie hoch die Fehlerrate von sogenannten Markierungslesern ist, hängt davon ab, wie genau die Markierungen plziert wurden. Sie werden dort eingesetzt, wo immer wiederkehrende Vorgänge auftreten. Ein Beispiel ist das Ausfüllen von Fragebogen nach einem fest vorgegebenen Schema.

HNR

Für die Eingabe von handgeschriebenen Belegen in den Computer muß ein fest vorgegebenes Schema eingehalten werden, da die Handschrift von Person zu Person unterschiedlich ist. Damit eine Vereinheitlichung erzielt werden kann und somit die Fehlerrate nicht zu hoch ist, kann man z.B. Schablonen benutzen, die tinteabstoßende Papierzonen haben. Es gibt heute Maschinen, die sowohl numerische als auch eine begrenzte Anzahl alphabetischer Zeichen lesen können, wenn die Zeichen sorgfältig mit der Hand geschrieben wurden.

Vergleiche COMPUTER



Ein Handlesegerät, wie es von Einzelhändlern verwendet wird. Angaben auf Preisschildern etc. von Waren werden von dem Gerät 'abgetastet' und dann in die Registrierkasse übertragen. Im kreisförmigen Einsatz: das Lesegerät im Querschnitt mit einem Schild der relevanten Daten der Ware.



MASCHINENPISTOLE

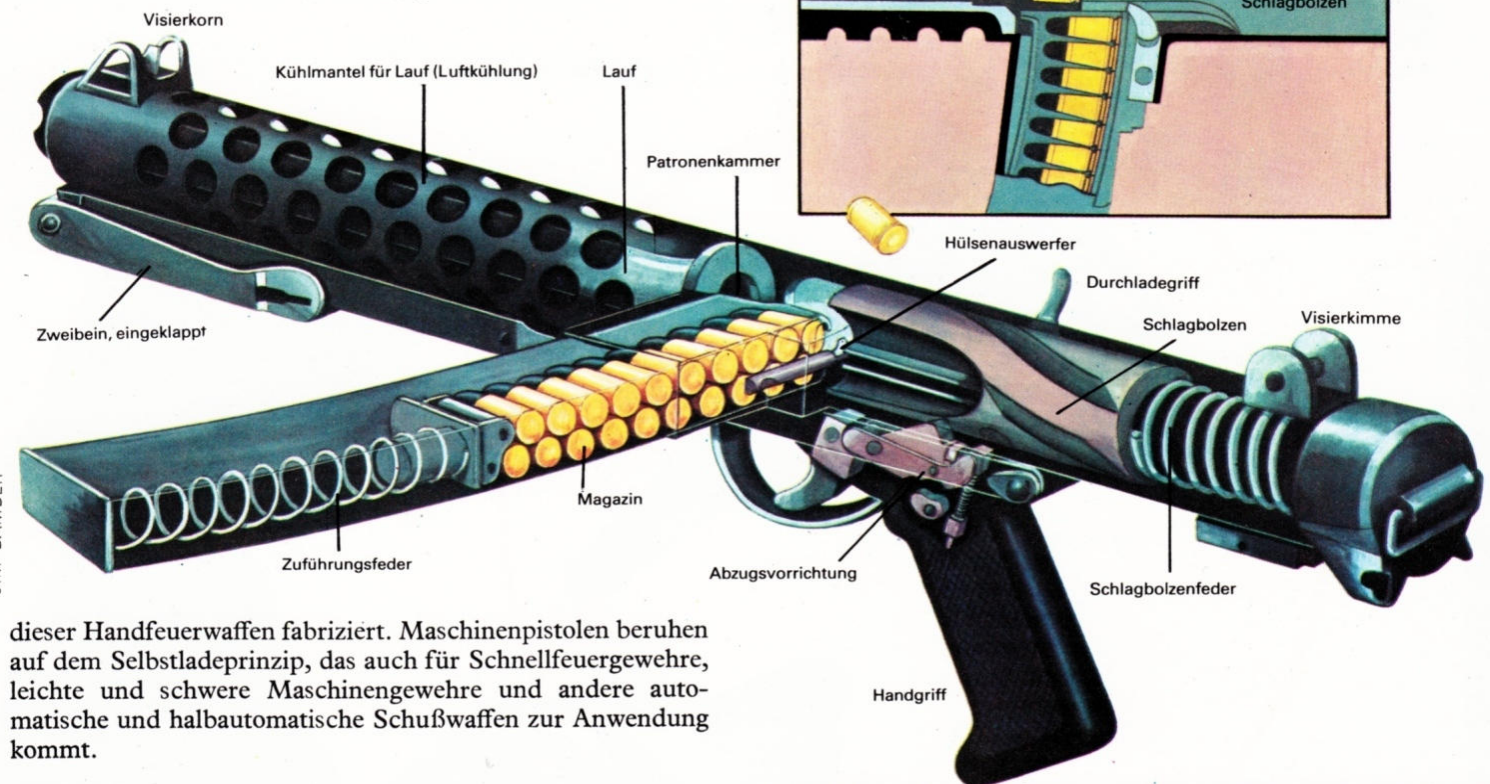
Die Maschinenpistole ist eine einfache und leicht zu bedienende automatische Handfeuerwaffe. Sie ist für den Einsatz auf kurze Entfernungen vorgesehen und für die moderne Kriegsführung unentbehrlich.

Die ersten Maschinenpistolen kamen während des Ersten Weltkrieges zum Einsatz. Es handelte sich bei ihnen um eine italienische Entwicklung, die unter dem Namen Villar Perosa bekannt war. Sie war ursprünglich als leichtes Maschinengewehr und Flugzeug-Bordwaffe mit hoher Feuergeschwindigkeit konzipiert. Für diese Zwecke wurde sie jedoch selten eingesetzt. Stattdessen wurde daraus bald eine Maschinenpistole für Einzelkämpfer, die auf kurze Entfernungen zum Feuerschutz eingesetzt wurde. Die waffentechnische Idee wurde von den Deutschen, die im Jahre 1918 eine Maschinenpistole vom Typ Bergmann herstellten, übernommen und ausgebaut. Als nächste Entwicklung auf diesem Gebiet gilt die Pistole vom Typ Thompson, die in den zwanziger und dreißiger Jahren durch Benutzung in den Verbrecherkreisen Amerikas bekannt wurde.

Der Zweite Weltkrieg gab dieser Waffentechnologie einen neuen und gewaltigen Anstoß. In seinem Verlaufe wurden viele Millionen Maschinenpistolen hergestellt. Darüber hinaus wurden seit dem Jahre 1945 viele weitere Millionen

den Verbrennungsgasen, die sich in der Patronenkammer gebildet haben, zurückgedrückt. Bis die Patronenhülse aus der Kammer ausgeworfen worden ist, kann auch der Abfeuerdruck aus dem Lauf entweichen; der zurückschnellende Schlagbolzen drückt die Schlagbolzenfeder zusammen. Am hinteren Ende des Verschlusses angelangt, wird er bis zum nächsten Abfeuern von dem Abzugstollen festgehalten, oder aber er schnell bei Dauerfeuer erneut nach vorne, und der zuvor beschriebene Ablauf des Schießens wiederholt sich.

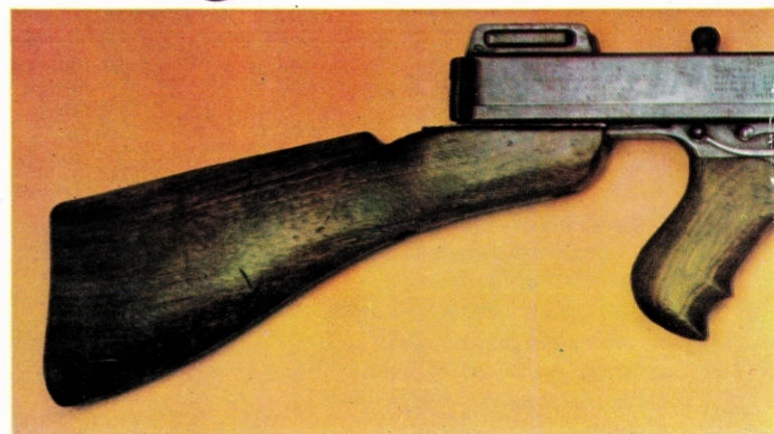
Nach diesem Prinzip funktioniert — mit wenigen geringfügigen Abweichungen — auch heute noch jede Maschinenpistole. Es dürfen nur Geschosse mit geringer Durchschlagskraft verwendet werden, da sonst ein stärkerer Schlagbolzen mit einer viel stärkeren Schlagbolzenfeder erforderlich wäre. Einige Hersteller haben ihre Anstrengungen auf einfach zu bedienende Verschlüsse konzentriert, andere versuchen, Verbesserungen durch Verringerung von Größe und Gewicht zu erzielen. Jeder Versuch, beide Vorteile zu vereinen, wirkt sich auf eine Maschinenpistole, die in der Herstellung einfach, billig und leicht sein muß, nachteilig aus. Die Maschinenpistole ist eine Handfeuerwaffe, die sich für den Nahkampf (Mann gegen Mann), wo Robustheit, Zuverlässigkeit und



dieser Handfeuerwaffen fabriziert. Maschinenpistolen beruhen auf dem Selbstladeprinzip, das auch für Schnellfeuergewehre, leichte und schwere Maschinengewehre und andere automatische und halbautomatische Schußwaffen zur Anwendung kommt.

Handhabung

Sämtliche Maschinenpistolen funktionieren nach dem Rückschlag- und Selbstladeprinzip. Sie haben in ihrem Schloß einen starken Schlagbolzen und eine kräftige Schlagbolzenfeder. Der Schlagbolzen wird von Hand mit dem Durchladegriff zurückgezogen und von einem Abzugstollen festgehalten. Während des Feuerns schnellert der Schlagbolzen nach vorne und führt eine Patrone aus dem Magazin in die Patronenkammer ein. Der Schlagbolzen hat eine gehärtete Schlagbolzenspitze, die auf das Zündhütchen der Patrone schlägt und sie zündet, nachdem die Schlagbolzenfeder den Schlagbolzen freigegeben hat. Das relative Masseträgheits- und Aufschlagkraftmoment des Schlagbolzens hält die Patronenhülse so lange in der Kammer zurück, bis das Geschoss den Lauf verlassen hat. Danach wird der Schlagbolzen von





Links und oben: Eine Maschinenpistole vom Typ Sterling, einfach und robust konstruiert. Sie arbeitet nach dem Rückschlagprinzip. Nach dem Abfeuern eines Geschosses wird dieses durch die sich schnell ausbreitenden Verbrennungsgase im Lauf vorwärtsgetrieben. Gleichzeitig werden Patronenhülse und Schlagbolzen zurückgedrückt. Die leere Hülse wird vom Hülsenauszieher gegen den Schlagbolzen gedrückt.

einfache Handhabung gefordert werden, eignen muß. Ihre maximale treffsichere Reichweite beträgt etwa 100 m; für Zielschießen ist die Maschinenpistole ungeeignet.

Munition

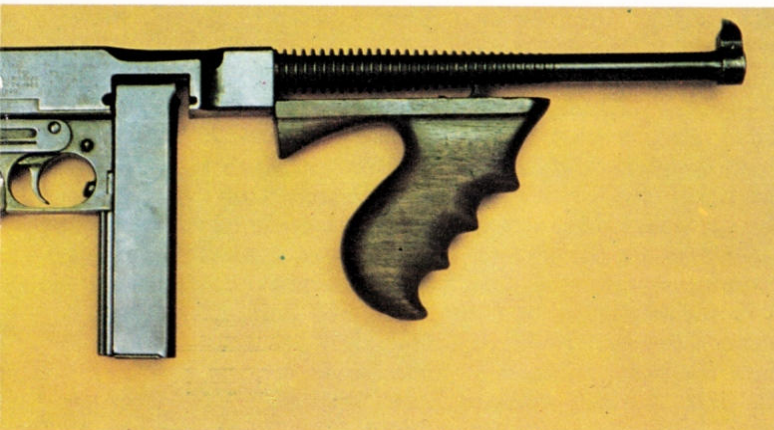
Maschinenpistolen schießen alle mit Pistolenmunition. Die amerikanische Thompson-Maschinenpistole wurde für die randlose 11,5-mm-Patrone hergestellt, die seit Beginn dieses Jahrhunderts als die gängige amerikanische Pistolenmunition gilt. Bei dieser Maschinenpistole wurde bis zum Zweiten Weltkrieg die Munition aus einem Trommelmagazin zu 50 Schuß von unten in die Patronenkammer eingeführt. Dieses Verfahren war aber umständlich, kostspielig und langwierig. Während des Zweiten Weltkrieges wurde das Trommelmagazin durch ein rechteckiges, kastenförmiges Magazin zu 20 Schuß ersetzt. Die Sowjets und ihre Verbündeten vereinfachten das Geschosßkaliber für ihre Pistolen auf 7,65 mm,

was zu einem günstigen und geringen Geschosßgewicht bei zufriedenstellend hoher Feuergeschwindigkeit führte. Die von ihnen während des Zweiten Weltkrieges eingesetzte Maschinenpistole vom Typ PPSH-41 hatte, wie auch die amerikanische Thompson, ein Trommelmagazin, jedoch mit 71 Schuß. Später wurde dieses Magazin ebenfalls durch ein vertikal angebrachtes, rechteckiges Magazin ersetzt.

