

HEFT 37 EIN WÖCHENTLICHES SAMMELWERK OS 25  
SFR 3.50 DM 3

# WIE GEHT DAS

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



scan:[GDL]

# WIE GEHT DAS

## Inhalt

Mundharmonika	1009
Münzen und Münzprägung	1010
Musikbox	1012
Natrium	1014
Navigation	1018
Nebelauflösung	1024
Nebelkammer	1026
Newton'sche Gesetze	1027
Nickel	1030
Niere, künstliche	1032
Niete und Nietung	1034
Nocken	1036

### WIE SIE REGELMÄSSIG JEDEN WOCHE IHR HEFT BEKOMMEN

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

### ZURÜCKLIEGENDE HEFTE

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

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

Schweiz: Das einzelne Heft kostet sfr 3.50. Bitte überweisen Sie den Betrag durch die Post (grüner Einzahlungsschein) auf das Konto: Schmidt-Agence AG, Kontonummer Basel 40-879 und notieren Sie Ihre Bestellung auf der Rückseite des Giroabschnittes.

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

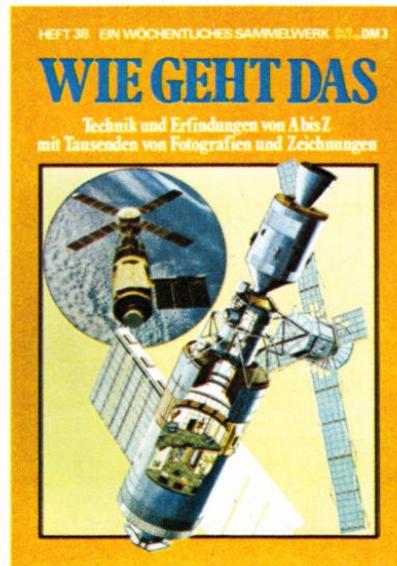
### INHALTSVERZEICHNIS

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

## In Heft 38 von Wie Geht Das

Orbitallaboratorien wie Skylab und Saljut haben wertvolle Informationen zusammengestragen helfen, die beim Entwurf und Bau künftiger, ständig in einer Erdumlaufbahn befindlicher Raumstationen verwendet werden. Was ein Orbitallaboratorium ist, wie es arbeitet und was in einem solchen Laboratorium in Zukunft möglich sein wird, steht im nächsten Heft von Wie Geht Das.

Nutzfahrzeuge spielen in der modernen Industriewirtschaft eine wichtige Rolle. Sie liefern Rohstoffe an, verteilen Fertigprodukte an Warenhäuser und Geschäfte. Der Beitrag über Nutzfahrzeuge im Heft 38 von Wie Geht Das geht auf die Bauweise, die wichtigsten Entwicklungstendenzen beim Entwurf und in der Technik ein. Er beschreibt die verschiedenen Verwendungszwecke von Nutzfahrzeugen.



### 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, bestellen Sie den 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 bitte der Bestellung einen Verrechnungsscheck bei.

Schweiz: Der Sammelordner kostet sfr 15. Bitte überweisen Sie den Betrag durch die Post (grüner Einzahlungsschein) auf das Konto: Schmidt-Agence AG, Kontonummer Basel 40-879 und notieren Sie Ihre Bestellung auf der Rückseite des Giroabschnittes.

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

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



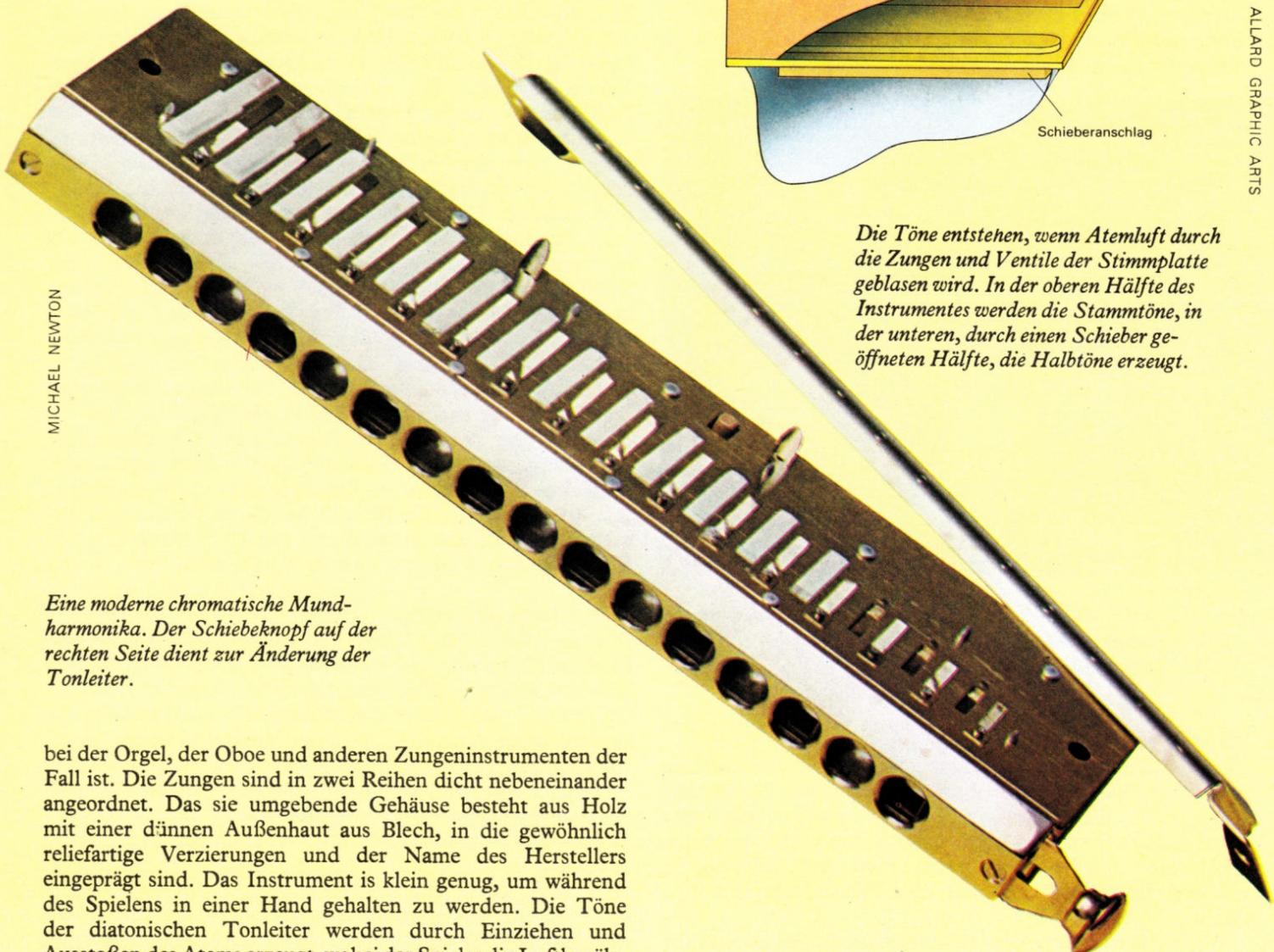
# MUNDHARMONIKA

Die Mundharmonika ist ein bei vielen modernen Rock Bands beliebtes Instrument. Es wurde zu Beginn des 19. Jahrhunderts in Deutschland erfunden.

Die Mundharmonika wurde im Jahre 1821 in Deutschland von Friedrich Buschmann erfunden, der sie Mundäoline nannte. Daneben war Buschmann auch an der Entwicklung des Akkordeons beteiligt, bei dem, wie bei der Mundharmonika, die Töne ebenfalls mittels freischwingender Zungen erzeugt werden.

## Zungenspiel

Seit mehr als 100 Jahren erfreut sich die Mundharmonika anhaltender Beliebtheit, weil sie im Preis erschwinglich, handlich und leicht zu spielen ist. Sie besteht aus einer Reihe dünner, einseitig befestigter Metallplättchen, den sogenannten Zungen, die durch Anblasen vom Spieler in Schwingungen versetzt und damit zum Tönen gebracht werden. Dabei hängt die Tonhöhe jeder Zunge von deren Länge ab und weniger von der Luftsäule in der dazugehörigen Röhre, wie dies etwa



Eine moderne chromatische Mundharmonika. Der Schieberknopf auf der rechten Seite dient zur Änderung der Tonleiter.

bei der Orgel, der Oboe und anderen Zungeninstrumenten der Fall ist. Die Zungen sind in zwei Reihen dicht nebeneinander angeordnet. Das sie umgebende Gehäuse besteht aus Holz mit einer dünnen Außenhaut aus Blech, in die gewöhnlich reliefartige Verzierungen und der Name des Herstellers eingraviert sind. Das Instrument ist klein genug, um während des Spielens in einer Hand gehalten zu werden. Die Töne der diatonischen Tonleiter werden durch Einziehen und Ausstoßen des Atems erzeugt, wobei der Spieler die Luftkanäle, die er gerade nicht braucht, mit seiner Zunge abdeckt. Es gibt auch chromatische Modelle mit zwei um einen Halbton versetzten Zungenreihen, die sich durch eine fingerbetätigten Vorrichtung trennen lassen.

In Ländern wie den Vereinigten Staaten von Amerika war die Mundharmonika im 19. Jahrhundert besonders beliebt, weil die Grenzland-Pioniere ihre Instrumente in der Hosentasche tragen konnten. Seit dem Zweiten Weltkrieg hat das Mundharmonikaspel die wohl bedeutendste Entwicklung seiner Geschichte erfahren, besonders in Chicago, wo Musiker schwarzer Hautfarbe in der ihnen eigenen Ausdrucksform einen besonders gefühlbetonten Stil entwickelt haben. Dort heißt das Instrument Mundharfe oder einfach Harfe.

tasche tragen konnten. Seit dem Zweiten Weltkrieg hat das Mundharmonikaspel die wohl bedeutendste Entwicklung seiner Geschichte erfahren, besonders in Chicago, wo Musiker schwarzer Hautfarbe in der ihnen eigenen Ausdrucksform einen besonders gefühlbetonten Stil entwickelt haben. Dort heißt das Instrument Mundharfe oder einfach Harfe.

# MÜNZEN UND MÜNZPRÄGUNG

**Strenge gesetzliche Vorschriften legen heute die Zusammensetzung von Münzmetallen sowie Größe und Gewicht der Münzen fest. Aus diesem Grunde wird die Herstellung von Münzen äußerst gründlich überwacht.**

Die frühesten bekannten Münzen der westlichen Welt sind die Elektronmünzen, die um das Jahr 700 v. Chr. im Westen von Kleinasien aus Elektrum, einer Legierung aus Gold und Silber, hergestellt wurden. Jedoch schon 400 Jahre zuvor hatte es bei den Chinesen 'Spatengeld' und 'Schlüsselgeld' gegeben. Der Spaten war dabei ähnlich wie das Grabwerkzeug geformt, und der Schlüssel glich dem eines modernen Sicherheitsschlusses.

Auf den chinesischen Münzen war der Nennwert angegeben. Sie wurden, im Gegensatz zu den Münzen aus Kleinasien, nach Formen gegossen, die das Münzbild auf das Gußstück übertrugen. Münzen aus Kleinasien lassen erkennen, daß sie nicht gegossen, sondern einseitig durch Schlagen mit einem Werkzeug geprägt wurden, in das das Gepräge eingeschnitten war. Damit wurde das in Kleinasien angewandte Verfahren zum eigentlichen Vorläufer moderner Münztechnik.



**Oben:** In einer Münzanstalt: Nach Fertigstellung werden die Münzen von einem elektronischen Münzzähler gezählt und in Beutel abgefüllt.

## Moderne Münztechnik

Die erforderlichen Legierungen werden in Schmelzöfen hergestellt und in Formen von rechteckigem Querschnitt eingegossen. Einige moderne Anlagen arbeiten mit kontinuierlichen horizontal und halbautomatischen senkrecht arbeitenden Gießanlagen. Damit kann das Halbzeug in endloser Länge geformt und nach Bedarf abgeschnitten werden.

Als nächstes muß das Halbzeug unter Druck gewalzt werden, damit es die für die betreffende Münze erforderliche Dicke erhält. Halbzeug mit großem Querschnitt wird warm, Halbzeug von geringerer Dicke wird kalt gewalzt. Durch den Walzvorgang wird das Halbzeug verfestigt, so daß es enthärtet oder entspannt werden muß. Dies geschieht durch Erwärmen und Wiederabkühlen, wodurch das Halbzeug weich genug für weiteres Walzen und Schneiden wird.

Nach dem Walzen wird das Halbzeug, das jetzt die Form

von langen, schmalen Metallstreifen (Zainen) oder Spiralen hat, an Maschinen mit Mehrfach-Schneidwerkzeugen geleitet. Sie schneiden es mit einer Geschwindigkeit von bis zu 400 Arbeitstakten pro Minute zu sogenannten Schrotlingen oder Münzrohlingen. Durch das Enthärteten und die Verwendung von Gleitmitteln beim Walzen wird die Oberfläche der Münzrohlinge fleckig und oxidiert, so daß sie in verdünnter Säure gereinigt werden müssen. Dies geschieht normalerweise in rotierenden Trommeln. Dabei polieren sie sich auch gegenseitig, was der chemisch behandelten Oberfläche ein glänzendes Aussehen verleiht. Anschließend werden die Münzrohlinge sauber gewaschen und mit Heißluft getrocknet.

Einige Münzen lassen sich schlecht aus Münzrohlingen prägen, insbesondere dann, wenn um den Rand herum eine breite Stufe oder Kante verläuft. In diesem Falle werden die Rohlinge unter Druck in Vertiefungen gewalzt, um das Metall um den Rand herum nach oben zu drücken, bis er dicker ist als die Mitte. Dieser Vorgang heißt Krägenbildung oder Stauchen. Werden Münzen zum Schutz gegen Fälschungen gerändert, findet dieser Arbeitsgang nach dem Stauchen statt.

## Prägewerkzeuge

Zum Einschlagen des Gepräges in die Münzrohlinge dient ein Stempelpaar (Ober- und Unterstempel), das die Vorder- und Rückseite (Avers und Revers in der Fachsprache) der jeweiligen Münze ausprägt. Vor der Herstellung des eigentlichen Prägestempels (Punze) entwirft ein Künstler ein Modell des Gepräges in etwa sechs- bis achtfacher Größe der fertigen Münze. Eine anschließend angefertigte, vernickelte Nachbildung des Entwurfes (Replik) wird in eine Reduziereinrichtung eingelegt. Es handelt sich dabei um eine Kopiereinrichtung, die eine originalgetreue Replik des Entwurfes für die herzustellende Münze in Werkzeugstahl schneidet. Das ist ein sehr hochwertiger Stahl, der durch Vergütung gehärtet werden kann. Dieser Vorgang ähnelt dem Erwärmen und Abkühlen beim Enthärteten, nur daß dabei das Metall härter und nicht weicher wird. Der Stahl muß auf eine genau festgelegte, sehr hohe Temperatur erhitzt und über einen festgelegten Zeitraum in einem speziellen Bad abgekühlt werden.

Vom fertigen Prägewerkzeug (Verkleinerungs-Stanzstempel) wird eine ganze Reihe von Prägestempeln (Werkzeuge) durch Einsenken (Einschlagen des Gepräges in einen neuen Prägestahl) hergestellt. Es handelt sich bei diesen Werkzeugen um die Matrize, den Oberstempel und den Unterstempel, wobei jeweils das eine Werkzeug vom anderen kopiert wird.

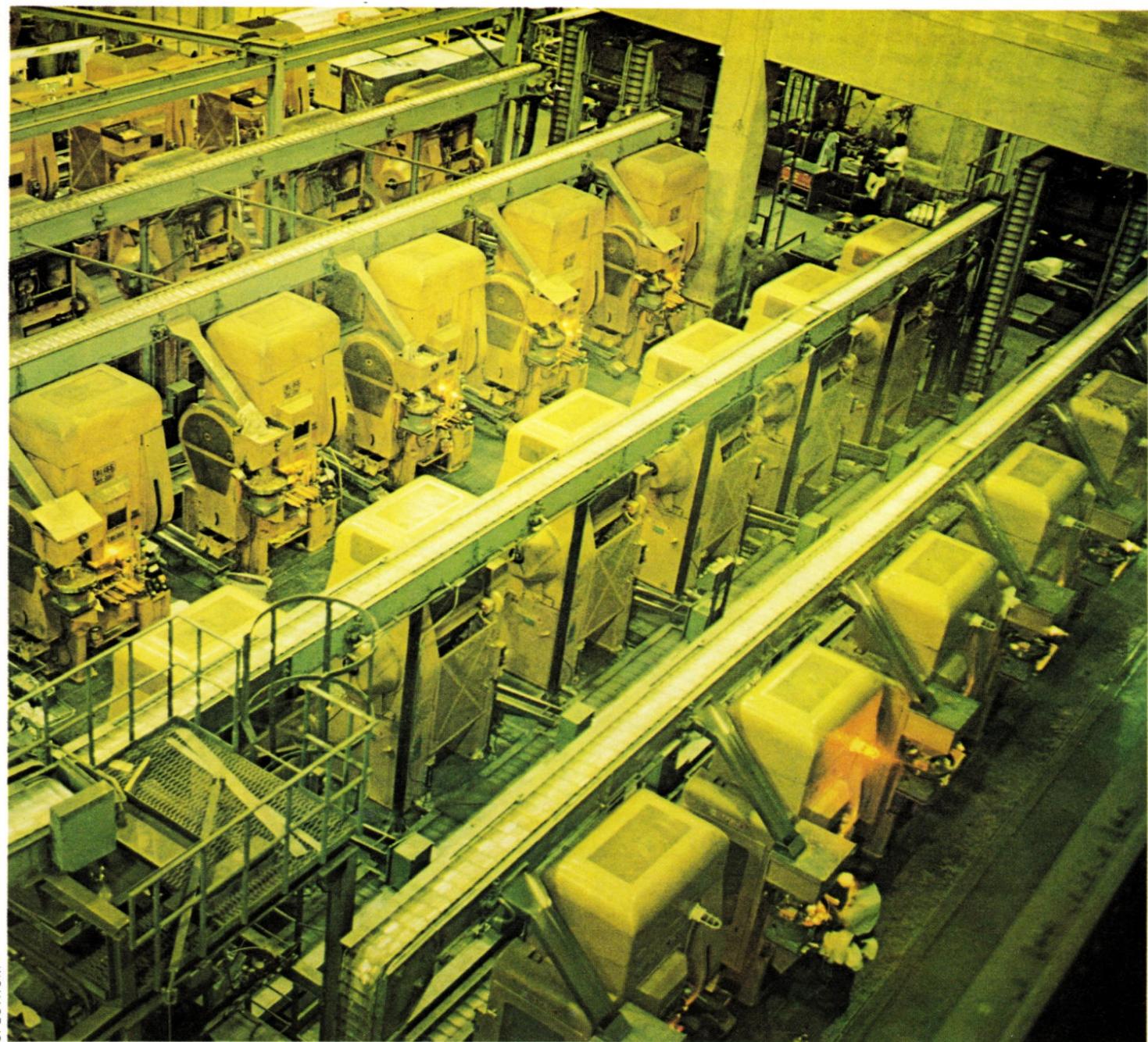
## Die Münzprägung

Je nach Münztechnik lassen sich einzelne oder bis zu vier Münzen gleichzeitig prägen. Einzel-Prägemaschinen können etwa 400 Münzen pro Minute ausstoßen. Dabei üben sie pro Hub 40 t bis 120 t Druck aus. Schwerere Pressen arbeiten bei einem Ausstoß von 120 Münzen pro Minute mit einem Druck von 250 t.

In die Presse wird ein 'Ring' eingesetzt. Es handelt sich um eine Stahlplatte mit einer Bohrung in der Größe der fertigen Münze. Falls notwendig werden in den Ring Nuten eingefräst, damit die Münze einen gerändelten Rand erhält. Beim Münzprägen wird der Münzrohling in die Ringbohrung gelegt, auf deren Boden einer der Prägestempel (Unterstempel) eingesetzt ist. Der andere Prägestempel (Oberstempel) kommt von oben herunter und bewirkt durch seinen Druck, daß sich sowohl der Unterstempel als auch der Oberstempel im Rohling abdrücken. Der dabei ausgeübte Druck bewirkt gleichzeitig, daß der Rohling den Ring vollständig ausfüllt.

## Prüfung

Die Oberflächengüte ist bei Münzen sehr wichtig. Daher werden Münzrohlinge normalerweise möglichst symmetrisch



SPECTRUM

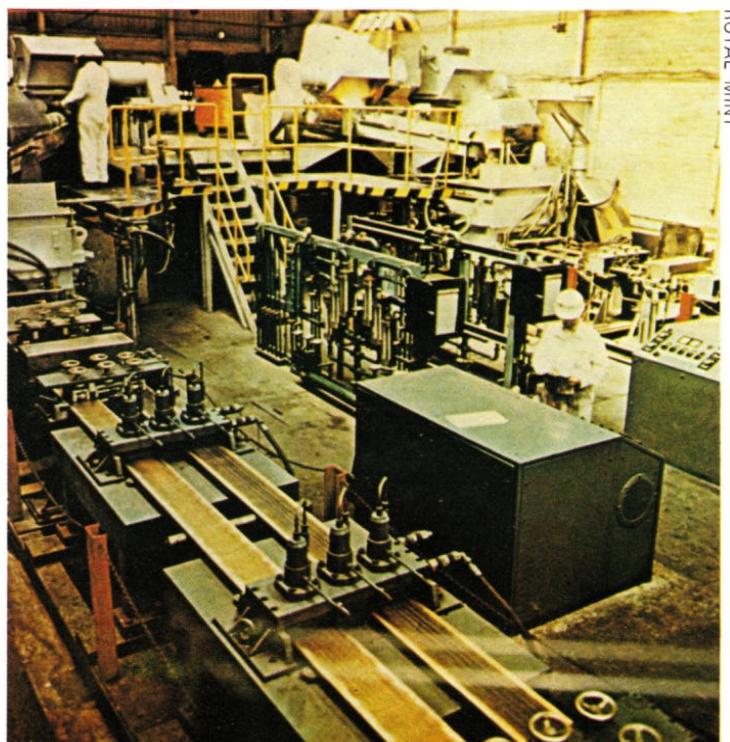
**Oben:** In dieser Presse werden aus den Zainen die Rohlinge ausgestückelt (ausgestanzt). Pro Minute können bis zu 400 Münzrohlinge hergestellt werden.

**Rechts:** Das Metall, das zur Herstellung von Münzrohlingen bestimmt ist, wird flachgewalzt.

gehalten, so daß nur geringfügige Abweichungen von der Kreisform, die nach dem Prägen zu Ungleichmäßigkeiten der Oberfläche führen können, auftreten. Modern eingerichtete Münzanstalten analysieren Legierungen mit Röntgen-Fluoreszenz-Spektrometern, ansonsten werden chemische Analysen vorgenommen.

Nach dem Prägen wird der Durchmesser der Münzen mit Mikrometerschrauben oder Prüflehrnen kontrolliert. Das Gewicht wird durch Abwiegen einer bestimmten Anzahl von Münzen unter Berücksichtigung zulässiger Toleranzen anhand eines Vergleichsgewichtes kontrolliert.

