

# WIE GEHT DAS

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



scan:[GDL]

# WIE GEHT DAS

## Inhalt

|                      |      |
|----------------------|------|
| Rückstrahler         | 1261 |
| Rücktrittbremse      | 1262 |
| Ruder                | 1263 |
| Salz                 | 1267 |
| Salzgewinnung        | 1269 |
| Satelliten           | 1273 |
| Säureherstellung     | 1278 |
| Sauerstoff           | 1281 |
| Schädlingsbekämpfung | 1285 |

## 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.

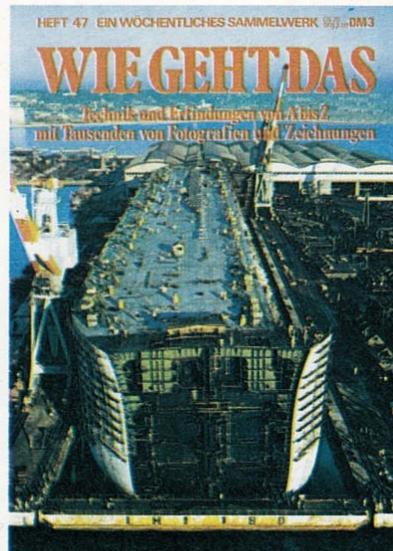
Schweiz: Das einzelne Heft kostet sfr 3,50. Bitte überweisen Sie den Betrag durch die Post (grüner Einzahlungsschein) auf das Konto: Schmidt-Agence AG, Kontonummer Basel 40-879 und notieren Sie Ihre Bestellung auf der Rückseite des Giroabschnittes.

**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 47 von Wie Geht Das



Trotz zunehmender Konkurrenz durch Luftfrachtdienste und Straßen- sowie Bahn-Güterfernverkehrsverbindungen ist die Schifffahrt im internationalen Handel noch von großer Bedeutung. Lernen Sie über die vielen verschiedenenartigen Schiffe und wie sie gebaut werden in Heft 47 von WIE GEHT DAS.

Die Schallplattenherstellung ist einer der größten Sektoren in der Unterhaltungsindustrie, und viele Millionen Schallplatten werden jährlich weltweit verkauft. Lesen Sie nächste Woche in WIE GEHT DAS, wie Schallplatten hergestellt werden.

## SAMMELORDNER

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

## SO BEKOMMEN SIE IHRE SAMMELORDNER

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

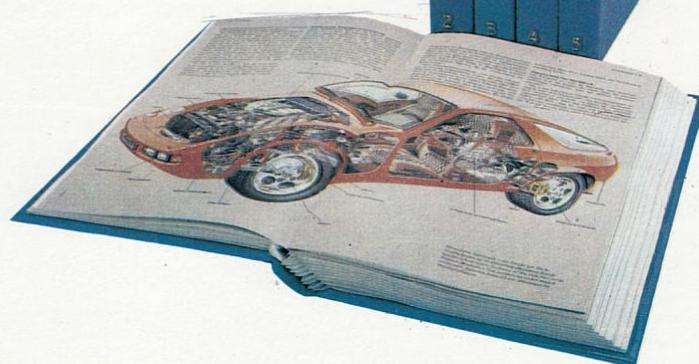
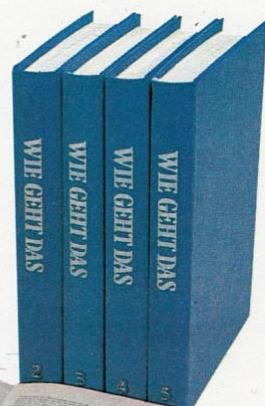
2. Sie bestellen die Sammelordner direkt beim Verlag. Deutschland: Ebenfalls für DM 11, bei: Verlagsservice, Postfach 280380, 2000 Hamburg 28. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: Verlagsservice, Postfach 280380, 2000 Hamburg 28, Postscheckkonto Hamburg 3304 77-202 Kennwort: SAMMELORDNER.

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

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

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

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



## RÜCKSTRAHLER

Rückstrahlendes Material wirft von einem Autoscheinwerfer kommendes Licht zurück, so daß damit verdeckte Verkehrsleit-Einrichtungen dem Fahrer um ein Mehrfaches heller erscheinen als gewöhnliche weiße oder farbige Flächen.

Die Reflexion ist darauf zurückzuführen, daß Lichtstrahlen auf eine weiße oder farbige Fläche auftreffen und von ihr 'zurückprallen'. Es gibt drei verschiedene Grundformen der Reflexion: die diffuse, die regelmäßige (spiegelnde) und die rückstrahlende Reflexion. Die beiden erstgenannten Arten kommen häufig in der Natur vor, während die letzte durch technische Mittel erzeugt wird. Rückstrahlende Materialien reflektieren einen Großteil des auftreffenden Lichtes in der Einfallsrichtung.

### Aufbau

Rückstrahlende Materialien nutzen die optischen Eigenschaften von Glasperlen. Ein in eine kugelförmige Glasperle einfallender Lichtstrahl kann auf zweierlei Weise beeinflußt werden: Entweder kehrt er durch totale innere Reflexion an der Rückseite der Glasperle zu seinem Ausgangspunkt zurück, oder die Glasperle wirkt als starke Sammellinse. Im letzteren Fall muß eine herkömmliche reflektierende Fläche hinter der Glasperle angebracht sein, damit sie als rückstrahlender Reflektor wirken kann.

Bei einem üblichen Rückstrahler finden sich pro Quadratzentimeter etwa zehntausend Glasperlen, die einen Durchmesser von etwa 0,1 mm haben. Man kann nicht sicherstellen, daß alle die gleiche Größe haben, daher wird der zurückgeworfene Lichtstrahl leicht gespreizt und kehrt nicht vollständig auf dem kürzesten Wege an seinen Ausgangspunkt zurück. Hierdurch kann ein Fahrer, dessen Gesichtsfeld sich durchschnittlich um 0,5 m bis 1 m über den Scheinwerfern seines Fahrzeugs befindet, das reflektierte Licht erkennen.

Seit der Entwicklung des Grundkonzeptes hat es viele Jahre gedauert, bis ein praxistaugliches, rückstrahlendes Material

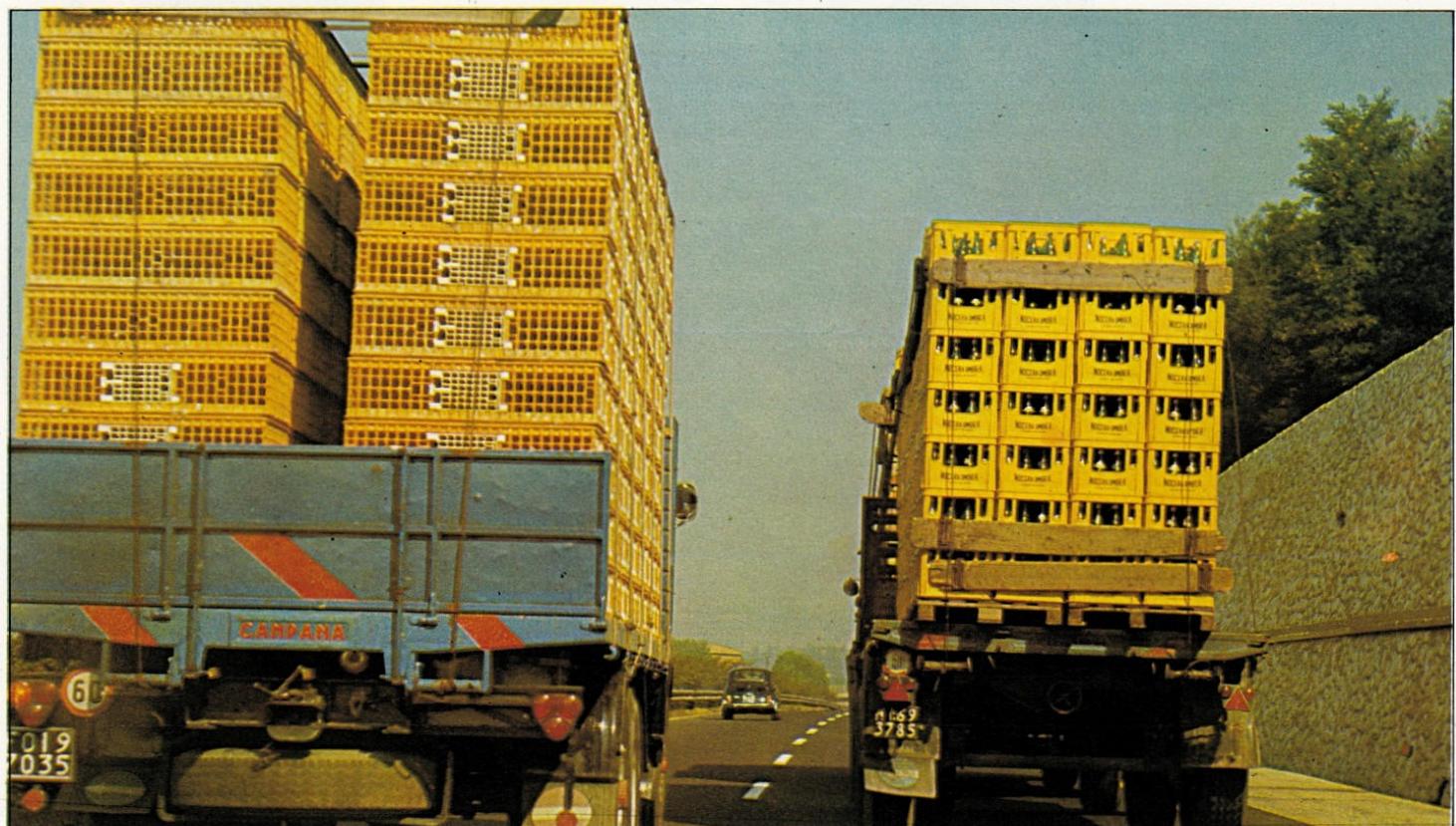
entwickelt wurde. Eine rückstrahlende Folie besteht im wesentlichen aus drei Kunststoffschichten: Einer durchsichtigen vorderen Deckschicht, einer Mittelschicht, in die die Glasperlen eingebettet sind, und einer reflektierenden Trägerschicht.

### Anwendungsbereiche

Zur Herstellung von Verkehrsschildern werden die rückstrahlenden Folien zu Buchstaben oder bestimmten Formen ausgeschnitten und auf farbige Aluminiumtafeln aufgebracht. Die großen blauen Autobahn- und die gelben Landstraßenschilder haben normalerweise reflektierende Zeichen, wenn es sich nicht um selbstleuchtende Schilder handelt. Viele andere, kleinere, Verkehrszeichen, wie die dreieckigen Warnschilder und die runden Tafeln mit Geschwindigkeitsbegrenzungen und Überholverboten, sind ähnlich ausgeführt. In vielen europäischen Ländern verlangt die Zulassungsordnung reflektierende Kennzeichentafeln an neuen Kraftfahrzeugen. Viele Menschen, die im Dunkeln auf der Straße arbeiten müssen, wie beispielsweise Straßenarbeiter oder Polizeibeamte, tragen helleuchtende, orangefarbene Westen, auf die Streifen aus reflektierendem Material aufgenäht sind.

Aus einer anderen Art von reflektierendem Material bestehen moderne Kinoleinwände. Stumpfe, weiße Flächen ergeben zwar gute Projektionsflächen, doch geht durch Streuung an der Projektionswand viel reflektiertes Licht in der Einfallrichtung verloren. Rückstrahlende Projektionswände haben eine mit zahlreichen Einbuchtungen bestimmter Form versehene Oberfläche, die den größten Teil des Lichtes in den Zuschauerraum zurückstrahlt. Entsprechend den in einem Lichtspielhaus vom Publikum eingenommenen Plätzen ist der zulässige Reflexionswinkel bei dieser Art Projektionswand in der Horizontalen größer als in der Vertikalen.

*Unten: Rückstrahlende Materialien sind am besten von Verkehrszeichen her bekannt — man findet sie aber auch an Fahrzeugen: auf Kennzeichen und als zusätzliche Rückstrahler.*



## RÜCKTRITTBREMSE

Die Rücktrittbremse ist wartungsfrei, und ihre Bestandteile sind so robust, daß sie bei einem einfachen Sturz nicht beschädigt werden können. Regen beeinträchtigt ihre Funktion nicht.

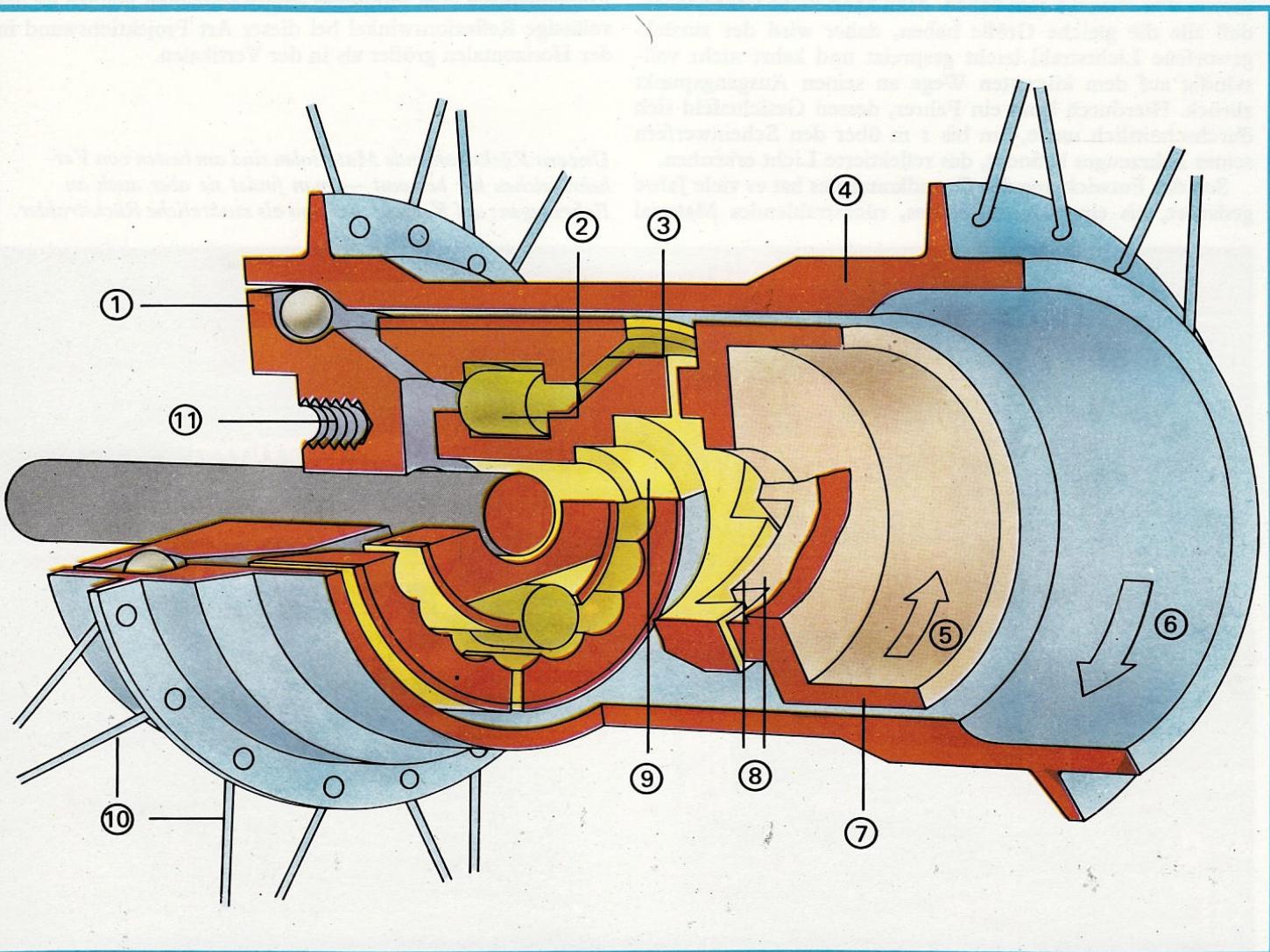
Die Rücktrittbremse (in der Umgangssprache 'Rücktritt' genannt) ist in der Hinterachse des Fahrrades untergebracht. Wegen ihrer vollständigen Umschließung ist sie gegen Regen und Schmutz unempfindlich. Sie wird betätigt, indem der Radfahrer gegen die Fahrtrichtung auf die Pedale tritt.