Bei den ursprünglichen deutschen Entwicklungen befanden sich die Magazine an der linken Seite der Maschinenpistole, quer vor dem Körper des Schützen. Nur der im Jahre 1934 entwickelte Typ Bergmann hatte als einziger die Zuführung von rechts. Bei den späteren Entwicklungen erfolgte die Patronenzuführung von unten nach oben, wie das auch heute noch bei der Mehrzahl der neuzeitlichen deutschen Maschinenpistolen der Fall ist. Die Zuführung beim englischen Typ Sten erfolgt von links, desgleichen beim Nachfolgetyp Sterling.

Entwurf

Die ersten Maschinenpistolen wurden in traditioneller Gewehrform hergestellt. Sie hatten lange Holzschäfte, aus dem Vollen gearbeitete Körper, komplizierte Visiereinrichtungen und häufig lange Läufe sowie umständliche Abzugsvorrichtungen. Neuzeitliche Maschinenpistolen sind dagegen aus Werkzeugstahl bzw. Kunststoff gepreßt; Verschluß und Lauf sind in den meisten Fällen die einzigen Teile, die maschinell bearbeitet werden. Diese Maschinenpistolen sind preiswert in der Herstellung, sie kosten weniger als die Hälfte eines Gewehres, aber ihre Verwendungsdauer ist vergleichsweise kurz. Beinahe alle Ausführungen haben einklappbare Kolben; einige sind so kurz und gedrungen, daß sie zusammengeklappt nur wenig größer sind als eine normale große Pistole. Diese neuzeitlichen Handfeuerwaffen unterscheiden sich stark von denen, die von den amerikanischen Verbrecherringen in den zwanziger und dreißiger Jahren verwendet wurden, als die Thompson in dem zweifelhaften Ruf stand, die 'Chicagoer Schreibmaschine' des amerikanischen Verbrechers Al Capone und seiner Männer zu sein.



Links: Eine Maschinenpistole vom Typ Thompson. In ihrem Magazin befinden sich 20 Patronen. Die Feuerkraft dieser Pistole ist so groß, daß sie ihr Magazin in weniger als zwei Sekunden leerschießen kann.

MASSE UND GEWICHT

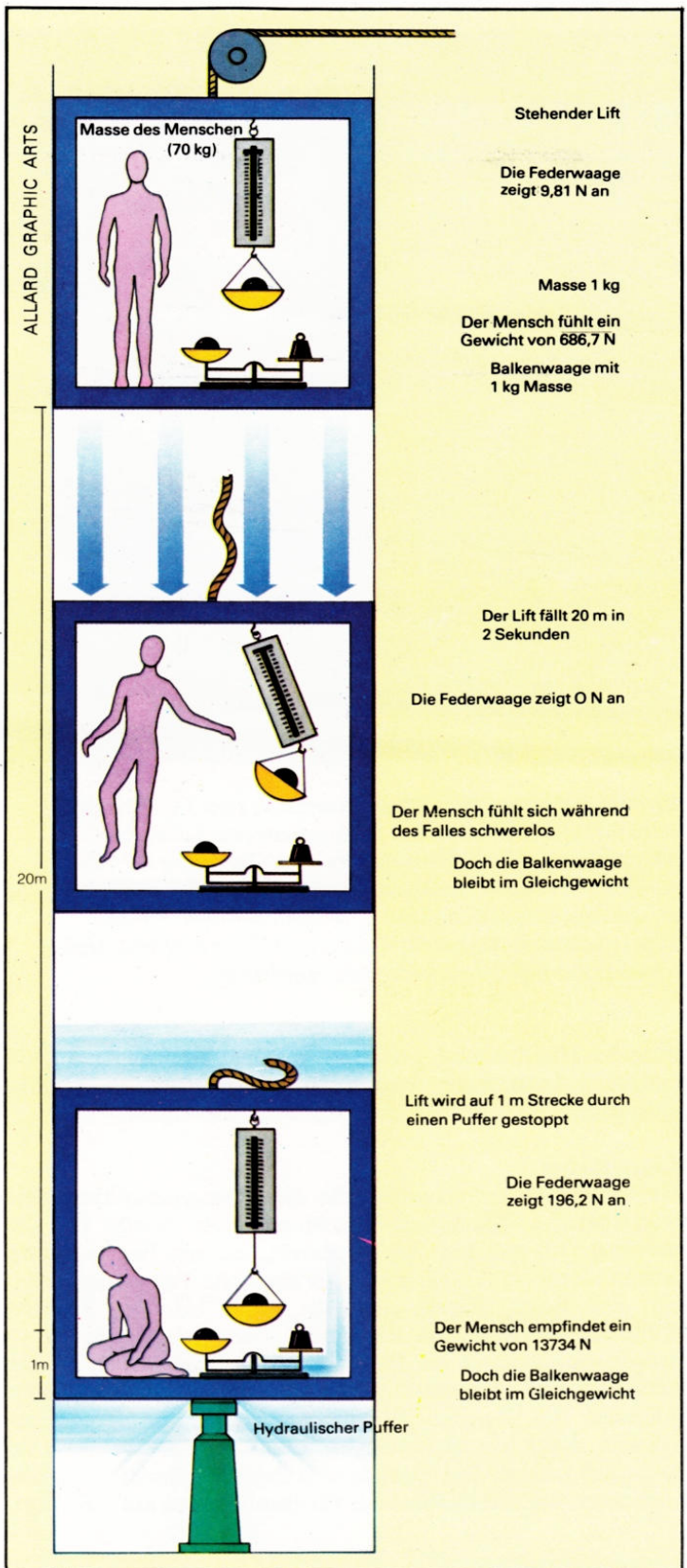
Naturwissenschaftler scheinen oft die Begriffe 'Masse' und 'Gewicht' austauschbar zu benutzen, obgleich ein bedeutender Unterschied besteht. Ein Astronaut wiegt auf dem Mond nur ein Sechstel seines irdischen Gewichtes und ist in einer Umlaufbahn gewichtslos, obwohl die Materiemenge seines Körpers — seine Masse — konstant geblieben ist.

Die Masse (korrekter die Ruhemasse) ist eine Eigenschaft jeder Materie und ist ein Maß des Widerstandes gegen eine beschleunigende Kraft. Zum Beispiel benötigt eine Kanonenkugel eine weitaus größere Antriebskraft, um mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit zu rollen, als ein Fußball. Dies ist auf dem Mond oder im Weltraum genauso wie auf der Erde.

Das Gewicht eines Objektes ist für die meisten Menschen ein vertrauter Begriff. Es ist die Kraft, die durch Massenanziehung (GRAVITATION) auf den Körper ausgeübt wird. Seine Größe kann nach dem zweiten Newtonschen Axiom (siehe NEWTONSCHE AXIOME) gefunden werden. Dies fordert, daß die auf ein Objekt wirkende Kraft — sofern die Masse konstant bleibt — gleich ist dem Produkt aus der Masse und der Beschleunigung, welche diese Kraft erzeugt. In einem Gravitationsfeld ist deshalb das Gewicht als Masse, multipliziert mit der Gravitationsbeschleunigung, gegeben. Auf der Erde ist die Beschleunigung durch Gravitation (bezeichnet durch g) etwa $9,81 \text{ m/s}^2$, das heißt in jeder Sekunde wächst die Geschwindigkeit eines fallenden Objektes um $9,81 \text{ m/s}$. Auf dem Mond ist die Gravitationsbeschleunigung nur ein Sechstel der Erdbeschleunigung g , und folglich ist das Gewicht auf dem Mond nur ein Sechstel des Gewichtes auf der Erde. Da das Gewicht eine Kraft ist, die durch Gravitation auf ein Objekt ausgeübt wird, ist die Kraft, die man benötigt, um dieses Objekt gegen die Erdanziehung anzuheben, gleich groß.

Rechts: Masse ist eine unveränderliche Eigenschaft der Materie; das Gewicht hingegen hängt von der Umgebung ab. Ein Mensch von 70 kg Masse fühlt im Ruhezustand auf der Erdoberfläche ein Gewicht von 688,7 N. Wenn er sich in einem frei fallenden Lift befindet, fühlt er sich schwerelos, bis die Kabine auf dem Boden auftrifft. Danach erzeugt die plötzliche Abbremsung eine zeitweilig große Gewichtszunahme. Während der gesamten Zeit bleibt jedoch die Masse gleich.

Links: Stroboskopische Aufnahme einer Scheibe, die eine Luftkissenfahrbahn hinabgleitet. Die Luftkissenfahrbahn zeigt eine leichte Neigung. Die Stroboskopblitze sind regelmäßig und zeigen, wie die Scheibe durch die Gravitationskraft beschleunigt wird.



Gewichtslosigkeit

Das Gefühl des Gewichtes wird durch den Boden erzeugt, der uns gegen die Wirkung der Gravitation hält. Es ist durchaus möglich, gewichtslos zu sein, wenn der Boden mit der gleichen Geschwindigkeit fällt. Zum Beispiel ist ein Mann in einem fallenden Fahrstuhl gewichtslos; er fühlt keine Kraft zwischen sich und dem Boden der Liftkabine, da beide nach unten beschleunigt werden und sich mit genau der gleichen Geschwindigkeit bewegen. Die hierdurch erreichte Zeitdauer der Gewichtslosigkeit ist naturgemäß sehr kurz; für nur 5 Sekunden müssen 120 Meter 'durchfallen' werden.

Eine die Erde umkreisende Raumstation befindet sich im freien Fall: Sie fällt stets zur Erde. Doch auf Grund ihrer großen Horizontalgeschwindigkeit ist ihre Bahnkurve ge-

krümmt. Die Bahn folgt der Krümmung der Erdoberfläche, so daß (im einfachsten Falle) die Raumstation in konstanter Höhe über dem Erdboden kreist. Ein Astronaut in der Station nimmt am freien Fall der Kapsel teil. Ebenso wie der Mann im Lift fällt er mit der gleichen Geschwindigkeit wie der Boden unter ihm; er erfährt Gewichtslosigkeit.

Gewichts- und Masseneinheiten

Masse ist eine primäre Materieeigenschaft, d.h. die Masseneinheit ist eine Grundeinheit und kann nicht aus anderen, grundlegenden Einheiten abgeleitet werden. Die Einheit der Masse ist durch den internationalen Kilogramm-Prototyp

ist. Unter der Kraft 1 N versteht man eine Kraft, welche der Masse 1 kg die Beschleunigung 1 m/s^2 erteilt. Da sich die Erdbeschleunigung auf der Erdoberfläche etwas ändert, unterliegt auch das Kilopond, je nach dem Ort, an dem es gemessen wird, leichten Veränderungen.

Waagen

Die Federwaage mißt das Gewicht eines Objektes dadurch, daß der Gravitationskraft eine gleich große Kraft durch die Dehnung der Feder entgegengesetzt wird. Daher ändert sich die Anzeige von Ort zu Ort mit der Gravitation.

Die Balkenwaage andererseits mißt die Masse. Sie ist



Für kurze Zeit sind Zustände der Gewichtslosigkeit auch in Flugzeugen möglich, die parabolische Bahnen fliegen. Der menschliche Körper ist relativ unempfindlich, wenn er gut trainiert ist.