Es kommt gelegentlich vor, daß Münzen versehentlich auf beiden Seiten mit dem gleichen Stempel geprägt werden oder andere Mängel aufweisen. Solche Fälle sind sehr selten.



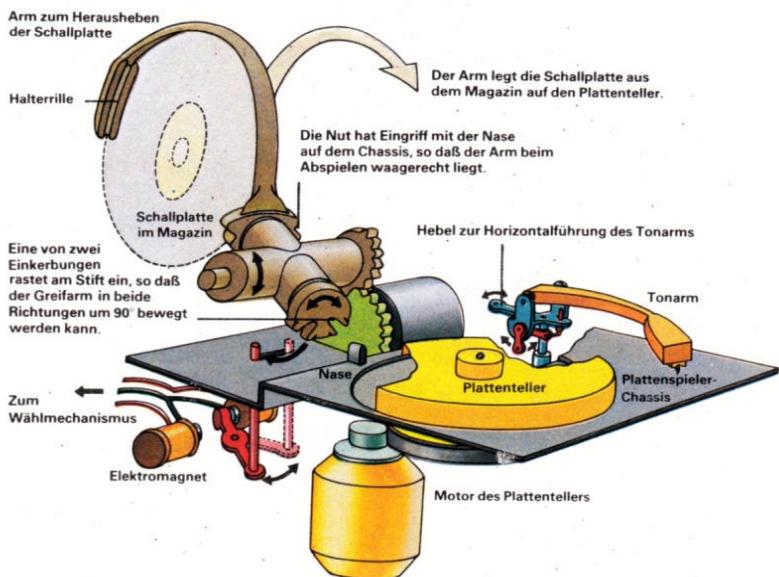
ROYAL MINT

## MUSIKBOX

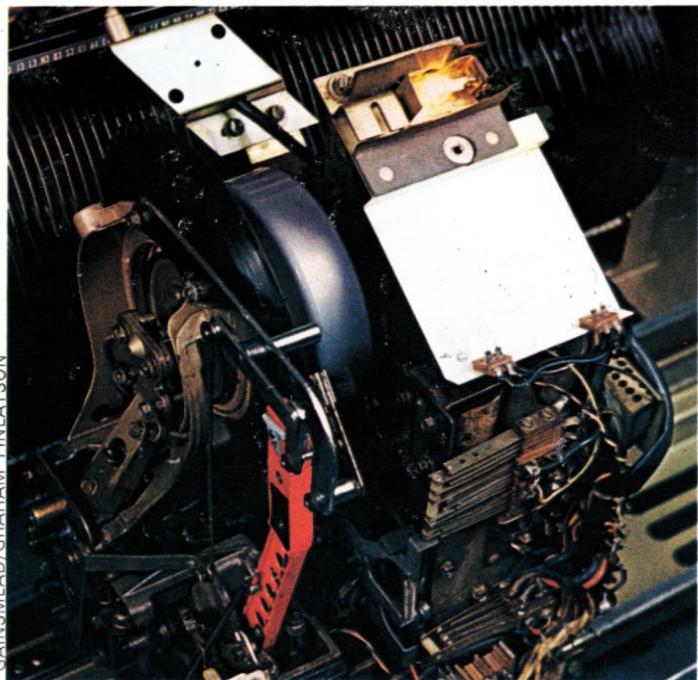
**Musikboxen (Musikautomaten) fanden erstmals in den fünfziger und sechziger Jahren weite Verwendung. Durch sie konnte man auch in Bars und Cafés Rock-and-Roll-Musik hören.**

Eine Musikbox ist ein automatischer Plattenspieler, der durch Einwurf von Münzen betrieben wird. Ihr Vorläufer war die mit Münzen betriebene Spieldose. Frühe Musikboxen wurden auch Nickelodeons genannt, weil sie in den USA nach Einwurf von einem Nickel (5 Cent) spielten, allerdings nur eine Seite einer 78er Schallplatte. Ihr Tonabnehmer (fälschlicherweise als Nadel bezeichnet) mußte häufig erneuert werden, weil seine Abtast-'Nadel' aus Stahl bestand.

Anfang der fünfziger Jahre kam es in der Schallplattenindustrie zum sogenannten 'Kampf um Umdrehungsgeschwindigkeiten'. Es gab eine Zeitlang Schallplatten in drei Größen und mit drei Geschwindigkeiten. Es wurden Musikboxen gebaut, die unterschiedliche Platten abspielen konnten. Heute jedoch werden in fast allen Musikboxen 17 cm-Platten mit 45 U/min abgespielt. Allerdings gibt es auch einige Geräte,



*Die zu spielende Schallplatte liegt oben im Magazin. Der Arm nimmt sie heraus und bewegt sich mit ihr zum Plattenteller. Dabei rastet eine der Einkerbungen in einem Stift ein, der je nach seiner Stellung den Arm nach links oder rechts bewegt, so daß die Seite A oder B der Platte oben ist.*



GAINSMEEAD/GRAHAM FINLAYSON

**Oben:** Das Bild zeigt einen der Wählmechanismen, wie er bei Musikboxen üblich ist. Diese Vorrichtung tastet die Schallplatten ab, die in einer Reihe nebeneinander stehen. Der Tonabnehmer ist auf jeder Seite mit einer Nadel ausgestattet, so daß er beide Seiten der Schallplatte abspielen kann. Bei anderen Mechanismen greift der Arm eine Platte heraus und legt sie auf einen Plattenteller.

die außerdem Platten mit 33 1/3 U/min abspielen können.

Musikboxen lassen sich grundsätzlich nach zwei Arten des Wählmechanismus einteilen. Beim ersten Typ, der durch die 'Selectomatic' der Marke Seeburg vertreten wird, stehen alle Platten senkrecht in einer Reihe, und der Wählarm bewegt sich an ihr hinauf und hinab. Diese Konstruktion ist auch in einem normalen, für den privaten Gebrauch bestimmten Musikschrank zum Abspielen normalgroßer Langspielplatten oder für Hintergrundmusik z.B. in Supermärkten, Warterräumen usw. erhältlich. Beim zweiten, von Wurlitzer und anderen verwendeten Typ stehen alle Schallplatten in einem Magazin, das sich um die Wählvorrichtung dreht.

### Kassiereinrichtung

Nach dem Einwurf einer Münze ermittelt der Münzprüfer den Wert der Münze durch Kontrolle ihres Gewichtes und ihrer Abmessungen. Sie wird außerdem an Magneten vorbeigeführt, die auf 'Fremdmetalle' nicht ansprechen. Nachdem die Münze nach ihrem jeweiligen Wert in den Schacht für angenommene Münzen weitergeleitet worden ist, betätigt sie einen Kassierschalter, der normalerweise aus zwei einander berührenden Metallkontakte besteht, und schließt einen Stromkreis zur Kassiereinrichtung.

Aufgabe der Kassiereinrichtung ist es, die richtige Anzahl von Abspielvorgängen für die eingeworfene Münze festzulegen. Dies geschieht in den meisten Fällen durch ein Zahnrad, das um eine dem Münzwert entsprechende Anzahl von Zähnen vorrückt. Nachdem eine Platte gewählt wurde, zieht die Kassiereinrichtung das Zahnrad um jeweils einen Zahn in Richtung auf die Ausgangsstellung zurück, und nach Wählen der letzten Platte unterbricht ein am Zahnrad angebrachter Hebel den Kontakt zum Wähl-Stromkreis.

### Wählvorrichtungen

Es gibt zwei Möglichkeiten, die Wählvorrichtung zu programmieren. Der Stiftwähler besitzt eine Reihe von Stiften (je einen für die beiden Seiten einer Schallplatte). Wird einer von ihnen angehoben oder durch einen kleinen Magnetschalter nach oben gedrückt, kann die Sucheinrichtung die gewählte Schallplatte 'finden'. Die andere Möglichkeit arbeitet, ähnlich wie bei einem Computer, mit als Toroids bekannten Ferritscheiben in einem Magnetkernspeicher.

Jede dieser Ferritscheiben sieht wie eine kleine Beilagscheibe aus und kann entweder einen negativen oder einen positiven Magnetzustand aufweisen ('Ja'- oder 'Nein'-Zustand). Beim Anwählen einer Platte wird nur eine einzige Scheibe (die zu der betreffenden Schallplatte gehört) 'angesprochen' und geht dadurch in den positiven 'Ja'-Zustand über. Damit der Automat feststellen kann, bei welcher Scheibe das der Fall ist, wird jede von ihnen der Reihe nach abgetastet. Dazu wird ein Strom durch ein Kabel geschickt, das durch die Mitte jeder einzelnen Scheibe verläuft. Dieser Strom hat keinen Einfluß auf die im negativen 'Nein'-Zustand befindlichen Scheiben. Geht er jedoch durch eine im 'Ja'-Zustand befindliche Scheibe, führt

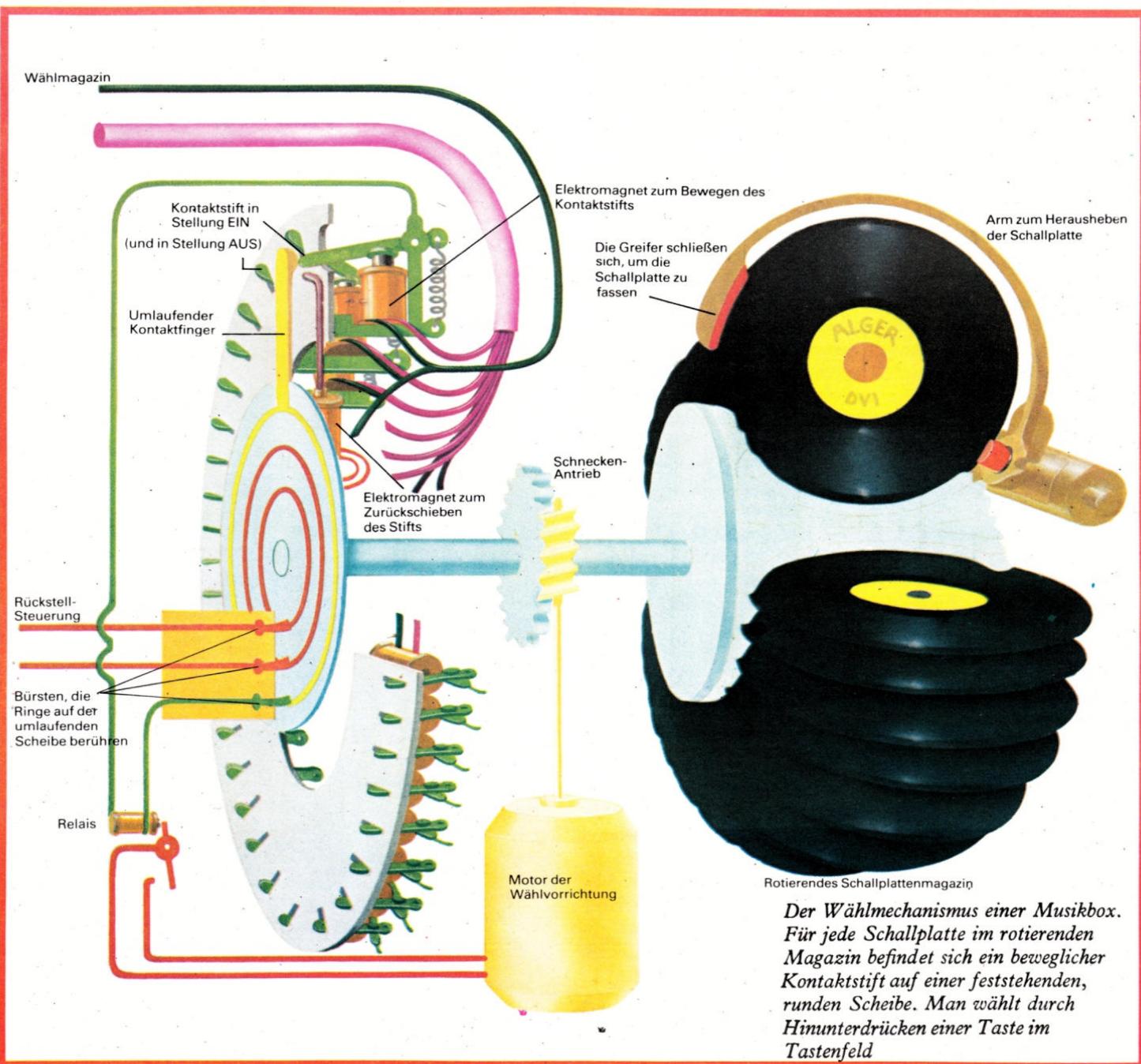
er sie in den 'Nein'-Zustand zurück. Diese Änderung des Magnetzustandes induziert einen kleinen Stromimpuls in einer Meßleitung, die durch die Mitte aller Scheiben hindurchführt. Den Impuls nimmt ein Silicium-Gleichrichter (ein als Schalter wirkender Halbleiter) auf, der den Mechanismus zur zugehörigen Schallplatte sperrt. Weil es bei diesem System keine beweglichen Teile gibt, ist es bei den Herstellern besonders beliebt.

Anschließend drückt ein Arm die Schallplatte über einen Greifer aus dem Gestell in die Wählvorrichtung und spielt sie in senkrechter Lage ab, oder er hebt sie aus dem Magazin heraus, legt sie auf den Plattenteller und spielt sie liegend ab. Der Mechanismus, der die Schallplatte in senkrechter Lage abspielt, besitzt zu beiden Seiten des Tonarmes eine Nadel, um die Schallplatte beidseitig abspielen zu können. Dabei übt eine Feder Druck auf die Nadel aus. Anschließend wird die Platte wie bei einem normalen Plattenwechsler automatisch abgeworfen. Während des mechanischen Betriebes kehrt der Wählstift oder Toroid in seine Ausgangslage zurück. Wird eine Schallplatte vor dem Abspielen zweimal gewählt, findet der Abspielvorgang nur einmal statt: Die Platten werden in der vom Magazin vorgegebenen Reihenfolge abgespielt, und nicht

in der Reihenfolge, in der sie gewählt werden. Musikboxen arbeiten mit piezoelektrischen Tonabnehmern (Keramiksystemen) statt mit Magnetsystemen, weil sich die elektronische Einrichtung der Musikbox störend auf die Leistung eines magnetischen Tonabnehmers auswirken würde. Eine Ausnahme bilden hierbei einige der neuesten, überaus kostspieligen Geräte.

### Fernbedienung

Die Fernwählvorrichtung (auch 'Wandgerät') wird dort eingesetzt, wo die Platzverhältnisse so begrenzt sind, daß die eigentliche Musikbox an einem anderen Ort aufgestellt werden muß, oder wo so viel Platz verfügbar ist, daß aus Gründen der Bequemlichkeit mehr als ein Wählgerät verfügbar sein muß. Das Wandgerät arbeitet in etwa wie ein Münzfernspender. Nachdem der Kassiervorgang auf die übliche Weise abgelaufen ist, setzt sich ein Motor in Umdrehung und führt einen Kontaktarm über eine gedruckte Leiterplatte. Der Kontaktarm gibt eine Reihe von Pulsen an die eigentliche Musikbox, wo sie ein Schrittschalter auffängt. Er besteht aus zwei Drehwählern, von denen der eine Buchstaben und der andere Zahlen zugeordnet ist. Danach wird die Abspielvorrichtung auf die übliche Weise in Betrieb gesetzt.



# N

## NATRIUM

**Natrium ist eines der reaktionsfähigsten Metalle. Es ist gegenüber Luftsauerstoff so reaktionsfreudig, daß es in Petroleum oder unter Vakuumverschluß aufbewahrt werden muß.**

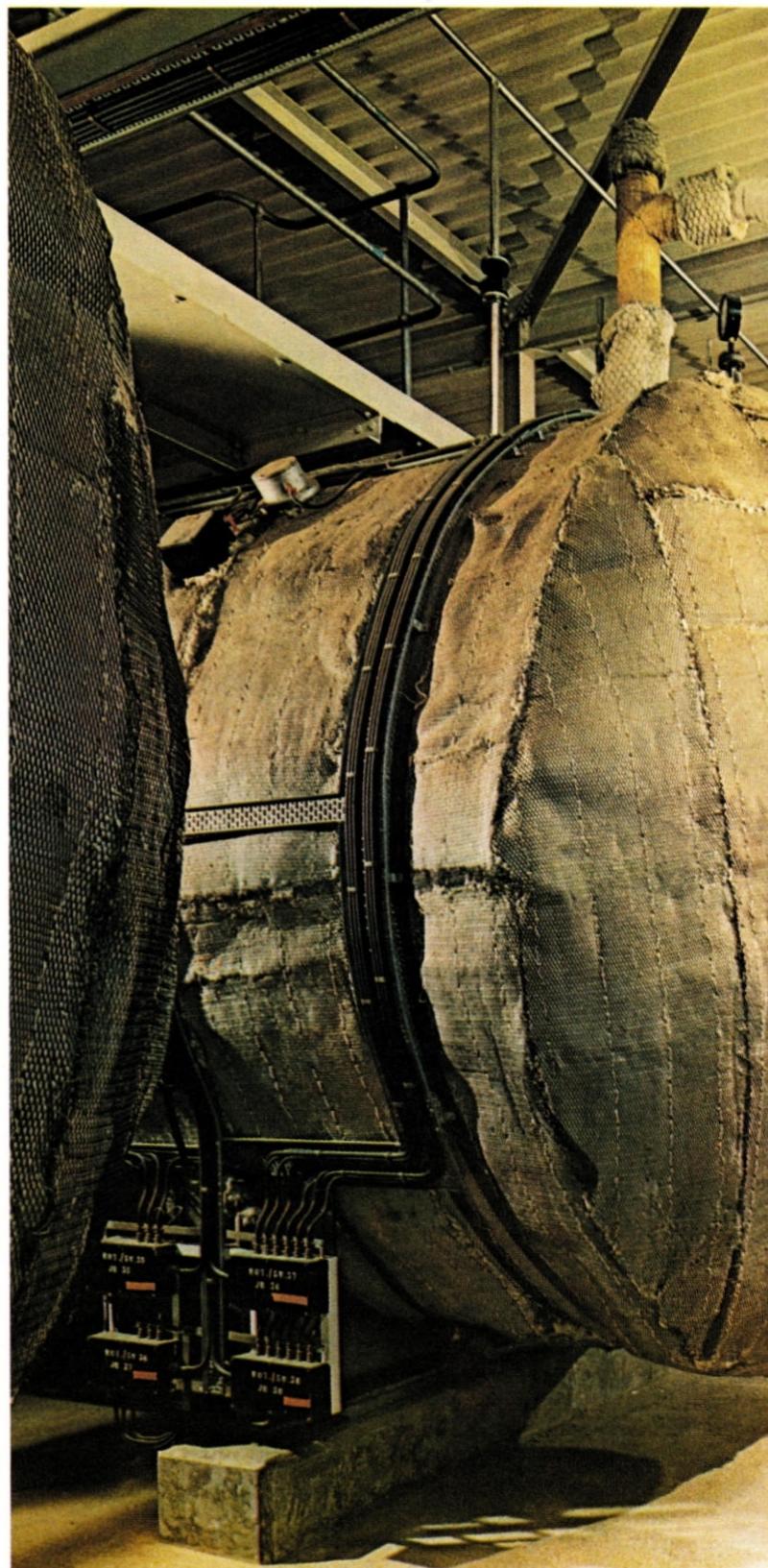
Natrium ist ein silberweißes Alkalimetall, das in Luft schnell anläuft und sich mit einer Hydroxidschicht bedeckt, wobei eine grüne Phosphoreszenzerscheinung (siehe LUMINESZENZ) auftritt, die man bei Dunkelheit sehen kann. Der Name Natrium (chemisches Symbol: Na) leitet sich von dem ägyptischen Wort neter für Soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) ab. Im Griechischen entwickelte sich das Wort nitron, im Lateinischen das Wort nitrum und bei den arabischen Alchimisten das Wort natron. Natrium ist ein extrem leichtes Metall mit einer Dichte von  $0,93 \text{ g/cm}^3$ . Es schwimmt daher auf Wasser, mit dem es heftig unter Bildung von Natriumhydroxid (Ätnatron) und Wasserstoff reagiert.

Natrium wurde in Jahre 1807 von Sir Humphry Davy (1778 bis 1829) aus einer elektrolytischen Schmelze von Ätnatron gewonnen. Zwei Natriumverbindungen werden seit dem Altertum verwendet: Natriumchlorid und Natriumcarbonat. Natriumchlorid (Kochsalz, siehe SALZGEWINNUNG) wurde zu allen Zeiten für Speise- und Konservierungszwecke verwendet. Es hat eine außerordentliche physiologische Bedeutung für das menschliche und tierische Leben. Ohne Natriumionen wäre ein Lebewesen dem Tode ausgeliefert. Die andere wichtige Natriumverbindung ist Natriumcarbonat (Soda). Bis zum 19. Jahrhundert wurde Soda aus Pflanzenasche gewonnen. Soda ist eines der wichtigsten Produkte der chemischen Großindustrie (Glas-, Papier-, Waschmittelindustrie).

Neben dem Vorkommen in Natriumchlorid ( $\text{NaCl}$ ), Soda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), Borax (Natriumborat,  $\text{Na}_3\text{BO}_3$ ) und Chilesalpeter (Natriumnitrat) findet man Natrium in Gesteinen wie einem Natriumaluminiumsilikat, dem Natronfeldspat ( $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ ) vor.