Der Bremsmantel ist ein geteilter Zylinder, der in der Nabenhülse zwischen zwei Stahlkonussen liegt, die lose in deren beide Enden eingesetzt sind. Ein Konus ist fest mit dem Rahmen verbunden, der andere Konus sitzt neben dem Freilauf auf der Radachse. Beim Betätigen der Bremse schiebt sich der auf der Radachse sitzende (bewegliche) Konus in den Bremsmantel hinein und drückt ihn kräftig gegen den Festkonus (Sperrkonus). Da der Bremsmantel in Längsrichtung geteilt ist, öffnen ihn die schrägen Anlaufflächen der Konusse und drücken ihn gegen die Innenseite der Nabenhülse. So wird das Hinterrad verzögert. Der bewegliche Konus wird durch ein Grobgewinde, das unmittelbar mit dem Hinterradzahnkranz verbunden ist, rasch in den Bremsmantel hineingedrückt. Bewegt der Radfahrer jetzt die Pedale zurück, verschiebt die gegenläufige Bewegung des Zahnkranzes und des Grobgewindes den beweglichen Konus auf der Radachse und drückt ihn in den Bremsmantel hinein, wodurch die Bremsung eingeleitet wird.

### Aufschlüsselung

- 1 Festkonus
- 2 Klemmrolle
- 3 Bremsmantel
- 4 Nabenhülse
- 5 Richtung, in der die Pedale beim Bremsen getreten wird
- 6 Drehrichtung des Hinterrades
- 7 Führungsring des Freilaufmechanismus
- 8 Greifklauen
- 9 Bremskonus (beweglich)
- 10 Radspeichen
- 11 Schraubenbohrung zur Verbindung des Festkonus mit dem Rahmen

**Unten:** Bei der Betätigung der Rücktrittbremse wird der (braun dargestellte) Führungsring des Freilaufs linksherum gegen die Greifklauen des Schnellgewinde-Mechanismus gedrückt. Dadurch wird der Bremskonus (gelb) nach links zum Festkonus (rot) geschoben. Dieser ist am Rahmen des Fahrrades angenlehnt, so daß durch den verkleinerten Abstand zwischen den Konussen der Bremsmantel (khakifarben) nach außen gegen die Innenseite der Nabenhülse (blau) gedrückt wird. Klemmrollen (hellgrün) hindern den Bremsmantel daran, sich zu drehen, da sie sich zwischen die Fläche des Festkonus und die inneren Kanten des Bremsmantels schieben, sobald er sich zu verdrehen beginnt.



## RUDER

**Moderne Ruder sind in ihrer Konstruktion darauf ausgelegt, bei möglichst großer Steuerkraft gegenüber der Wasserströmung einen möglichst geringen Widerstand zu entwickeln. So können Schiffe in einem relativ kleinen Drehkreis rasch manövriert werden.**

Der in der Umgangssprache verwendete Begriff 'Ruder' wird in der Fachsprache 'Riemen' genannt. Ein Ruder ist stets die Steuereinrichtung eines Schiffes. Man sagt, das Ruder wird 'gelegt', d.h. man steuert in die gewünschte Richtung.

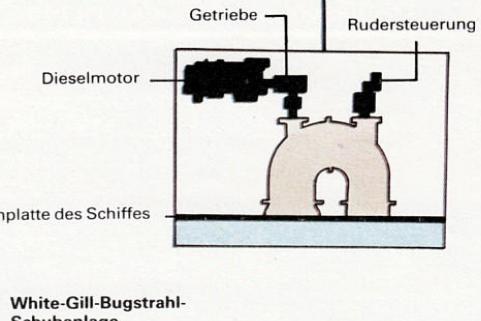
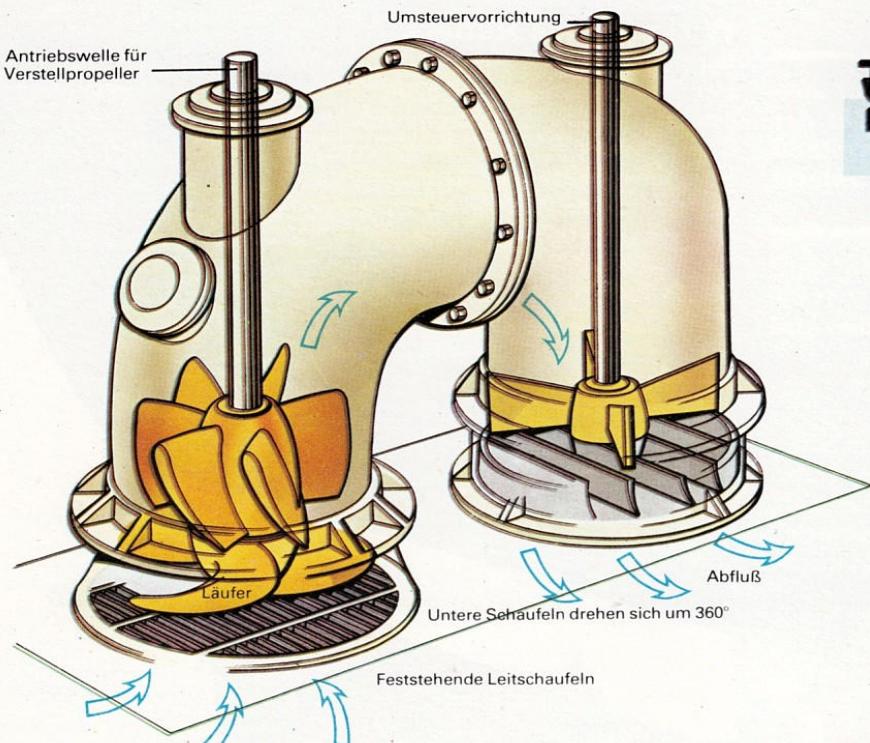
Die allerersten Ruder waren einfache Riemen oder Stechpaddel, mit denen man das Heck des Wasserfahrzeugs zur Seite drückte. Später wurde ein Stechpaddel seitlich am Schiff befestigt und an seinem oberen Ende mit einem Hebel versehen, so daß es als Ruderpinne wirken konnte. Man weiß nicht mit Sicherheit, wann das am Rudersteven angebrachte Ruder erstmals auftauchte. Auf jeden Fall war es im 12. Jahrhundert n. Chr. allgemein gebräuchlich.

### Wirkung des Ruders

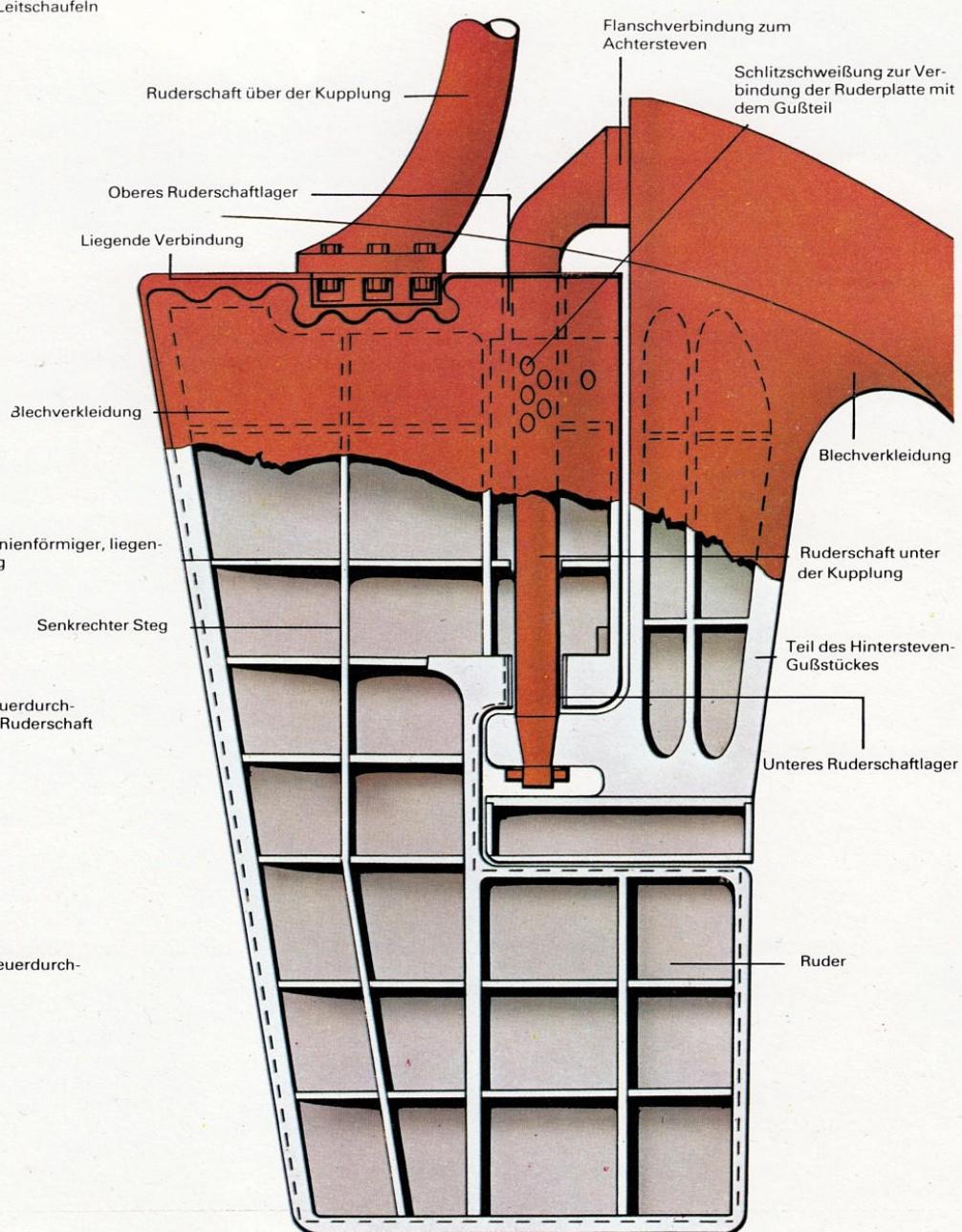
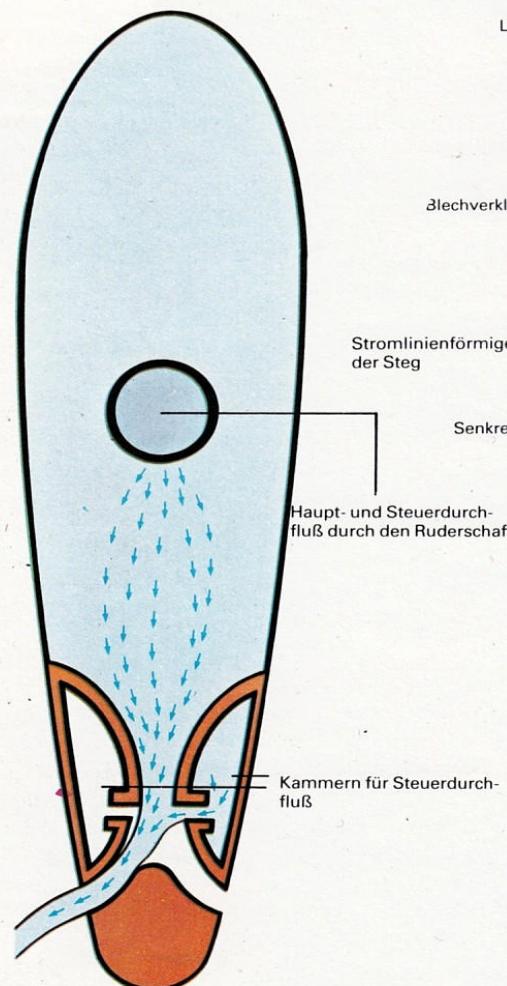
Bei einem Schiff in Fahrt strömt das Wasser am Ruder entlang. Der Winkel, um den das Ruder gegen die Strömungsrichtung gelegt ist, heißt Anströmwinkel. Die Steuerwirkung des Ruders hängt von der Druckverteilung zwischen den beiden Strömungsfächern des Ruders ab (siehe HYDRO- UND AERODYNAMIK). Der Druck auf die stromabwärts gewandte Seite ist geringer als der statische Druck des umgebenden Wassers;

*Das Ruder eines modernen aus Stahl gebauten Schiffes. Das Schiff ist nicht beladen und ragt daher so weit aus dem Wasser heraus, daß selbst die Schiffs- schraube sichtbar ist. Die Arbeiter geben einen Eindruck von der Größenordnung.*