Russische Astronauten haben schon sechs Monate im Zustand der Schwerelosigkeit verbracht, ohne danach krank zu werden.

gegeben, ein Block aus einer Platin-Iridium-Legierung, der im Bureau International des Poids et Mesures (Internationale Vereinigung für Maße und Gewichte) in Sèvres (nahe Paris) aufbewahrt wird.

Gewicht ist eine Kraft und wird im MKS (Meter-Kilogramm-Sekunde)-System in Newton N gemessen. (Bekannter unter dem Namen SI-Einheiten — *Système International d'Unités*.) Ein Newton ist als die Kraft definiert, die benötigt wird, um einem Kilogramm Masse die Beschleunigung von 1 m/s^2 zu erteilen. Die Grundeinheit des Gewichtes ist somit $\text{m} \cdot \text{kg/s}^2$.

Aus praktischen Gründen war es in der Technik üblich, das Gewicht einer Standard-Masse in einem standardisierten Gravitationsfeld als Einheit zu benutzen. Diese heute nicht mehr zugelassene Einheit ist das 'Kilopond' (kp). Sie entspricht etwa $9,81 \text{ N}$, da die Erdbeschleunigung etwa $9,81 \text{ m/s}^2$

ausgeglichen, wenn die auf das Objekt wirkende Gravitationskraft diejenige Gravitationskraft ausgleicht, die auf eine Kombination von Standardmassen (fälschlicherweise Gewichte genannt) in der anderen Waagschale wirkt. Da die Gravitationsbeschleunigung an beiden Enden der Balkenwaage gleich ist, müssen im abgeglichenen Zustand die Massen gleich sein. Hier ist für die Messung der Wert der Gravitation g unbedeutend, solange er nicht Null ist.

Träge und schwere Masse

Die Erörterung des Gewichtes ist von Interesse, da die Gravitationsbeschleunigung für alle Objekte unabhängig von ihrer Masse gleich ist. Dieses Prinzip — manchmal bekannt als die Gleichheit von träger und schwerer Masse — wurde zuerst von Galileo Galilei (1564 bis 1642) demonstriert. Es wird vermutet, daß er zwei Kugeln unterschiedlicher Masse von der Spitze des schiefen Turmes von Pisa fallen ließ. Beide trafen gleichzeitig auf dem Boden auf.

Heute weiß man, daß dies auf weniger als ein Milliardstel Prozent richtig ist. Einstein benutzte diese Äquivalenz von träger und schwerer Masse als Ausgangspunkt der allgemeinen Relativitätstheorie, um seine Gravitationstheorie abzuleiten.

MASSE/ENERGIE-ÄQUIVALENZ

Nach Einsteins Relativitätstheorie ist Materie nur eine Form der Energie. Wenn Materie vernichtet wird, werden ungeheure Mengen Energie freigesetzt. Hierauf beruht zum Beispiel die große Helligkeit der Sonnenstrahlung und die Wirkung der Atombombe.

Eine der wichtigsten Schlußfolgerungen der im Jahre 1905 von A. Einstein (1879 bis 1955) gefundenen 'speziellen Relativitätstheorie' ist die Äquivalenz zwischen Masse und Energie. Mathematisch wird dies durch die berühmte Gleichung $W = m \cdot c^2$ ausgedrückt. Die gesamte in einem Materiestück enthaltene Energie ist danach als Produkt aus seiner Masse und dem Quadrat der Lichtgeschwindigkeit c gegeben.



Teil des Kohlenvorrats eines Kraftwerkes. Die Kohle wird in Halden gelagert. Die chemische Energie, die aus dem Verbrennen dieser Kohle gewonnen wird, produziert 350 000 Megawattstunden Elektrizität. (Der Vorrat des Kraftwerkes beträgt 350 000 t Kohle insgesamt). Wenn es jedoch gelingen würde, die Kohle voll und ganz in Energie umzuwandeln, käme man auf 10 Millionen Milliarden MWh.

Einstein kam zu diesem Schluß durch die Grundannahme, daß die Lichtgeschwindigkeit für alle Beobachter unabhängig von ihrer relativen Geschwindigkeit zur Lichtquelle gleich ist. Dies steht mit den Erfahrungen des täglichen Lebens im Widerspruch, wird aber durch alle von Wissenschaftlern ausgeführten Experimente bestätigt. Die Folgerungen, die Einstein aus dieser Annahme zog, sind ebenso verblüffend. Aber auch sie werden durch das Experiment bestätigt. Das dramatischste Beispiel ist die Atombombe, wo die Spaltbarkeit des Kernes eines Uran-Isotopes ausgenutzt wird.

Obgleich die Äquivalenz von Masse und Energie allgemein

angenommen wird, sind die Probleme, wirklich Energie aus Masse herzustellen, ungeheuer groß. Die Sonne und die Wasserstoffbombe nutzen die Verschmelzung von Wasserstoffkernen zu Heliumkernen, wobei die Massendifferenz aus vier Wasserstoffkernen und einem Heliumkern als Energie frei wird. Dieser Vorgang ist weitaus leistungsfähiger als der Spaltungsprozeß. Wird die Massendifferenz mit der Gesamtmasse verglichen, stellt sich heraus, daß im Fusionsvorgang nur 0,7% der möglichen Energie freigesetzt wird. Auf diese Weise wandelt die Sonne jede Sekunde vier Millionen Tonnen Materie in Strahlung um.

Schwarze Löcher und Antimaterie

Astrophysiker und Kernphysiker sind in gleicher Weise an Fragen größtmöglicher Energieumwandlung interessiert und haben weitere mögliche Prozesse vorgeschlagen, durch die Energie gewonnen werden könnte. Ein 'schwarzes Loch' ist ein Gebiet im Weltraum, wo die Materie so stark verdichtet

ist, daß nichts — selbst Licht nicht — diese Materie verlassen kann. Schüttet man Materie in solch ein schwarzes Loch, kann es möglich sein, bis zu 43% der Ruhemasse eines Teilchens als Strahlung zu erhalten, da das Teilchen bei Beschleunigung Strahlung abgibt. Die Existenz von schwarzen Löchern ist noch nicht endgültig gesichert, obgleich es keine theoretischen Einwände gegen sie gibt. Die einzige Methode, um die Ruhemasse vollständig in Energie umzuwandeln, scheint die Vernichtung der Materie beim Aufeinandertreffen mit Antimaterie zu sein.

Kleine Mengen von Antimaterie — Positronen (Antielekttronen) — können erzeugt werden. Treten sie mit gewöhnlicher Materie in Wechselwirkung, erscheint die gesamte Masse als Energie. Jedoch mußte vorher das Antiteilchen erzeugt werden, was einen Energieverlust in der gleichen Größe verursacht. Bisher sind in unserem Universum keine Reserven von Antimaterie bekannt, und solange keine Antimaterie gefunden wird, erscheint der Traum, eine kleine Menge Materie in ausreichend Energie umzuwandeln, um alle Bedürfnisse der Menschheit zu befriedigen, unerfüllbar.

MASSENSPEKTROSKOPIE

Die Massenspektroskopie liefert eine Fülle von Informationen. Mit ihrer Hilfe läßt sich das Alter archäologischer Funde bestimmen und die Zusammensetzung neu hergestellter chemischer Verbindungen analysieren.

Mit der Erfindung des Massenspektrographen in den zwanziger Jahren unseres Jahrhunderts sind chemische und physikalische Untersuchungen beträchtlich beschleunigt worden. Die in der Natur vorkommenden chemischen Elemente waren nach theoretischen Gesichtspunkten, und zwar nach dem Schema des Periodensystems, aufgereiht worden. In dieser Reihenfolge nimmt gewöhnlich das Atomgewicht schrittweise von Element zu Element zu. Mit dem Massenspektrographen und dem Massenspektrometer wurde es möglich, diese Atomgewichte genau zu bestimmen. Damit ergab sich eine wichtige Methode zum Nachweis und zur Analyse von neuen Substanzen, zum Nachweis von Isotopen und zur weiteren Erforschung des Periodensystems.

Massenspektrographen

Das Prinzip der Massenbestimmung liegt in der verschiedenen Ablenkung von leichten und schweren Atomen oder Molekülen eines feinen Strahles durch Kraftfelder. Liegen die Atome oder Moleküle in ionisierter Form vor, lassen sich elektrische und magnetische Felder zur Auffächerung dieses Ionenstrahls benutzen. Bei genauer Kenntnis der Feldstärken kann man aus der Flugbahn eines Ions sehr präzise seine Masse bestimmen. Beim Massenspektrographen fängt man den durch die Felder aufgefächerten Strahl auf einer fotografischen Platte auf. Ionen unterschiedlicher Masse treffen

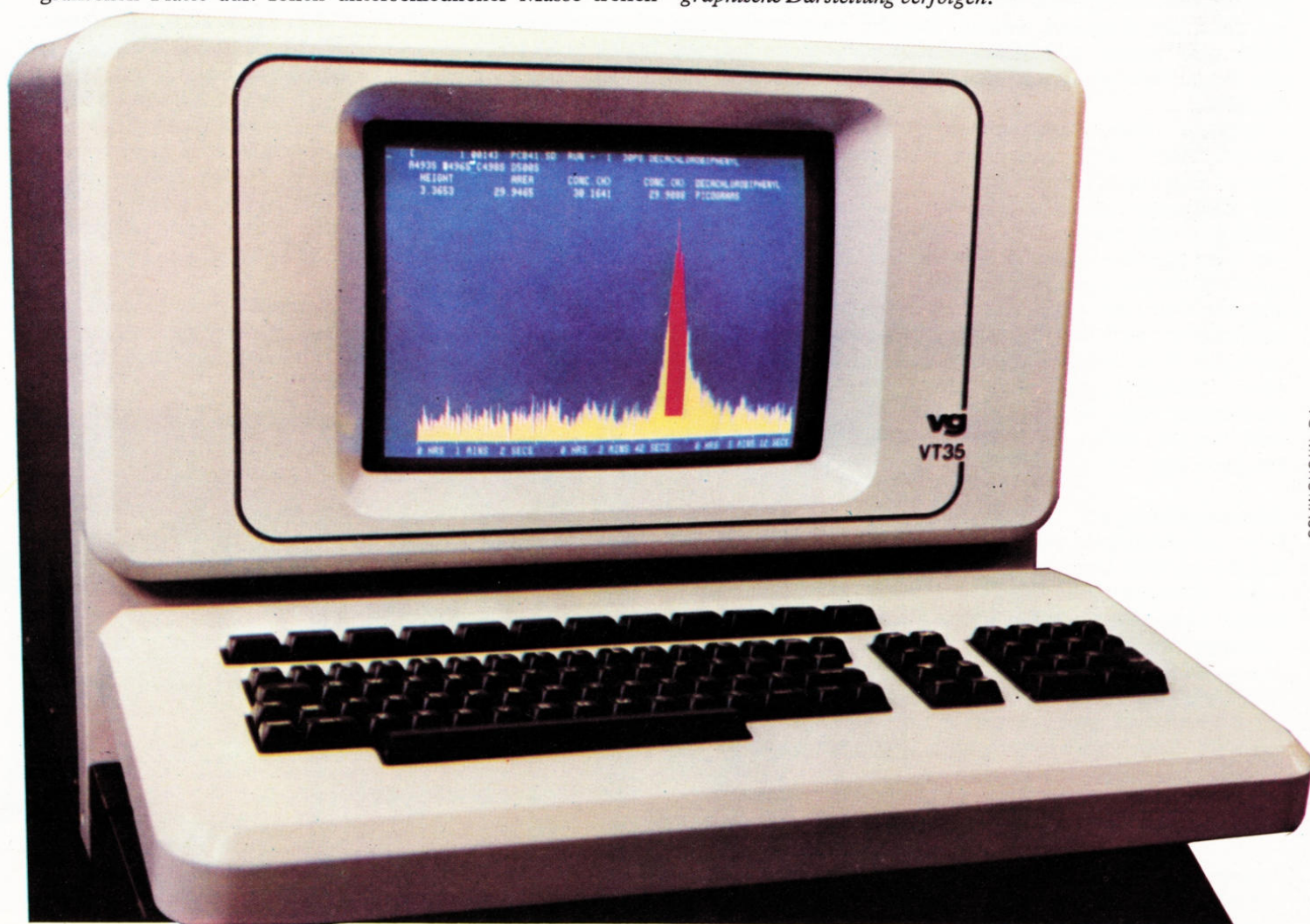
die Platte an verschiedenen Stellen. Nach dem Entwickeln erhält man eine Reihe von Linien, von denen jede einzelne einem bestimmten Massenwert zugeordnet werden kann. Die Stärke der Linien erlaubt Aussagen über den Anteil der jeweiligen Ionen im Strahl.