### Darstellung

Davy fand zwar Natrium durch Elektrolyse, doch konnte die Elektrolyse nicht angewendet werden, da der benötigte hohe Energiebedarf nicht zur Verfügung stand. Natrium wurde nach einem von Castner im Jahre 1880 angeführten Verfahren gewonnen, bei dem kaustifizierte Soda (Natriumhydroxid) und Kohlenstoff in Form von Pech bei Anwesenheit von porösem Eisen auf  $1000^\circ\text{C}$  erhitzt wurden. Die kaustifizierte Soda wurde durch die Anwesenheit des Kohlenstoffs zu metallischem Natrium reduziert. Als man um 1890 die Erzeugung elektrischer Energie beherrschte, ging Castner bei der Natriumdarstellung zu der von Davy angewendeten Methode der Elektrolyse über. Er entwickelte eine elektrolytische Zelle ('Castner-Zelle'), in der die Natriumhydroxidschmelze  $10^\circ\text{C}$  über ihrem Schmelzpunkt ( $318^\circ\text{C}$ ) gehalten wurde. Durch Hinzufügen von Natriumchlorid und Natriumcarbonat konnte der Schmelzpunkt auf weniger als  $300^\circ\text{C}$  herabgedrückt

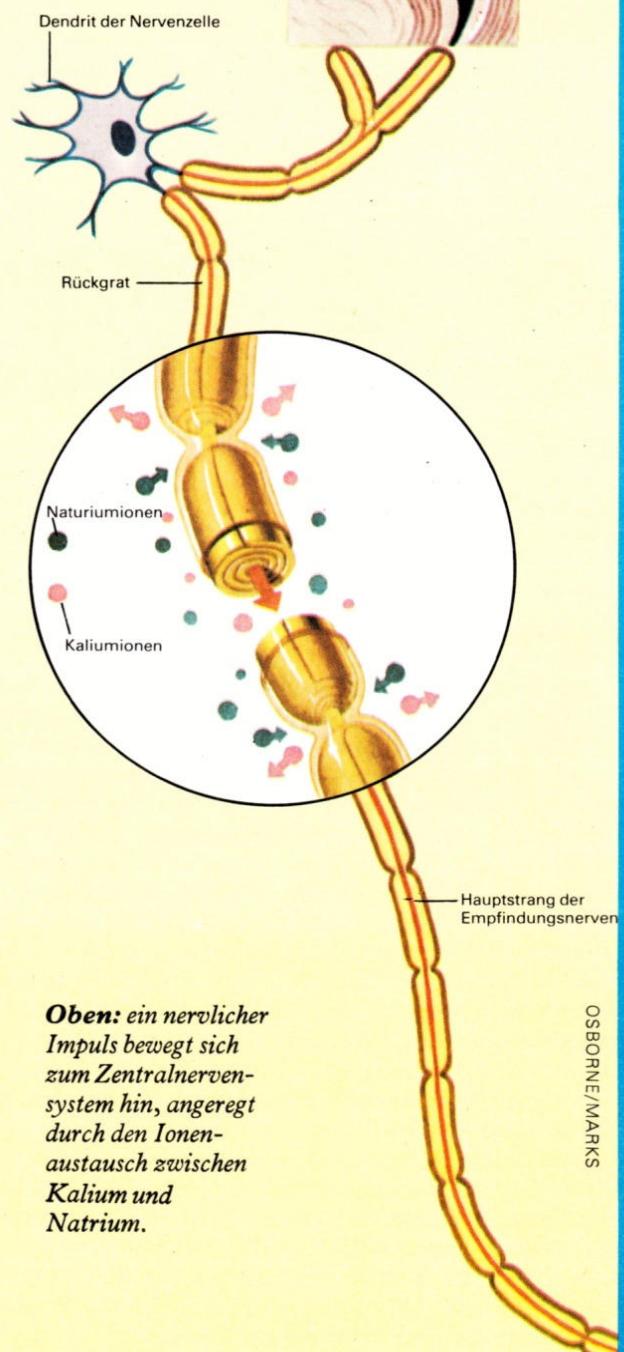
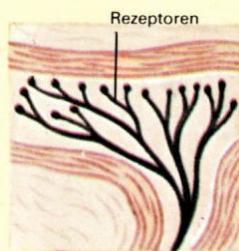


werden. Die Castner-Zelle besteht im Prinzip aus einem sich verjüngenden Eisengefäß, in das von unten ein sich nach oben verdickender Kupferstab als Katode eingeführt wird. Als Anode dient ein die Katode umgebender Nickelzylinder. Katoden- und Anodenraum sind durch einen als Diaphragma wirkenden Eisendrahtnetzzyylinder voneinander getrennt. Ein Diaphragma hat die Eigenschaft, elektrischen Strom, jedoch nicht Moleküle, hindurchzulassen. Das Diaphragma ist notwendig, damit das an der Katode entstehende Natrium sich nicht mit dem an der Anode entstehenden Wasser verbindet. Das an der Katode entstehende Natrium steigt im Katodenraum nach oben und kann dort abgeschöpft werden. Man



Links: In diesen Tanks, die sich in einem Kernkraftwerk befinden, wird flüssiges Natrium gelagert. Natrium eignet sich gut als Kühlmittel für Kernreaktoren.

**Rechts:** Die Enden eines Nervs in der Haut. Die Rezeptoren des Nervs registrieren die Art, Richtung und Intensität aller von außen kommenden Reize.



OSBORNE/MARKS

**Oben:** ein nervlicher Impuls bewegt sich zum Zentralnervensystem hin, angeregt durch den Ionenaustausch zwischen Kalium und Natrium.

**Links:** In diesen Tanks, die sich in einem Kernkraftwerk befinden, wird flüssiges Natrium gelagert. Natrium eignet sich gut als Kühlmittel für Kernreaktoren.



THORN

**Oben:** Die fotografische Klischieranstalt einer Druckerei, die von einer Natriumlampe beleuchtet wird. Dieses Licht schützt die empfindlichen Druckplatten.

hält die Temperatur deshalb  $10^{\circ}\text{C}$  über dem Schmelzpunkt der Schmelze, damit sich das Natrium nicht wieder in der Schmelze löst.

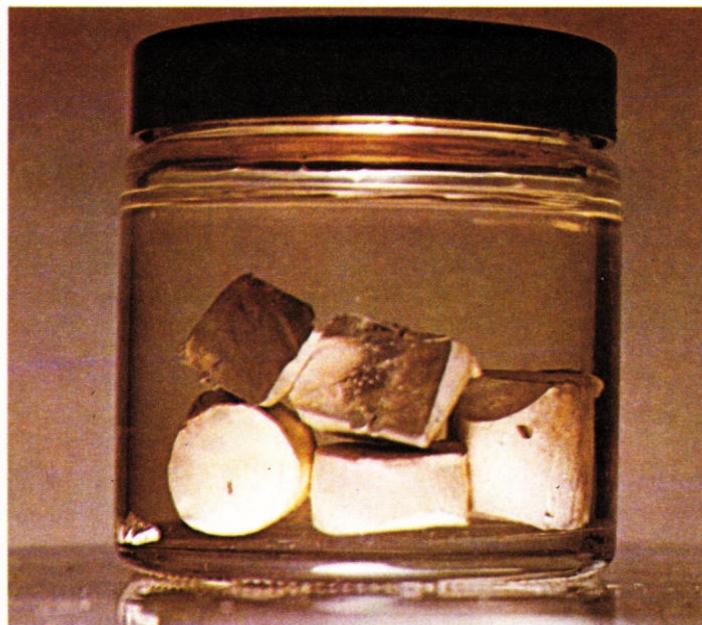
An sich liegt der Gedanke nahe, Natriumchlorid der Elektrolyse zu unterziehen, denn diese Verbindung des Natriums kann abgebaut oder durch Verdampfen von Meerwasser gewonnen werden. Weiterhin würde in der elektrolytischen Zelle kein Wasser, das mit Natrium reagieren kann, erzeugt. Es wäre also die Voraussetzung geschaffen, einen Wirkungsgrad von annähernd 100% zu erzielen. Reines Natriumchlorid hat aber einen Schmelzpunkt von  $805^{\circ}\text{C}$ . Bei dieser Temperatur ist Natrium relativ flüchtig, weil sein Siedepunkt bei  $877^{\circ}\text{C}$  liegt. Hinzu kommt, daß bei dieser Temperatur die Löslichkeit von Natrium in der elektrolytischen Schmelze so hoch ist, daß diese Art der Natriumdarstellung nicht realistisch ist. Diese Probleme lassen sich überwinden, wenn man der Schmelze Natriumcarbonat zusetzt. Der Schmelzpunkt sinkt dann unter  $600^{\circ}\text{C}$ . Heute wird die Darstellung von Natrium aus Natriumchlorid bevorzugt angewendet. Man benutzt hierbei die sogenannte 'Downs-Zelle', die ähnlich wie die Castner-Zelle aufgebaut ist. Als Anode verwendet man Kohlenstoff. Diese wird ringförmig von einer Eisenkatode umgeben. Bei der Elektrolyse in der Downs-Zelle entsteht an der Katode Natrium und an der Anode Chlor. Wegen der zusätzlichen Möglichkeit, auch Chlor zu gewinnen, wird heute das Downs-Verfahren bevorzugt.

### Anwendung

Die Hauptanwendung von Natrium ist die Herstellung von Natriumsalzen. Dinatriumdioxid ( $\text{Na}_2\text{O}_2$ ) erhält man, wenn trockene Luft bei  $300^{\circ}\text{C}$  über Natrium leitet. Es wird zum Bleichen von Textilien oder zur Herstellung anderer Bleichmittel (z.B. Benzoylperoxid ( $\text{C}_6\text{H}_5\text{COO}_2$ )) verwendet. Natriumcyanid ( $\text{NaCN}$ ) wird in großen Mengen zur Gewinnung von Gold und Silber, zur Einsatzhärtung von Stahl und in der Galvanotechnik eingesetzt. Es wird in einem zweistufigen Verfahren hergestellt. Zuerst wird Natrium in Ammoniak auf



UKAEA



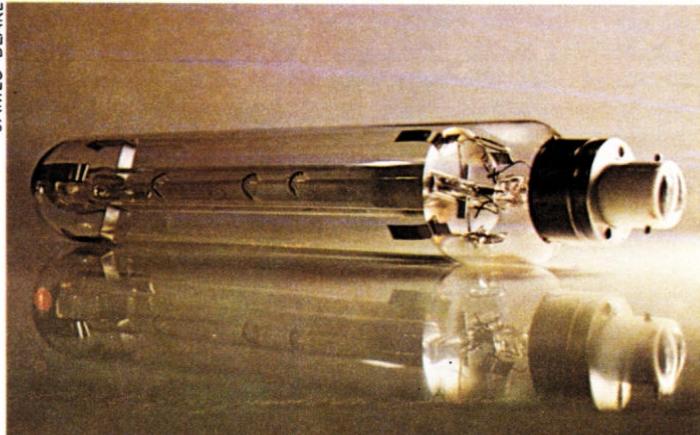
JAMES BLAKE

$350^{\circ}\text{C}$  erhitzt; es bildet sich Natriumamid ( $\text{NaNH}_2$ ), eine Verbindung, die in der Farbenindustrie eingesetzt wird und zur Herstellung des Explosivstoffes Bleiazid ( $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ ) dient. Dann wird Natriumcyanid hergestellt, indem man Natriumamid mit rotglühender Aktivkohle reagieren lässt. Natrium spielt auch eine wichtige Rolle bei der Darstellung von Natriumalkylsulfat, womit Waschmittel hergestellt werden. Bleitetraethyl ( $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ ) spielt als Antiklopfmittel (Zusatz zum Motorenbenzin) eine große Rolle. Man lässt eine Natrium/Blei-Legierung mit Ethylchlorid ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$ ) reagieren. Dann setzt man reines Metall in einer Konzentration von weniger als 0,1% zu, um Veränderungen von Aluminium/Silicium-Legierungen zu erzielen. Die gute Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität von flüssigem Natrium wird bei Ventilen von Verbrennungsmotoren eingesetzt. In den Ventilfuß wird Natrium gebracht, wodurch die Wärmeableitung vom Ventilkopf sehr verbessert wird. Außerdem wird verflüssigtes Natrium vielfach als Kühlmittel in Kernreaktoren ange-

**Links oben:** Natriumstücke, die in Paraffinöl aufbewahrt werden. Da Natrium gegenüber feuchter Luft sehr reaktionsfähig ist, wird es zur Verhinderung des Luftzutritts unter Öl aufbewahrt. Sonst oxidiert es zu Natriumoxid.

**Unten:** Eine Natriumdampf-Entladungslampe. Diese Lampen emittieren das charakteristische gelbe Licht von Natrium. Sie werden sehr häufig als Straßenbeleuchtung eingesetzt.

JAMES BLAKE



**Links:** Die Primärpumpe eines schnellen Prototypreaktors. Die Pumpe lässt flüssiges Natrium am Reaktorkern zirkulieren.

wendet. Durch Zufügen von Kalium kann der Schmelzpunkt von Natrium bedeutend herabgedrückt werden. Eine Legierung von 23% Natrium und 77% Kalium hat einen Schmelzpunkt von  $-12^{\circ}\text{C}$ , d.h. diese Legierung ist, ähnlich dem Quecksilber, bei Raumtemperatur eine Flüssigkeit. Derartige Legierungen werden in Thermometern für hohe Temperaturen angewendet.

Natrium wurde auch als Übertragungsmedium von elektrischer Energie in Erwägung gezogen. Seine Leitfähigkeit pro Volumeneinheit beträgt  $1/3$  der Leitfähigkeit von Kupfer. Bezogen auf die Dichte ist Natrium  $1/3$  leichter als Kupfer. Außerdem ist Natrium viel preiswerter als Kupfer.

Die gelb leuchtenden Straßenlampen sind Entladungslampen, die mit Natriumdampf gefüllt sind. Elektronen werden in dem Natriumatom durch die hohe Betriebsspannung in ein höheres Energieniveau gebracht. Bei Rückkehr in ein niedrigeres Energieniveau wird ein typisches monochromatisches Licht (Licht einer Wellenlänge) ausgestrahlt.



## NAVIGATION

**Wir verlassen uns heute darauf, daß Schiffe und Flugzeuge auch bei Nacht und Nebel nicht von ihrer vorgeschriebenen Route abweichen. Die sichere Navigation ist jedoch erst in neuerer Zeit möglich geworden und hängt entscheidend von modernsten und kompliziertesten elektronischen Geräten ab.**

Navigation ist die Kunst der kontrollierten Bewegung. Die Polynesier lernten, ihren Katamaran nach den Sternen und nach der Dünung des Pazifik zu steuern. Der Seemann des Mittelmeeres verließ sich vor allem auf die Hauptwindrichtungen, bis um 1200 der Magnetkompaß aufkam. Bald fand man heraus, daß die von ihm angezeigte Richtung nicht der wahre (geographische) Norden ist, sondern daß es je nach Position auf der Erde eine Abweichung gibt, die man heute auf Navigationskarten gedruckt finden kann. Als Schiffe aus Stahl und Eisen gebaut wurden, waren Korrekturen für die auftretenden Störungen nötig. Eine Lösung des Problems ergab sich im vorigen Jahrhundert durch den KREISELKOMPASS, der die Richtung der Drehachse der Erde ohne Nutzung magnetischer Effekte bestimmt.

Im Mittelalter bestimmte der Seemann die Geschwindigkeit des Schiffes, indem er einen Holzblock (das 'Log'), an den eine Leine geknüpft war, ins Wasserwarf. Die Leine hatte in regelmäßigen Abständen Knoten. Während eine Halbminuten-Sanduhr lief, wurde die Leine in Abhängigkeit von der Schiffs geschwindigkeit ausgeworfen, so daß sie nicht unter Zugspannung geriet. Die Zahl der Knoten auf dem ausgeworfenen Teil der Leine war ein Maß für die Geschwindigkeit. Ein modernes Log (auch: 'die Logge'), wie man jedes Gerät zur Bestimmung der Schiffsgeschwindigkeit nennt, hat entweder Propellerform oder enthält eine Druckmeßzelle. Neuere Modelle nutzen auch elektronische Prinzipien. Die Einheit 'Knoten', die für eine Seemeile pro Stunde steht, ist jedoch

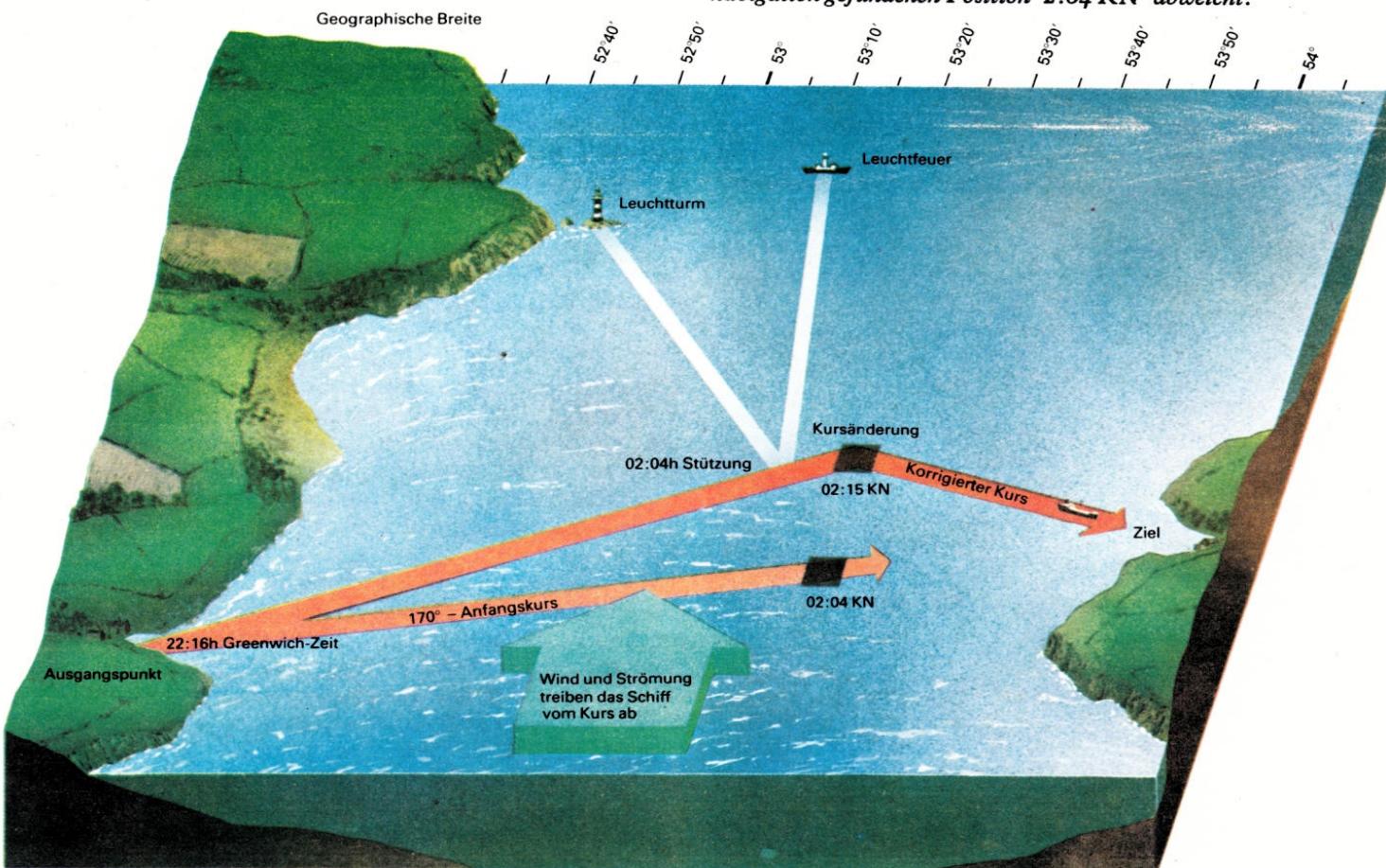
erhalten geblieben. Eine Seemeile misst 1852 m und entspricht fast genau dem Abstand zwischen zwei Breitenminuten (einem sechzigstel Breitenkreis) auf der Erdkugel.

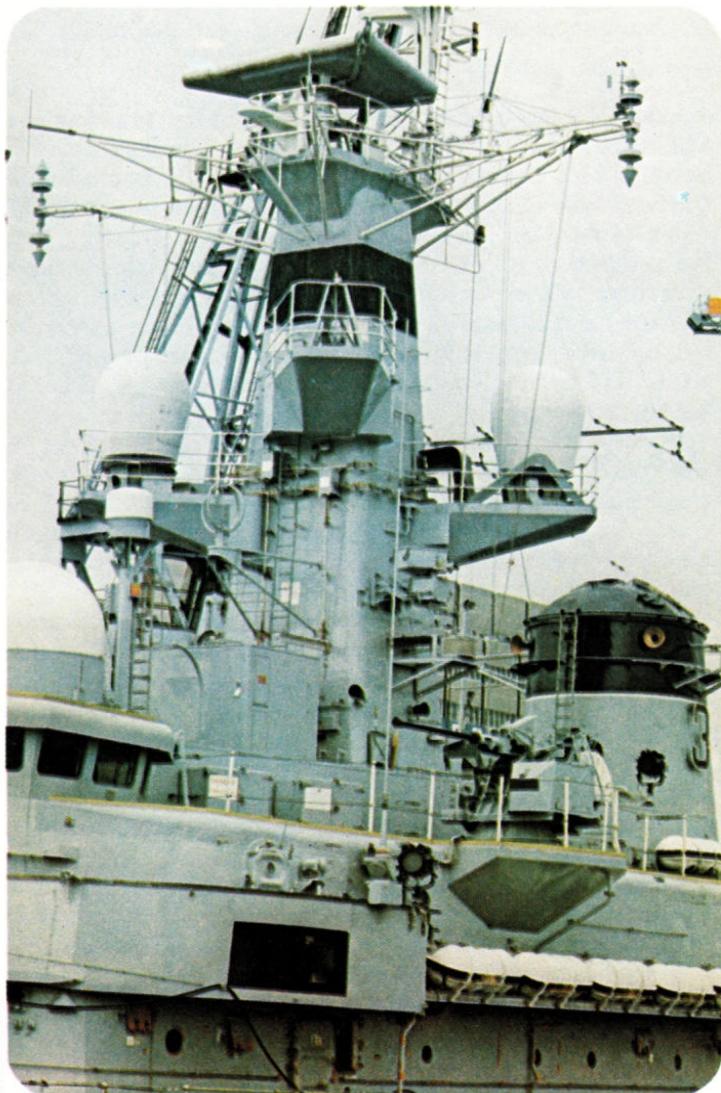
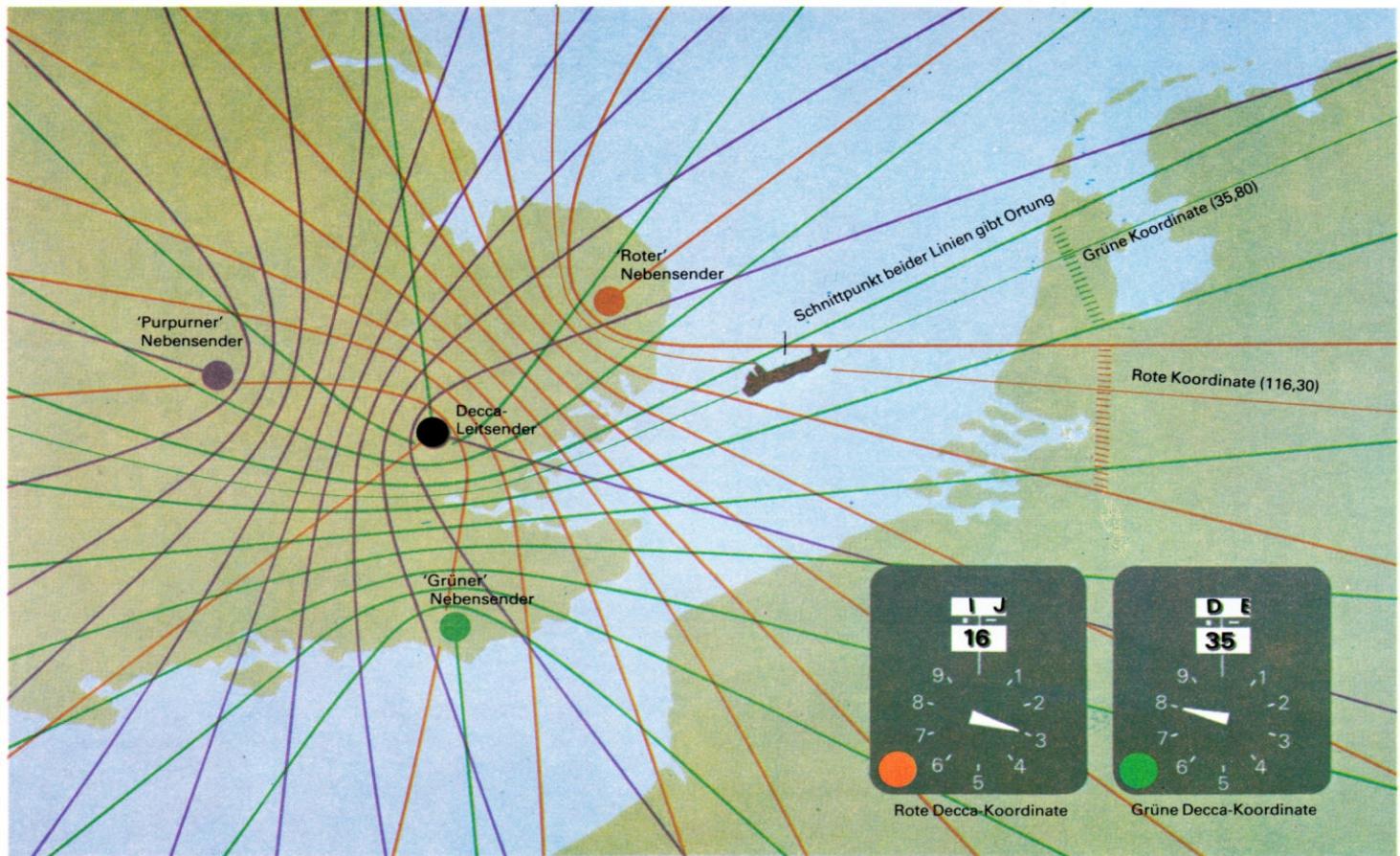
Die Bestimmung der Position (die 'Ortung') aus dem 'Kurs', also der Fahrtrichtung, der Geschwindigkeit und der Zeit seit Verlassen eines Ausgangspunktes nennt man 'Koppeln' oder 'Koppelnavigation'. Ohne Gezeiten und Winde könnte sich der Steuermann auf die Resultate der Koppelnavigation verlassen. Tatsächlich braucht man aber in gewissen Abständen eine Überprüfung ('Stützung') durch Vergleich mit einer zuverlässigeren Methode. Auf dem Lande kann man eine Position auf einer Karte genau angeben, während man auf See weit entfernte Objekte als Bezugspunkte heranziehen muß. Im einfachsten Falle peilt man Küstenpunkte an. Bei Nacht kann man sich mit einem Kompaß und an Leuchtfufern orientieren.