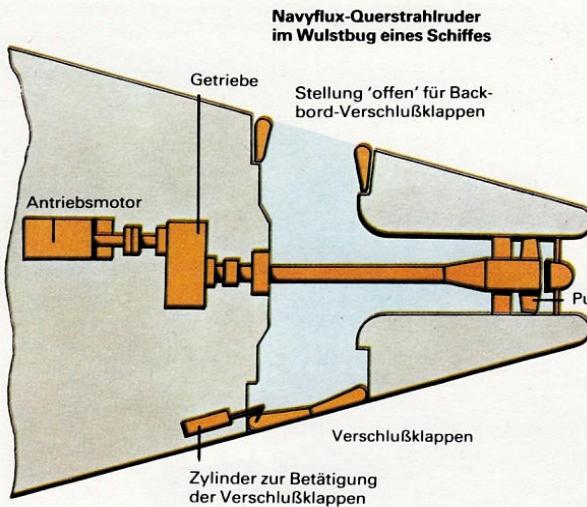




Strahlklappenruder/Draufsicht



In Sektionsbauart hergestelltes, modernes Ruder für ein Einschraubenschiff



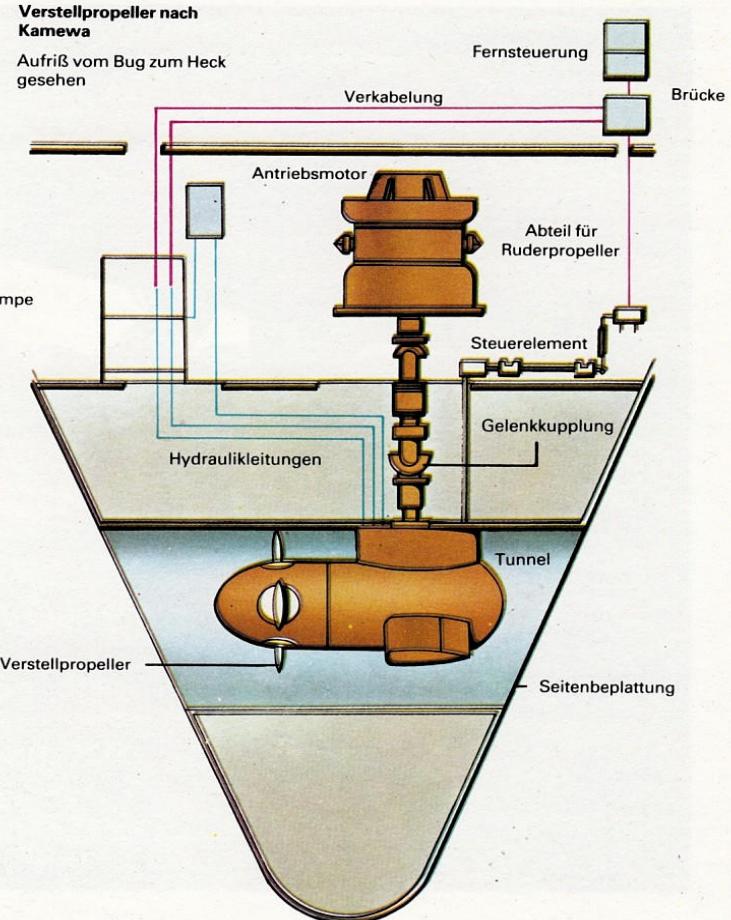
**Links und oben:** Heute allgemein übliche Ruderanordnungen. Beim Wasserstrahlantrieb wird das Wasser durch den U-förmigen Tunnel am Zufußrohr gedrückt. Die Abflussschaufeln werden durch die Welle der Umsteuervorrichtung so betätigt, daß das ausströmende Wasser in jede gewünschte Richtung geleitet werden kann. Das Bugstrahlruder (Querschubanlage im Vorschiff) nach Kamewa hat einen Propeller in einem Tunnel, der rechtwinklig zur Längsachse des Schiffes verläuft. Wasser kann mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten in beiden Richtungen durch den Tunnel gedrückt werden, indem man den Anstellwinkel der Propellerflügel verstellt. Das Navyflux-Strahlruder drückt Wasser in der gewünschten Menge zu beiden Seiten des Schiffes heraus.

der Druck auf der stromaufwärts liegenden Seite ist größer als der statische Druck des Wassers. Daraus ergibt sich eine nach außen wirkende Kraft auf der stromab liegenden Seite des Ruders. Man kann sie als die Resultierende aus der Ruderdruckkomponente rechtwinklig zur Fahrtrichtung und der Ruderdruckkomponente in Fahrtrichtung ansehen, wobei die Fahrtrichtung der Strömungsrichtung entgegengesetzt ist.

Die Abweichungen in den beiden Ruderdruckkomponenten bei unterschiedlichen Anströmwinkeln sind für die Konstruktion von Rudern überaus wichtig, ebenso wie die Kraft, die die Wendewirkung hervorruft. Bei einem bestimmten Anströmwinkel, dem sogenannten kritischen Winkel, wird das Ruder durch zu geringe Geschwindigkeit wirkungslos. Es kommt zur Wirbelbildung und zu einem Grenzschichtübergang von laminarer in turbulente Strömung, wodurch die Ruderdruck schlagartig vermindert wird. Dieser Grenzschichtübergang entsteht durch das Abreißen der Strömung auf der stromab liegenden Seite des Ruders und das Auftreten einer unregelmäßigen Wirbelströmung. Von Handelsschiffen wird gewöhnlich erwartet, daß das Ruder bis zu einem Winkel von  $35^\circ$  zur Schiffslängsachse nach Backbord und Steuerbord wirksam bleibt. Daher ist der kritische Winkel wichtig, denn eine Verminderung der Ruderdruck innerhalb des Wirkungsbereichs wäre unerwünscht.

Ergebnisse von Versuchen mit Rudermodellen in offenen Gewässern müssen vorsichtig interpretiert werden. Sie lassen sich nicht ohne weiteres auf ein Schiff übertragen, da die Wasserströmung um den Bug gemeinsam mit dem Schraubenschlupf die Ruderwirkung verändert. Zuverlässige Ergebnisse sind nur aus Versuchen mit Schiffen in Originalgröße zu gewinnen. Im Anschluß an sie müssen die am Modell ermittelten Werte durch einen entsprechenden Faktor für die weitere Ruderkonstruktion korrigiert werden.

Wird das Ruder eines Schiffes gelegt, weicht das Schiff zunächst geringfügig in entgegengesetzter Richtung seitlich

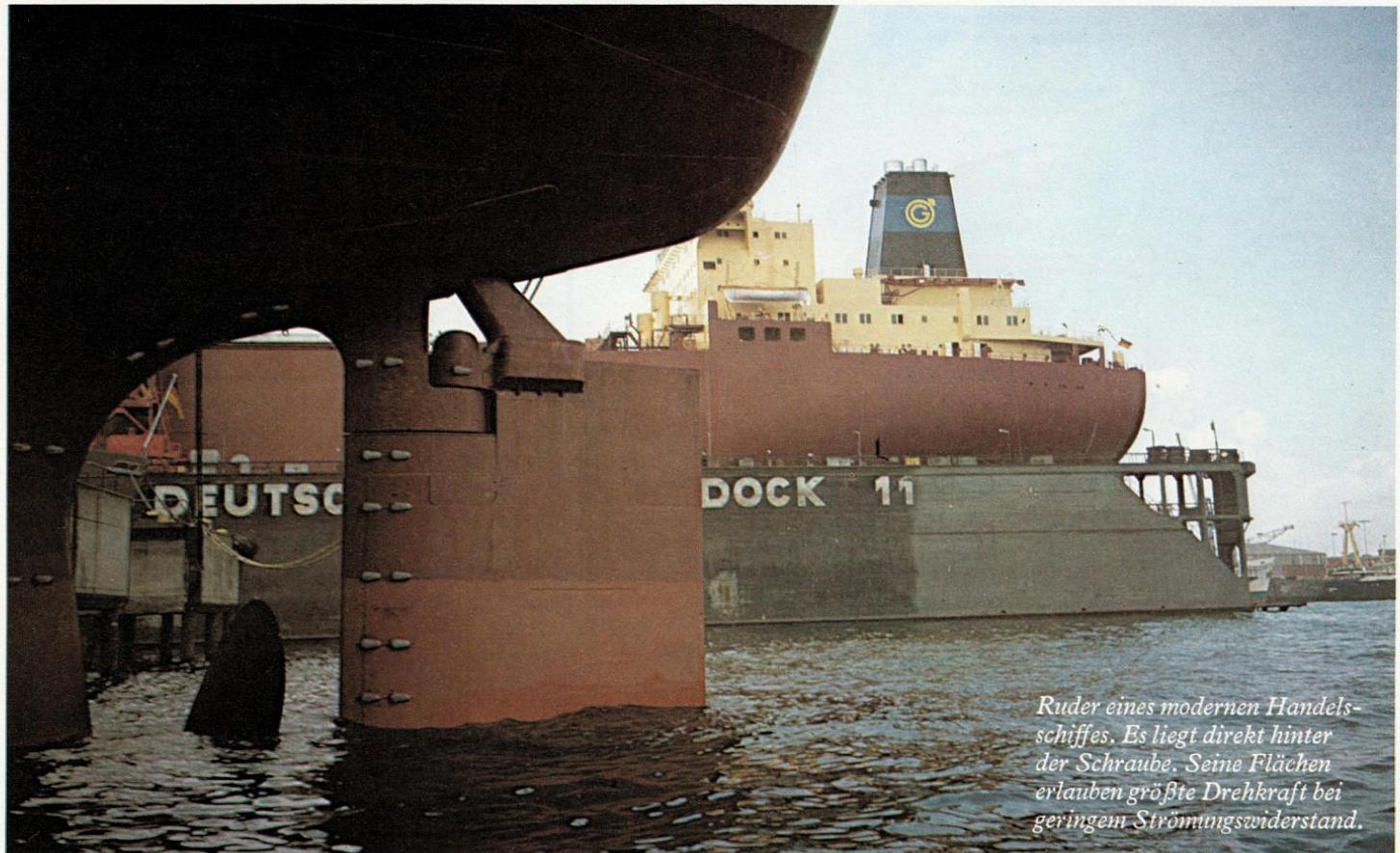


aus. Es bewegt sich dann auf einer Kreisbahn, bis es schließlich in Gegenrichtung liegt. Die Entfernung, die es vom Punkt des Ruderlegens bis zum Erreichen einer Wendung von  $90^\circ$  zurücklegt, heißt Vorausversetzung. Die Seitenversetzung ist der seitliche Abstand zwischen diesen beiden Punkten. Den Durchmesser der Kreisbahn, der das Schiff folgt, bezeichnet man als Evolutionskreisdurchmesser oder taktischen Durchmesser. Er ist die senkrecht zur ursprünglichen Kursrichtung gemessene Distanz zwischen den Schiffsorten bei Beginn des Ruderlegens und nach einer Wendung von  $180^\circ$ . Im Verlauf des Wendemanövers liegt der Schiffsbau stets innerhalb des Wendekreises, so daß zwischen der Schiffslängsachse und der Tangente an den Drehkreis ein Driftwinkel auftritt. Der taktische Durchmesser ist ein Maß für die Manövriergeschwindigkeit eines Ruders, die bei Kriegsschiffen von besonderer Wichtigkeit ist.

### Sonstige Steuerverfahren

Ein Wasserstrahltriebwerk kann zugleich zum Antrieb und zum Steuern dienen. Besonders nützlich ist ein solches System bei Fähren und in der Flusschiffahrt, wo auf engstem Raum manövriert werden muß. Wasser wird in das Triebwerk gesaugt und dann mit hoher Geschwindigkeit durch Flügel, die sich freibeweglich verdrehen lassen, hinausgedrückt, so daß Schub in jede gewünschte Richtung erzeugt werden kann. Um eine größtmögliche Drehwirkung zu erzielen, können an einem Schiff zwei solcher Triebwerke, und zwar eines vorne und eines achtern, angebaut sein.

Ein Bugstrahlruder besteht aus einem rechtwinklig zur Schiffslängsachse verlaufenden Wassertunnel, in dem eine Schraube mit veränderlichem Flügel-Anstellwinkel angebracht ist. Hierdurch kann der Schub auf die gewünschte seitliche Versetzung des Schiffes eingestellt werden. Die Steuerung der Anlage erfolgt von der Brücke aus. Der Schraube wird die Antriebsleistung über eine Gelenkkupplung und ein Kegelradgetriebe zugeführt. Bugstrahlrudern finden sich bei einer



Ruder eines modernen Handels-schiffes. Es liegt direkt hinter der Schraube. Seine Flächen erlauben größte Drehkraft bei geringem Strömungswiderstand.

Vielzahl unterschiedlicher Schiffstypen, beispielsweise bei Öltankern, Massengutfrachtern und Passagierschiffen. Außerdem werden sie zur genauen Kurssteuerung bei Kabellegern eingesetzt.

Ein im Schiffsbug angeordnetes Strahlruder mit Y-förmigem Tunnel hat Öffnungen auf beiden Seiten des Schiffes. Eine dritte Öffnung weist nach vorne. Eine Axialpumpe saugt Wasser durch den zu dieser Öffnung gehörenden Schenkel und drückt es durch die beiden anderen Öffnungen nach außen. Die Größe der Öffnungen an den beiden zur Seite weisenden Schenkeln des Y wird unabhängig durch hydraulisch betätigtes Verschlußklappen gesteuert. Eine seitwärts wirkende Kraft entsteht dadurch, daß die Verschlußklappen unterschiedliche Wassermengen durch die beiden seitwärts liegenden Öffnungen austreten lassen. Die größte Ruderkräfte wird erzielt, wenn die Verschlußklappen auf einer Seite vollständig geschlossen, auf der gegenüberliegenden Seite vollständig geöffnet sind, und die Pumpe mit Höchstleistung arbeitet. Diese Art von Strahlruder ist für seine Funktion nicht auf eine Vorwärtsbewegung des Schiffes angewiesen. Bei hoher Vorwärtsgeschwindigkeit arbeitet es sogar ohne den Einsatz der Pumpe.

Bei einem Aktivruder ist eine Antriebseinheit in das Rudergehäuse integriert, außerdem ist an seiner ablaufenden Kante eine Schraube mit festem oder verstellbarem Anstellwinkel angebracht. Wird das Ruder gelegt, übt die Schraube einen Schub im Winkel zur Schiffslängsachse aus und erzielt dadurch eine größere Drehwirkung als das Ruder allein. Auch hier kann das Ruder unabhängig von der Vorwärtsbewegung des Schiffes funktionieren.

Bei einem Gelenkruder (ein dem Hauptruder angelenktes Ruder) kann eine getrennte Klappe in einem größeren Winkel gelegt werden als das Ruder selbst. Diese Ruderklappe verstärkt die Wirkung der Ruderwölbung und ändert somit die Strömungseigenschaften des Wassers am Ruder. Bei langsamem Schiffen erzielt man mit einem Gelenkruder eine größere Ruder-Druckkraft und daher eine bessere Drehwir-

kung. Gelenkruder finden sich gewöhnlich an Fischereifahrzeugen und Schleppern.