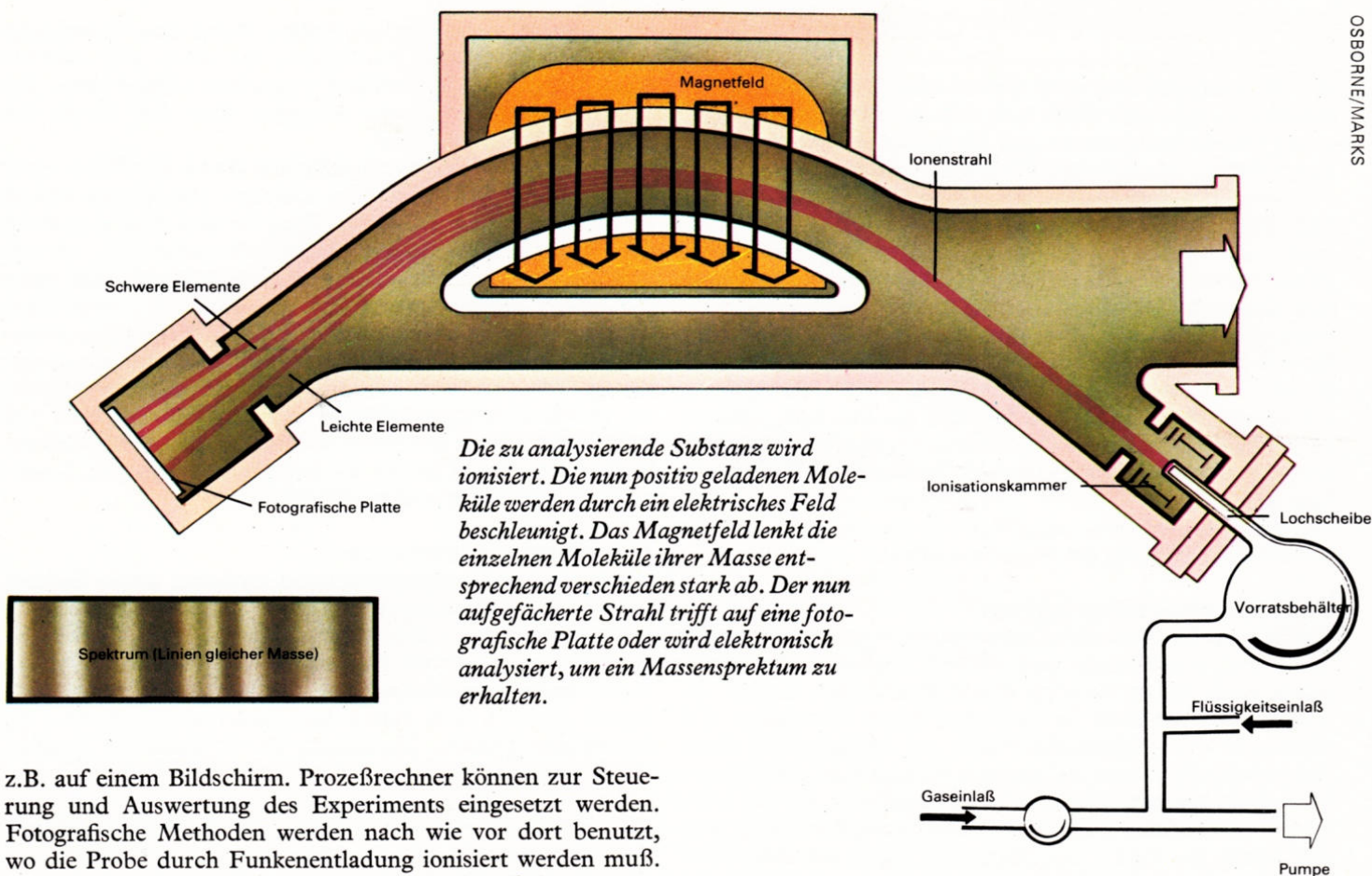
Die Ionisierung erfolgt gewöhnlich durch Entfernen eines Elektrons aus dem Atom oder Molekül, womit man einfach positiv geladene Ionen erhält. Dazu bedient man sich meist der Funkenentladung oder Elektronenbestrahlung, obwohl man auch andere Ionisationsmethoden benutzt. Um einen weitgehend ungehinderten Flug der Ionen zu ermöglichen, wird die Apparatur in einer luftdichten Kammer untergebracht, die man mit einer Vakuumpumpe so weit auspumpt, bis ein Druck von etwa einem Hundertmillionstel bar erreicht ist. In einem solchen Vakuum kann ein Teilchen etwa 5 m weit fliegen, ehe es mit einem anderen zusammenstößt. Diese Entfernung ist viel größer als der Abstand zwischen Ionenquelle und Fotoplatte (etwa 0,5 m).

Massenspektrometer

Die modernen Massenspektrometer enthalten starke Elektromagnete zur Ablenkung des Ionenstrahles. Der Nachweis der Ionen erfolgt mit elektrischen Methoden (z.B. Elektronenvervielfacher) statt mit Fotoplatten. Ein Elektronenvervielfacher kann das ursprüngliche, von den Ionen herrührende Signal millionenfach verstärken. Elektronische Geräte erlauben eine grafische Darstellung des Results der Analyse,

Ein moderner Spektrometer in Aktion. Auf dem Bildschirm kann man alle erforderlichen Daten ablesen sowie einen Vorgang durch graphische Darstellung verfolgen.





z.B. auf einem Bildschirm. Prozeßrechner können zur Steuerung und Auswertung des Experiments eingesetzt werden. Fotografische Methoden werden nach wie vor dort benutzt, wo die Probe durch Funkenentladung ionisiert werden muß. Insbesondere Metalle und keramische Werkstoffe können nur auf diese Art analysiert werden. Bei der Funkenentladung erhält man keinen sehr kontinuierlichen Ionenstrahl, aber eine lange 'Belichtungszeit' der Platte erlaubt eine zeitliche Mittelung.

Spezielle Massenspektrometer benutzen hochfrequente Wechselfelder zur Trennung der verschiedenen Ionen eines Strahls. Nur Ionen einer bestimmten Masse können zwischen den Elektroden mit der Frequenz des angelegten Feldes schwingen und werden zum Detektor durchgelassen. Schwere oder leichtere Ionen werden so stark abgelenkt, daß sie auf die Elektroden und Wände auftreffen und absorbiert werden. Ein Typ eines solchen Spektrometers heißt 'Quadrupolmassenfilter', weil die Elektroden, denen die Hochfrequenz zugeführt wird, aus vier Stäben bestehen, die an den Ecken eines Quadrates angeordnet sind. Der durchzulassende Massenwert kann einfach durch Wahl der Frequenz eingestellt werden, wobei die Masse umgekehrt proportional zur Frequenz ist.

Anwendungen

Erste Anwendungen der Massenspektroskopie betreffen die Aufklärung von Unstimmigkeit im Periodensystem der Elemente. Wasserstoff, das leichteste Element, bekam die relative Masse 1,000. Damit sollte jedes Element eine Masse (ein Atomgewicht) besitzen, die ein ganzzahliges Vielfaches der Masse von Wasserstoff beträgt. Klassische Methoden zur Bestimmung des Atomgewichts hatten aber keine ganzzahligen Werte ergeben; so fand man für Chlor z.B. einen Wert von 35,5. Der Massenspektrograph zeigte, wie es zu solchen

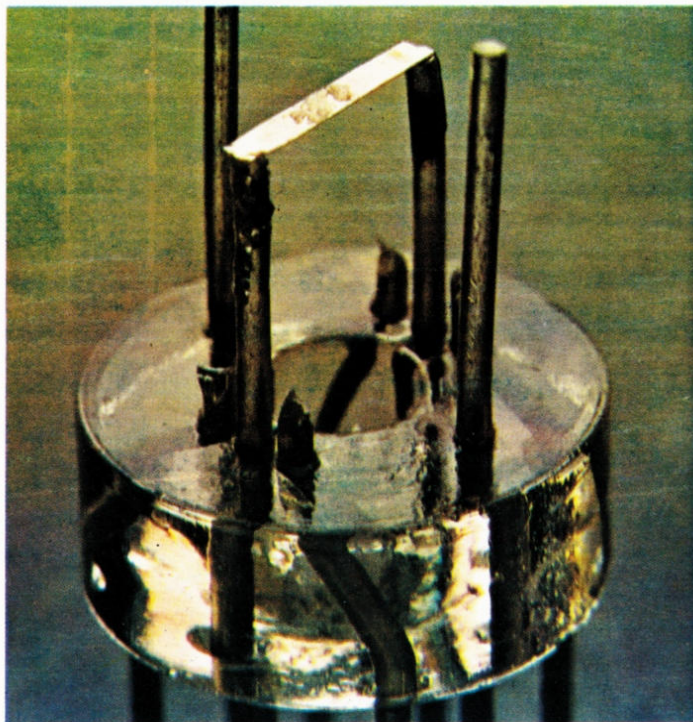
Werten kommt: Im Falle des Chlors wurde nicht eine einzelne Linie gefunden, sondern man fand zwei Linien auf der Fotoplate, die den ganzzahligen Massenwerten 35 und 37 entsprachen. Damit war gezeigt, daß natürlich vorkommendes Chlor aus zwei 'Isotopen' besteht, die zwar genau die gleichen chemischen Eigenschaften, aber verschiedene Massen besitzen. Man weiß heute, daß Chlor 75,4% des Isotops mit der Massenzahl 35 und 24,6% des Isotops mit der Massenzahl 37 enthält. Der klassische (chemische) Wert des Atomgewichts ist einfach der arithmetische Mittelwert aus den beiden Massenwerten.

Auf ähnliche Weise wurden Isotope anderer Elemente durch Massenspektroskopie nachgewiesen. Sehr genaue Messungen der Isotopenmassen mit dieser Methode zeigen trotzdem noch

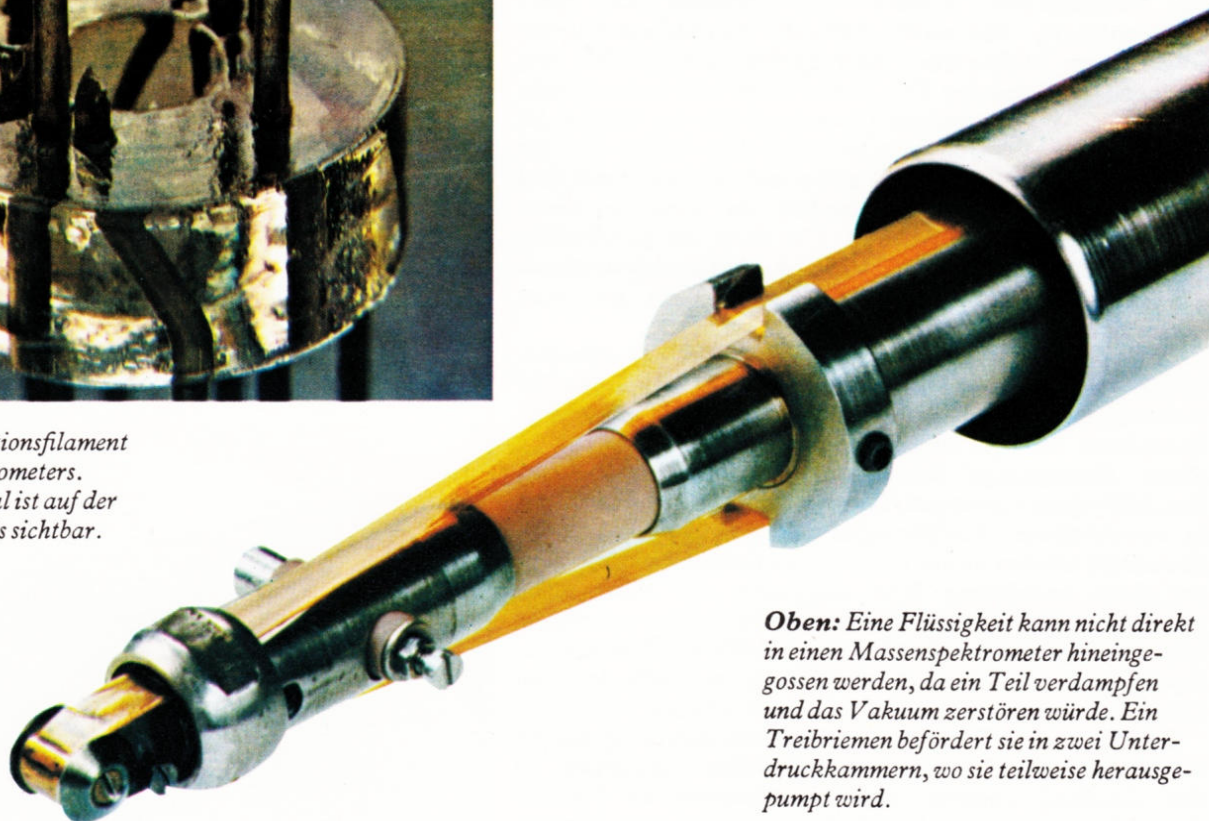
Rechts: Ein moderner Typ des Massenspektrometers, der sogenannte 'Quadrupolmassenfilter'. Das Gerät im Bild ist eins der neuesten Modelle, die sich zur Zeit auf dem Markt befinden. Es bietet ein integriertes doppeltes System zur Datenablesung auf dem Bildschirm und ist einfach zu handhaben.