### Astro-Navigation

Auf hoher See ist die Astro-Navigation zur Stützung der Koppelnavigation das traditionelle Verfahren. Auf jedem Punkt der Erdoberfläche sind die lotrechte (vertikale) Richtung und die dazu senkrechte Horizontalebene bekannt, womit der Horizont bestimmt ist. Der Seeman mißt mit einem Sextanten den Elevationswinkel, den Winkel zwischen Horizont und Gestirn, für Sonne, Mond oder Sterne und vergleicht diese Meßwerte mit den aus der Koppelnavigation berechneten Werten. Wenn der Sextant eine größere Elevation anzeigt als berechnet wurde, ist die Position in Richtung auf das entsprechende Gestirn hin zu korrigieren, wobei die Entfernung-

Schematische Darstellung der Koppelnavigation. Ein Schiff startet links und hält den vorausbestimmten Kurs etwa vier Stunden lang. Dann wird nach 2:04h durch Anpeilen zweier Objekte eine Stützungsortung vorgenommen und die Position '2:04h Stützung' gefunden, die deutlich von der durch Koppelnavigation gefundenen Position '2:04 KN' abweicht.





**Oben:** Mit dem Decca-Navigationsgerät können Anzeigewerte direkt auf eine Karte übertragen werden. Das Gerät liefert drei Meßwerte (Koordinaten, vgl. die drei Meßskalen im Bild), von denen zwei zur Ortung genügen. Das Decca-System arbeitet in Europa und in anderen wichtigen Seeverkehrsgebieten.

**Links:** Die Aufbauten moderner Schiffe unterscheiden sich wesentlich von denen der Frühzeit der Schiffahrt. Die verschiedenen Antennen für die Navigationsanlage sind einer der Gründe.

korrektur in Seemeilen gleich der Elevationsdifferenz in Winkelminuten ist. Die Elevationsmessung für ein zweites Gestirn und eine zweite Korrektur legen die Position eindeutig fest.

Obwohl die Astro-Navigation weltweit einsetzbar ist, handelt es sich nicht um ein 'Allwetter'-Verfahren. Wolken können den Himmel bedecken, Nebel kann den Horizont verwaschen, und nachts ist der Horizont ohnehin nicht sichtbar, so daß die Beobachtung der Sterne auf die Morgen- und Abenddämmerung beschränkt bleibt.

### Elektronik in der Seefahrt

Zu Beginn unseres Jahrhunderts zeigte Marconi die Möglichkeiten der Nachrichtenübermittlung mit Radiowellen auf. Eine der ersten Anwendungen bestand in der Sendung von Zeitzeichen, die man zur Überprüfung der Schiffschronometer (sehr genaue Uhren, die bei der Astro-Navigation eingesetzt werden) benutzte. Bald fand man heraus, daß man mit einer Drahtschleife als Antenne die Richtung bestimmen kann, aus der die Radiowellen kommen. Damit hatte man für die Navigation das 'Sehen' bei Nacht oder im Nebel durch Anpeilen eines Radiosenders möglich gemacht.

Durch das Ausstoßen kurzer Schreie und das Wahrnehmen der Laufzeiten der Echos können Fledermäuse in völlig



**Oben:** Der Sextant ist eines der wichtigsten Navigationsinstrumente der Schifffahrt. Hier Offiziere bei der Positionsbestimmung auf der TS 'Bremen'.



**Links:** Bei der Kriegsmarine geht es oft nicht nur um die Bestimmung der eigenen Position, sondern auch der feindlicher Schiffe. Die Navigationszentrale eines Kriegsschiffes ist lebenwichtig.

dunklen Höhlen fliegen. Radiowellen pflanzen sich fast eine Millionmal schneller fort als Schallwellen. Sie legen in einer Sekunde eine Strecke zurück, die etwa das Siebenfache des Umfangs der Erde beträgt. Trotz dieser hohen Geschwindigkeiten gelang es kurz vor dem Zweiten Weltkrieg, auch Radiowellenechos zu messen. Mit einer tellerförmigen Richtantenne konnten Richtungen und Entfernungen bestimmt und auf dem Bildschirm einer Kathodenstrahlröhre dargestellt werden. Mit dem Radargerät wurde es also möglich, die Küste und andere Schiffe auch bei Nacht oder im Nebel zu 'sehen'.

In den letzten Jahrzehnten sind mehr Arbeit und Geld für Hilfsmittel der Schifffahrt aufgewendet worden als in der gesamten davorliegenden Geschichte der Menschheit. So wurde das Bleilot vom Echolot abgelöst (Sonar), mit dem die Laufzeit von Schallwellen vom Schiffsrumpf zum Meeresboden und zurück bestimmt wird.

In der Navigation wurden während des Zweiten Weltkrieges die 'Loran'- und 'Decca'-Navigationssysteme eingeführt. Bei diesen Verfahren werden interferierende Radiowellenfelder aufgebaut, etwa vergleichbar mit den Wellenfeldern, die auf der Wasseroberfläche entstehen, wenn man mehrere Steine gleichzeitig an verschiedenen Stellen in einen Teich wirft. 'Omega' ist ein neueres System, das bei sehr niedrigen Frequenzen arbeitet und speziell für große Entfernungen entwickelt wurde.

Trotz einiger Unterschiede in der praktischen Anwendung arbeiten alle diese Systeme nach demselben Prinzip: Wenn zwei Radiosender das gleiche Signal aussenden, beispielsweise eine kontinuierliche Schwingung, werden die abgestrahlten Wellen an bestimmten Stellen in Phase sein. Die Punkte gleicher Phasen liegen auf hyperbolischen Kurven. Ein Schiff, das ein Signal genau in Phase empfängt, muß sich auf einer solchen Hyperbel befinden, die man auf einer entsprechenden Navigationskarte eingezeichnet findet. Für eine genaue Ortung



**Links:** DMEs (Distance Measuring Equipment = Entfernungsmeßeinrichtungen) werden von Flugzeugen zur Bestimmung ihrer Entfernung von einer Bodenstation benutzt. Das vom Flugzeug ausgestrahlte Peilsignal wird von der Bodenstation erwidert. (Im Bild die Anlage der Bodenstation.) An Bord des Flugzeugs wird die Zeit gemessen, die zwischen der Ausstrahlung des Signals und der Erwiderung verstreicht. Daraus wird die Entfernung zur Bodenstation gemessen.

PLESSEY

**Unten:** Ausschnitt aus einer Navigationskarte für die Luftfahrt im Raum Frankfurt/Main. Die dicken Linien zeigen die Anflugwege an. Die Kreise stellen Leitfunksender dar. Die Karte gibt außerdem die Radiofrequenzen der einzelnen Kontrollbereiche, sowie die maximalen und die minimalen Flughöhen an, die für die jeweiligen Bereiche maßgebend sind.

müssen Signale eines zweiten Senderpaars aufgenommen werden, dessen Hyperbeln ebenfalls eingezeichnet sind. Wenn man beide Kurven genau kennt, ergibt sich aus dem Schnittpunkt eine zuverlässige Position.

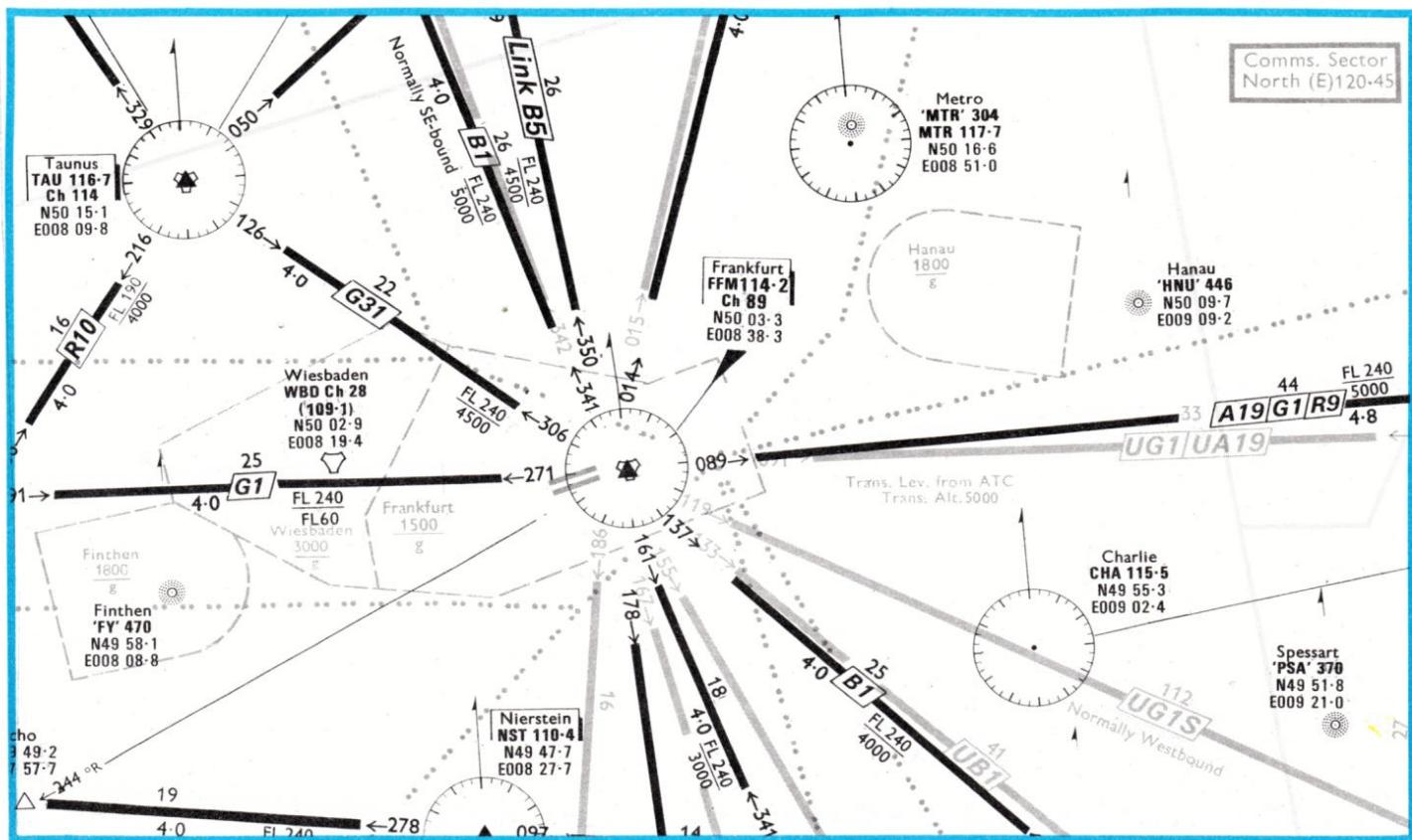
Beim Decca-System wird dieses Prinzip angewendet. Zusätzlich werden vom Leitsender zur genauen Ortung Fahrrinnenkennsignale ausgesendet, die automatische Detektoren auf dem Schiff ansprechen lassen, womit eine ständige Anzeige der Position möglich wird.

Das Loran-System arbeitet mit Radiopulsen statt mit kontinuierlichen Wellen. Es vermittelt weniger Information, ist aber, speziell bei großen Entfernungen, zuverlässiger. Beim Loran-C-System werden beide Sendearten kombiniert. Diese Form wird auch im Flugverkehr benutzt. Ein kleineres System, 'Consol', das nur der Richtungsbestimmung dient, wird auf Jachten eingesetzt.

Das neueste Navigationssystem bezieht auch Satelliten ein, die die Erde umkreisen. Die Satelliten senden Signale aus, die ihrer Position auf der Umlaufbahn zugeordnet sind und durch Fernsteuerung angepaßt werden, wenn sich die Umlaufbahn ändert. Wenn der Satellit über den Himmel zieht, ändert sich die auf einem Schiff gemessene Dopplerverschiebung seiner Signale verschieden stark: Der Abstand des Satelliten verändert sich am schnellsten, wenn er am Horizont auftaucht oder verschwindet; am langsamsten, wenn er sich senkrecht über dem Schiff befindet. Die Daten über die Position des Satelliten und über die Dopplerverschiebung werden einer Rechenanlage auf dem Schiff übergeben, die die Position des Schiffes mit großer Genauigkeit berechnet.

### Navigation in der Luftfahrt

Etwa zur selben Zeit, als Marconi das Radio entwickelte, flogen die Brüder Wright zum erstenmal mit einem Fluggerät, das schwerer als Luft war. Die Piloten dieser ersten Maschinen erkannten schnell die speziellen Schwierigkeiten der Navigation. Ein Schiff kann anhalten, aber ein Flugzeug muß weiterfliegen und Treibstoff verbrauchen, um in der Luft zu bleiben. Außerdem bleibt bei den höheren Geschwindigkeiten wenig Zeit zur Navigation.



Vor dem Start bereitet der Pilot ein vollständiges Koppel-navigationsbild seiner Reise vor, den 'Flugplan', den er während der Reise den veränderlichen Bedingungen noch anpaßt. Ursprünglich konnten Flugrichtung und Fluggeschwindigkeit nur relativ zur Luft gemessen werden, die aber selbst durch den Wind in Bewegung ist. Heute läßt sich aufgrund des Dopplereffektes von Radiowellen die Geschwindigkeit relativ zur Erdoberfläche messen. Einfache Rechner setzen diese Resultate in Positions-werte um.

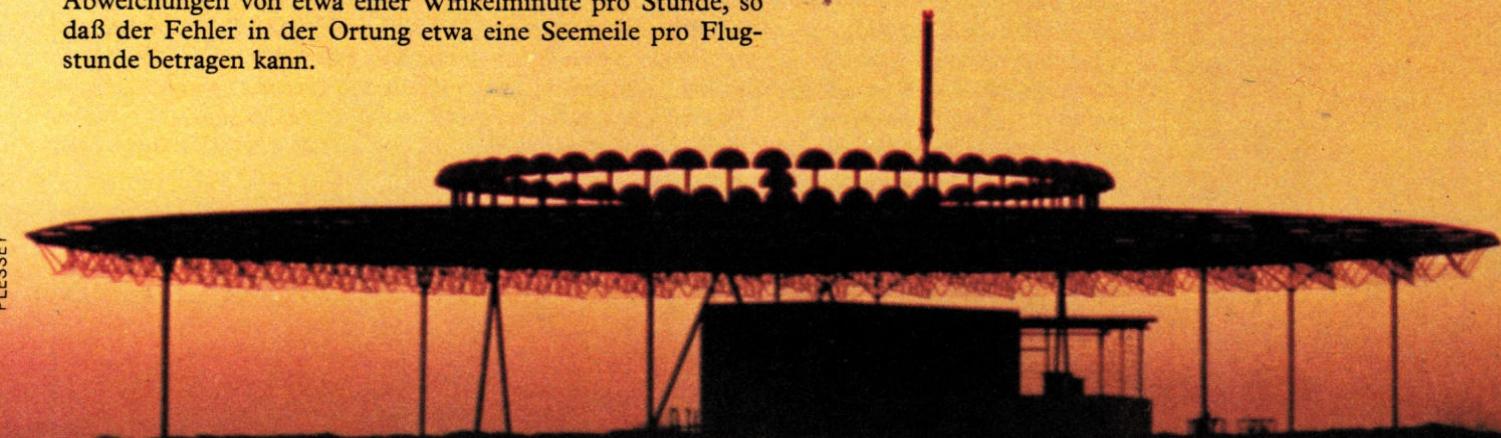
Beim Flug braucht der Pilot nicht nur Hinweise, wo er sich befindet, sondern auch Anweisungen, was als Nächstes zu tun ist. In den frühen Jahren der Luftfahrt wurde die Peilantenne auf das Landesignal des Zielflugplatzes gerichtet und das Flugzeug danach ausgerichtet. Andere Navigationsmöglichkeiten ergaben sich durch das Anpeilen grober Radio-leitstrahlen, die von Bodenstationen ausgestrahlt wurden. Solche Hilfsmittel waren sehr wetterempfindlich. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden hochfrequente, stark gebündelte Radiowellen eingesetzt (UKW-Drehfunksender), um den Kurs zu kontrollieren. Geräte zur Abstandsmessung wurden Bestandteil der Grundausstattung. Loran und Decca sind in der Luftfahrt nicht sehr nützlich, da sie zwar zur Ortung, aber nicht zur Kursbestimmung dienen können.

Anstelle der Astro-Navigation kann ein Flugzeug die Möglichkeiten eines Inertial-Navigationssystems nutzen. Solche Systeme erlauben die Bestimmung der vertikalen Richtung durch einen 'künstlichen Horizont', der mit Kreiseln festgehalten wird. Ein Rechner gibt laufend die Position an. Diese Systeme sind sehr teuer, und nur große, schnelle Verkehrsflugzeuge oder Militärflugzeuge, bei denen Kosten kein Hinderungsgrund sind, werden normalerweise damit ausgerüstet. Auch diese Präzisionskreiselsysteme neigen zu Abweichungen von etwa einer Winkelminute pro Stunde, so daß der Fehler in der Ortung etwa eine Seemeile pro Flugstunde betragen kann.

Ein Flugzeug läßt sich weit schwieriger steuern als ein Schiff, denn sobald ein Flugzeug nicht horizontal fliegt, bewegt es sich auch nicht mehr geradeaus. Der Mensch verfügt zwar über Gleichgewichtsorgane, aber bei hoher Geschwindigkeit führen Beschleunigungen zu falschen Eindrücken. Deshalb blieben die ersten Piloten auch immer in Bodensichtweite.

Bei Nacht oder in den Wolken sind heute Instrumente sehr hilfreich, aber der Pilot wird immer noch sehr stark beansprucht. Vor vierzig Jahren wurden die ersten 'automatischen Piloten' (Selbststeuergeräte) entwickelt. Heute gehören sie bei den größeren Flugzeugen zur Standardausrüstung. Das Selbststeuergerät in Verbindung mit dem Instrumentenlandesystem (ILS), einem Präzisions-Funkrichtstrahl und einem Funkhöhenmesser zur Messung der Flughöhe über der Landebahn haben automatische Landungen im Nebel möglich gemacht. Sogar vollständige Blindflüge werden heute durchgeführt, bei denen der Pilot kaum den Steuerknüppel berührt. Alle genannten Hilfsmittel können über eine Rechenanlage mit dem Auto-Piloten verbunden werden.

Die Bemühungen um größere Sicherheit in der Luft-navigation haben die Einführung der 'Redundanz' mit sich gebracht: Drei oder mehr unabhängige Navigationssysteme werden in einem Flugzeug gleichzeitig eingesetzt. Gibt ein System von den anderen abweichende Meldungen, kann es als defekt erkannt und abgeschaltet werden. Für die automatische Landung werden drei- oder vierfach ausgelegte Auto-Piloten, ILS-Empfänger und Funkhöhenmesser installiert. In schnellen konventionellen und in Ultraschallflugzeugen kann es drei Inertialnavigationssysteme geben, wenn die Horizontale und damit das Flugniveau durch Kreiselsysteme bestimmt wird.



Die Hilfsmittel der Flieger haben die Schifffsnavigation nicht besonders beeinflußt. UKW-Drehfunksender und -Entfernungsmeßgeräte haben eine zu geringe Reichweite, und Schiffsreisen dauern zu lange, um ein Inertialnavigationssystem einzusetzen. Nur bei Unterseebooten kennt man äußerst komplizierte Systeme auf Kreiselbasis. Selbststeuergeräte gibt es jedoch auf vielen Schiffen, und Rechenanlagen sind auf größeren Schiffen üblich.

### Kollisionen

Ein Zusammenstoß auf dem Meer bedeutet nicht immer den Verlust von Menschenleben. Flugzeuge aber, die sich zwanzigmal schneller bewegen, sind dermaßen zerbrechliche Gebilde, daß Kollisionen gewöhnlich schreckliche Folgen haben. Flugzeuge sind kleiner als Schiffe und zudem schneller, weshalb sie im Fluge sehr schwer auszumachen sind.

Die Vermeidung von Zusammenstößen in der Luft ist deshalb zur Aufgabe der 'Flugsicherung' (FS) geworden, eines Systems, das Routen und Flugzeiten in bestimmten Luftkorridoren, den 'Luftstraßen', vorschreibt und anpaßt, um einen sicheren Abstand der Flugzeuge zu gewährleisten. Ein Fluglotse kontrolliert ein bestimmtes Fluggebiet. Der Flugplan eines Flugzeuges wird deshalb in Flugabschnitte eingeteilt, die man auf einer Tafel zusammenstellt, um den Reiseverlauf zu verfolgen. Auch der Fluglotse bedient sich heute zur Entscheidungshilfe immer mehr der digitalen Rechenanlagen.

Flugzeuge werden nicht nur horizontal, sondern auch vertikal voneinander entfernt gehalten. Dazu benutzt man einen Höhenmesser, der wie ein Barometer arbeitet. Um dem Fluglotzen zu helfen, senden heute die Flugzeuge automatisch ihre Höhenangaben, wenn sie in das Kontrollgebiet einer Flugsicherungsstation einfliegen.

Im Schiffsverkehr mußten wegen des hohen Verkehrsaufkommens stellenweise 'Einbahnstraßen' eingeführt werden, z.B. im Ärmelkanal. Die Häfen beginnen, sich mit Radar-systemen zur Beobachtung des Schiffsverkehrs auszurüsten.