Ein Strahlklappenruder funktioniert ähnlich wie das oben beschriebene Gelenkruder, ist aber mechanisch einfacher aufgebaut. Wasser wird in das hohle Ruder durch den Ruder-schaft über der Kupplung, der die Ruderkräfte überträgt, hineingepumpt und tritt durch einen senkrecht liegenden Schlitz in der Nähe der ablaufenden Kante des Ruders aus. Der aus diesem Schlitz austretende Hauptwasserstrahl kann mit Hilfe einer Steuerkammer nach links oder rechts gerichtet werden. Dieser Steuerkammer wird außerdem Wasser vom Ruder-schaft über der Kupplung zugeführt. Diese Steuerkammer drückt einen Wasserstrahl in die Hauptdüse, wodurch die Hauptströmung durch den gewünschten Schlitz abgelenkt wird, je nachdem, in welche Richtung das Schiff gedreht werden soll.

Der Zykloidalpropeller, eine deutsche Entwicklung, erfüllt die Aufgaben einer Schiffsschraube und eines Ruders. Er hat senkrecht stehende Flügel, die um genau bestimmte Winkel verdrehbar sind, so daß ein Gesamtschub in eine Richtung entsteht. Der richtige Winkel an jedem Flügel wird durch mechanische Übertragungen und einen Exzenter eingestellt, wodurch die Schubrichtung zur Steuerung bestimmt wird. Einer der Vorteile dieses Systems liegt darin, daß ein Schiff auf einer Strecke gedreht werden kann, die seiner Eigenlänge entspricht.

Ein Drehzyllinderruder besteht aus einem hinter der Schiffsschraube senkrecht angebrachten rotierenden Zylinder. Es lenkt die Wasserströmung um den Zylinder herum. Dabei tritt eine Ruderkräfte im rechten Winkel zur Strömungsrichtung auf. Will man diese Ruderkräfte auf der gegenüberliegenden Zylinderseite einwirken lassen, braucht die Drehrichtung nur umgekehrt zu werden. Auch herkömmliche Ruder können mit Drehzyllinderruder ausgerüstet werden, wenn ihre Strömungseigenschaften geändert und die Ruderkräfte verbessert werden sollen. Der Zylinder kann an der Eintrittskante des Ruders oder vor einer Ruderklappe angebracht werden.

# S

## SALZ

Bei dem Wort Salz denkt man gewöhnlich an Kochsalz, d.h. Natriumchlorid. Seife, Glas und Kreide sowie einige Arzneistoffe und Färbemittel sind jedoch ebenfalls Salze.

Eine als Salz bekannte chemische Verbindung wird gebildet, wenn der Wasserstoff einer Säure durch ein Metall oder durch eine Gruppe von Atomen, die elektropositiv sind, wie z.B. ein Ammoniumion ( $\text{NH}_4^+$ ), ersetzt wird. Salze werden nach den Stammsäuren benannt. So werden z.B. Sulfate abgeleitet von Schwefelsäure, Chloride von Salzsäure, Nitrate von Salpetersäure usw. Kochsalz, Natriumchlorid ( $\text{NaCl}$ ), ist das bei weitem am häufigsten in der Natur vorkommende Salz. Allein in den Meeren gibt es viele Milliarden Tonnen Salz. Es kann durch Neutralisierung von Natriumhydroxid ( $\text{NaOH}$ ) mit Salzsäure ( $\text{HCl}$ ) hergestellt werden.

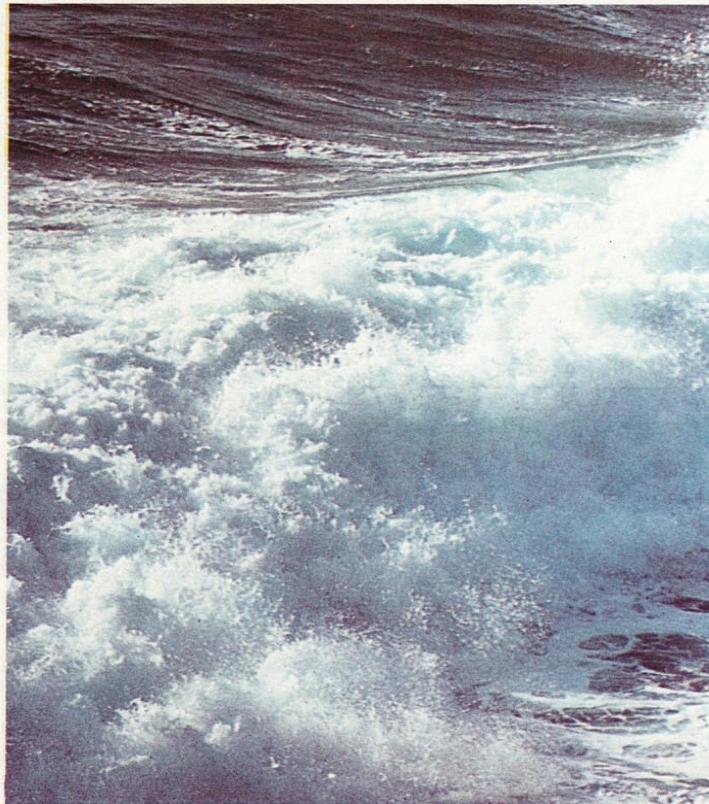
Abgesehen von der am häufigsten angewendeten Methode, d.h. der Neutralisierung einer Säure mit einer Lauge, können Salze gebildet werden, indem ein Metall in Säure gelöst wird, z.B. Zink in Schwefelsäure, wobei Sulfat entsteht. Setzt man

*Kristalle des Minerals Kalkspat, das eine Form des Salzes Calciumcarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) darstellt. Kalkspat hat eine dreizählige (trigonale) Kristallsymmetrie. Es ist eines der am häufigsten vorkommenden Minerale.*

ein Metallcarbonat mit Säure um, z.B. Natriumcarbonat mit Salzsäure, entstehen Natriumchloride sowie Kohlendioxid und Wasser. Andere Methoden sind spezifischer. Ammoniumsalze können beispielsweise gebildet werden, indem man Ammoniakgas durch eine verdünnte Lösung der entsprechenden Säure leitet. Nicht alle Salze sind in Wasser löslich: Wenn Lösungen von Natriumchlorid und von Silbernitrat gemischt werden, fällt unlösliches Silberchlorid aus der Lösung aus.

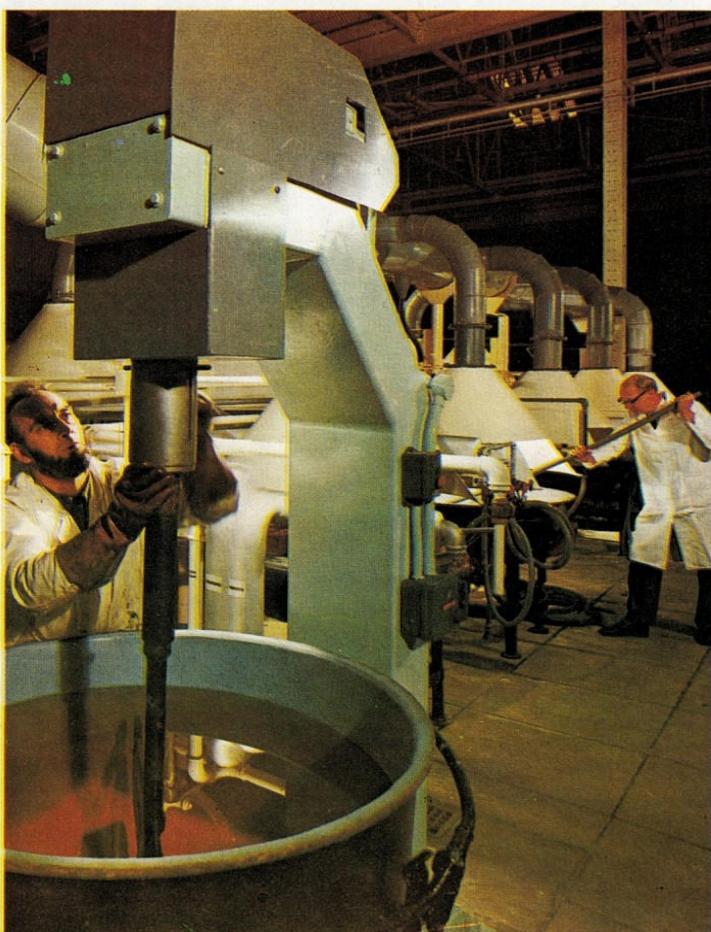
Salze sind Ionenverbindungen, die aus positiv geladenen Kationen und negativ geladenen Anionen bestehen (siehe IONEN UND IONISATION). Im festen Zustand sind Salze kristallin; die Ionen sind gleichmäßig über das Kristallgitter verteilt. Natriumchlorid hat zum Beispiel einen würfelförmigen Kristallbau, wobei jedes Natriumion ( $\text{Na}^+$ ) von sechs Chlorionen ( $\text{Cl}^-$ ) umgeben ist und umgekehrt. Viele Salze können in Wasser gelöst werden. Die daraus entstehenden Lösungen können als innige Gemische aus Wassermolekülen und den Anionen und Kationen, aus denen das Salz besteht, betrachtet werden. Unabhängig davon, ob sich ein Salz im gelösten Zustand befindet oder nicht, muß es elektrisch neutral bleiben. Dies bedeutet, daß die Anionen- und Kationen-Bestandteile in einem bestimmten Verhältnis vorhanden sein müssen. Bei Kupferchlorid hat zum Beispiel jedes Kupferion ( $\text{Cu}^{2+}$ ) eine doppelt positive Ladung und jedes Chlorion ( $\text{Cl}^-$ ) eine einfach negative Ladung, so daß zur Beibehaltung der elektrischen Neutralität zweimal soviel Chlorionen wie Kupferionen vorhanden sein müssen. Aus diesem Grunde wird Kupferchlorid mit  $\text{CuCl}_2$  bezeichnet,





**Oben:** Im Meerwasser sind durchschnittlich 25 g Kochsalz (Natriumchlorid — NaCl) pro Liter enthalten.

**Unten:** Die rote Flüssigkeit, eine Lösung von Cobaltchlorid ( $CoCl_2$ ) in Wasser, wird zur Bildung von Kristallen dieses Salzes gekühlt. Im Hintergrund wird ein weiteres Salz, Natriumhydrogenselenit ( $NaHSeO_3$ ), getrocknet.



obwohl hierdurch der irreführende Eindruck entsteht, daß die Verbindung getrennte Moleküle mit zwei an ein Kupferatom gebundenen Chloratomen enthält.

### Arten des Salzes

Salze können im wesentlichen in drei Kategorien unterteilt werden: einfaches Salz, Doppelsalz und Komplexsalz.

Einfache Salze enthalten Ionen von einem Metall; zu diesen Salzen gehören Natriumchlorid (NaCl), Natriumbicarbonat ( $NaHCO_3$ , Backpulver), Natriumcarbonat ( $Na_2CO_3$ , Waschsoda), Natriumsilikat ( $Na_2SiO_3$ , Wasserglas) und Natriumstearat ( $C_{17}H_{35}COONa$ , Seife). Zu den einfachen Salzen, die andere Metalle als Natrium enthalten, gehören Calciumcarbonat ( $CaCO_3$ , Kalkstein), Kaliumnitrat ( $KNO_3$ , ein Bestandteil von Schießpulver) und Kupfersulfat ( $CuSO_4$ ). In der pharmazeutischen Industrie ist es oft günstiger, einen Arzneistoff in Form eines Salzes zu verwenden. Lösliches Aspirin ist zum Beispiel ein einfaches Salz der Salizylsäure (Aspirin).

Doppelsalze sind Salze, die mindestens zwei Arten von Metallionen enthalten. Zu den bedeutendsten Doppelsalzen gehören die Alaune. Alaune sind Sulfate, die Chromionen ( $Cr^{3+}$ ) oder Aluminiumionen ( $Al^{3+}$ ) und ein Alkalimetallion, im allgemeinen Natriumionen ( $Na^+$ ) oder Kaliumionen ( $K^+$ ) enthalten. Vom kommerziellen Standpunkt aus gesehen ist der bedeutendste Alaun Kaliumaluminiumsulfat ( $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ , genannt Kalialaun), das beim Färben als Beizmittel dient, d.h. es trägt dazu bei, den Farbstoff an das zu färbende Gewebe zu binden. Kalialaun wurde zu diesem Zwecke schon im 15. Jahrhundert in Konstantinopel und später in Tolfa, Italien, hergestellt. Wassermoleküle sind ein untrennbarer Bestandteil der Kristallstruktur von Alaunen (und vielen anderen Salzen). Ihr Anteil wird in der chemischen Formel üblicherweise mitangegeben.

Komplexsalze sind Salze, bei denen ein Ion ein Metallion ist, das an eine oder mehrere andere chemische Gruppen gebunden ist. Ein solches Ion wird Komplexion genannt. Es bildet im gelösten Zustand ein eigenständiges Ion. Kaliumferrizyanid,  $K_3Fe(CN)_6$ , das als Düngemittel und bei einigen Färbeverfahren verwendet wird, ist ein Komplexsalz, das aus Kaliumionen ( $K^+$ ) und Ferrizyanidionen ( $Fe(CN)_6^{3-}$ ) besteht. Kupferchloridammoniak,  $(Cu(NH_3)_4Cl_2)$  — in wässriger Lösung kann es Zellulose auflösen — enthält das Komplexion  $Cu(NH_3)_4^{2+}$  und Chlorionen,  $Cl^-$ .

Nicht alle Salze sind völlig neutral, wenn sie in Wasser gelöst sind. Man stellt fest, daß einige leicht alkalisch sind und einen pH-Wert größer 7 aufweisen, während andere leicht sauer sind und einen pH-Wert kleiner 7 haben (siehe pH-WERT). Die Ursache ist im allgemeinen eine reversible Reaktion zwischen einem der Ionen des Salzes und Wassermolekülen, wobei entweder alkalische Hydroxidionen ( $HO^-$ ) oder Wasserstoffionen ( $H^+$ ) gebildet werden. Natriumazetat ( $CH_3COONa$ ) ist zum Beispiel in wässriger Lösung leicht alkalisch, Ammoniumchlorid ( $NH_4Cl$ ) leicht sauer.

## SALZGEWINNUNG

**Salz hat einen großen Anwendungsbereich in der Industrie und im Haushalt — mehr als 100 Millionen Tonnen Steinsalz werden jährlich abgebaut.**

Kochsalz, Natriumchlorid (NaCl), ist über die gesamte Erdkruste verteilt. Jeder Liter Meerwasser enthält etwa 25 g Kochsalz, und in vielen Teilen der Welt, besonders in den USA, in der UdSSR und in Polen gibt es riesige Steinsalz-lagerstätten, die durch die Verdampfung von Meerwasser in erdgeschichtlichen Zeiten entstanden sind.