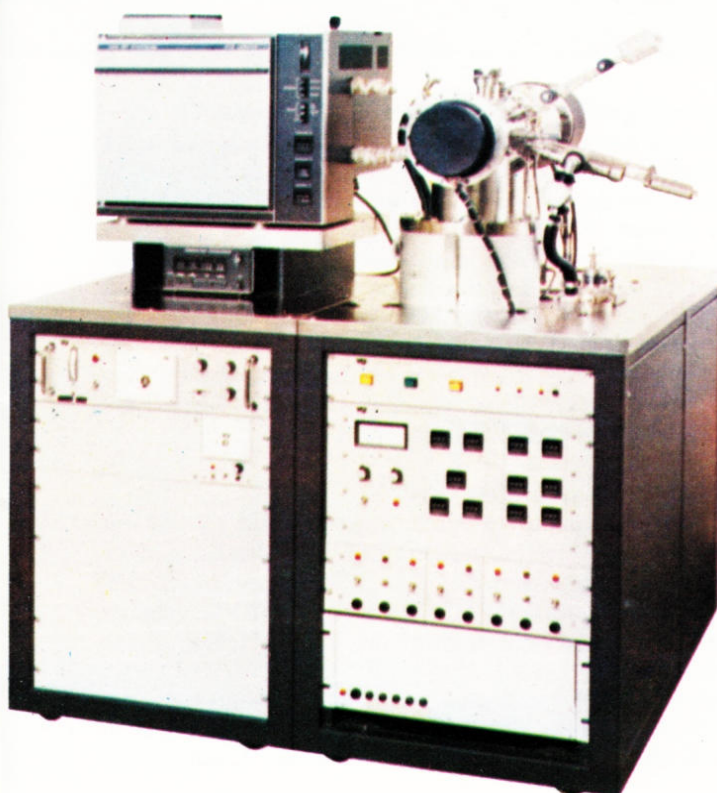
UKAEA



Oben: Das Ionisationsfilament eines Massenspektrometers. Das Probenmaterial ist auf der Mitte des Filaments sichtbar.



Oben: Eine Flüssigkeit kann nicht direkt in einen Massenspektrometer hineingegossen werden, da ein Teil verdampfen und das Vakuum zerstören würde. Ein Treibriemen befördert sie in zwei Unterdruckkammern, wo sie teilweise herausgepumpt wird.



VG MICROMASS

Ein großer Vorteil der Massenspektrometer besteht in ihrem geringen Bedarf an Probenmaterial für eine Analyse. Heutige Anwendungen reichen von der 'Restgasanalyse', dem empfindlichen Nachweis von Molekülen, die im besten vom Menschen herstellbaren Vakuum noch umherfliegen, bis zur Bestimmung und Identifizierung komplizierter Moleküle in der Gaschromatographie. Winzige Lecks in einem Vakuumsystem kann man aufspüren, indem man einen feinen Heliumstrahl auf die vermutete undichte Stelle bläst. Ein an das System angeschlossenes Massenspektrometer kann dann eine äußerst empfindliche Anzeige über die Position und die Größe eines Lecks liefern, wenn das Helium durch das Leck eintritt und das Massenspektrometer erreicht. Mit dieser Technik läßt sich jede Konstruktion auf Dichtigkeit untersuchen, soweit man sie evakuieren kann, z.B. hydraulische Systeme oder Gasbehälter. Auch bemannte Raumfahrzeuge müssen auf Lecks untersucht werden. Die Kabinenatmosphäre bei Raumflügen wurde in letzter Zeit kontinuierlich durch ein Miniatur-Massenspektrometer auf Verunreinigungen überprüft.

In der organischen Chemie identifiziert man komplizierte Moleküle durch die Bestimmung der bei der Ionisation entstehenden Bruchstücke. Die größte, im Massenspektrometer nachgewiesene Masse entspricht dem Molekulargewicht, wobei die auftretenden Bruchstücke die wesentlichen Bausteine (Molekülgruppen) des großen Moleküls bilden. Bei der Untersuchung von Duftstoffen und Aromen kann sich der Chemiker ebenfalls der Massenspektroskopie bedienen.

MELKMASCHINE

In industrialisierten Ländern ist an die Stelle des herkömmlichen Handmelkens die Melkmaschine getreten. Sie ist so konstruiert, daß die Milch wirtschaftlich und ohne Verletzung der Zitzen der Kühe durch Fingernägel oder den 'Knebelmelkgriff' gewonnen werden kann. Im Vergleich müßte eine Arbeitskraft 240 Kühe pro Stunde melken können.

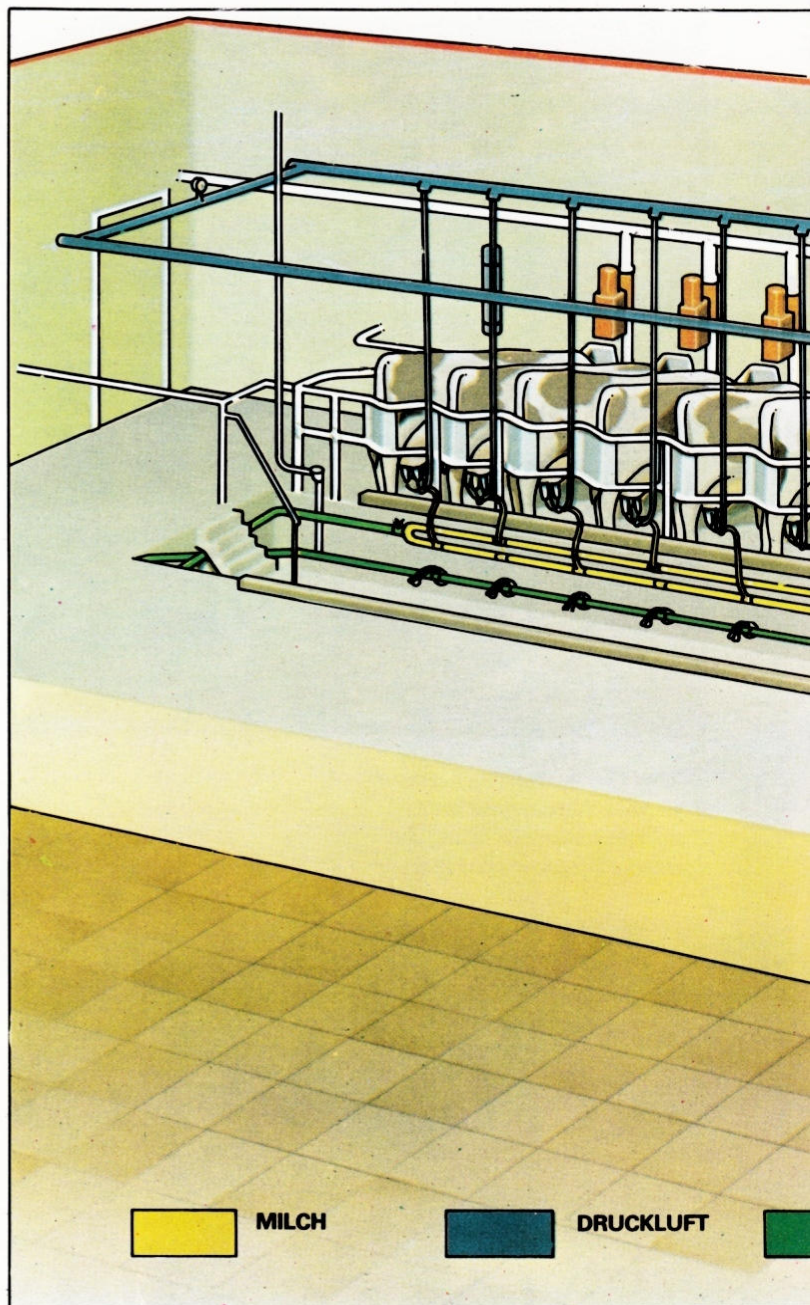
Alle Melkmaschinen arbeiten beim Abmelken nach dem gleichen Prinzip: Mit natürlichem oder künstlichem Gummi ausgekleidete Melkbecher (Zitzenbecher) umschließen eng anliegend die Zitzen der Kuh. Dabei wirkt vom unteren Ende der Becher her ein ständiger Unterdruck von 0,5 bar auf die jeweilige Zitze. Im Hohlraum zwischen dem Becher und der Gummi-Auskleidung herrscht abwechselnd Unterdruck und Normaldruck, wodurch der Gummi die Zitze in einem bestimmten Rhythmus entlastet. Das heißt der gleichmäßig auf die Zitze einwirkende Unterdruck wird in regelmäßigen Abständen unterbrochen, wodurch die Zitzen gleichsam massiert werden.

Den zum Abmelken und für den Melkrhythmus erforderlichen Unterdruck liefert eine in gewisser Entfernung von der Kuh befindliche Membranpumpe. Sie erzeugt ausreichenden Unterdruck für eine oder mehrere Melkmaschinen. Der in dieser 'Absauganlage' herrschende Unterdruck wird durch eine Milchglocke gesteuert. Dies ist ein einfaches Ventil, das in verschiedenen Ausführungen auf dem Markt ist. Im Normalfall arbeitet es mit einem Gewichtsausgleich und wird auf einen bestimmten Wert eingestellt, der somit einen gleichbleibenden Unterdruck innerhalb der Anlage aufrechterhält. Der Melker kann durch Sichtkontrolle am Unterdruck-Anzeigergerät feststellen, ob die Anlage innerhalb der vom Hersteller vorgeschriebenen Grenzwerte arbeitet.

Ein Pulsator (= Taktgeber) erzeugt den taktmäßig auf die Auskleidung des Zitzenbeckers gegebenen Unterdruck. In den einzelnen Ländern finden unterschiedliche Systeme Anwendung. Im allgemeinen liefert der Taktgeber zwischen 45 und 70 Melkimpulse pro Minute. Allerdings sollte man ihn für jede Anlage fest einstellen, damit die Kühe jeden Tag mit gleichbleibendem Rhythmus gemolken werden. Das Verhältnis zwischen Unterdruckphase und Normaldruck-Phase wird als das Verhältnis zwischen Melktakt (Absaugen) und Entlastungstakt (Luftlassen) bezeichnet. Die Unterdruckphase der Anlage muß mindestens 50% (1 : 1) und darf höchstens 75% (3 : 1) der Melktakt-Gesamtdauer betragen, da andernfalls die Unterbrechung der Blutversorgung in der Zitze durch übermäßiges Zusammendrücken zu Schäden führen könnte.