Auf offener See bleibt jedoch das Schiffsradar die wesentliche Hilfe zur Vermeidung von Zusammenstößen.

Um 'Kollisionen' mit großen Schlechtwettergebieten ausweichen zu können, wird in der zivilen Luftfahrt Radar auch dazu eingesetzt, 'Echos' von größeren Wassertropfen aufzufangen.

### Navigation in der Raumfahrt

Reisen in den Weltraum verlaufen nach einem sehr strengen 'Flugplan', so daß eine Mondlandung oder die Rückkehr zur Erde Tage oder gar Monate im voraus mit außerordentlicher Genauigkeit angegeben werden können. Die 'Koppelnavigation' kann solche genauen Resultate liefern, weil es im Welt Raum keine Winde oder Gezeiten gibt und die Gravitationsfelder der Sonne, der Planeten und des Mondes sehr genau bekannt sind.

Beim Start in den Weltraum wird Inertialnavigation benutzt, aber wenn Raumschiff und Besatzung einmal im Raum und damit gewichtlos sind, hat die Vertikale ihren eindeutigen Sinn verloren. Trotzdem ist die Erhaltung einer Bezugsebene wichtig, um das Raumschiff in einer festen Richtung zu halten. Dazu orientiert sich das Raumschiff an den helleren Sternen, während die Triebwerke zur Änderung der Geschwindigkeit und der Bahn gezündet werden. Die Beschleunigungsmesser bestimmen die Änderung der Geschwindigkeit. Ist der vorgeschriebene Wert erreicht, wird die Zündung automatisch abgestellt.

Auf der Erde führt die Astro-Navigation zum Ziel, weil es nur um die Bestimmung der Position relativ zur Erdoberfläche geht. Im Weltraum gibt es keine solche Bezugsfläche, und die Sterne können nur zur Ortung in zwei Dimensionen dienen. Die dritte Dimension, die 'Tiefe' im Raum, wird durch Radar von der Erde, unterstützt durch einen Rechner, bestimmt. Eine modifizierte Form von Astro-Navigation kann in der Nähe eines Planeten oder Mondes angewendet werden, also wenn eine Bezugsfläche vorhanden ist. Die Geschwindigkeitsbestimmung durch Dopplerverschiebung von der Erde aus gibt einen sehr genauen Wert. Die Raumschiffe haben auch eigene Dopplernavigationshilfen für die Landung. Mit einem Bordrechner können sie auch dann sicher zur Erde zurückkehren, wenn die Funkverbindungen zusammenbrechen sollten.

*Eine Doppler-VOR-Leitfunkanlage in Sharjah, Vereinigte Arabische Emirate. Mit einer solchen Anlage ist es Flugzeugen möglich, ihre Entfernung und Flugrichtung festzustellen.*

# NEBELAUFLÖSUNG

**Methoden der Nebelauflösung machen es möglich, dass Flugzeuge auch ohne automatische Landungshilfen zur Erde zurückkehren können, wenn die Bedingungen für eine Instrumentenlandung zu gefährlich sind.**

Nebel besteht aus sehr kleinen Wassertropfen, die in der Luft schweben. Die Sicht bei Nebel hängt sowohl von der Größe der Tröpfchen als auch von ihrer Dichte ab (also von der Zahl der Tröpfchen in einem gegebenen Volumen Luft). So ist beispielsweise die Sicht im Regen viel besser als im Nebel, weil die Tröpfchen zwar größer, aber wesentlich weniger dicht sind.

## Entstehung von Nebel

Die Luft enthält immer eine gewisse Wassermenge in Form von Wasserdampf, d.h. Wasser im gasförmigen Zustand und nicht im flüssigen oder im festen Zustand (Eis). Bei jeder Temperatur gibt es eine bestimmte Menge Wasserdampf, die die Luft aufnehmen kann, ohne 'gesättigt' zu werden, um Dampf in Form von Wassertröpfchen auszuscheiden. Das Maß für den Wasserdampfgehalt der Luft ist die 'Luftfeuchtigkeit' (gemessen in Gramm Wasserdampf pro Kubikmeter Luft). Die niedrigste Temperatur, bei der eine bestimmte Luftfeuchtigkeit noch aufrechterhalten werden kann, heißt 'Taupunkt'.

Mit steigender Temperatur kann die Luft mehr Wasserdampf aufnehmen, bevor die Kondensation eintritt. Kalte Luft ist gewöhnlich 'trockener' als warme, enthält also weniger Wasserdampf.

Wenn sich nun Tröpfchen bilden, entstehen sie meist an wenigen, kleinen Staubteilchen und Gasmolekülen, die immer in der Atmosphäre vorhanden sind. 'Smog', eine besonders 'schmutzige' Form von Nebel, entsteht in Industriegebieten.

Die zwei zur Nebelauflösung benutzten Verfahren beruhen

auf der 'Fällung' und auf der Verdampfung. Bei der Fällung kommt es darauf an, Wassertröpfchen größer werden zu lassen, bis sie als Regen (Niederschlag) ausfallen. Die Verdampfung erfordert eine Temperaturerhöhung, bis die Wassertröpfchen sich auflösen.

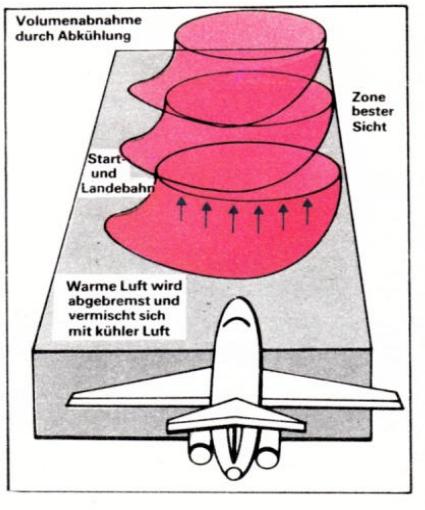
## Nebelfällung

Die Einzelheiten der Nebelfällung hängen davon ab, ob der Nebel 'warm' oder 'kalt' ist. Kalter Nebel entsteht bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes. Er enthält gewöhnlich einige Eisteilchen. Kühl man diesen Nebel weiter ab, neigen die Eisteilchen zu weiterem Wachstum. Unter bestimmten Bedingungen ergibt sich ein schnelles Wachstum. Es entstehen Schneeflocken, die zu Boden fallen. Eine Möglichkeit, die notwendige Abkühlung zu erreichen, besteht in der Verdampfung von flüssigem Propan. Läßt man Propan, das als Flüssigkeit in Druckbehältern aufbewahrt wird, in die Luft entweichen, wird der Luft bei der Verdampfung des Propan eine große Wärmemenge entzogen.

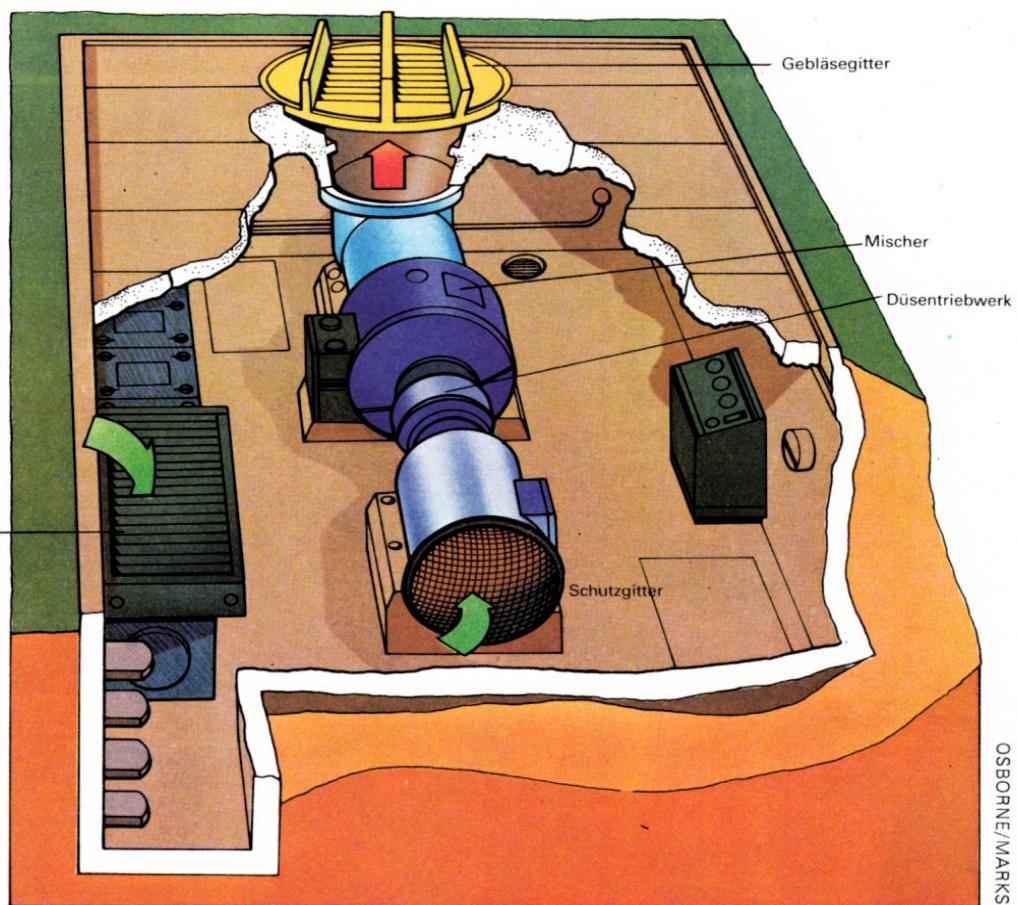
Bei warmem Nebel hat man eine mit 'Elektro-Gasdynamik' bezeichnete Methode eingesetzt. Begrenzte Erfolge haben sich bei der Auflösung tropischer Nebel ergeben, aber die physikalischen Prinzipien des Verfahrens sind noch nicht völlig verstanden. Man sprüht elektrostatisch geladene Wassertröpfchen in den Nebel und vermutet, daß diese geladenen Tröpfchen andere Tröpfchen mit entgegengesetzter Ladung anziehen, mit diesen verschmelzen und wachsen, bis sie als Regen zu Boden fallen.

### Nebelverdampfung

Zur Verdampfung des Nebels muß man die Luft auf zwei bis drei Grad oberhalb ihres Taupunktes erwärmen, damit sich die Wassertröpfchen auflösen können. Verschiedene Systeme sind zu diesem Zweck entwickelt worden, darunter Öl- und Gasbrenner entlang der Rollbahnen auf Flughäfen, Infrarotheizer und Wärmeaustauscher (die die latente Wärme von



*Das 'Turboclair'-Nebelauflösungs-  
system entfernt den Nebel, indem  
heiße Luft über die freizumachende  
Landebahn geblasen wird. Luft wird  
durch eine Eintrittsöffnung angesaugt  
und bei ihrem Durchgang durch ein  
Düsentreibwerk erhitzt. Diese heiße  
Luft wird dann mit weiterer (kühler)  
Luft vermischt und durch das  
Gebläsegitter nach außen gedrückt.  
Das Gitter kann je nach Windver-  
hältnissen eingestellt werden.*





Wasserdampf nutzen). Keines dieser Systeme hat sich bisher als besonders erfolgreich erwiesen.

Um die Sicht beim Anflug auf eine moderne Landebahn zu gewährleisten, muß ein Luftraum von 2000 m Länge, 100 m Breite und 60 m Höhe nebelfrei gehalten werden. Nach Abschätzungen benötigte man unter den ungünstigsten Bedingungen eine Leistung von 2000 MW (2000 Millionen Watt), also etwa die gesamte Kapazität eines großen Kraftwerkes. Geringere Leistungen mögen unter weniger extremen Bedingungen ausreichen.

Auf den beiden Pariser Flughäfen, Orly und Charles-de-Gaulle (Roissy), hat man zur Nebelverdampfung am Rande einer Landebahn eine Reihe von Düsentriebwerken in den Boden eingelassen. Dieses unter dem Namen 'Turboclair' bekannte System ist bisher die einzige tatsächlich betriebene Nebelauflösungsanlage in der zivilen Luftfahrt.

### Lufttrocknung

Andere Verfahren sind entwickelt worden, bei denen die Luft mit chemischen Zusätzen getrocknet werden soll. Gewisse Verbindungen, wie Kochsalz, Natriumalginat und Harnstoff, haben eine starke Affinität zu Wasser und können, wenn sie in den Nebel geblasen werden, die Wassertröpfchen absorbieren. Es bleibt jedoch ein schwieriges Unterfangen, ein festes Gebiet wie eine Landebahn nebelfrei zu halten, da die Winde immer wieder neuen Nebel heranführen. Die Annahme, bei Nebel herrsche Windstille, entbehrt jeder Grundlage.

**Oben:** Die 'Turboclair'-Nebelauflösungsanlage auf dem Pariser Flughafen Charles-de-Gaulle. Die Austrittsöffnungen der Düsen liegen direkt neben der Start- und Landebahn.

### Forschungsprojekte

Besondere Aufmerksamkeit wird heute den Bewegungen der Nebel und den allgemeinen physikalischen Grundlagen gewidmet. Dazu sind Kammern zur Erzeugung künstlichen Nebels gebaut worden, in denen Temperatur, Druck, Luftfeuchtigkeit und andere Bedingungen kontrolliert werden können. Experimentelle Nebelauflösungsmethoden sind in solchen Kammern erprobt worden. Bei der Übertragung auf natürliche Verhältnisse ergaben sich jedoch Probleme.

Eine neuere Entwicklung ist ein Laser-Radarsystem, mit dem man Nebeldichten in Abständen bis zu 180 m messen kann — eine Aufgabe, die früher für jede Entfernung große Schwierigkeiten bereitete. Laser werden auch als Anemometer (Windmesser) eingesetzt. Sie arbeiten im infraroten Bereich des elektromagnetischen Spektrums, können Nebel durchdringen und Windgeschwindigkeiten messen.

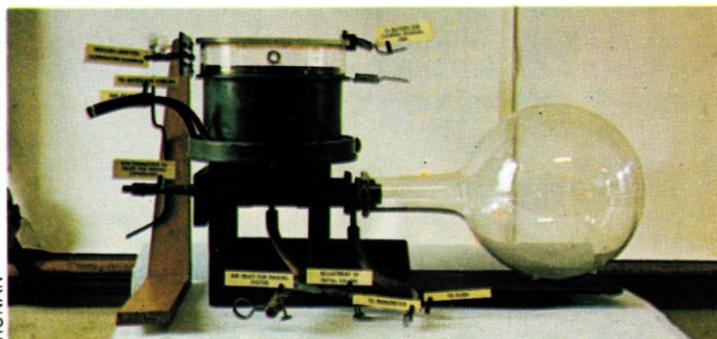
Eine auf einfacher Weise automatisch messbare Größe ist die Sichtweite bei Nebel. Hierfür gibt es einen Transmissionsmesser, mit dem man feststellt, wieviel Licht über eine bestimmte Strecke vom Nebel durchgelassen wird. Mit zwei Fotozellen mißt der Transmissionsmesser den Kontrast zwischen hell beleuchteten schwarzen und weißen Streifen.

## NEBELKAMMER

In der Nebelkammer lassen sich die Bahnen geladener Elementarteilchen, z.B. Protonen, sichtbar machen und neue Elementarteilchen können mit ihr identifiziert werden.

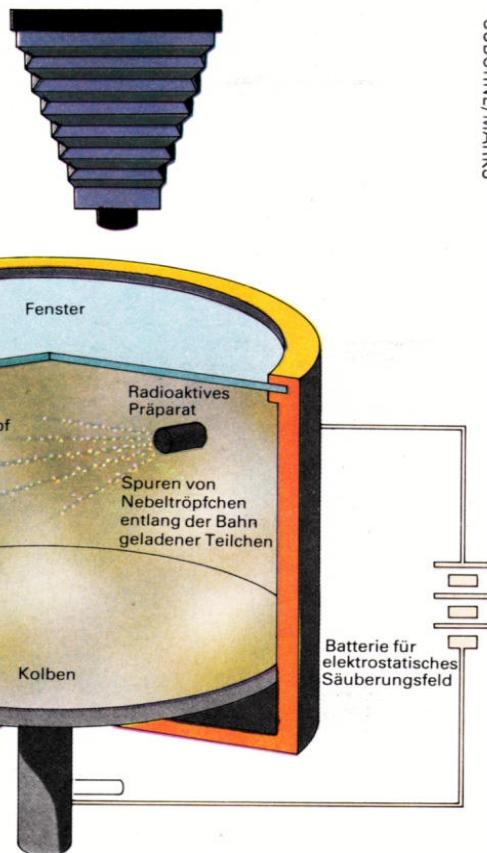
Die Nebelkammer wurde von C.T.R. Wilson (1869 bis 1959) im Jahre 1912 erfunden. Davor hatte er einige Jahre am Ben-Nevis-Observatorium in Schottland (es wurde 1905 geschlossen) gearbeitet und war oft fasziniert von den Wolken, die sich um den Berg legten. Dann studierte er die Vorgänge bei der Wolkenbildung in seinem Laboratorium und beobachtete, daß die winzigen Wassertröpfchen, aus denen Wolken bestehen, sich an Staubteilchen und an ionisierten Luftmolekülen viel schneller bildeten als an anderen Stellen. Da nun ein geladenes Teilchen, das durch die Luft fliegt, solche ionisierten Moleküle erzeugt, indem es Elektronen aus den Luftmolekülen herausschlägt, ist es möglich, entlang der Bahn eines geladenen Teilchens eine Reihe von Tröpfchen zu erhalten, wenn die zur Nebelbildung geeigneten Bedingungen herrschen.

Eine Nebelkammer wirkt also, ähnlich wie die Blasenkammer,



als Detektor geladener Teilchen. In der Nebelkammer bilden sich entlang der Bahn der Teilchen Flüssigkeitströpfchen aus der Gasphase, während sich in der Blasenkammer Gasbläschen in einer Flüssigkeit bilden.

In den größten Nebelkammern befindet sich staubfreie Luft in einem Behälter von etwa 1,5 m Länge. Die Luft wird mit Wasser- oder Alkoholdampf gesättigt, dann wird die Kammer mit einem gut passenden Kolben geschlossen. Wenn der Kolben schnell entfernt wird, kühlt sich die Luft wegen der plötzlichen Volumenzunahme ab, und der Zustand der 'Übersättigung' mit Dampf stellt sich ein. Flüssigkeitströpfchen bilden sich an den Ionen, die entlang der Bahn geladener Teilchen entstehen. Die entsprechenden Spuren können fotografiert werden. Der Kolben wird wieder an seine Ausgangsposition gestoßen, die Tröpfchen verdampfen, an ein



**Oben:** Eine Wilsonsche Nebelkammer. Wenn das Volumen der Kammer plötzlich vergrößert wird, wird der übersättigte Dampf instabil, und geladene Teilchen hinterlassen längs ihres Weges eine Spur von Nebeltröpfchen.

**Links oben:** Spuren von Rückstoßprotonen in einer mit Wasserstoff gefüllten, von einem Neutronenstrahl durchquerten Nebelkammer. Ein Magnetfeld erzeugt die Krümmung der Bahnen.

**Links unten:** C.T.R. Wilsons verbesserte Nebelkammer, die im Jahre 1912 gebaut wurde.

Elektrodenpaar wird eine Spannung angelegt, um die Ionen aus der Atmosphäre einzufangen, und die Kammer kann für das nächste Experiment benutzt werden. Neben dieser Wilsonschen Ausführung gibt es auch eine 'Diffusionsnebelkammer', die kontinuierlich arbeitet.

Seit Mitte der sechziger Jahre ist die Nebelkammer von einer Reihe anderer Detektoren weitgehend abgelöst worden. Ein Hauptgrund dafür besteht darin, daß die Elementarteilchen, die man von den heutigen Teilchenbeschleunigern erhält, eine so hohe Bewegungsenergie besitzen, daß sie das Volumen einer Nebelkammer durchfliegen können, ohne mit den Gasmolekülen eine nennenswerte Zahl von Zusammenstößen zu erfahren. Außerdem braucht die Wilsonsche Nebelkammer nach der Kolbenbewegung etwa eine halbe Minute, bis sie wieder benutzt werden kann, womit sie für die Beschleuniger zu langsam ist, die mehrmals pro Sekunde Teilchenpulse liefern.

Dennoch war die Nebelkammer lange Zeit ein wichtiges Hilfsmittel bei der Untersuchung der Radioaktivität. Ein Großteil der Information über die von Radium und anderen radioaktiven Substanzen ausgesandten Teilchen wurde aus der Analyse von Nebelkammeraufnahmen gefunden. Nebelkammern waren auch beim Studium der Eigenschaften des Protons bei hohen Energien nützlich. Aus Nebelkammeraufnahmen schloß man auch auf die Existenz neuer Elementarteilchen, der Mesonen, die vorher unbekannt waren.

## NEWTONSCHE GESETZE

Sir Isaac Newton entdeckte mehrere Gesetzmäßigkeiten der Physik, von denen einige auch heute noch — 300 Jahre später — grundlegend für die klassische Physik sind.

Ein wissenschaftliches Gesetz ist eine allgemeine Festlegung, die die Ergebnisse verschiedener Experimente zu erklären vermag. Diese Verallgemeinerung kann dann dazu benutzt werden, die Ergebnisse anderer, ähnlich gelagerter Experimente vorauszusagen.

Die grundlegenden Prinzipien der Dynamik, d.h. wie Kräfte auf Körper wirken, sind in den drei Newtonschen Bewegungsgesetzen zusammengefaßt.

### Bewegungsgesetze

Das erste Newtonsche Gesetz sagt aus, daß sich jeder Körper geradlinig und mit konstanter Geschwindigkeit bewegt, solange keine äußere Kraft auf ihn einwirkt. Dies ist eine Aussage, die nicht unmittelbar einleuchtet, da auf der Erde ein sich bewegender Körper immer zur Ruhe kommt. Dies beruht aber darauf, daß äußere Kräfte wie Reibung oder Luftwiderstand auf den Körper einwirken.

Was geschieht, wenn — wie in den meisten Fällen — eine äußere Kraft auf einen sich bewegenden Körper einwirkt, drückt das zweite Gesetz aus: *Wirkt eine Kraft auf einen Körper ein, ändert sich der Impuls in der Weise, daß die Geschwindigkeitsänderung des Impulses gleich dem Betrag der Kraft ist.* Unter Impuls versteht man das Produkt aus der Masse des Körpers mit seiner Geschwindigkeit. Deshalb kann man das zweite Newtonsche Gesetz auch so formulieren: *Die Kraft, die auf einen Körper einwirkt, ist gleich der Masse des Körpers multipliziert mit der Beschleunigung, die durch diese Kraft erzeugt wurde.* Dies wird formelmäßig durch  $F = m \cdot b$  beschrieben, wobei  $F$  die einwirkende Kraft,  $m$  die Masse und  $b$  die Beschleunigung darstellen. Aus der Gesetzmäßigkeit folgt, daß beim Einwirken einer Kraft auf Körper verschiedener Massen der Körper mit kleiner Masse eine größere Beschleunigung erfährt als ein Körper mit großer Masse.