In sehr frühen Zeiten wurde Salz hauptsächlich aus dem Meer gewonnen. In Homers 'Odyssee' ist von Menschen die Rede, die im Inneren des Landes lebten und von Salz und dessen Anwendungsbereichen nichts wußten. Salz war einst eine sehr wertvolle Handelsware und hatte eine beträchtliche wirtschaftliche Bedeutung.

### Gewinnung

Steinsalzablagerungen werden mit Hilfe der üblichen Bergbaumethoden abgebaut. Ist das Steinsalz rein genug, wie z.B. in Wieliczka, Polen, und in bestimmten Teilen der USA, kann es ohne weitere Reinigung verwendet werden. Der Abbau wird gewöhnlich nach dem 'Kammerbau'-Verfahren durchgeführt, bei dem gewährleistet ist, daß starke Steinsalz-pfeiler zur Abstützung stehengelassen werden.

In einem charakteristischen Salzbergwerk beträgt die Arbeitshöhe 7,5 m, und die Breite eines Abbaustoßes — sie beträgt 15 m bis 20 m — wird jeweils den Bedingungen in dem speziellen Bereich angepaßt. Der Abbaustoß wird zuerst in Bodenhöhe auf eine Tiefe von etwa 4 m unterfahren, wobei

**Unten:** Aus Verdunsten von Meerwasser gewonnenes Salz. Die Anlage befindet sich in Port Hedland in Australien, wo günstige klimatische Bedingungen dafür vorliegen.



BARNABYS

eine Hochleistungsfelsbrechanlage verwendet wird. Danach wird er mit einer fahrbaren Hydraulikdrehspülbohrreinrichtung auf eine normale Größe gebohrt. Der Abbaustoss wird dann mit Sprengstoff und Kurzzeitzündern versehen. Durch das Zünden der Sprengkörper entsteht eine Halde von mehr als 1000 Tonnen gut zerkleinertem Steinsalz, das verladen werden kann. Das Steinsalz wird mit Hilfe von 24-t-Diesel-Dumperfahrzeugen von dem Abbaustoss zu einem Förderbandsystem gebracht, das es zu einer Untertagebrechanlage transportiert. Ein weiteres System von Förderbändern bringt das bearbeitete Steinsalz von der Brechanlage zum Ausgangspunkt des Schachtes, wo es zutage gehoben wird.

Wenn reines Salz erforderlich ist, kann das abgebaute

Steinsalz in Wasser gelöst werden, damit eine Salzlösung entsteht, die dann nach einem der nachstehend beschriebenen Verfahren eingedampft wird. Salzlösung kann aus Salzablagerungen extrahiert werden, indem man einfach die Salzbergwerke mit Wasser vollaufen lässt und dann die entstandene Salzlösung herauspumpt. Dieses Verfahren muß jedoch sorgfältig überwacht werden, um zu vermeiden, daß sich beim Lösen der Salzablagerungen der Boden des umliegenden Landes senkt.

Es gibt drei Grundverfahren zum Extrahieren von Salz aus natürlicher oder künstlich hergestellter Salzlösung: Trogverdampfung, natürliche Verdampfung unter Sonneneinwirkung und Vakuumverdampfung.

### Trogverdampfung

Etwa 3000 Jahre lang war die Trogverdampfung die am häufigsten angewendete Methode zum Extrahieren von Salz aus Salzlösung. Sie ist heute durch die um 1900 eingeführte

**Unten:** Eine Salzgewinnungsanlage in Janubio, auf Lanzarote, einer der Kanarischen Inseln. Die Salinen müssen ständig bearbeitet werden, damit das Salz ausfällt kann.



Vakuummethode weitgehend ersetzt worden. Die Trogverdampfung hat sich im Laufe der Jahrhunderte wenig verändert. Wegen des hohen Brennstoffverbrauches war sie sehr unwirtschaftlich — eine halbe Tonne Kohle wurde für die Herstellung jeder Tonne Salz benötigt. In früheren Zeiten wurde die Salzlösung in kleinen Keramik- oder Bleigefäßen eingedampft. Heute werden flache Stahlbecken oder 'Tröge' verwendet. Diese sind normalerweise 45 cm bis 60 cm breit und 9 m bis 30 m lang. Jeder Trog wird von Backsteinmauern getragen, die so angeordnet sind, daß sie unterhalb des einen Endes des Troges eine Kohlenverbrennungskammer bilden und Flammrohre den Trog erhitzen.

Durch Verändern der Temperaturen der verdampfenden Salzlösung über vorausberechnete Zeiträume können verschiedene Salzqualitäten hergestellt werden. Zur Herstellung eines feinen Salzes wird die Salzlösung auf dem Siedepunkt oder in der Nähe des Siedepunktes gehalten, während das Salz kontinuierlich abgezogen wird. Ein groberes Kristall wird

erreicht, wenn bei niedrigeren Temperaturen über längere Zeiträume verdampft wird. Die feineren Salzsorten werden aus dem Trog entnommen, sobald sie sich gebildet haben. Sie werden in Holzformen gegeben, die dann später entfernt werden, so daß Salzblöcke zurückbleiben. Diese Blöcke werden einige Tage lang in einem warmen Raum gelagert und dann für den Hausgebrauch in kleinere Würfel geschnitten oder zerkleinert, gesiebt und als feines, trockenes, im Trog eingedampftes Salz verpackt.

### Verdampfung unter Sonneneinwirkung

Nach diesem Verfahren wird in vielen Ländern, einschließlich den USA, der UdSSR, Indien, Frankreich, Spanien, Italien und Israel, Salz aus dem Meerwasser gewonnen. Dieses Verfahren nutzt die Wärme der Sonne, um die Salzlösung in offenen, künstlich angelegten Teichen einzudampfen. Die Salzlösung wird gewöhnlich erst einmal in große Eindampfbecken mit einem Oberflächenbereich von bis zu 20 Hektar



geleitet, wo Verunreinigungen wie Ton und Sand sowie die weniger löslichen Salze, wie z.B. Calciumcarbonat und Calciumsulfat, abgetrennt werden. Die konzentrierte Salzlösung wird dann durch eine Reihe kleinerer Eindampftröge geleitet, in denen sich verschiedene Qualitäten von Salz ablagern. Das qualitativ beste Salz erhält man in dem ersten Eindampftröge. Nach diesem Verfahren wird Salz aus dem Toten Meer gewonnen. Oft wird ein Farbstoff hinzugegeben, um die Absorption der Sonnenstrahlung zu verbessern.

### Verdampfung im Vakuum

Eine charakteristische Vakuumanlage zur Salzgewinnung besteht aus einer Reihe von drei oder mehr geschlossenen, vertikal angeordneten zylindrischen Behältern mit konischem Boden. Jeder dieser Behälter oder Körper, wie sie im allgemeinen genannt werden, ist mit einer Dampfkammer oder Heizkammer versehen, die entweder ganz in die einzudampfende Salzlösung eingetaucht oder außenseitig angeschlossen wird. Die Heizkammern enthalten eine große Anzahl von vertikal angeordneten Rohren, durch die die Salzlösung geleitet werden kann, wobei diese Anordnung einen sehr großen Oberflächenbereich für die Übertragung der Wärme des Dampfes auf die Salzlösung bietet.

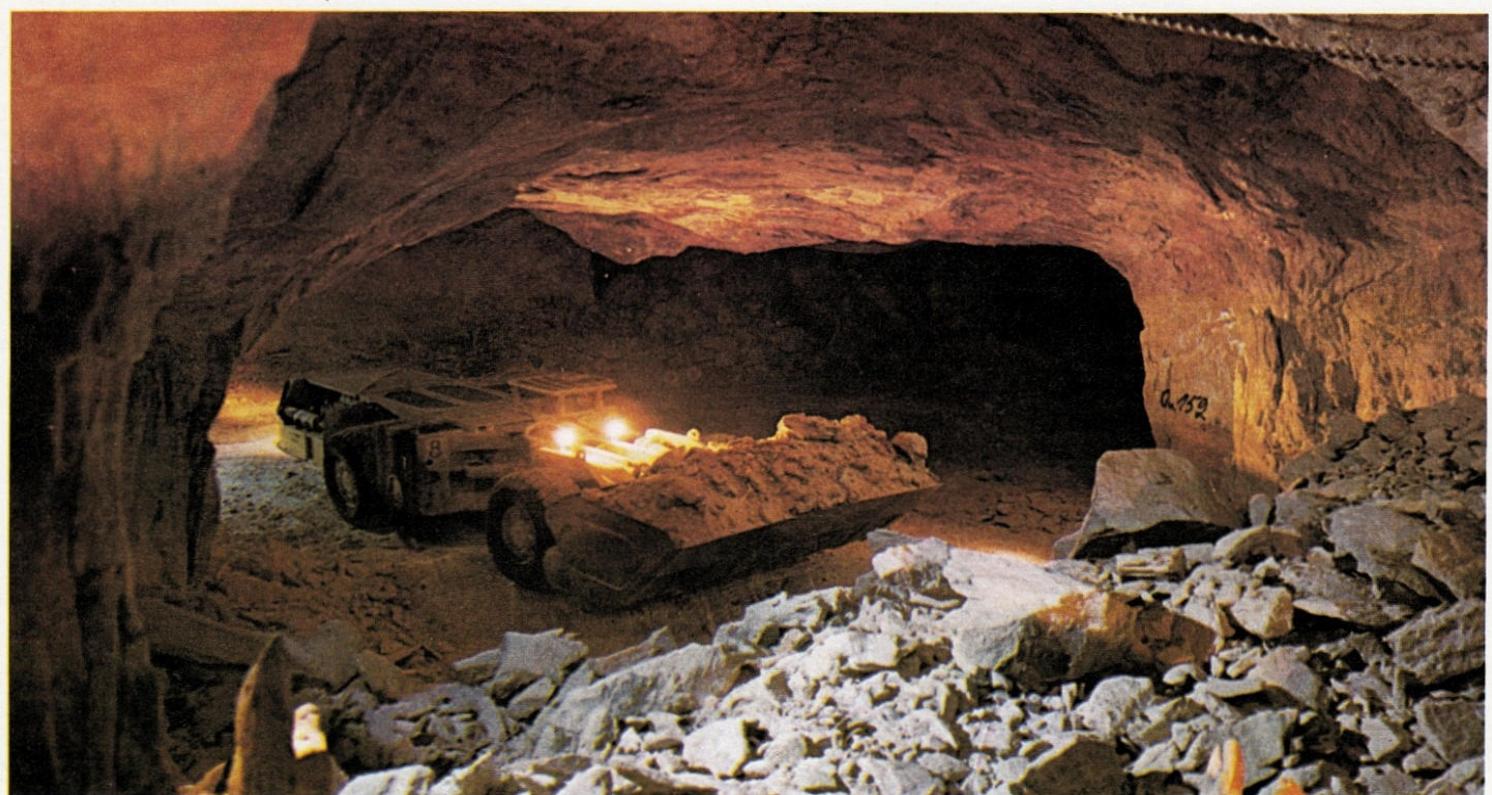
Von einer Fremdquelle (oft Abdampf von den Stromerzeugungsturbinen) erhält die Heizkammer des ersten Behälters Dampf, der die Salzlösung in dem ersten Behälter zum Kochen bringt. Der Dampf in der Heizkammer, die einen großen Teil ihrer Wärme an die Salzlösung abgegeben hat, kondensiert zu Wasser und wird abgeleitet. Die siedende Salzlösung erzeugt nun ihren eigenen Dampf, der über die Rohrleitung in die Heizkammer des zweiten Behälters in der Reihe geleitet wird und seine Wärme an weitere Salzlösungsmengen abgibt. Auf die gleiche Weise wird wiederum Dampf von der kochenden Salzlösung in dem zweiten Behälter genutzt,

**Unten:** Viele Salze, wie z.B. Kochsalz und Pottasche (Kaliumcarbonat) werden nach dem 'Kammerbau-Verfahren' abgebaut. Hier wird eine durch Sprengung hergestellte Gesteinshalde mit einem großen Schaufellader entfernt.

um die Salzlösung in dem dritten Gefäß zu erwärmen, usw. Der von der Salzlösung in dem letzten Behälter der Reihe abgegebene Dampf wird mit kaltem Wasser kondensiert.

Die Kondensation des Dampfes von der kochenden Salzlösung ruft in jedem Behälter eine Reduzierung des Druckes hervor. Dadurch siedet die Salzlösung bei niedrigeren Temperaturen, als es bei normalem Luftdruck der Fall wäre. Die Druckwerte und folglich die Siedetemperaturen werden innerhalb der Behälterreihe nach und nach immer niedriger. Im letzten Behälter erreicht der Druck annähernd den Wert eines Unterdruckes, so daß die Salzlösung bei einer Temperatur siedet, die nur etwas mehr beträgt als menschliche Körperwärme. Die entstandenen Salzkristalle werden von dem Boden der Gefäße entnommen und in Form eines Schlammes zu Filtereinrichtungen gepumpt, die die Salzkristalle von der Salzlösung trennen. Das Salz wird dann mit Hilfe eines Förderbandes entweder als ungetrocknetes Vakuumsalz in ein Lagerhaus gebracht oder durch Trockner geleitet, um getrocknetes Vakuumsalz herzustellen, das in Silos gelagert wird. Körniges Salz wird in einem Mehrfachverdampfer von spezieller Konstruktion hergestellt, in dem die Salzkristalle erst dann die siedende Salzlösung verlassen können, wenn sie die erforderliche Größe erreicht haben. Bei der Herstellung von dendritischem Salz wird bewirkt, daß die Kristalle ihre gewöhnliche kubische Form verändern und Zweige entwickeln, wodurch ein kleines, mit spitzen Zacken versehenes Kristall entsteht, das eine relativ große Oberfläche aufweist.

Die bedeutendste Verwendung von Salz liegt in der Herstellung von Grundchemikalien für die Industrie, wie zum Beispiel Chlor, Natriumhydroxid (Waschsoda), Salzsäure (siehe SÄUREHERSTELLUNG) usw. In Großbritannien werden etwa 25% der gesamten Salzgewinnung von der Nahrungsmittelindustrie verbraucht oder als Tafelsalz verkauft. Im letzteren Falle wird gewöhnlich eine geringe Menge eines Mittels, z.B. Natriumcarbonat, hinzugegeben, um ein Zusammenklumpen des Salzes zu verhindern. Weitere Anwendungsbereiche von Salz umfassen die Regenerierung von Ionenaustauschharzen in Wasserenthärtungsmitteln sowie die Enteisung von Straßen.