Melkanlage

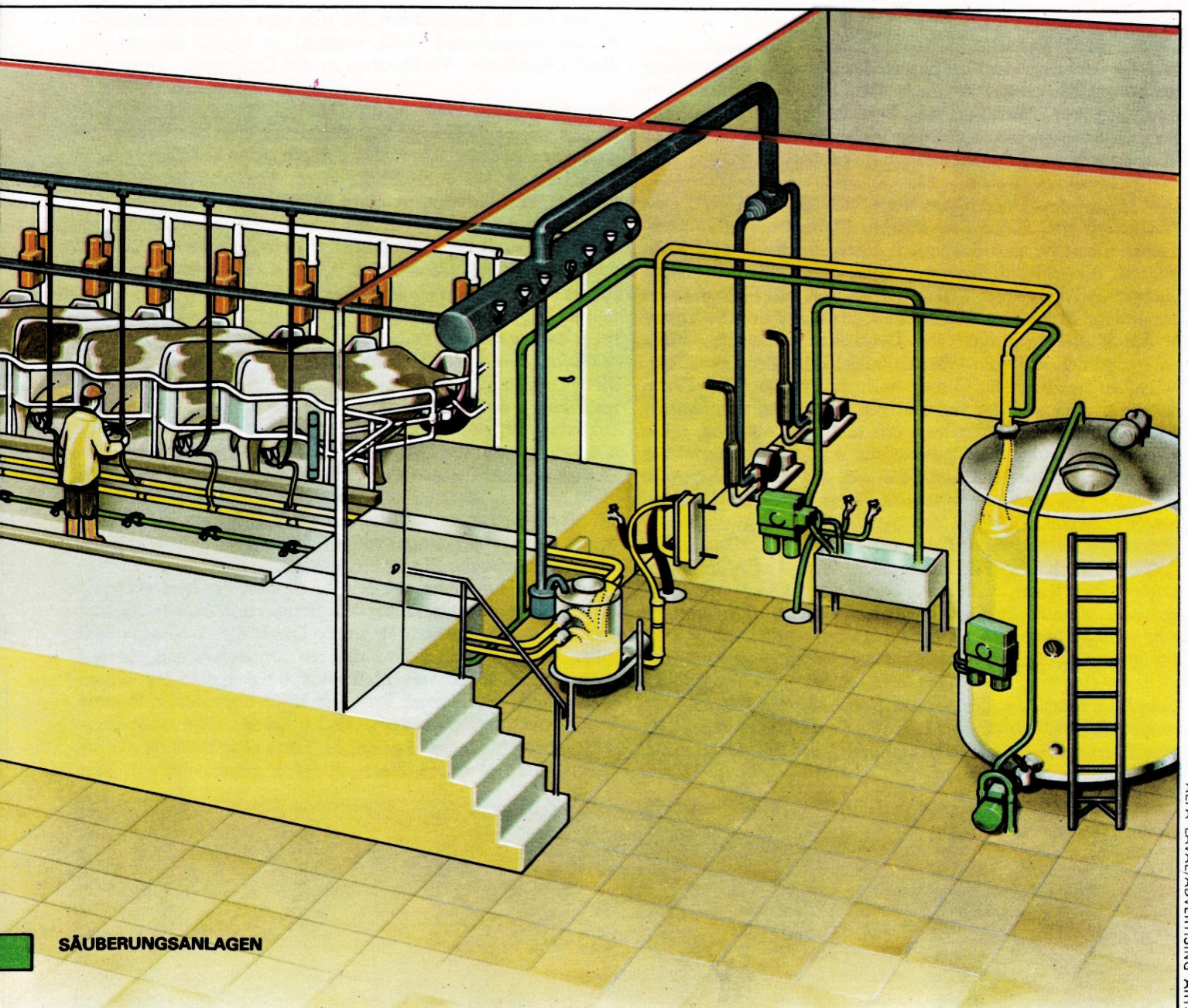
Bei Melkständen, die wie schräg nebeneinanderliegende Parkplätze (Grätschenstand) angeordnet sind — eine Anordnung, die zur Zeit in Europa eine immer stärkere Verbreitung als fortschrittliche Melkstand-Anordnung findet — stehen die Kühe in einem Winkel von 30° beidseitig neben dem Arbeitsbereich des Melkers — daher auch der Name 'Melkstand'. Die Kühe stehen versetzt zueinander, und die Melkmaschinen sind nur ein Meter voneinander entfernt. Die meisten Melkstände verfügen über Einzel-Fütterungsanlagen, die eine mengenmäßig bestimmte Futtergabe ermöglichen, und besitzen vollautomatische Reinigungs- und Dung-Abfuhranlagen (oder einen Spaltenschacht), so daß die sehr hoch angesetzten Hygieneanforderungen der Molkereien und der Gesundheitsbehörde erfüllt werden können. Die Einzeldosierung der Futtermenge ist, mit dem Ziel einer Milchtragsmaximierung, auf die Milchleistung der jeweiligen Kuh abgestimmt.



Die schnell größer werdenden Viehbestände und die hochschnellenden Lohnkosten haben zur Entwicklung der wohl ausgefeiltesten automatischen Anlage geführt — der Karussell-Melkanlage, bei der sich die Boxen um den Arbeitsbereich des Melkers drehen. Karussell-Melkanlagen gibt es auch in der Bundesrepublik, wo sie sich jedoch nicht bewährt haben, weil noch zu viel manuelle Arbeit geleistet werden muß. Das Ziel bei ihrer Einrichtung war die Mechanisierung aller Arbeitsgänge und ihre Zentralisierung an einer Stelle. Eine der aussichtsreichsten Konstruktionen ist die in Australien entworfene und in Neuseeland weiterentwickelte Kombination aus Grätschenstand und Karussellanlage.

Ausblick auf die Zukunft

Die beim maschinellen Melken angewendeten Verfahren müssen so weiterverfolgt werden, daß die physiologischen Gegebenheiten der Kuh für die Milchabgabe möglichst vorteilhaft genutzt werden. Dabei muß so schnell wie möglich gearbeitet werden, ohne daß dabei das Tier Schaden nimmt oder Verletzungen erleidet. Man müßte erreichen, daß außer dem Anlegen der Zitzenbecher keine Arbeitsgänge mehr erforderlich sind. Da das Anlegen nur 15 Sekunden pro Kuh in Anspruch nimmt, müßte pro Arbeitskraft eine Leistung von



SÄUBERUNGSANLAGEN

ALFA LAVAL/ADVERTISING ARTS

240 Kühen pro Stunde erzielbar sein. Dazu würden 20 Melkmaschinen oder mehr benötigt. Entwicklungen der jüngsten Vergangenheit, zu denen auch die programmierte Fütterung (während des Melkens) mit einer auf die Milchleistung der jeweiligen Kuh abgestimmten Futtermenge gehört, die Leistungs- oder Milchkontrolle durch den Kontrollverein (wichtig für Zucht- und Leistungsbeurteilung), die automatische Abnahme der Zitzenbecher sowie das automatische Waschen der Kuh, wobei die Waschanlage gleichzeitig das Euter mit warmem Wasser abspült, haben dieses Ziel etwas näher gerückt.

Als Fernziel könnte eine vollständige Mechanisierung des Fütterns, Tränkens, der Dung- und Güllebeseitigung und des Melkens erreicht werden. Gegenwärtig in der Bundesrepublik durchgeführte Versuche zeigen, daß mit transportablen Melkständen, in denen die Kuh von Arbeitsgang zu Arbeitsgang 'weitergereicht' wird, Einsparungen bei den Lohn- und Futterkosten möglich sind. Die Anlage, bei der die einzelnen Melkstände miteinander verbunden sind, transportiert den gesamten Kuhbestand in einer klimatisierten Umgebung wie einen Eisenbahnzug von der 'Futterstation' zur 'Tränkstation' und weiter zur 'Melkstation'. Allerdings setzen die Anlagekosten pro Kuh der Mechanisierung noch eine gewisse

Das Bild zeigt eine moderne Melkanlage, wo die Kühe im sogenannten 'Grätschenstand' stehen. Solche Melkanlagen sind die zur Zeit modernsten und effektivsten. Die Kühe stehen versetzt zueinander und sind mit individuellen Melkmaschinen ausgerüstet, und vor jeder Kuh befindet sich eine Futteranlage. Diese Anlage im Bild ist mit zwei Vakuumpumpen ausgerüstet, so daß beim Ausfall einer Pumpe die andere deren Funktionen übernehmen kann. Die Systeme für Melken und Reinigen sind streng voneinander getrennt. Die Farben geben an, welche Rohre und Tanks welche Funktion übernehmen. Durch die gelben Rohre fließt die Milch, die grünen liefern Wasser für die Reinigung, und in den blauen Rohren und Tanks befindet sich die Druckluft für die Melkpumpen.

Grenze. In vielen warmen Ländern mit reichlichem, natürlichem Futteraufkommen und einem günstigen Klima werden Investitionen in Melkanlagen zu einer weiteren kostengünstigen Produktion und damit zu Milchüberschüssen führen. Mit ihnen läßt sich der wachsende Bedarf an Milch und Molkereiprodukten auf der Welt decken (siehe MOLKEREIWESEN).

METALLE

Wie im Bronzezeitalter hängt der Mensch auch heute im Raumfahrtzeitalter noch sehr stark von der Verwendung von Metallen ab. Durch den Raubbau der vergangenen 50 Jahre werden viele Rohstoffquellen für Metalle um das Jahr 2000 erschöpft sein.

Die Masse des Universums setzt sich zu etwa 97% aus Wasserstoff und Helium zusammen. Weitere häufig vorkommende Elemente sind Sauerstoff, Eisen, Stickstoff und Kohlenstoff. Als sich die Erde vor über vier Milliarden Jahren bildete, sind der größte Teil an Wasserstoff und Helium sowie beachtliche Mengen an Kohlenstoff, Stickstoff und Sauerstoff in den Weltraum ausgetreten. Denn ihre Atome sind nicht schwer genug, um vom Gravitationsfeld der Erde zurückgehalten zu werden. Die Urerde enthielt hauptsächlich Eisen, das mehr oder weniger von anderen Elementen verunreinigt war. Während des Abkühlens, das mehrere Millionen Jahre dauerte, verbanden sich die leichten und reaktionsfreudigen Elemente mit Sauerstoff und Schwefel, um eine Art Schlacke zu bilden, die auf der Oberfläche des geschmolzenen Eisenkernes schwamm. Mit der Zeit härtete die 'Schlacke' aus und bildete die Erdkruste, auf der wir heute leben. Das in der Erdkruste am häufigsten vorkommende Metall ist Aluminium, gefolgt von Eisen, Calcium, Natrium, Kalium und Magnesium. Metalle wie Kupfer, Silber, Gold und Uran kommen weit weniger häufig vor; glücklicherweise sind sie nicht über den ganzen Erdboden verteilt, sondern kommen in Ansamm-

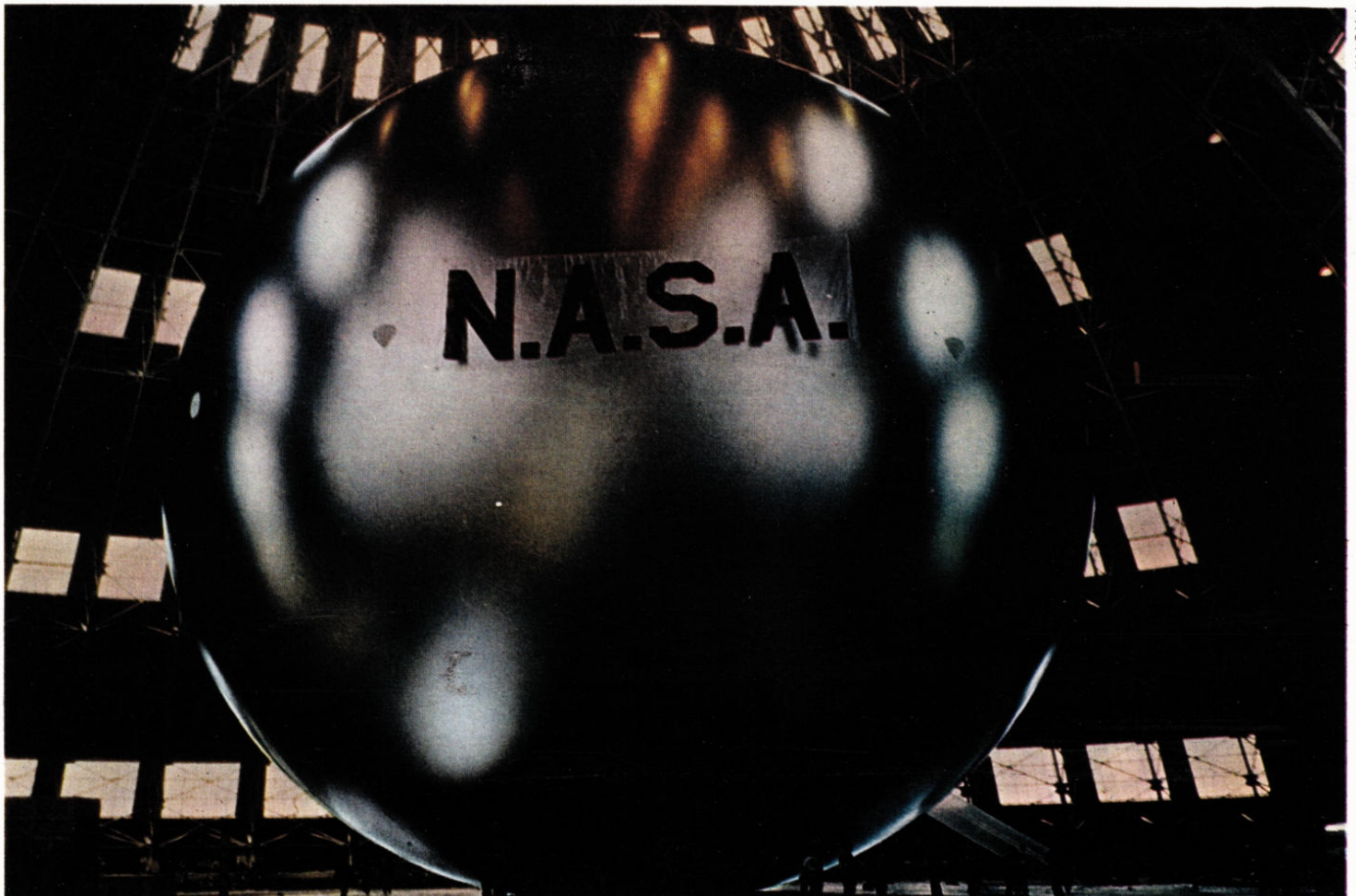
Echo I, ein experimenteller, passiver Satellit der NASA, der amerikanischen Weltraumbehörde. Sein Durchmesser beträgt 32m. Er ist aus einem mit Aluminium umgebenen Plastikmaterial hergestellt.