Das dritte Gesetz sagt aus: *Für jede Kraft existiert eine gleiche, aber entgegengesetzt gerichtete Gegenkraft (actio = reactio).* Kraft (actio) und Gegenkraft (reactio) beziehen sich

auf Kräfte, die auf zwei verschiedene Körper wirken. Beispielsweise muß das Gewicht eines auf dem Boden stehenden Stuhles durch die 'Gegenkraft' — sie wirkt in die entgegengesetzte Richtung — ausgeglichen werden. Bezogen auf das zweite Newtonsche Gesetz bedeutet dies, daß der Stuhl in Richtung des Erdzentrums beschleunigt wird.

Das dritte Newtonsche Gesetz läßt sich sehr einfach anhand eines Schlittens realisieren. Versucht man, von einem stehenden Schlitten abzuspringen, setzt sich der Schlitten in die entgegengesetzte Richtung in Bewegung, bevor man mit den Füßen den Boden erreicht hat.

Die drei Newtonschen Gesetze können anhand einer Weltraumrakete nachgewiesen werden. Eine Rakete, die sich

*Das dritte Newtonsche Gesetz bildet die Grundlage bei der Beschleunigung von Weltraumraketen. Die von der Rakete durch das austretende Treibstoff entstehende Kraft erzeugt eine gleich starke Gegenkraft, von der die Rakete selbst vorwärtsgeschleudert wird.*

ZEFA



im Weltraum bewegt, erfüllt bei abgeschalteten Antriebsaggregaten das erste Newtonsche Gesetz. Beim Start der Rakete tritt ein Treibmittel aus. Durch die Gegenkraft hebt die Rakete vom Erdboden ab. Die beiden Kräfte wirken in entgegengesetzte Richtungen (drittes Newtonsches Gesetz). Ist die Raketenmasse größer als die Masse des austretenden Treibmittels, wird die Rakete auf eine kleinere Geschwindigkeit beschleunigt, als die Geschwindigkeit des austretenden Treibmittels beträgt (zweites Newtonsches Gesetz).

### Gravitation

Das *Newtonscbe Gravitationsgesetz* beschreibt, wie sich die Gravitationskräfte zwischen zwei Körpern mit ihrer Masse und ihrem Abstand ändern. Die Anziehungskraft zweier Körper ist dem Produkt der beiden Massen der Körper proportional und dem Quadrat des Abstandes umgekehrt proportional. Die Proportionalitätskonstante ist die sogenannte

*Durch das umgekehrte Quadrat des Abstandes zweier Körper im Gravitationsgesetz können die Gezeiten erklärt werden. Das Wasser wird vom Mond angezogen. Da sich die Erde nicht in gleicher Weise verformen kann, 'erhebt' sich das Wasser über der Erde. Die Art und Weise, wie sich ein Körper abkühlt, wird durch eine Exponentalkurve dargestellt. Die Newtonschen Bewegungsgesetze können immer dann angewendet werden, wenn sich Körper bewegen.*

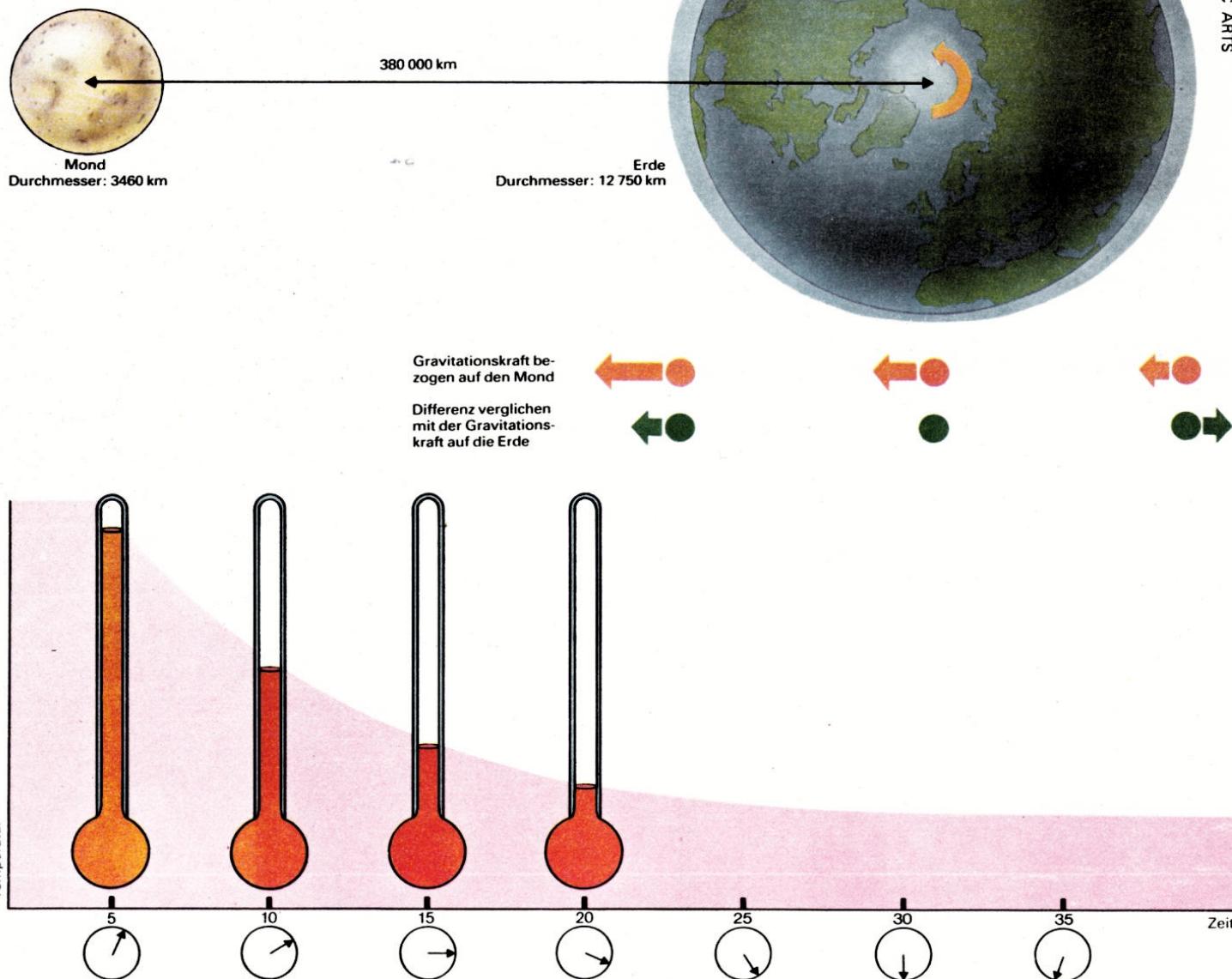
Gravitationskonstante  $G$ . Das Gravitationsgesetz lautet also formelmäßig:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} .$$

Newton konnte den Ursprung der Gravitation nicht erklären. Erst die Allgemeine Relativitätstheorie Einsteins (1915) konnte ausweisen, daß sich die Raumgeometrie in der Nähe von schweren Körpern ändert, wodurch die kürzeste Entfernung zwischen den beiden Massen der Körper keine Gerade ist. Durch Ersetzen des Wortes 'geodätisch' statt 'geradlinig' konnte Einstein die Gravitation im ersten Newtonschen Gesetz einführen. Die beiden anderen Newtonschen Gesetze gelten auch noch nach 300 Jahren unverändert.

### Abkühlungsgesetz

Das Abkühlen eines Körpers führt zu dem *Newtonscben Abkühlungsgesetz*: Die Schnelligkeit, mit der sich ein Körper abkühlt, hängt von der Temperaturdifferenz des Körpers zu seiner Umgebung ab. Die Abkühlgeschwindigkeit wird durch die Geschwindigkeit gemessen, mit der die Temperatur des



Körpers abnimmt. D.h. die Temperatur eines hoch erhitzen Körpers wird um so schneller absinken, je höher seine Temperatur gegenüber der Umgebungstemperatur ist. Je weiter sich die Temperatur eines Körpers der Umgebungstemperatur nähert, um so weniger schnell kühlst sich der Körper ab. Dieses Verhalten wird als 'exponentielle Abnahme' (ausgedrückt in Logarithmen) bezeichnet. Dies bedeutet: Je weiter sich die Temperatur eines Körpers der Umgebungstemperatur nähert, um so kleiner wird die Temperaturabnahme, d.h. die Umgebungstemperatur wird nur nach einer unendlich langen Zeit erreicht werden.

### NEWTON, Sir Isaac (1642 bis 1727)

Am frühen Morgen des 1. Weihnachtstages 1642 wurde in einem Bauernhaus in Lincolnshire, England, eines der größten wissenschaftlichen Genies geboren.

Der Vater Isaac Newtons war ein ungebildeter Bauer, der

In seinem Abschlußjahr 1665 — Newton war 23 — brach in England die Pest aus. Um ihr zu entgehen, begab sich Newton in das Haus seiner Mutter in Woolsthorpe. Er bezeichnete später die beiden dort verbrachten Jahre als die fruchtbarsten seines Lebens. Hier führte er seine Experimente über das Licht durch und entwickelte seine Gedanken zur Mathematik sowie über die Gravitation.

Newton selbst erzählte die berühmt gewordene Geschichte von einem warmen Herbstanachmittag im Obstgarten, als ihn ein fallender Apfel zum Nachdenken über die Gravitation anregte. Er wunderte sich, warum ein Apfel immer in Richtung zur Erdmitte fällt. Er kam zu dem Schluß, daß die gesamte Materie den Rest der Materie zu sich zieht. Indem Newton weißes Licht durch ein Prisma schickte, wurde ein Spektrum (eine Newtonsche Wortschöpfung) von Farben erzeugt. Er konnte zeigen, daß weißes Licht nichts anderes ist als die Summe der hinter dem Prisma erkannten Farben. Newton



PHOTRI

*Newton's Arbeiten über Gravitation wurden durch einen fallenden Apfel angeregt. Aus dieser Beobachtung schloß er, daß die Kraft, mit der der Apfel zum Erdmittelpunkt angezogen wird, die gleiche ist, die den Mond auf der Umlaufbahn um die Erde hält. Dieser 'Riesen'-Gedankensprung fand seinen Höhepunkt 300 Jahre später in dem Apollo-Raumfahrtprogramm.*

drei Monate vor Isaacs Geburt starb. Als Isaac vier Jahre alt war, heiratete seine Mutter den Vikar des Dorfes und ließ den Jungen in der Obhut seiner Großmutter. Dieses Ereignis hinterließ in dem Kind schwere Störungen, die seine späteren Beziehungen zu Menschen sehr stark beeinflußten. Newton ging in seinem Dorf zur Schule und besuchte später die Universität von Cambridge. Er war kein hervorragender Schüler. Er hatte mehr Interesse für seine Umwelt als für den gebotenen Lehrstoff.

erfand die 'Fluxionsrechnung', der Beginn der heutigen Differential- und Integralrechnung.

Als Newton nach Cambridge zurückkehrte, wurde er Professor für Mathematik. Im Jahre 1687 veröffentlichte er das Buch 'Philosophia naturalis principia mathematica', in dem seine Arbeiten über die Dynamik niedergelegt sind. Im Jahre 1704 veröffentlichte er sein Buch über Optik ('Opticks or a treatise of the reflections, refractions, inflections and colours of light'). Etwa um die gleiche Zeit wandte er sich von der Lehre ab und übernahm eine bedeutende Stellung an der königlichen Prägeanstalt.

Newton war nie verheiratet. Es scheint, daß sein ganzes Interesse der Arbeit galt. Als er im Jahre 1727 starb, wurde er in der Westminster Abbey in London beerdigt, eine Ehre, die sonst nur Königen, Politikern, Soldaten und anderen Größen zuteil wurde, nicht jedoch Wissenschaftlern.

## NICKEL

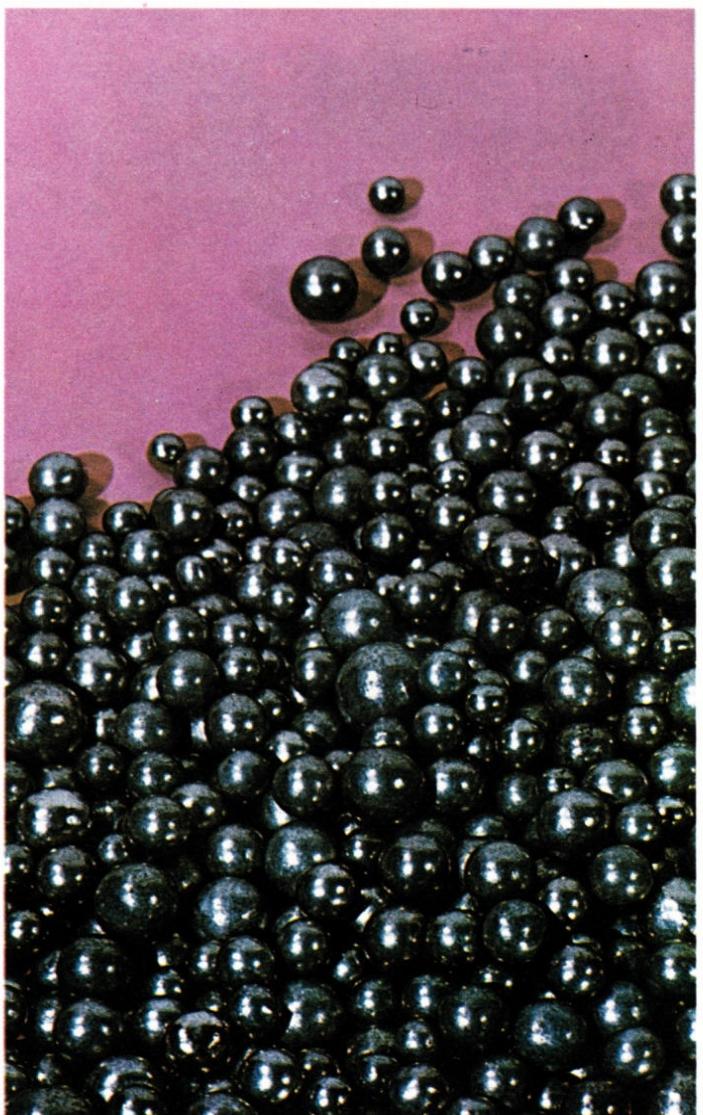
**Nickel vereinigt in sich wertvolle Eigenschaften sowohl des Eisens wie des Kupfers. Ähnlich wie Eisen ist Nickel ferromagnetisch, fest und zäh; dem Kupfer gleicht es hinsichtlich der Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit.**

In der Frühzeit des Kupfererzabbaus wurde in den Minen des Harzgebirges ein Erz gefunden, das nicht völlig geschmolzen werden konnte und nur ein hellgelbes, sprödes und unbrauchbares Produkt ergab. Die Bergleute suchten die Schuld beim Teufel und nannten das Erz 'Kupfernicket'. Als dann im Jahre 1751 Cronstedt das zusätzliche Element, das für die Ausfälle verantwortlich war, aus dem Erz isoliert hatte, nannte er es daher Nickel. Die erste Nickelgewinnung in technischem Ausmaß erfolgte allerdings erst 150 Jahre später.

Metallisches Nickel ist silbrigweiß. Besonders bemerkenswert sind seine Korrosionsbeständigkeit und die gute mechanische Festigkeit bis zu Temperaturen von etwa 1000°C. Nickel ist wie Eisen und Cobalt ferromagnetisch (siehe MAGNETISMUS). Mehr als die Hälfte der Nickelproduktion wird mit Eisen zur Erzeugung von Stählen, die verbesserte Oxidationsbeständigkeit bei hohen Temperaturen und verbesserte chemische Beständigkeit zeigen oder einfach bessere mechanische Eigenschaften besitzen, legiert.

### Vorkommen und Gewinnung

Der überwiegende Anteil des in der Welt verbrauchten Nickels stammt aus Kanada. Es gibt große Lagerstätten mit Nickel- und Kupfer-Mischsulfiden in Sudbury (Ontario) und ein ähnliches Erzvorkommen in Manitoba. Außerhalb Kanadas gibt es Lagerstätten von nickelhaltigem Silikatgestein, das



**Oben:** Dieser gigantische Bohrer ist ein Symbol des Fortschritts in der Bergwerkstechnik. Mit diesem Bohrer können über zwei Meter weite und 60 tief Durchbrüche von einem Bergwerksstollen zu einem tiefer gelegenen in einer Woche hergestellt werden — dazu wurden früher mehrere Monate benötigt.

**Links:** Im Mondverfahren erzeugte Nickelkügelchen.

beträchtliche Eisenmengen, aber kein Kupfer enthält. Diese Lagerstätten findet man in New Caledonia im südlichen Pazifik und auf Kuba.

Die ersten Stufen der Nickelgewinnung aus Sulfiderzen sind ähnlich wie beim KUPFER. Das Erz wird zunächst zerkleinert und der Sulfidanteil durch Flotation konzentriert. Die Nickel-, Kupfer- und Eisen-Mischsulfide werden anschließend geschmolzen und ergeben dann den 'Rohstein'. Metallisches Nickel kann nicht durch einfaches Abrösten des Rohsteines in Luft hergestellt werden, da ein erheblicher Anteil des Nickels oxidiert würde, ehe der gesamte Schwefel als Schwefeldioxid abgegangen wäre. Der Rohstein wird jedoch teilweise abgeröstet, wobei das Eisensulfid zu Eisenoxid oxidiert wird, das mit einer Silikat-Schlacke entfernt wird. Der geschmolzene Rohstein aus Nickel- und Kupfer-Mischsulfiden wird dann in



**Oben:** Träger im Überhitzer eines großen Schiffskessels. Der Träger ist aus einer Legierung aus gleichen Teilen Nickel und Chrom gegossen. Er ist noch nach vierjährigem Betrieb brauchbar. Eine der wichtigsten Verwendungen für Nickel ist in Legierungen für Anwendungen bei hohen Temperaturen.

erst wird das Nickel in metallischer Form ausgefällt, indem man die Lösung bei 150°C und 51,7 bar mit Wasserstoff behandelt. Auf diese Art kann auch das Cobalt gewonnen werden, falls es im Erz vorliegt.

### Verwendung

Ein erheblicher Anteil des weltweit erzeugten Nickels wird durch Galvanisierung auf Grundmetalle aufgebracht, die dadurch korrosionsbeständig gemacht werden. Gelegentlich wird dieser Nickelüberzug mit einer sehr dünnen Chromschicht versehen, die Glanz und Anlaufbeständigkeit bewirkt. Kessel, die über lange Zeit korrosionsfest sein sollen, werden aus reinem Nickel oder mit Nickel plattierte Stahl hergestellt. Dies kommt besonders für die Nahrungsmittelindustrie, in der die Verwendung nichttoxischer (nichtgiftiger) Metalle von besonderer Wichtigkeit ist, in Frage. In Pulverform wird das Reinmetall wegen seiner Fähigkeit zur 'Aktivierung' von Wasserstoff als KATALYSATOR in Verfahren verwendet, die aus ungesättigten Kohlenwasserstoffen feste Fette, wie z.B. MARGARINE, erzeuge.

Man verwendet Nickel jedoch hauptsächlich als Legierungsbestandteil. Historisch gesehen sind die ersten NickelLEGIERUNGEN das direkte Ergebnis der Verarbeitung von unreinen Erzen oder Mischerzen. Es gibt z.B. Münzen aus dem Jahre 235 v. Chr., die aus einer Kupfer-Nickel-Legierung mit 20% Nickel hergestellt wurden. Dies entspricht einer Legierung, die der für heutiges Kupfer-Nickel-Geld verwendeten (25% Nickel) Legierung bemerkenswert ähnlich ist.

Neusilber ist eine schöne, silberweiße Kupferlegierung mit 18% Nickel und 18% Zink. Für Haushaltwaren wird es häufig galvanisch mit einer dünnen Schicht aus Reinsilber versehen, wobei das beliebte Alpaka entsteht.

Der größte Teil der Nickelproduktion dient dazu, die Eigenschaften von Stählen und Gußeisen zu verbessern. Nickelstähle enthalten 0,5% bis 10% Nickel, wodurch Festigkeit und Formbarkeit des Materials verbessert werden.

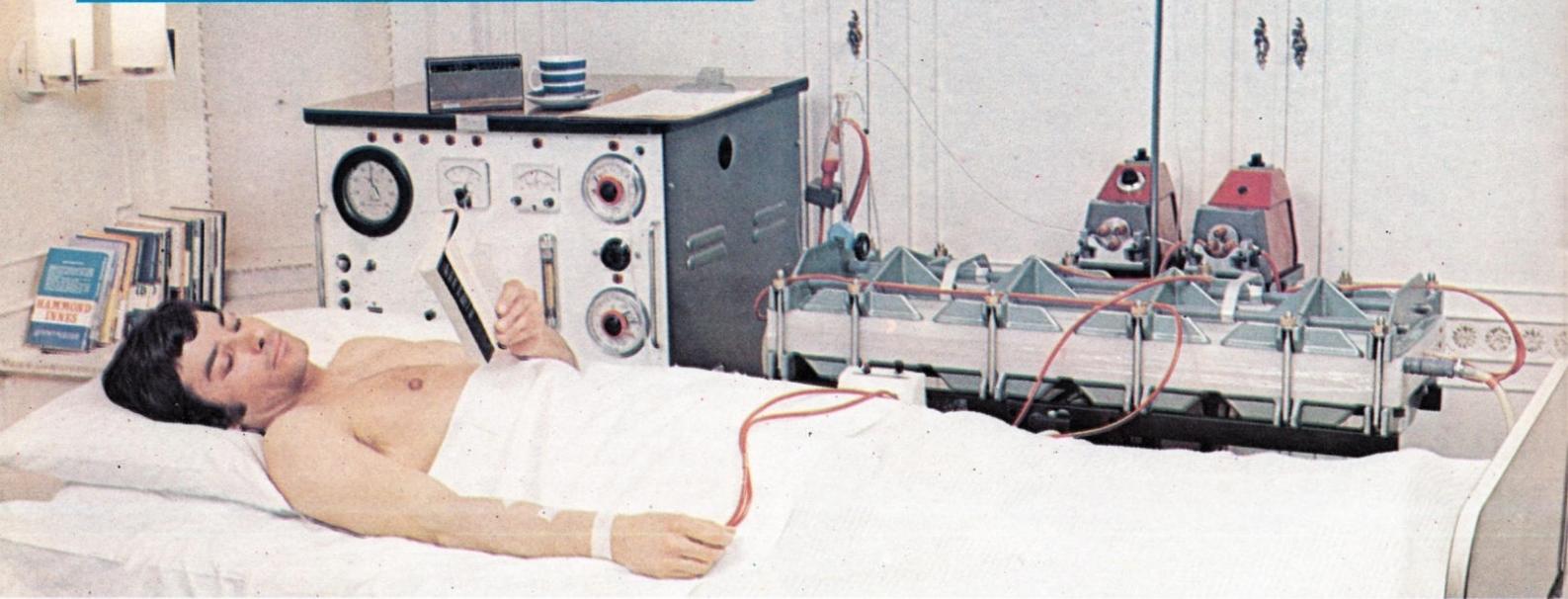
Formen gegossen und langsam abgekühlt, wobei Kristalle der beiden Sulfide entstehen. Diese werden zerstoßen, zerkleinert und durch Flotation getrennt. Das Nickelsulfid (NiS) wird danach gesintert, wobei man Nickeloxid (NiO) erhält.