## SATELLITEN

Seit dem Start von Sputnik 1, dem ersten künstlichen Satelliten der Welt, durch die UdSSR im Jahre 1957, sind mehrere Hundert Satelliten von zunehmender Größe und Kompliziertheit in die Erdumlaufbahn gebracht worden.

Die Bezeichnung 'Satellit' bezieht sich auf solche Raumfahrzeuge, die sich auf einer Bahn um die Erde befinden. Raumfahrzeuge haben sich auch schon auf Umlaufbahnen um die Sonne, den Mond und den Mars befunden. Man bezeichnet sie üblicherweise als Raumsonden.

Die Verwendung von Erdsatelliten hat viele praktische Vorteile für die Menschheit. Die Wetterdienste der Welt hängen zunehmend von Satellitenfotografien der Wolkenbedeckung und von Messungen atmosphärischer Eigenschaften aus dem Weltraum ab. Nachrichtensatelliten sind von großer Bedeutung, nicht nur zur Übertragung lebender Bilder von sportlichen Ereignissen, sondern hauptsächlich zur Bereitstellung von Telefon- und Datenverbindungen für Regierungen und Industrieunternehmen. Die Daten, die von wissenschaftlichen Satelliten gewonnen wurden, haben das Wissen des Menschen von der Welt und vom Weltraum beträchtlich vergrößert. Großmächte verwenden Satelliten zur Gewinnung militärischer Informationen.

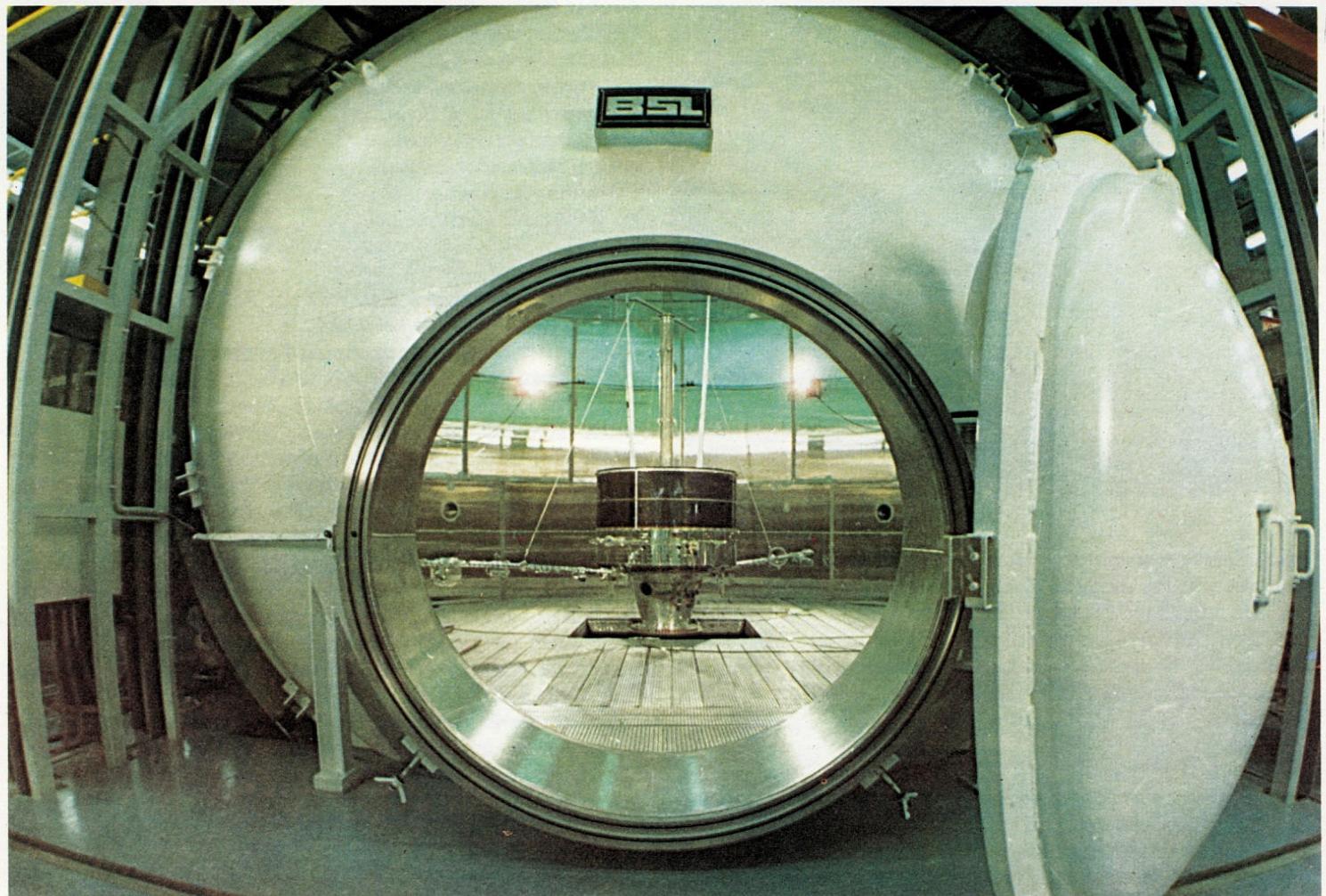
Da Satelliten im Raum bis jetzt noch nicht versorgt werden können, müssen sie äußerst zuverlässig gebaut werden. Nach der Indienststellung der Space Shuttle (Raumfähre), einem wiederverwendbaren bemannten Raumfahrzeug, wird man die Satelliten billiger direkt von einer Raumplattform aus starten können. Es wird sogar möglich sein, eine reparaturbedürftige Einheit zu betreuen oder zu ersetzen.

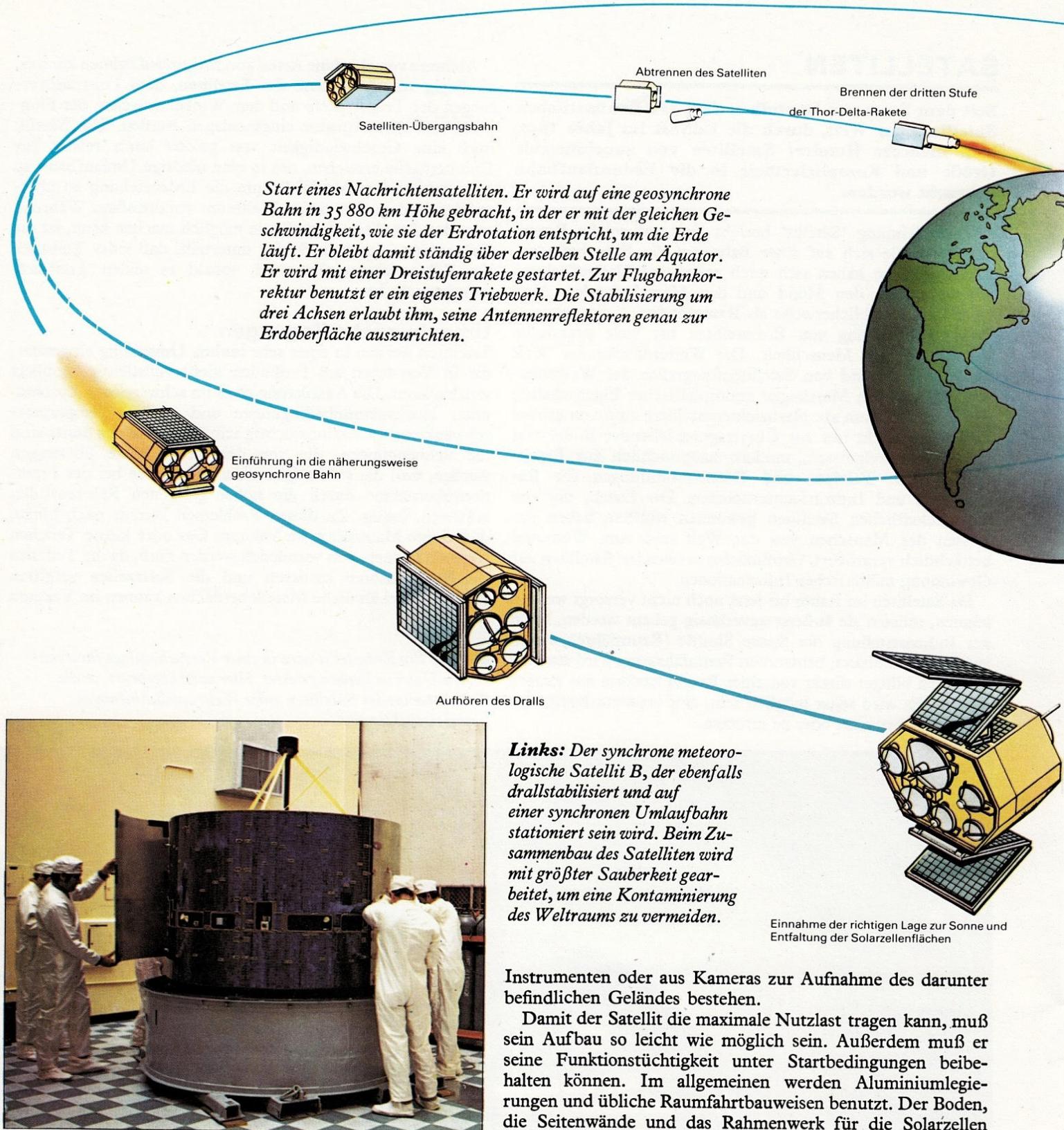
Mehrere verschiedene Arten von Erdumlaufbahnen können, abhängig von der Masse des Satelliten, dem Leistungsvermögen der Trägerrakete und dem Winkel zwischen der Flugbahn und dem Äquator eingeschlagen werden. Der Satellit muß eine Geschwindigkeit von 30 000 km/h relativ zur Erdoberfläche erreichen, um in eine niedrige Umlaufbahn zu gelangen, und 41 000 km/h, um die Erdanziehung zu überwinden und in den tiefen Weltraum vorzustoßen. Während man den Satelliten so groß wie möglich machen kann, ist die Trägerrakete derart in Stufen unterteilt, daß jedes Teilstück der Rakete abgeworfen wird, sobald es seinen Treibstoff aufgebraucht hat.

### Umgebungsbedingungen

Satelliten werden in einer sehr rauen Umgebung eingesetzt, die in Versuchen am Erdboden nicht vollständig simuliert werden kann. Die Ausrüstung muß im schwerelosen Zustand, unter Hochvakuumbedingungen und großen Temperaturschwankungen funktionstüchtig sein. Während des Starts sind die Schwingungen, die von der Trägerrakete übertragen werden, und die stoßartigen Belastungen, die bei der Funktionsübernahme durch die höher gelegenen Raketenstufen auftreten, heftig. Zu diesen Problemen kommt noch hinzu, daß einige Materialien im Vakuum Gas oder kleine Teilchen abgeben können, was vermieden werden muß, da die Teilchen die Sternsensoren irritieren und die Solarzellen vergiften können. Zwei ähnliche Metalloberflächen können im Vakuum

**Unten:** Ein Erdsatellit wird in einer Versuchsanlage für dynamische Untersuchungen getestet. Hier wird überprüft, ob die Teleskoparme des Satelliten unter Weltraumbedingungen funktionstüchtig sind.





unter Druck miteinander verschweißen. Übliche Schmierungs- systeme würden nicht mehr arbeiten, weil das Öl unter Welt- raumbedingungen verdampft. Oberflächen, die einander berühren müssen, werden aus unähnlichen Materialien hergestellt. Es werden auf einem Festkörperfilm beruhende Schmierstoffsysteme, die Blei oder Teflon verwenden, benötigt.

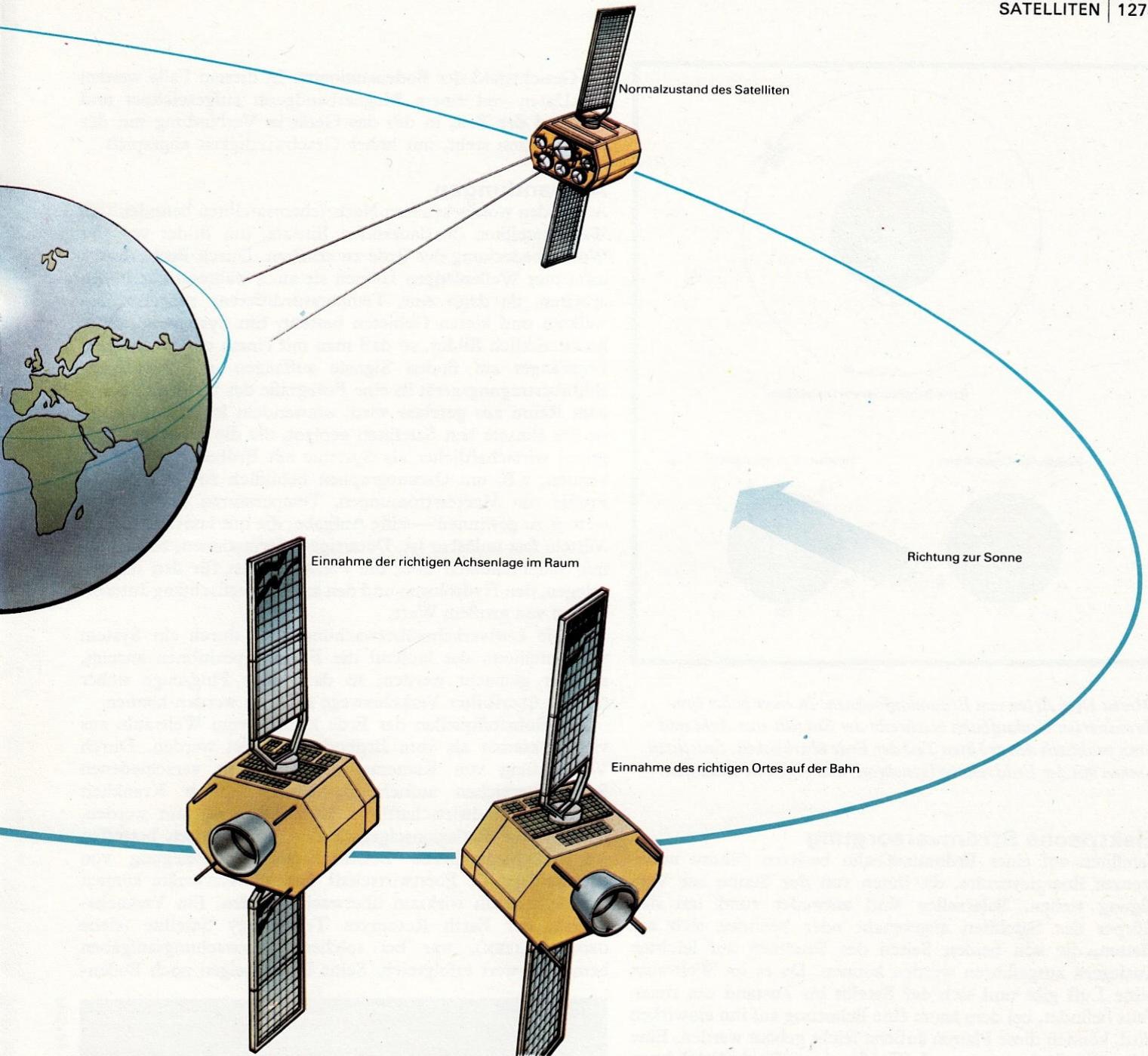
### Konstruktion

Der Entwurf eines Satelliten schließt eine Anzahl von Unter- systemen ein: innerer Aufbau, Temperaturregelung, Lage- regulation, Energieversorgung, elektrische Energieverteilung, Nachrichtenübertragung, Steuerung und eine funktionsbezo- gene Nutzlast. Die Nutzlast kann aus wissenschaftlichen

Instrumenten oder aus Kameras zur Aufnahme des darunter befindlichen Geländes bestehen.