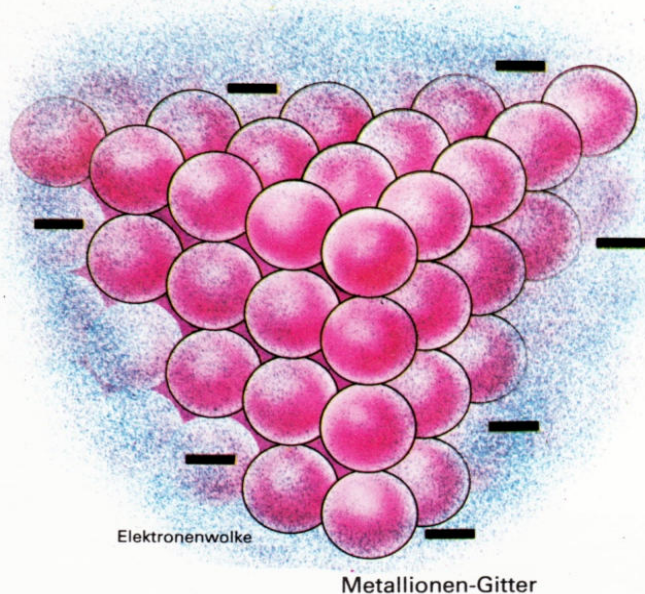
lungen vor. In Lagerstätten, die sich zum Abbau lohnen, tritt Kupfer 200mal und Gold 5000mal so häufig auf wie ihr durchschnittliches Vorkommen in der Erdkruste.

Entdeckung der Metalle

Man erwartet vielleicht, daß die ersten vom Menschen gewonnenen Metalle Aluminium, Eisen oder Calcium waren. Dies ist aber ein Fehlschluß, da im Altertum für die Entdeckung und Gewinnung eines Metalles das Kriterium galt, wie leicht sich ein Metall aus seinem Eisenerz herauslösen läßt. Gold muß schon in vorhistorischer Zeit benutzt worden sein, da es gediegen vorkommt, d.h. Gold trifft man in reinem Zustand an. Goldverbindungen, wie Oxide oder Sulphide des Goldes, gibt es nicht. Kupfer, Silber und Quecksilber können manchmal gediegen vorkommen. Deshalb kennt man diese Metalle schon lange. Außerdem lassen sie sich sehr leicht aus ihren Oxiden in reiner Form darstellen — es reicht ein Feuer im Freien aus. Die Entdeckung, daß Kupfer und Zinn durch Erhitzen mit Holzkohle aus ihren Erzen extrahiert werden können, leitete das Bronzezeitalter vor 5500 Jahren ein. Bronze ist eine Legierung aus Zinn und Kupfer. Als man in der Lage war, Eisen zu schmelzen, wurde 2000 Jahre später das Bronzezeitalter vom Eisenzeitalter abgelöst. Blei wurde durch die Ägypter, und Zink, ein Bestandteil der Legierung Messing, durch die Römer entdeckt.

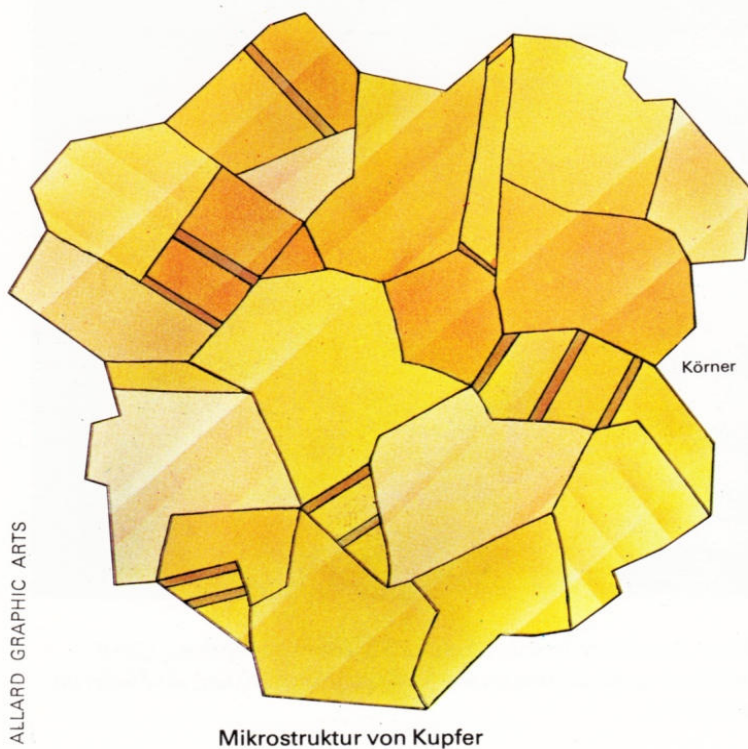
Die Reingewinnung der leichteren und häufiger vorkommenden Metalle Aluminium, Magnesium und Calcium gelang erst im 19. Jahrhundert. Denn die Oxide dieser Metalle sind solch feste Verbindungen, daß es unmöglich ist, sie auf chemischem Wege mit Holzkohle oder Kohle zu reinen Metallen zu reduzieren. Erst mit Hilfe elektrischer Energie konnte die Reduktion verwirklicht werden. Die erste Darstellung von Magnesium gelang im Jahre 1809 Humphry Davy (1778 bis 1829) durch Elektrolyse von geschmolzenem Ma-





Links: Darstellung der internen Struktur eines Metalles. Die Metallionen (rot) sind in regelmäßiger Gitterstruktur angeordnet. Sie sind von einer Elektronenwolke umgeben. **Links unten:** Ein Ausschnitt einer Kupferoberfläche, die die kristallinen Körner zeigt.

CHEMIE), ändern sich die Eigenschaften der Elemente kontinuierlich, da sich die äußerste Atomhülle fortlaufend mit Elektronen füllt. Eine der Eigenschaften der Elemente ist die Ionisierungsenergie, d.h. das Energiemaß, das zum 'Herausreißen' aus der äußeren Schale benötigt wird. Je höher die Ionisierungsenergie ist, um so stärker sind die Elektronen an den Atomkern gebunden. Die Ionisierungsenergie erhöht sich, je mehr Elektronen auf einer Elektronenschale untergebracht sind, denn die Anziehungskraft der Protonen wirkt auf jedes Elektron ein. Hierdurch steigt die Anziehungskraft zwischen



Oben: Eine Goldschaumstruktur. Dieser Stoff hat eine Dichte, die 35mal kleiner ist als die von festem Gold.

gnesiumchlorid. Aluminium wurde etwa um 1828 entdeckt. Die Gewinnung von Aluminium durch eine elektrolytische Schmelze stellte allerdings ein Problem dar, weil Aluminiumoxid-Erze oder einfache Aluminiumsalze nicht geschmolzen werden konnten. Noch in den fünfziger Jahren des 18. Jahrhunderts war Aluminium ein seltenes und edles Metall. Erst im Jahre 1887 gelang es Hall und Héroult unabhängig voneinander, durch Lösung von Aluminiumoxiden, die in Natriumaluminiumfluorid gelöst waren, bei 990°C einer elektrolytischen Schmelze zu unterziehen. Heute rangiert die Aluminiumproduktion hinter der Eisenproduktion an zweiter Stelle.

Kennzeichen eines Metalles

Die Periodizität, die die Eigenschaften von chemischen Elementen bei Einreihung nach ihrer Ordnungszahl bestimmt, ist eine direkte Folge davon, wieviele Elektronen sich auf der äußersten Atomhülle (Valenzelektronen) befinden. Bewegt man sich längs einer Periode im Periodensystem (siehe

dem positiven Atomkern und den Elektronen linear mit der Ordnungszahl.

In den Metallen zählen solche Elemente, deren Elektronen auf der äußeren Atomhülle locker gebunden sind. Dies bedeutet, daß die erste Periode im Periodensystem mit niedrigen Atommassen Metalle sind. Die Elemente in den unteren Perioden haben im Mittel kleinere Ionisierungsenergien, weshalb sie größtenteils Metalle sind. Die Übergangselemente wie seltene Erden und Transurane sind Metalle. Metalle können an ihren charakteristischen physikalischen Eigenschaften erkannt werden. Sie sind gute Leiter für Elektrizität und Wärme. Sie sind undurchsichtig, haben einen typischen Glanz und sind fest, schmiedbar und häufig von hoher Dichte. Das Metall mit der höchsten Dichte ist Osmium, das doppelt so dicht wie Blei ist. Metalle haben kristalline Struktur. Die



MICHAEL HOLFORD

Kristallstruktur von Metallen ist vielfach: kubisch-flächen-zentriert, hexagonal oder kubisch-raum-zentriert (siehe KRISTALLE). Die Eigenschaften von Metallen beruhen auf der Tatsache, daß sich Elektronen leicht von der Atomschale lösen und sich als sogenanntes 'Elektronengas' in der Metallstruktur bewegen. Die große Beweglichkeit der Elektronen in dem Elektronengas ist für die gute Wärme- und Elektrizitätsleitung verantwortlich. Die freien Elektronen absorbieren oder geben Licht ab. Hierdurch kommt die Lichtundurchlässigkeit bzw. der metallische Glanz zustande. Das Elektronengas wirkt als eine Art Klebstoff beim Zusammenhalt der Metallionen, die die Gitterstellen des Kristalles belegen. Diese sogenannte metallische Bindung ist relativ fest. Die Kristallstruktur von Metallen ist nicht ausgerichtet, wodurch sich die einzelnen Metallionen innerhalb des Kristallverbandes bei geringeren Krafteinwirkungen gegeneinander leichter verschieben als brechen lassen. Dies bedeutet, daß Metalle sich sehr gut verformen lassen. In der metallischen Bindung hat man, im Gegensatz zu Verbindungen und Nichtmetallen, eine sehr dichte Packung der Metallionen.

Nichtmetallische Atome bilden Bindungsformen, in denen die Valenzelektronen gebunden sind; sie bewegen sich also nicht frei wie bei den Metallen. Nichtmetalle leiten deshalb Wärme und Elektrizität schlecht. Einige Elemente haben eine

Beim Bau dieser Brücke über den Severn in Shropshire, Großbritannien, wurde zum ersten Mal ein Metall (Eisen) als Material verwendet.