Das gesinterte Nickeloxid wird dann mit Schwefelsäure behandelt, um restliches Kupfer als Sulfat zu entfernen, und anschließend bei 350°C mit Generatorgas (Gemisch aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid) reduziert. Die Überführung von Rohnickel in Reinnickel erfolgt entweder elektrolytisch (siehe ELEKTROLYSE) oder im Mondverfahren, bei dem Nickelpulver — diesmal bei 50°C — mit Generatorgas behandelt wird. Dabei entsteht flüchtiges Nickelcarbonyl (Ni(CO)<sub>4</sub>), das in einem Zersetzungsturm bei 180°C in Form von Kugelchen anfallendes Reinnickel liefert.

Ein hydrometallurgisches Verfahren zur Gewinnung von Nickel aus Mischsulfiden verdrängt in zunehmendem Maße die herkömmlichen Verfahren. Es beruht auf der Fähigkeit der Mischsulfide, sich in ammoniakalischer Lösung (d.h. in einer Ammoniumionen, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, enthaltenden Lösung) unter Luftzufuhr bei einem Druck von 8,62 bar aufzulösen. Das Eisensulfid wird dabei in Eisen(III)-hydroxid überführt, das zusammen mit anderen unlöslichen Feststoffen abfiltriert wird. Dann wird die Lösung gekocht, wobei das Kupfer erneut als Kupfersulfid ausfällt. Es wird in gleicher Weise entfernt. Danach

## NIERE, KÜNSTLICHE

Bei Nierenschwäche oder akutem Nierenversagen erhält die künstliche Niere menschliches Leben, wo früher der Tod unvermeidlich war.



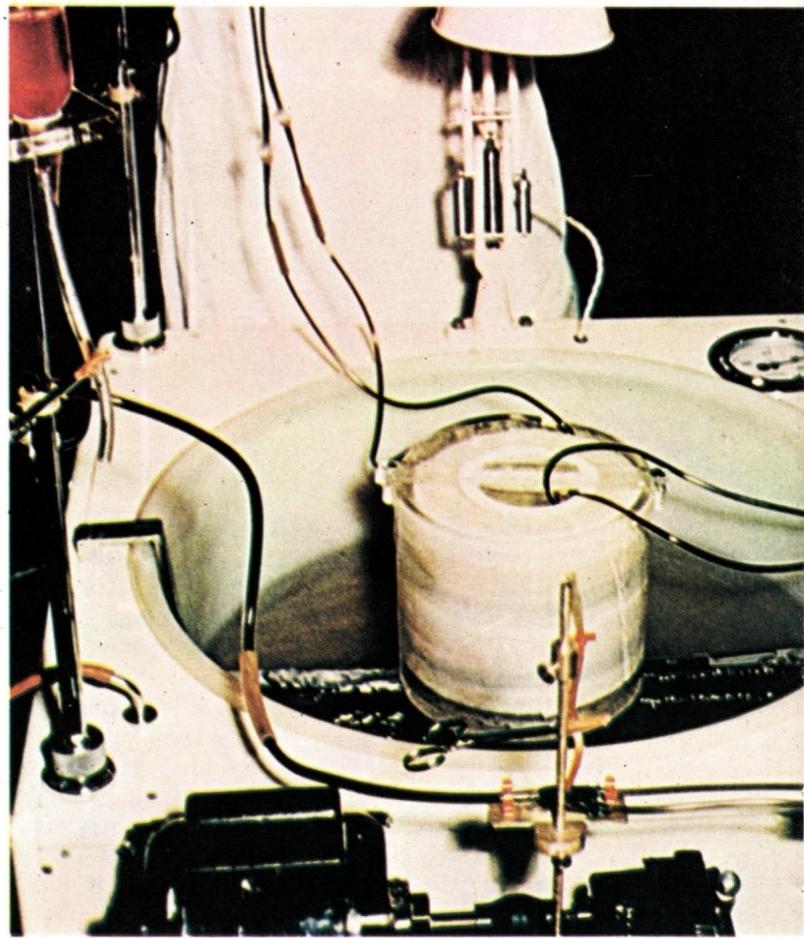
Die künstliche Niere ist ein Gerät, das zur Übernahme der Funktionen erkrankter menschlicher Nieren konstruiert ist. Eine gesunde Niere sondert unaufhörlich Stoffwechselgifte (insbesondere Harnstoff, das Endprodukt des Eiweißstoffwechsels) aus der Blutbahn ab, die dann ausgeschieden werden können. In Anbetracht ihrer Größe (kleiner als eine Faust) ist sie äußerst leistungsfähig. Sie erhält das chemische Gleichgewicht des Blutes und scheidet Ballaststoffe über den Urin aus. Künstliche Nieren erreichen zwar nicht die Leistungen der körpereigenen Niere, doch haben sie eine wichtige Überbrückungsfunktion in Fällen, in denen nach Ausfall einer Niere ein geeigneter Organspender gesucht wird. Die künstliche Niere wird in der urologischen Abteilung von Krankenhäusern und bei einigen Patienten nach erfolgter Anleitung auch zu Hause angewendet (Heimdialysegeräte).

### Dialyse

Zur Aufrechterhaltung des chemischen Gleichgewichtes innerhalb der 'Körperflüssigkeiten' arbeitet die künstliche Niere nach dem Verfahren der Dialyse ('Blutwäsche'). Dabei handelt es sich um eine selektive Diffusion gelöster Teilchen durch semipermeable (nur in einer Richtung durchlässige) Membranen.

Eine solche Membran besitzt winzige Poren, die jedoch groß genug sind, um zum Beispiel Salze, Glukose und Stoffwechselprodukte durchtreten zu lassen, aber nicht groß genug sind, um den Durchtritt von Blutzellen, Bluteiweiß sowie der meisten Enzyme und Hormone zu gestatten. Zur Dialyse wird das Blut des Patienten durch einen Dialysator (Cellophankammersystem) gepumpt, in dem eine semipermeable Membran das Blut von einer Dialysat genannten Lösung trennt. Sie enthält Glukose und die lebenswichtigen Salze, die sich auch im gesunden Blut finden, in jeweils genau der richtigen Konzentration.

Im Verlaufe der Dialyse durchdringen Moleküle die semipermeable Membran, bis die Konzentration der verschiedenen Salze im Blut die gleiche wie im Dialysat ist, das unaufhörlich durch den Dialysator gepumpt wird. Auf diese Weise wird das Blut des Patienten 'gewaschen' und das richtige chemische Gleichgewicht hergestellt. Die Abfallstoffe werden gründlicher entfernt, wenn das Dialysat entgegen der Blut-



strömung fließt. Damit erreicht man, daß das größte Konzentrationsgefälle dort auftritt, wo das Blut den Dialysator verläßt und wo die Konzentration der Abfallstoffe am geringsten ist. Die Leistungsfähigkeit der künstlichen Niere wird durch die Permeabilitätseigenschaften der Membran bestimmt, die häufig aus Cellophan oder Cuprophan besteht.

Die ideale Membran muß für Wasser, organische und ionische Stoffe hochdurchlässig und für Blut- und Körperzellen ungiftig sein. Sie muß das Eiweiß im Blutplasma

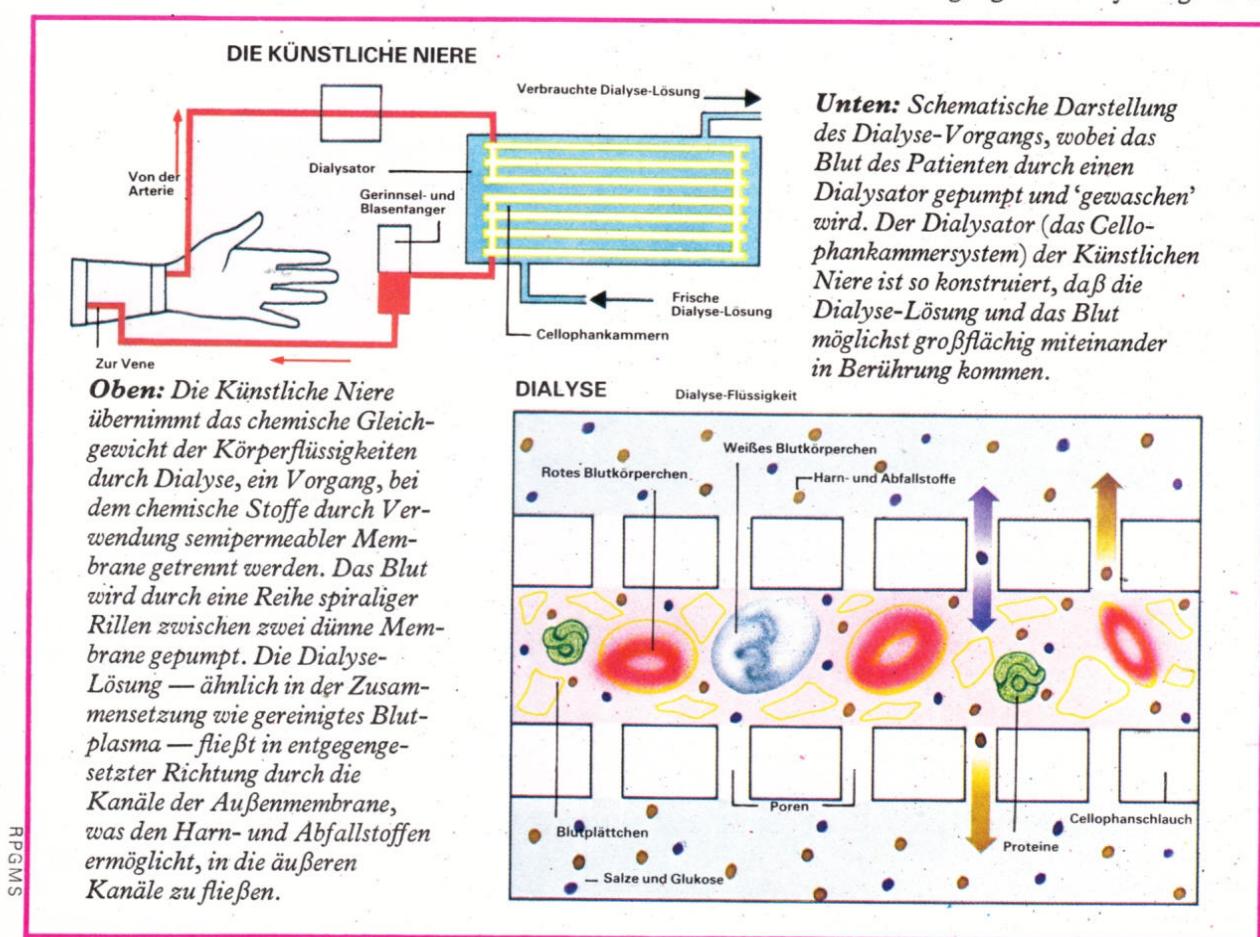
zurückhalten und kräftig genug sein, leichtem Druck standzuhalten. Aus Cellophan und Cuprophan hergestellte Membranen erfüllen die genannten Anforderungen nicht vollständig, sind aber kostengünstig. Zum Ausgleich für ihre geringere Leistung verwendet man in den Dialysatoren größere Membranflächen. Der eigentliche Dialysator (das Cellophankamersystem) der künstlichen Niere ist so konstruiert, daß die Dialyse-Lösung und das Blut möglichst großflächig miteinander in Berührung kommen. Um dies zu erreichen, wird das Blut in einem dünneren Film über die Membranfläche geleitet. Die Dialyse-Lösung wird gründlich gemischt und ihr chemisches Gleichgewicht fortlaufend überwacht. Abschließend muß das in der künstlichen Niere befindliche Blut zum Patienten zurückgeleitet werden, was zur Einleitung der Behandlung eine geringere Blutmenge erfordert. Dieser Punkt ist besonders wichtig, wenn künstliche Nieren zu Hause benutzt werden. Das Dialysemembran-System steht als Einwegpackung zur Verfügung; dies bietet den Vorzug schneller Gebrauchsfertigkeit und geringerer Infektionsgefahr.

### Heimdialyse

Dem Patienten, der seine Dialyse mit einer künstlichen Niere zu Hause selbst vornehmen kann, wird vor dem Verlassen des Krankenhauses eine arteriovenöse Seitenverbindung angelegt. Der Chirurg stellt diese Verbindung her, indem er zwei Katheter anlegt — einen in eine Arterie und einen in eine

Vene (normalerweise am Handgelenk oder am Fußknöchel) — und sie mit einem kurzen Schlauchstück verbindet. Hierdurch wird ein Anschluß an den Blutkreislauf über eine Hand oder einen Fuß ohne ernsthafte Folgen hergestellt. Er kann viele Monate an derselben Stelle implantiert bleiben. Kommt es zu Komplikationen, wird die Seitenverbindung verlegt. Der Patient bereitet sich auf die Dialyse vor, indem er die konzentrierte Dialyselösung in den Behälter gibt, die Verdünnung einleitet und die Konzentration dadurch ermittelt, daß er die Leitfähigkeit der Flüssigkeit mißt. Es wird eine neue Dialysemembran eingesetzt. Sobald die Temperatur und Leitfähigkeit der Dialyselösung die festgesetzten Grenzwerte erreicht haben, legt der Patient jeweils eine Klemme an die zwei Katheter an, zieht den kurzen Schlauch ab und verbindet die Katheter mit der Ein- und Austrittsseite der künstlichen Niere. Anschließend werden die Klemmen abgenommen und der Dialysevorgang beginnt.

Während des ganzen Vorganges werden die Temperatur, die Konzentration, das Fließverhalten der Dialyseflüssigkeit und der Austrittsdruck der Dialysevorrichtung sowie der venöse und arterielle Blutdruck des Patienten überwacht. Ein fotoelektrischer Sensor stellt ein Durchsickern von Blut in die Dialyselösung sofort fest. Liegen alle genannten Werte innerhalb der vorgegebenen Toleranzen, wird die Dialyse fortgeführt. Der Patient hängt etwa 6 bis 12 Stunden an der künstlichen Niere. Nach Beendigung der Dialyse legt er an



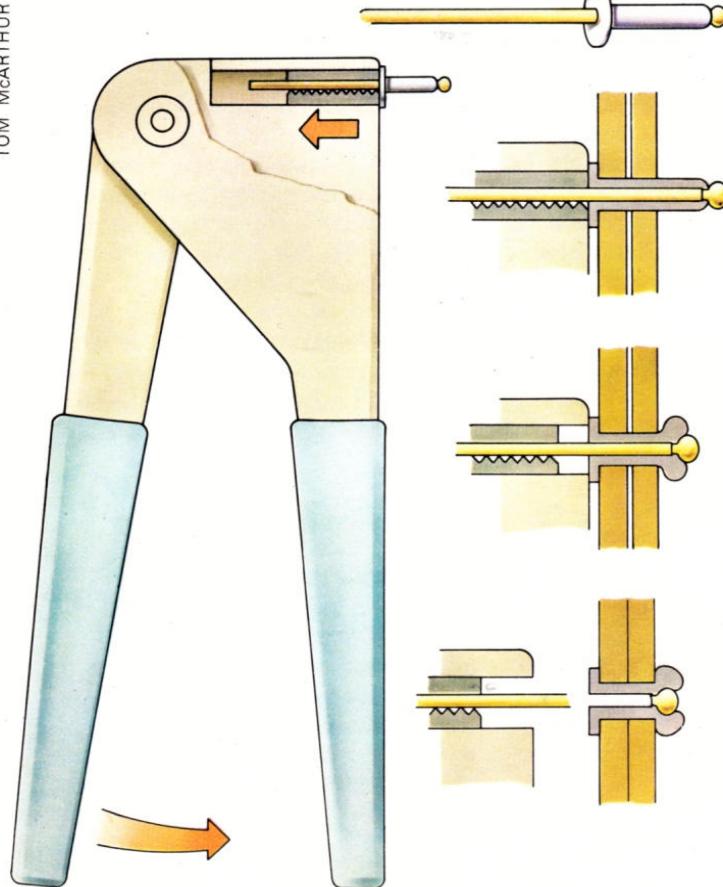
**Links Mitte:** Die Dialyseeinheit einer künstlichen Niere. Das Blut wird zwischen in einem Dialysator liegenden, semipermeablen Membranen gepumpt. Der zylindrische Dialysator, der in das Dialysat eintaucht, ist in der Bildmitte zu erkennen. **Links oben:** Ein Krankenhaus-Patient, an eine künstliche Niere angeschlossen. Je nach seiner Fähigkeit das Steuergerät zu betätigen, das die Temperatur und Leitfähigkeit des Dialysats anzeigt und genau vorgeschriebene Werte aufweisen muß, kann er das Gerät auch zu Hause benutzen.

die zwei Katheter klemmen an, löst die Verbindung zur künstlichen Niere und setzt den Kunststoffschlauch wieder ein. Die Anlage wird für die nächste Blutwäsche, die zwei- oder dreimal pro Woche stattfindet, gereinigt. Der Patient unterzieht sich regelmäßigen ärztlichen Untersuchungen, um sicherzustellen, daß die von ihm in seiner Wohnung durchgeführte Dialyse normal verläuft. Es ist ihm jetzt jedoch möglich ein mehr oder weniger normales Leben führen und einem Beruf nachzugehen.

## NIETE UND NIETUNG

Schon seit langer Zeit sind Nieten ein wichtiges Hilfsmittel zur Herstellung dauerhafter Verbindungen von Metallplatten. Darüber hinaus bedient man sich der Nieten zum Verstärken von Ledergeschrirren, Gurtbändern und sogar von Jeanstaschen.

Da die Deutsche Industrienorm (DIN) 'der Niet' und für die Mehrzahl 'die Niete' vorschreibt, bedienen wir uns auch hier dieser Form. Ein Niet besteht aus einem geformten Kopf



**Oben:** Eine in Heimwerker-Geschäften verkaufte Nietzange. Der Blindniet (oben) hat einen Stift oder Dorn, auf dem der lange Kopf sitzt. Nachdem ein Loch mit entsprechendem Durchmesser gebohrt worden ist, wird der Niet eingeführt, und das Werkzeug greift den Nietdorn von unten und drückt so stark auf den Nietdorn, daß ihr Maulende den Nietschaft abkneift. So entsteht an schwer zugänglichen Stellen eine Verbindung.

(Setzkopf) und einem zylindrischen Schaft. Normalerweise werden Niete aus weichem Stahl oder (für den Flugzeugbau) aus einer Leichtmetall-Legierung hergestellt. Brücken, Dächer, Krane, Stahlskelettgebäude und andere Bauwerke dieser Art werden aus dreieckig angeordneten, konstruktiven Bauteilen zusammengesetzt und durch Niete miteinander verbunden. Dazu werden zwei aufeinanderliegende Flächen durchbohrt, der Niet eingeführt und das Nietschaft-Ende nach Aufsetzen eines entsprechenden Werkzeugs zu einem so genannten Schließkopf zusammengeschlagen.

Konstruktionsteile, die unter Spannbelastung stehen, werden Zugglieder genannt, während die einen Druck aufnehmenden Konstruktionsteile Streben oder Träger heißen. Die für solche Konstruktionen verwendeten Niete unterliegen den zwischen den Konstruktionsteilen herrschenden Scherkräften: Die Kanten der Metallplatten wirken wie die Klinge einer

Schere, wenn die Konstruktion belastet wird. Der Abstand der Niete, die Zahl ihrer Reihen und so weiter werden vom Konstrukteur entsprechend der zu erwartenden Belastung bestimmt. Der Zwischenraum zwischen den einzelnen Nieten wird Niet-Teilung genannt, während der Zwischenraum zwischen den Nieten nebeneinanderliegender Reihen (bei der zweireihigen Zickzacknietung) Diagonalabstand heißt.

Niete stehen unter sogenannter einfacher Scherbeanspruchung. Man kann sie mittels der doppelten Laschennietung verringern. Dabei liegt eine Lasche (Metallplatte) zwischen zwei anderen, die in einander entgegengesetzter Richtung beansprucht werden, was die Beanspruchung halbiert und die Verbindung doppelt so stark macht. Das Verhältnis zwischen der Festigkeit der Nietverbindung und der der Platte ist die Belastbarkeit der Verbindung. Eine Nietverbindung im Stahlbau unterliegt der auf der Konstruktion ruhenden Last, während sie im Behälterbau noch einer zusätzlichen Belastung standhalten muß, nämlich dem Druck.

### Niete und Nietverbindungen

Der Kopf des Niets kann rund (Halbrund-Schließkopf), flach (Linsensenkkopf) oder versenkt (Senkschließkopf) sein. Halbrund-Schließköpfe werden normalerweise maschinell gesetzt, während Niete mit Linsensenkkopf mit der Hand dort gesetzt werden, wo die Platzverhältnisse begrenzt sind. Niete mit Senkschließkopf dienen im Schiffs- und Flugzeugbau dazu, eine glatte Fläche zur Verringerung des Wasser- oder Luftwiderstandes zu schaffen. Der Schaft des Niets kann ein Vollschaft oder ein Hohlschaft sein. Der unmittelbar unter dem Setzkopf liegende Teil des Nietschafts ist bisweilen konisch ausgeformt, was einen sich allmählich auf den Durchmesser des Nietkopfs vergrößernden Querschnitt ergibt. Damit wird eine größere Festigkeit gegen ein Abscheren des Kopfes gewährleistet.

Der am weitesten vom Setzkopf entfernte Teil des Nietschafts heißt Schließkopf. Ihn staucht der Nieter mit einem Hammer, während sein Helfer den Setzkopf in einem als Amboß dienenden Gegenhalter (Setzstock) festhält. Bei Hohlschaft-Nieten wird der Schließkopf entweder in einer versenkten Bohrung aufgeweitet oder bauchig zusammen gestaucht. Einige Arten von Hohlschaft-Nieten enthalten kleine Sprengsätze, die durch Wärme oder durch eine Sprengvorrichtung gezündet werden (Spreng-Niet) und durch Ausdehnung des Hohlschaftes den Schließkopf bilden.



AVDEL

Das Nieten mit dem Preßlufthammer, mit dem ursprünglich die Außenhaut von Flugzeugen an der Zelle befestigt wurde, ist inzwischen auch in anderen Industriezweigen gebräuchlich.

**Rechts:** Die Außenhaut der unteren Hälfte ('Badewanne') eines Hubschraubers vom Typ Sea King (unten) wird aufgenietet. Die Stifte fixieren die Außenhaut während des Nietens; sie werden anschließend herausgezogen.