Damit der Satellit die maximale Nutzlast tragen kann, muß sein Aufbau so leicht wie möglich sein. Außerdem muß er seine Funktionstüchtigkeit unter Startbedingungen beibehalten können. Im allgemeinen werden Aluminiumlegie- rungen und übliche Raumfahrtbauweisen benutzt. Der Boden, die Seitenwände und das Rahmenwerk für die Solarzellen sind aus bienenwabenartigen Platten gefertigt, die aus Aluminium oder glasfaserverstärktem Kunststoff bestehen. Gewindesteineinsätze, die in das Honigwabenmaterial einge- paßt sind, werden zum Einbau der Ausrüstung benutzt. Bearbeitete Teile sind aus einer Aluminiumlegierung, aus Titan oder Beryllium hergestellt, also solchen Materialien, die sowohl wegen ihrer nichtmagnetischen Eigenschaften als auch wegen ihrer Bruchfestigkeit und thermischen Bestän- digkeit ausgewählt wurden. Der Satellit hat unter allen Zusam- mensetzungen und Bedingungen eine exakte Gleichgewichts- lage einzunehmen, weshalb er gewöhnlich so entworfen ist, daß er um eine spezielle Achse rotiert. Es sollte unmöglich gemacht werden, daß ein Satellit sich auch um eine andere, beliebige Achse drehen kann.

Die elektronische Ausrüstung ist empfindlich und muß im Temperaturbereich von  $-40^{\circ}\text{C}$  bis  $+50^{\circ}\text{C}$  gehalten werden.

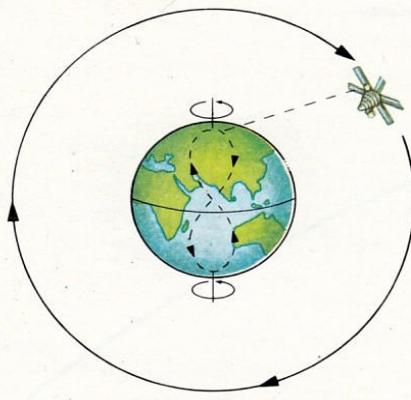


Die Umgebung des Satelliten kann zwischen grellem Sonnenlicht und vollständiger Dunkelheit schwanken und sie kann — oder auch nicht — von Licht bestrahlt werden, das von der Erde reflektiert wird. Außerdem können die Apparate an Bord in ihrer Verlustleistung, die als Wärme freigesetzt wird, schwanken. Trotzdem muß das Innere des Satelliten im thermischen Gleichgewicht gehalten werden. Wenn die Experimente an Bord nicht zu aufwendig sind, kann ein passives Regelungssystem benutzt werden. Der Außenanstrich des Satelliten wird so gewählt, daß er entweder Strahlung absorbiert oder emittiert und keine weitere Temperaturregelung mehr erforderlich macht. Zum Beispiel wird ein heller oder spiegelnder Anstrich nicht viel Strahlung absorbieren oder emittieren. Ein schwarzer Anstrich hingegen absorbiert oder emittiert viel Strahlung. Thermische Abdeckungen aus gefaltetem, vielschichtigem und aluminisiertem Plastikfilm werden zur Isolation verschiedener Flächen benutzt.

Für komplexe Satelliten wird ein aktives thermisches Regelungssystem benutzt. Ein jalouseartiges System auf der Außenwand des Raumfahrzeugs vermag die Innentemperatur zu regeln, während andererseits Wärmeröhren Überschußwärme von lokalisierten heißen Stellen zur Wand des Satelliten zu befördern vermögen.

### Lageregelung

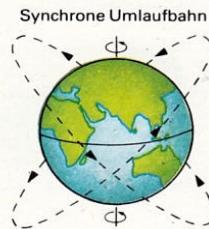
Satelliten müssen gewöhnlich im Raum so justiert werden, daß die Solarzellenflächen zur Sonne hin ausgerichtet sind. Einfache Satelliten sind wie ein Kreisel um eine Achse drallstabilisiert, während andere, die exakt justiert sein müssen, von einem körperfesten System von Lageregelungsdüsen, die am Satellitenkörper angebracht sind, ausgerichtet werden. Man spricht hier von sogenannter dreiachsigem Stabilisierung. Mit diesem System kann man die Ausrichtung des Satelliten messen, so daß Korrekturen durchgeführt werden können, die über Sensoren vorgenommen werden, die zur Beobachtung der Position astronomischer Objekte, wie der Sonne, der Erde oder gewisser Sterne, entwickelt wurden. Das Lageregelungssystem erhält diese Information oder einen sich ihr überlagern den Befehl vom Boden aus und veranlaßt die Regelungsdüsen zu kurzer Tätigkeit, um den Satelliten wieder auszurichten. Diese Lageregelungsdüsen können als Brennstoff Hydrazin verwenden, einen einfachen Treibstoff, der nicht mit Zusätzen vermischt werden muß, sich aber im Kontakt mit einem Katalysator zersetzt. Durch Einsatz solcher Steuerungssysteme kann ein Satellit mit hoher Genauigkeit ausgerichtet werden; beispielsweise kann ein Raumfahrzeug in der Erdumlaufbahn auf eine ausgewählte Stelle am Erdboden mit einer Genauigkeit von 10 Metern ausgerichtet werden.



Polar-Synchronisierte Umlaufbahn



Rückläufige Umlaufbahn



Sychrone Umlaufbahn

**Oben:** Drei Arten von Erdumlaufbahnen. In einer polar synchronisierten Umlaufbahn beschreibt der Satellit eine Acht und kann praktisch den größten Teil der Erde überblicken. Satelliten können mit der Erddrehung (synchron) und gegen sie umlaufen.

### **Elektrische Stromversorgung**

Satelliten auf einer Erdumlaufbahn besitzen nahezu unbegrenzte Energievorräte, die ihnen von der Sonne zur Verfügung stehen. Solarzellen sind entweder rund um den Körper des Satelliten angebracht oder befinden sich auf Platten, die von beiden Seiten des Satelliten auf leichten Auslegern ausgefahren werden können. Da es im Weltraum keine Luft gibt und sich der Satellit im Zustand des freien Falls befindet, bei dem kaum eine Belastung auf ihn einwirken wird, können diese Platten äußerst leicht gebaut werden. Eine Solarzellenfläche von 2 m<sup>2</sup> (Größe einer Tischplatte) kann 250 W elektrische Leistung erzeugen, solange sie sich im Sonnenlicht befindet. Eine Batterie stellt die Versorgungsenergie für den Satelliten für unvorhergesehene Notfälle und für den Fall, daß sich das Raumfahrzeug im Erdschatten befindet, zur Verfügung.

Satelliten haben aus vielerlei Gründen nur eine beschränkte Lebensdauer. Die von den Solarzellen erzeugte Leistung nimmt mit der Zeit ab, ein Umstand, der durch eine anfängliche Überproduktion, die von besonderen Flächenstücken als Wärme in den Weltraum wieder abgestrahlt wird, in Kauf genommen werden kann. Die Lageregelungssysteme haben nur einen begrenzten Brennstoffvorrat. Erreicht der Satellit obere Atmosphärenschichten, kann der Luftwiderstand so groß sein, daß das Raumfahrzeug aus seiner Umlaufbahn gerät und in der Atmosphäre in verhältnismäßig kurzer Zeit verglüht. Die durchschnittliche Lebensdauer liegt zwischen zwei und zehn Jahren.

### **Telemetrie**

Anweisungen vom Boden und Einzelheiten über das Funktionieren des Satelliten werden zum und vom Satelliten durch Telemetrie übertragen. Viele wissenschaftliche Satelliten sammeln laufend Daten, befinden sich aber nur für kurze Zeit

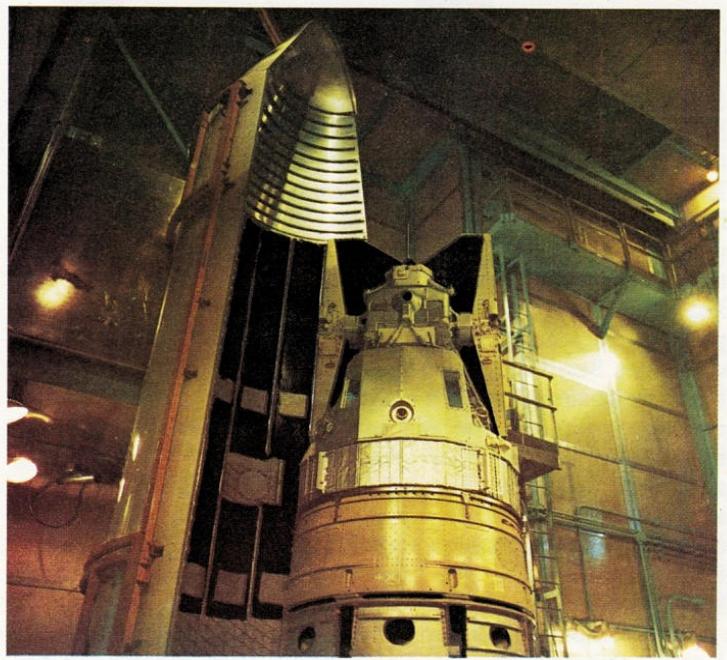
im Gesichtsfeld der Bodenstationen. In diesem Falle werden die Daten von einem Magnetbandgerät aufgezeichnet und während der Zeit, in der das Gerät in Verbindung mit der Bodenstation steht, mit hoher Geschwindigkeit abgespielt.

### **Anwendungen**

Außer den wohlbekannten Nachrichtensatelliten befinden sich Wettersatelliten im dauernden Einsatz, um Bilder von der Wolkenbedeckung der Erde zu erhalten. Durch Beobachtung infraroter Wellenlängen können sie auch während der Nacht arbeiten, da dann eine Temperaturdifferenz zwischen bewölkten und klaren Gebieten besteht. Ein System überträgt kontinuierlich Bilder, so daß man mit einem entsprechenden Empfänger am Boden Signale auffangen und mit einem Bildübertragungsgerät in eine Fotografie des Gebietes, wie es vom Raum aus gesehen wird, umwandeln kann. Außerdem ist der Einsatz von Satelliten geplant, die die gestellten Aufgaben wirtschaftlicher als Systeme am Erdboden ausführen können, z.B. um Ozeanographen behilflich zu sein, genaue Profile von Meeresströmungen, Temperaturen und Dichtewerten zu gewinnen — eine Aufgabe, die mit konventionellen Mitteln fast unlösbar ist. Derartige Informationen, zusammen mit Satellitendaten über die Polkappen, ist für den Meteorologen, den Hydrologen und den am Tiefseefischfang Interessierten von großem Wert.

Die Luftverkehrsüberwachung kann durch ein System von Satelliten, das laufend die Flugzeugpositionen anzeigt, sicherer gemacht werden, so daß mehr Flugzeuge sicher entlang überfüllter Verkehrswege geflogen werden können.

Die Rohstoffquellen der Erde können vom Weltraum aus viel wirksamer als vom Erdboden studiert werden. Durch Verwendung von Kameras, die Bilder in verschiedenen Spektralbereichen aufnehmen, können durch Krankheit gefährdete landwirtschaftliche Nutzflächen erkannt werden, da auch die Reflexionseigenschaften der Pflanzen betroffen werden. Mineralische Bodenschätze, die Belegung von Viehweiden, die Forstwirtschaft und Wasservorräte können aus dem Raum wirksam überwacht werden. Ein Versuchssatellit, der Earth Resources Technology Satellite (siehe GEOSATELLITEN), war bei solchen Überwachungsaufgaben bemerkenswert erfolgreich. Seine Bilder zeigen noch Boden-



**Oben:** Ein Landsat-B Satellit wird vor dem Start in der Spitze einer Rakete verladen. Die Solarzellenflächen und andere Anlagen sind hier noch zusammengeklappt.



Die Antennen eines Satelliten werden im Versuchszentrum der 'European Space Agency' in Noordwijk in Holland getestet.

strukturen von nur 100 m Ausdehnung aus einer Flughöhe von 1000 km. Ein derartiger Satellit kann auch Quellen von Umweltverschmutzungen erkennen: Öltanker stehen nunmehr unter Überwachung und können nicht länger eine strafrechtliche Verfolgung wegen unerlaubten Tankreinigens und Ablassens von Öl ins Meer riskieren.

Militärische Operationen verlangen das Erkennen der allerfeinsten Details, die mit Satellitenbildern möglich sind. Übliche Abtast- oder Fernsehsysteme sind hierfür gewöhnlich nicht ausreichend genau. Infolgedessen benutzen die Satelliten einen feinkörnigen Film, der anschließend zur Erde zurückgeholt werden muß. Entweder wird eine Kapsel, die den Film enthält, aus dem Raumfahrzeug herausgeschleudert oder das Raumfahrzeug selbst verläßt die Erdumlaufbahn, nachdem es den gesamten Film aufgebraucht hat. Durch eine entsprechende Konstruktion wird ein kleiner Körper beim Wiedereintritt in

die Erdatmosphäre nicht verbrennen. Er kann durch Netze, die hinter einem Flugzeug hergezogen werden, eingefangen werden, wenn er an einem Fallschirm niedergeht. Man kann den Körper jedoch auch auf dem Festland oder dem Meer aufschlagen lassen. Es gibt fast keine Grenzen für die Einzelheiten, die auf solchen Fotografien noch gesehen werden können. Die Qualität der Bilder ist ebenso gut wie das Blickfeld eines Piloten in einem niedrig fliegenden Flugzeug. Solche Geräte haben 'Spionage-Flugzeuge' entbehrliech gemacht, die während der sechziger Jahre viel politischen Ärger verursacht haben.