Zwischenstellung zwischen Metallen und Nichtmetallen; man nennt sie Halbleiter. Typische Vertreter von Halbleitern sind Silicium und Germanium. Bei niedrigen Temperaturen verhalten sich Halbleiter wie Nichtmetalle. Bei Zimmertemperatur reicht die thermische Energie aus, einige Elektronen aus dem Gitterverband freizusetzen, so daß sie metallischen Charakter erhalten. Halbleiter werden bei der Herstellung von Dioden, Transistoren und integrierten Schaltungen verwendet.

Metallvorkommen

Eine kürzlich erschienene Studie zeigt, daß bei der derzeitigen Ausbeute im Jahre 2000 die Reserven für Silber, Gold, Quecksilber, Blei, Platin, Zinn und Zink erschöpft sein werden. Steigt die Ausbeutung der Metallvorkommen von Kupfer, Molybdän und Nickel in ähnlicher Weise wie in den letzten 10 Jahren, kann man diese Metalle der Liste noch hinzufügen. Die Schätzungen erscheinen etwas pessimistisch, da noch neue Quellen für Metallerze entdeckt werden können.

Erfindungen 30: WASSERMÜHLE

Im Altertum scheint man zwei unterschiedliche Arten von Wassermühlen entwickelt zu haben. Über ihren Ursprung ist nur bekannt, daß beide Arten um das erste Jahrhundert v. Chr. im östlichen Mittelmeerraum und im Nahen Osten gebräuchlich waren. Der römische Architekturtheoretiker Vitruv, der im ersten Jahrhundert v. Chr. lebte, gab eine genaue Beschreibung dieser Mühlen.

Bergmühlen

Die erste Bauart arbeitet noch heute in entlegenen Teilen Skandiaviens, des Balkans und in Ländern des Nahen Ostens. Das Wasserrad lag waagrecht unter dem Mühlenhaus, wobei sich die untere Auflagefläche seiner senkrecht stehenden eisernen Welle (Achse) in einem schweren Steinlager drehte. Ihr oberes Ende stand durch eine Mittelöffnung im unteren Mühlstein nach oben über und war unmittelbar mit dem oberen Stein verbunden. Es gab also keine Übersetzung. Daher war die Drehgeschwindigkeit des Mühlsteins des Wasserrades gleich. Das Wasserrad ließ man vom Wasser eines schnell fließenden Gewässers antreiben, wozu eine hölzerne Rinne bis an die Schaufeln des Wasserrades geleitet wurde. Gewöhnlich waren

diese Schaufeln auf dem Außenumfang des Rades in einem bestimmten Winkel angeordnet oder sogar gekrümmt (Löffelräder), so daß das aus der Rinne heranströmende Wasser unmittelbar auf sie traf. Dadurch hatten sie eine gewisse Ähnlichkeit mit einigen modernen Turbinen. Mühlen dieser Art konnten jedoch nur beschränkt eingesetzt werden, und zwar ausschließlich im Bergland, wo die Gewässer nahezu das ganze Jahr hindurch Wasser führten und eine hohe Strömungsgeschwindigkeit hatten. Auch wurden durch die fehlende Übersetzung der Größe der Mühle und damit ihrer Leistungsfähigkeit Grenzen gesetzt.

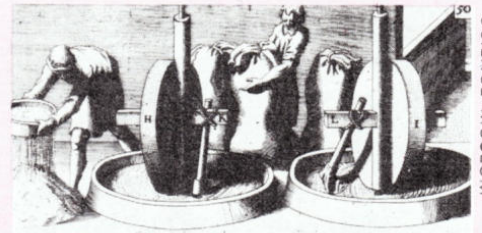
Talmühlen

Die großen Kulturen des Altertums entstanden in den breiten Tälern der

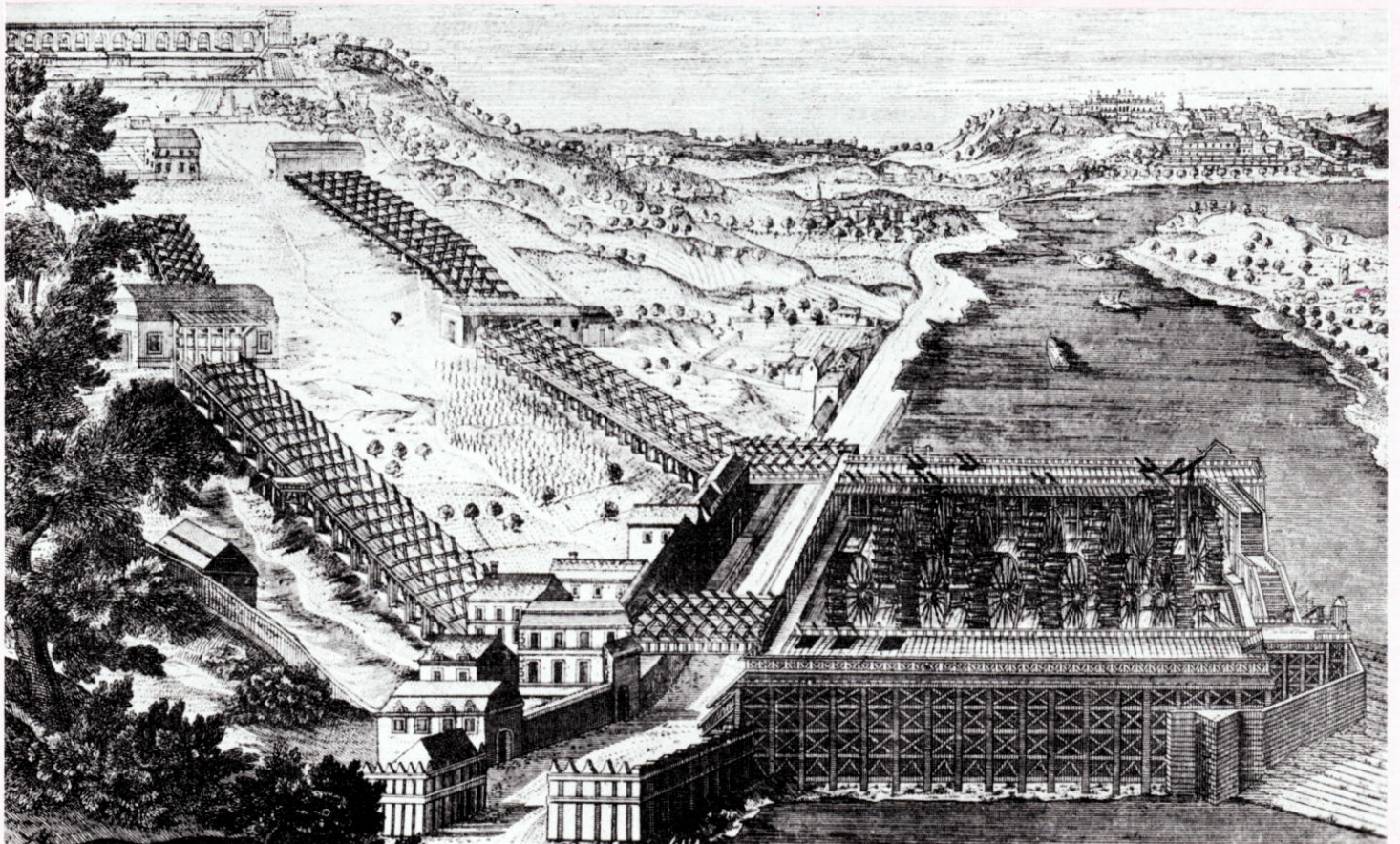
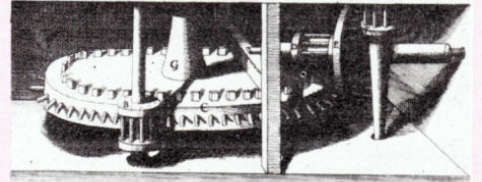
Rechts: Das Interessante an diesem aus dem Jahre 1662 stammenden Mühlrad ist, daß es von einer liegenden Wasserturbine angetrieben wurde.

Unten: Ein im Jahre 1682 konstruiertes System von Wasserrädern und Pumpen zum Heranführen von Wasser für den Park des Schlosses Versailles.

großen Flüsse. Aus ihnen kam eine andere und vielleicht bekanntere Art von Mühlen. Sie trugen das Rad auf einer Seite des Mühlenhauses auf einer waagerechten Achse. Vitruv beschreibt zwei Arten solcher Mühlen. Bei der einen, mit dem sogenannten unterschlächtigen Mühlrad, strömte das Wasser unter dem Mühlrad entlang, wobei es auf seine Schaufeln auftraf und es drehte. Bei der anderen Art, der Mühle mit dem overschlächtigen Mühlrad, wurde das



SCIENCE MUSEUM



Wasser durch eine Rinne oben über das Mühlrad geführt und fiel dort in kastenähnliche Behälter, die auf seinem Umfang angebracht waren. Folglich trieb nicht nur die Wasserkraft, sondern auch das Gewicht des Wassers in den Kästen diese Art Mühlrad an.

Die Ähnlichkeit zwischen diesen Mühlrädern und dem zur Bewässerung benutzten Schöpfrad liegt auf der Hand, und ohne Zweifel beeinflusste das Schöpfrad die Entwicklung des Mühlrades. Sowohl das unterschlächtige als auch das ober-
schlächtige Wasserrad boten den Vorteil, daß wegen der Notwendigkeit einer Zahnradübersetzung zum Antrieb der Mühlsteine die Mühlen bei richtig gewähltem Übersetzungsverhältnis eine höhere Leistung erbrachten als die einfachere 'Turbinenradmühle'. Allerdings mußte bei Mühlen mit ober-
schlächtigem Wasserrad das Wasser des Flusses stromaufwärts gestaut werden, damit ein gewisser Vorlauf in Form von 'Oberwasser' zur Verfügung stand. Das erforderte Bau-
maßnahmen für Kanäle, Wehre und Dämme.

Mühlenketten

Wassermühlen waren zur Zeit des Römischen Reiches auf dessen Gebiet und zugleich in Nordchina bekannt. Wo Flüsse eine hinreichende Strömungsgeschwindigkeit hatten, errichteten die Römer, wie überliefert ist, ganze Mühlenketten. Dabei wurde das von einem Mühlrad abgegebene Wasser zum Antrieb des nächsten und so weiter die ganze Gefällestrcke hinunter genutzt. In der Nähe von Arles in Südfrankreich, das zur Zeit der römischen Herrschaft in der Provinz Gallia Narbonensis lag und eine Hafenstadt am Mittelmeer war, hat man die Überreste einer solchen Mühlenkette gefunden, über die die Garnison in der Stadt und die Landbevölkerung versorgt wurde. Ob und in welchem Umfang die Römer Wassermühlen für andere Zwecke als zum Mahlen von Getreide benutzten, ist nicht bekannt.

Das Wasserrad als Kraftquelle

Im Verlaufe des Mittelalters wurde die Wassermühle zu einer wichtigen Kraftquelle. Die Anzahl der im Domesday Book (Landesbeschreibung Englands aus dem 11. Jahrhundert) aufgeführten Mühlen — genau 5624 — ist überraschend hoch. Nur wenige Gemeinden hatten keine, dafür viele Gemeinden zwei oder mehr Mühlen. Bereits um das Jahr



JESPENSEN



800 stellte Karl der Große fest, daß es in Frankreich genug Wassermühlen gebe, um ihre Besteuerung lohnend erscheinen zu lassen. Rouen, damals ein nicht besonders großer Marktflecken, konnte sich zu Beginn des 14. Jahrhunderts rühmen, ein Dutzend Mühlen zu besitzen. Ähnlich sah es überall in Europa aus. Es ist offensichtlich, daß seit dem 11. Jahrhundert nicht alle Mühlen nur Getreide mahlten. Viele dienten anderen Zwecken, und die Verwendung des Wasserrades als Kraftquelle leitete einen neuen Abschnitt in der technischen Entwicklung.

Die Mahlkammer der Slusegaardens Mühle in Dänemark, um 1800 gebaut (Bild oben). Das Korn wurde in den Trichter geschüttet und gelangte von dort zu den im Mahlkasten befindlichen Mühlsteinen. Sie trieb das unten gezeigte Mahlwerk an. Das größte Rad wurde vom Wasserrad angetrieben, und das Laternen-Zahnrad drehte die Mühlsteinachse. Mit einem über die Seilscheibe laufenden Seil lieferte der seitliche Antrieb Energie an eine mit einer kleineren Seilscheibe ausgerüsteten Kreissäge auf einem nahegelegenen Bauernhof.