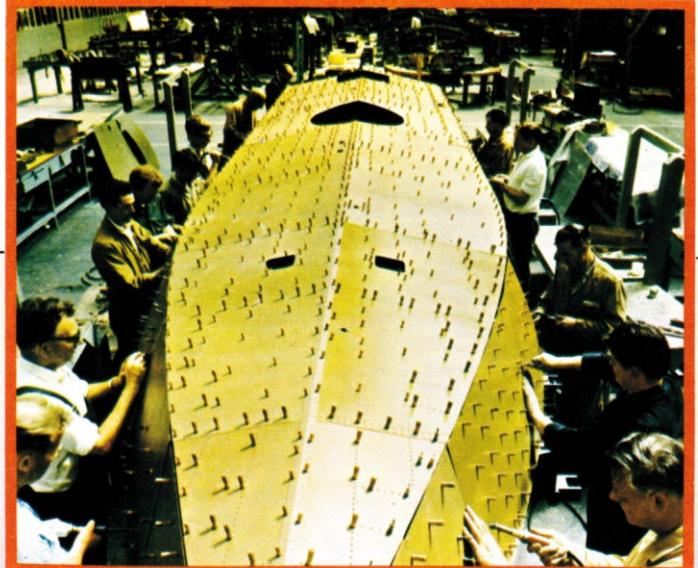


Das Stauchen des Niets kann durch Hammerschlag von Hand oder durch einen Drucklufthammer erfolgen. Beim Nieten mit der Nietpresse wird das Metall statt durch wiederholte Hammerschläge durch längere Einwirkung von Druck gestaucht. Auch die Nietpresse findet, unter Zuhilfenahme eines Ziehdorns, Anwendung beim Setzen von Hohlschaft-Nieten. Er wird dabei mit einem Handwerkzeug durch das hohle Innere gezogen, um den Schließkopf zu bilden, ehe der Ziehdorn abgedrückt und das Handwerkzeug freigegeben wird. Vollschaft-Stahlniete bis zum Durchmesser von 35 mm können durch eine Kombination von Preß-Nietung und Dehnung des Schaftendes mit einem Schließkopf versehen werden. Das Werkzeug bewegt sich auf einer Kreisbahn und wirkt mit einem von innen nach außen gerichteten Druck auf den Schließkopf ein. Dabei wird mit jeder Drehung ein wenig Metall weitergeschoben.

Spaltniete (Niet mit Hohlschaftende), deren gabelförmig geöffnetes Schaftende durch Hammerschlag umgebördelt wird, dienen zur Verbindung von Lederteilen.

### Vorbereitung der Arbeit

Genietete Verbindungen können durch Überlappungsnietung oder durch einfache, beziehungsweise doppelte Laschen-nietung hergestellt werden. Bei der Überlappungsnietung liegen die zu verbindenden Flächen übereinander, bei der Laschennietung stoßen sie stumpf aneinander. Dabei werden im Verbindungsbereich zusätzliche Metallstücke von mindestens der halben Dicke der zu verbindenden Bleche angelegt.



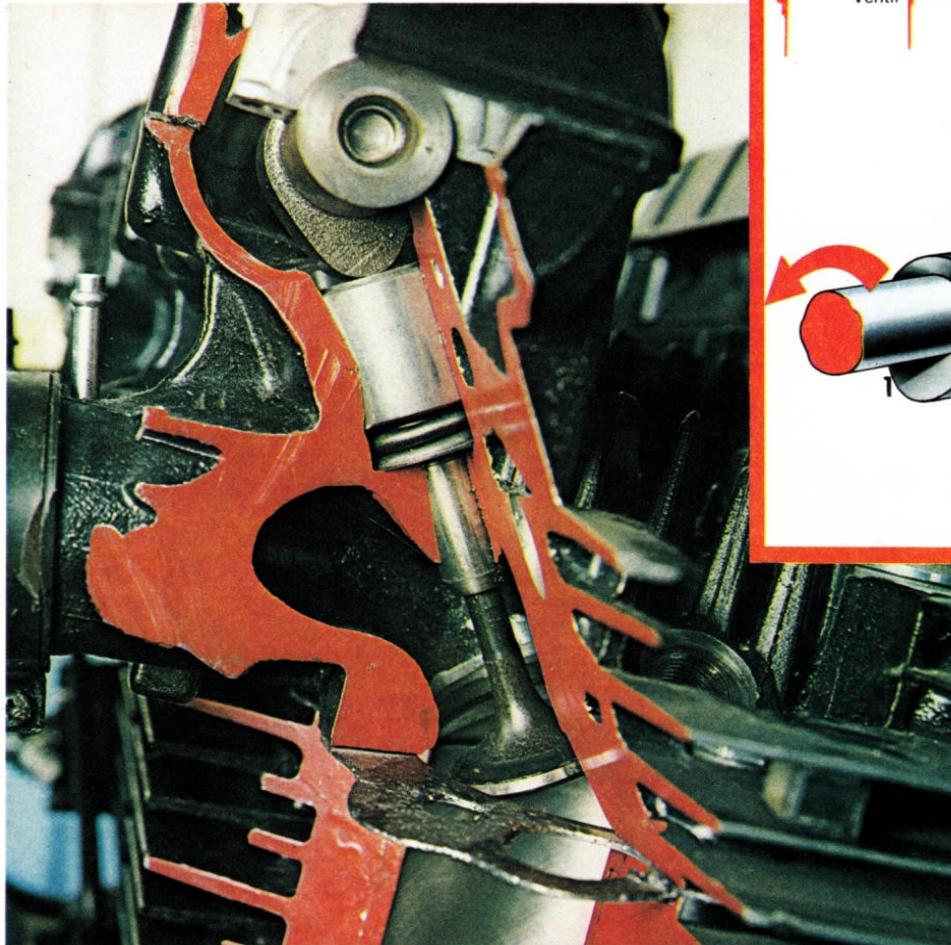
Die Nietbohrungen werden in der Nähe der zu verbindenden Kanten durch das Metall geführt.

Es werden zum Durchmesser der Niete passende Bohrungen hergestellt. Ihre Ränder werden durch leichtes Versenken entgratet. In Fällen, in denen es auf besonders genaue Arbeit ankommt, werden die zu verbindenden Teile verschraubt oder 'geheftet' (mit kurzen Raupen geschweißt), um eine Fehlausrichtung zu vermeiden. Dann werden Bohrungen mit einem für die Niete erforderlichen Mindestdurchmesser durch alle Bestandteile der Verbindung gleichzeitig geführt. Beim Einsetzen füllen die Niete die Bohrungen besser aus, als dies ohne Niete der Fall wäre.

Stahlniete mit einem Schaftdurchmesser über 10 mm werden 'warm' genietet. Dazu werden sie vor der Verarbeitung auf Hellrotglut (etwa 1000°C) erwärmt, um die erforderliche Verformungsarbeit herabzusetzen. Nach der Nietung und Abkühlung schrumpfen sie in Längsrichtung und stellen damit eine feste Verbindung her. Gleichzeitig aber schrumpfen sie auch im Durchmesser, womit es zwischen ihnen und der Wand der Bohrung zu einem Luftspalt kommt, der zu Undichtigkeiten führen kann. Bei Nietarbeiten im Behälterbau, wie beispielsweise bei Wasserbehältern und Dampfkesseln, muß eine Nietverbindung nicht nur fest, sondern auch dicht sein, so daß weder Wasser, Öl noch Gas austreten kann. Solche Nietnähte werden nach dem Nieten in einem weiteren Arbeitsgang verstemmt. Das geschieht mit Stemmwerkzeugen, die eigentlich wie ein 'kalter' Meißel aussehen, aber die Aufgabe haben, das Metall aufzuweiten statt abzutrennen.

## NOCKEN

Nocken gehören zu den wichtigsten Bauelementen im Ingenieurwesen. Früher wurden sie zur Steuerung von Windmühlen und Blasebälgen eingesetzt. Heute sind sie wesentlicher Bestandteil von Kraftfahrzeugmotoren und Präzisionsmaschinen.

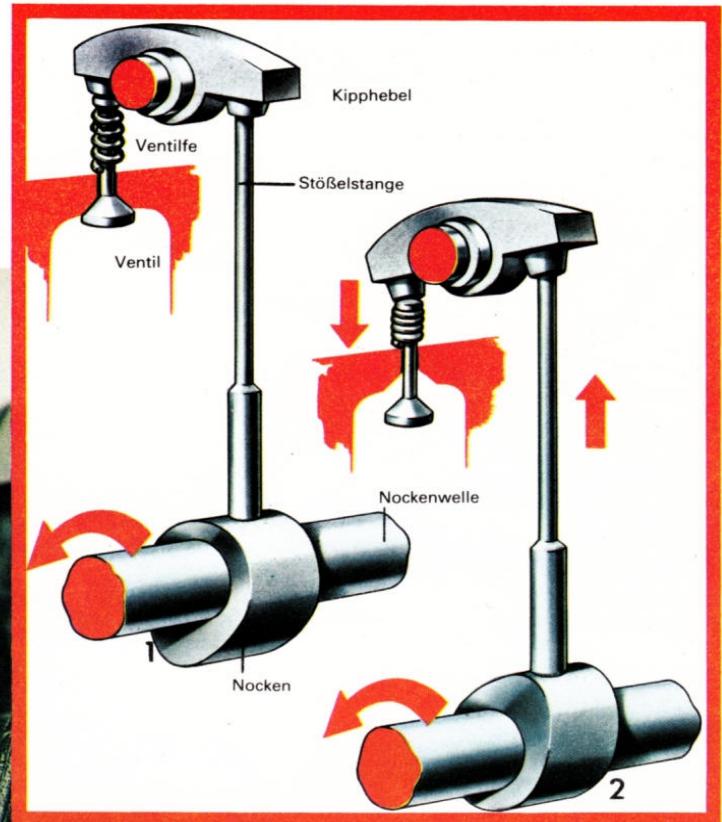


Ein Nocken verwandelt eine Drehbewegung in eine lineare (geradlinige) Bewegung. Die einfachste Ausführung eines Nockens ist eine umlaufende Scheibe mit unterschiedlichen Radien, die ihren Querschnitt oval (länglich) statt rund gestalten. Wenn sich die Scheibe dreht, drückt ihr Rand gegen einen Stößel. Er kann die Form eines kleinen Rades am Ende eines Hebels haben oder der Hebel (die Stange) selbst sein. Der Stößel wird um genau den Betrag gehoben und gesenkt, den die Abweichung des Radius vorgibt.

Indem man einem Nocken ein entsprechendes Profil gibt, kann man jede ständig wiederkehrende, lineare Bewegung erzeugen. Bei den meisten Nocken sorgt ein Federmechanismus dafür, daß der Stößel mit dem Nocken in Berührung bleibt. In der Praxis brauchen sich Nocken nicht unbedingt zu drehen. Man kann die gleiche Form linearer Bewegung auch durch ein Nockenprofil erreichen, das hin und her schwingt. In beiden Fällen geht die resultierende Bewegung rechtwinklig von der auslösenden Kraft aus.

### Anwendungsbereiche

Nocken finden wir heute in Verbrennungsmotoren, Werkzeugmaschinen, elektromechanischen Steuereinrichtungen und in einer Vielzahl von Maschinen, angefangen von Musikboxen bis hin zu Computeranlagen. In Verbrennungsmotoren steuern auf einer rotierenden Nockenwelle angebrachte Nocken das Öffnen und Schließen der Ein- und Auslaßventile. Durch



**Oben:** Ventilsteuering durch Nocken bei einem Kraftfahrzeugmotor. Der Nocken hebt eine Stößelstange, die einen Kipphebel heruntergehen läßt, der das Ventil öffnet.

**Links:** Teilansicht eines Motorblocks, in der die Ventilsteuering durch Nocken zu sehen ist, hier mit einer obenliegenden Nockenwelle.

ihre Form und Anordnung wird erreicht, daß sich die Ventile in der richtigen Reihenfolge öffnen und schließen sowie die richtigen Zeitabstände (Steuerzeiten) eingehalten werden. Man hat im Laufe der Zeit mit verschiedenen Systemen gearbeitet. Zu den gebräuchlichsten gehört ein System, bei dem der Nocken seine Kraft durch Schubwirkung auf einen Stößel und dieser auf eine Stößelstange (bisweilen Stoßstange genannt) überträgt, die in einer im Schmierungs- kreislauf liegenden Führung gleitet. Ihre Bewegung wird dann über einen mittig gelagerten Kipphebel auf den Ventilschaft übertragen.

Weil Nocken mit jedem gewünschten Profil und aus fast jedem Werkstoff hergestellt werden können, bieten sie eine sehr gute Möglichkeit, den Vorschub von Werkzeugmaschinen zu steuern, bei denen hohe Belastungen auftreten. Tatsächlich folgt der Schneidstahl demselben Weg, den das Nockenprofil zurücklegen würde, liefe es in einer geraden Linie ab. Die Herstellung solcher Nocken ist ziemlich kostspielig.

Nocken dienen in elektromechanischen Anlagen zur Betätigung elektrischer Schalter und bieten eine ideale Möglichkeit, Versuchsabläufe oder Fertigungszyklen zu steuern. Solche mechanisch betätigten elektrischen Kontakte neigen jedoch zum Verschleiß. Daher hat man neuerdings berührungslose Systeme entwickelt. Bei ihnen wird die Änderung eines Nockenprofils durch elektrische Induktion oder auf optischem Wege 'gemeldet'.



# Erfindungen:33 KANÄLE UND SCHLEUSEN

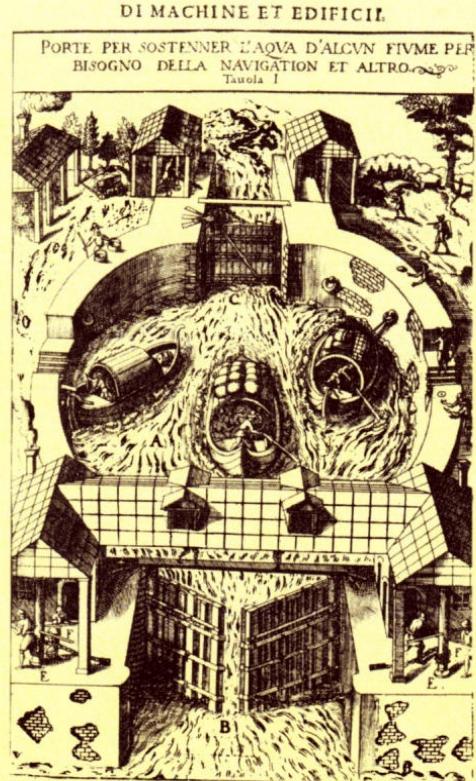
Ausschließlich zur Bewässerung und Wasserversorgung vorgesehene Kanäle waren in den frühen Kulturen des Abendlandes selbstverständlich: in Ägypten und Griechenland, im Zweistromland sowie im Römischen Reich. Der Gedanke aber, künstliche Wasserwege zu schaffen, blieb im großen und ganzen in Ansätzen stecken. Allerdings bestand auch kaum ein Bedürfnis an Schifffahrtskanälen. In Europa boten die Meere und großen Flüsse dem wenig umfangreichen Warenverkehr ausreichend Raum, und im Mittleren Osten waren durch den allgemeinen Mangel an Wasser solche Unternehmen von vornherein zum Scheitern verurteilt. Eine bemerkenswerte Ausnahme jedoch bildete der Kanal vom Ostufer des Nildeltas zum Roten Meer bei Sues. Sein Bau wurde um ungefähr 600 v. Chr. unter der Herrschaft des Pharaos Necho in Angriff genommen. Der fertige Kanal war, dem Historiker der Antike Her-

odot zufolge, so breit, daß zwei Schiffe aneinander vorbeifahren konnten. Gegen Ende der römischen Herrschaft plante man den Bau eines Kanals über die Landenge von Sues, doch erwiesen sich die technischen Schwierigkeiten als so groß, daß man den Plan fallen ließ. Noch um 800 n. Chr. wollte Kaiser Karl der Große den Main und die Donau durch einen Kanal verbinden. Doch wurde der Plan bereits wieder aufgegeben, nachdem das Kanalbett auf etwa 3 km ausgehoben war.

Im China der Frühzeit lagen die

**Rechts:** Eine europäische Schleuse Anfang des 17. Jahrhunderts. Im Bild öffnen sich die Schleusentore in falscher Richtung.

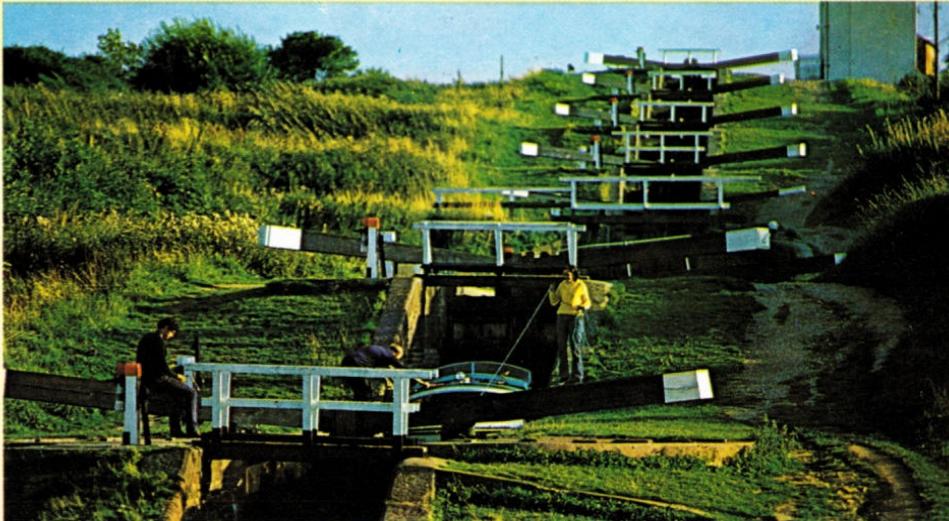
**Unten:** Dieser Stich aus der Mitte des 19. Jahrhunderts zeigt chinesische Dschunken auf der 'schießen Ebene', dem Vorläufer der Schleuse.



Dinge anders. Die Hauptrichtung der drei großen Flüsse — des Hwangho, des Hwaiho und des Jangtsekiang — verläuft von Westen nach Osten, die Wirtschaft aber brauchte ein Transportsystem, das eine Verbindung zwischen dem nahrungsmittelerzeugenden Süden und dem volkreichen Norden herstellte. Darüber hinaus neigten die Flüsse, insbesondere der Hwangho, zu starken Überschwemmungen. Der chinesische Kanalbau sollte gleichzeitig Transportwege schaffen und das zu Überschwemmungen führende überschüssige Wasser ableiten.

### **Stau- oder Sperrschieleusen**

Die ersten Schritte zum Bau des Kanals, aus dem schließlich der Große Kanal (oder Kaiserkanal) werden sollte, wurden im Jahre 350 v. Chr. mit der Eröffnung einer Wasserstraße zwischen dem Jangtsekiang und dem rund 200 km nördlich von ihm fließenden Hwaiho unternommen. Dieser Kanal, der ungefähr parallel zur Küste verlief, mußte auf seinem Wege nach Norden einen Höhenunterschied von rund 15 m überwinden. Dies wurde durch die Einführung von Schleusen ermöglicht. Ursprünglich hatten die Chinesen das Problem des Wassertransports auf Flüssen mit Stromschnellen überwunden, indem sie ein Wehr mit einer längsverlaufenden Rampe bauten. Denn die Schiffe mußten mit menschlicher Muskelkraft bei Berg- und Talfahrt gezogen werden, was sehr viel Zeit und Energie kostete. Um 100 n. Chr. hatten chinesische Ingenieure eine andere Lösung gefunden. Jetzt wurde die Rampe in das Kanalbett verlegt und ein Tor am unteren Ende der Kanalstufe angebracht. Es bestand aus je einem steinernen Pfeiler zu beiden Seiten des Kanals, in die von oben nach unten verlaufende Führungsgräben eingeschlagen wurden. In



diese Nuten legte man die Enden einer Anzahl waagerechter Balken, die dazu dienten, das Wasser bis zur erforderlichen Höhe aufzustauen. Sie ließen sich mit Hilfe von seitlich an ihnen befestigten Seilen anheben. Im Verlaufe der Entwicklung wurden die Balken zusammengefügt und bildeten ein zusammenhängendes Tor, das wie ein Fallbeil hochgezogen und heruntergelassen werden konnte.

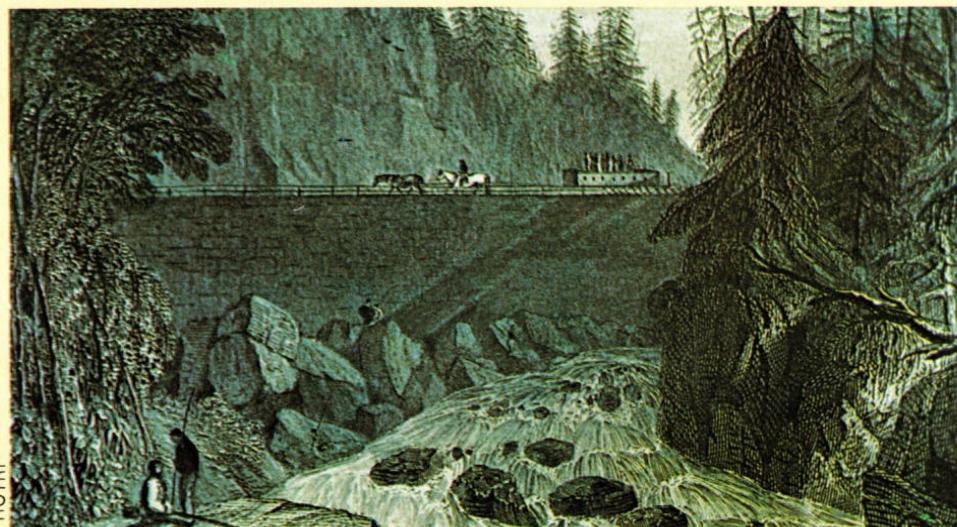
Diese einfache Form einer Schleuse, die allgemein als Sperr- oder Stauschleuse bezeichnet wird, besaß in der Regel am höhergelegenen Ende eine Winde mit senkrechter Welle (Spill), mit deren Hilfe die flußaufwärts fahrenden Schiffe (Bergfahrt) die Gefällsstrecke, über die das Wasser mit einer beträchtlichen Geschwindigkeit hinunterschoß, hinaufgezogen werden konnten. Schiffe, die flußabwärts fuhren (Talfahrt), mußten über die Rampe hinunterfahren, was häufig sehr gefährlich war. Trotz dieser Schwierigkeiten ist die Stauschleuse noch heute in China allgemein anzutreffen.

### **Kammerschleusen**

Um 600 n. Chr. war der Große Kanal vom Jangtsekiang aus nach Hang-

tschou in südlicher Richtung auf ungefähr 350 km verlängert worden. In den folgenden drei Jahrhunderten wurden in ganz China rund 90 Kanäle gebaut und in der Zeit von 950 bis 1280 n. Chr. sogar 500.

Es mag kaum einen Zweifel geben, daß dieser ungeheure Aufschwung im Kanalbau zumindest teilweise die Folge der Einführung einer neuen und leichter zu bedienenden Schleusenart war. Erwähnt wird sie erstmals um das Jahr 983 n. Chr. Die chinesischen Ingenieure hatten erkannt, daß durch den Einsatz von zwei in einer gewissen Entfernung voneinander liegenden Schleusentoren die mit Stauschleusen verbundene Mühsal und Gefahr sich größtenteils vermeiden ließen. Schiffe konnten jetzt in die zwischen zwei Toren befindliche 'Kammer' einfahren, anschließend ließ man den Wassersstand allmählich steigen oder sinken — damit gehörten die Nachteile der Stauschleuse der Vergangenheit an. Erst diese Kammerschleuse ermöglichte den Bau des abschließenden und größten Teiles des Großen Kanals. Zwischen 1280 und 1300 wurde er bis nach Peking verlängert, womit ein Wasserweg von mehr als 1500 km Länge zur Verfügung stand, der so tief und breit war, daß ihn kleine seegehende Schiffe befahren konnten.



Der Erie-Kanal, in Amerika durch viele volkstümliche Erzählungen berühmt geworden, wurde 1825 zwischen New York und dem Erie-See eröffnet.