Große Raumstationen mit einem ständigen Stab von Mitarbeitern werden vielleicht auf einer Erdumlaufbahn stationiert werden. Die gegenwärtigen Satelliten auf Erdumlaufbahnen stellen vermutlich nur einen Bruchteil der Anwendungsmöglichkeiten dar.

## SÄUREHERSTELLUNG

Nach Luft und Wasser sind Säuren wahrscheinlich die wichtigsten Chemikalien. Sie sind für die Herstellung von Kunststoffen, Farbstoffen, Arzneimitteln und Sprengstoffen erforderlich.

Die Eigenschaft, die eine Säure von anderen Substanzen unterscheidet, besteht darin, daß ihre Moleküle Wasserstoffatome enthalten, die sich teilweise von dem Rest des Moleküls abspalten, wenn die Säure in Wasser gelöst wird. Dies bewirkt, daß die Wasserstoffatome zu elektrisch geladenen Ionen werden, die eine starke Tendenz aufweisen, mit anderen Substanzen zu reagieren — daher die Aggressivität von vielen Säuren. Die Moleküle von 'starken' Säuren haben die Tendenz, sich abzuspalten.

Die wichtigsten Säuren, die in der Industrie hergestellt und verwendet werden, sind Schwefelsäure, Salpetersäure und Salzsäure — sie gehören zu den starken Säuren — sowie Essigsäure, eine relativ schwache organische Säure, d.h. eine Säure mit einer chemischen Formel, die mit den komplexen, in Lebewesen vorhandenen Kohlenstoffverbindungen verwandt ist.

### Schwefelsäure

Schwefelsäure ist eine klare, ölige Flüssigkeit mit der chemischen Formel  $H_2SO_4$ . Sie hat unter den Säuren die größte Bedeutung.

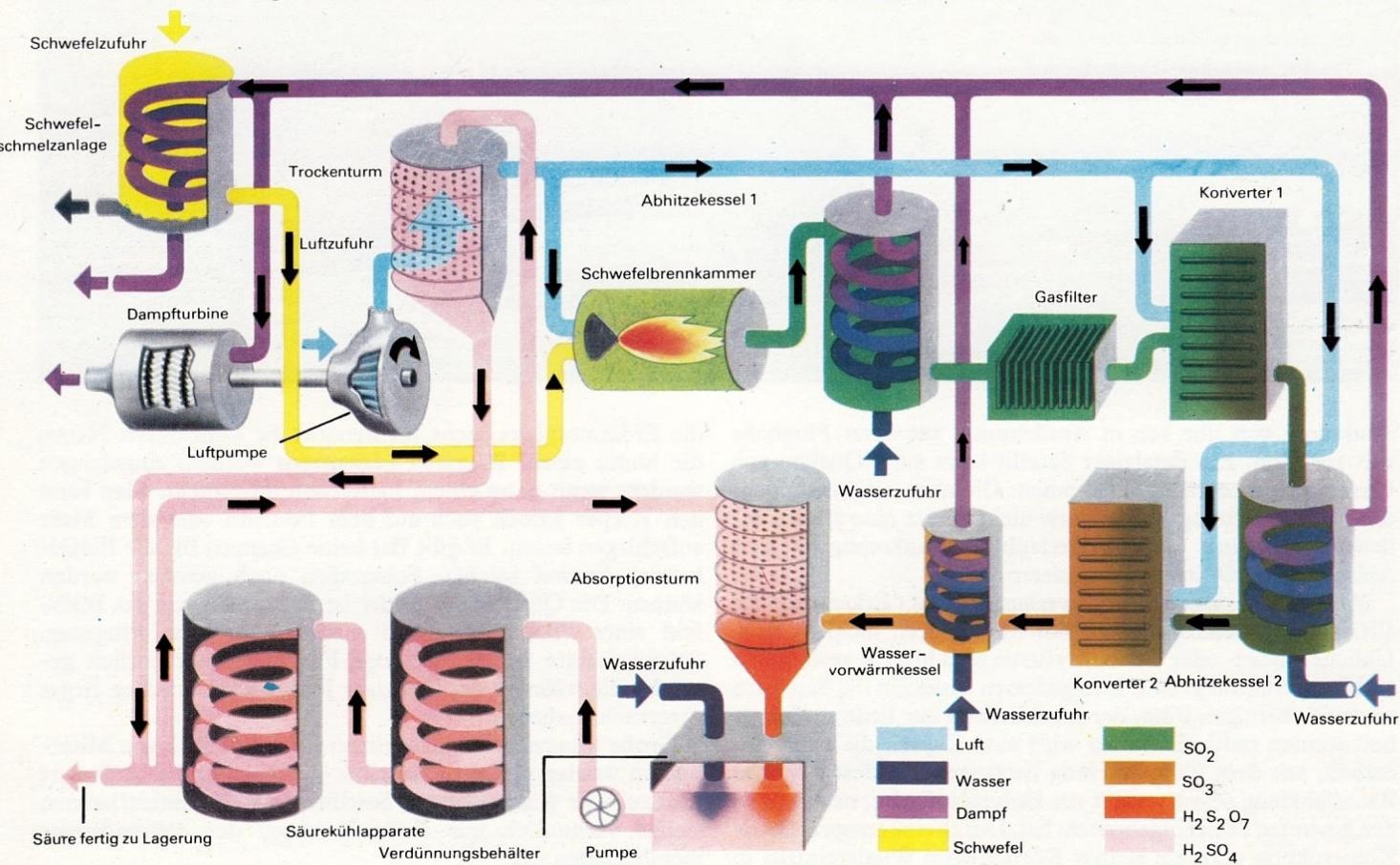
Sie kann direkt aus Schwefel hergestellt werden oder aus Anhydrit (Calciumsulfat), einem gewöhnlichen Mineral, das auch zur Herstellung von Zement verwendet wird. Zu den anderen Bezugsquellen gehören die schwefelhaltigen Nebenprodukte von anderen Herstellungsverfahren in der Industrie.

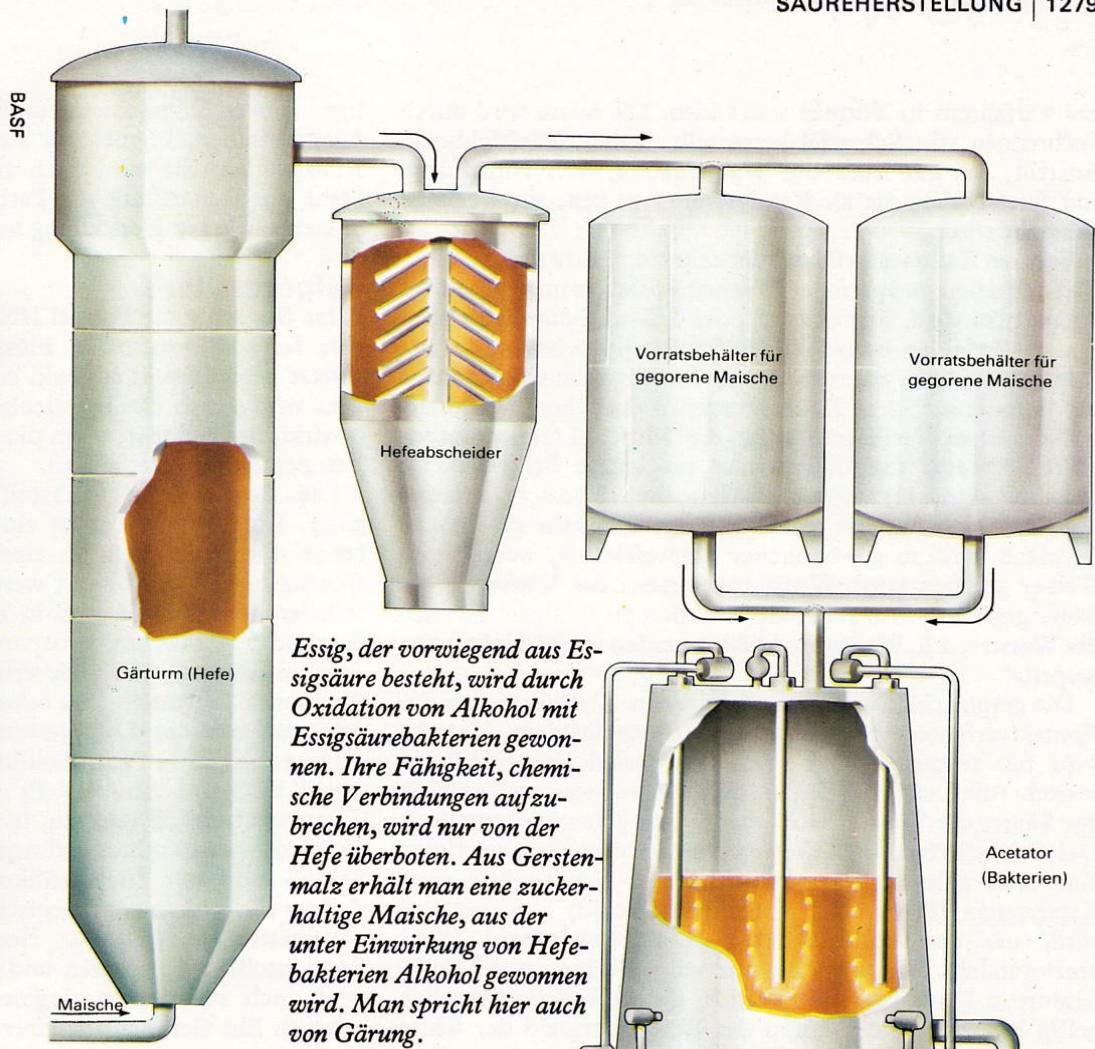
Die ursprüngliche und herkömmliche Methode zur Herstellung von Schwefelsäure ist das Kammerverfahren oder Turmverfahren, das so genannt wird, weil die Hauptreaktion in einer mit Blei ausgekleideten Kammer und andere Teile



**Oben:** Das Bild zeigt den Konverter einer modernen Schwefelsäureanlage, in der das Kontaktverfahren angewendet wird. Sie verbraucht etwa 500 t Schwefel pro Tag. Das gesamte Rohrleitungssystem besteht aus Thomasstahl, der korrosionsbeständig ist. Die hochkonzentrierte Säure würde Edelstahl in Minuten zerstören.

ERIC JEWELL ASSOC





*Essig, der vorwiegend aus Essigsäure besteht, wird durch Oxidation von Alkohol mit Essigsäurebakterien gewonnen. Ihre Fähigkeit, chemische Verbindungen aufzubrechen, wird nur von der Hefe überboten. Aus Gerstenmalz erhält man eine zuckerhaltige Maische, aus der unter Einwirkung von Hefebakterien Alkohol gewonnen wird. Man spricht hier auch von Gärung.*

**Links:** Das Kontaktverfahren erzeugt Säuren hoher Qualität. Es arbeitet auch sehr wirtschaftlich, da Schwefel, Luft und Wasser die einzigen Ausgangsmaterialien sind. Obwohl der Katalysator nicht aufgebraucht wird, muß er wegen Verunreinigungen im Gas, die ihn 'vergiften', gelegentlich ausgetauscht werden.

**Die Arbeitsweise des Verfahrens:** Fester Schwefel wird in die Schwefelschmelzanlage gegeben und geschmolzen, indem in einer Spirale Wasserdampf hindurchgeleitet wird. Verunreinigungen sinken zu Boden und werden in Abständen entfernt.

Der geschmolzene Schwefel wird in die Schwefelbrennkammer geleitet, wo er in getrockneter Luft, die durch Säure geleitet wurde, verbrannt wird. Der Schwefel verbindet sich mit dem Sauerstoff in der Luft, wobei Schwefeldioxid ( $SO_2$ ) entsteht. Die Reaktion erzeugt Wärme, die dazu verwendet wird, Wasser in einem Abhitzekessel zum Sieden zu erhitzen. Der Wasserdampf wird dazu verwendet, weiteren Schwefel zu schmelzen und eine Turbine mit Energie zu versorgen, die die Luftpumpe antreibt. Von dem Kessel wird das Schwefeldioxid durch einen Filter und anschließend zu einem Konverter geleitet, wo es mit Luft gemischt und über einen Katalysator geleitet wird. Dadurch wird ein Teil des Schwefeldioxids in Schwefeltrioxid ( $SO_3$ ) umgewandelt. Es wird auch mehr Wärme erzeugt, die in einem weiteren Abhitze kessel verwendet wird.

Danach strömt das Gas durch einen zweiten Konverter, der es in fast reines Schwefeltrioxid umwandelt. Die letzten Wärmereste werden dem Gas durch einen kleinen 'Wasservorwärmkessel' entzogen. Anschließend wird es mit gebrauchsfertiger Schwefelsäure ( $H_2SO_4$ ) in einem Absorptionsturm gemischt, wobei Oleum ( $H_2S_2O_7$ ), eine superkonzentrierte Form der Säure, entsteht. Das Oleum wird mit Wasser auf die erforderliche Konzentration verdünnt, danach muß die Säure erneut gekühlt werden, bevor sie zu den Lagerbehältern abgeleitet werden kann.



des Verfahrens in Türmen stattfinden. Die Säure wird durch Verbrennen von Schwefel hergestellt, wobei Schwefeldioxid entsteht, das mit Luft und Wasserdampf nach Hinzufügen von Stickoxiden, die als Katalysatoren wirken, zur Reaktion gebracht wird.

Bei dem Kammerverfahren entsteht eine Säure mit niedriger Konzentration und geringer Reinheit, so daß es immer seltener angewendet wird. Nur etwa 2% der Schwefelsäure wird nach diesem Verfahren hergestellt. Es ist durch das kompliziertere Kontaktverfahren ersetzt worden, in dem sehr reine Säuren mit unterschiedlichen Konzentrationen entstehen. Man kann mittels dieses Verfahrens sogar die Säure in 'superkonzentrierter' Form, die Oleum oder rauchende Schwefelsäure genannt wird, herstellen; sie hat die chemische Formel  $H_2S_2O_7$ . Diese äußerst reaktionsfähige und sehr gefährliche Substanz wird zu gewöhnlicher Schwefelsäure, wenn sie in Wasser gegeben wird. Wenn andererseits das Wasser in die Säure gegeben wird, führt die Reaktion zu heftigem Kochen des Wassers, d.h. Wasser und Säure werden in alle Richtungen gespritzt.

Die graphische Darstellung zeigt einen Überblick über das Kontaktverfahren. Schwefel oder schwefelhaltiges Material wird mit trockener Luft verbrannt, wobei Schwefeldioxid entsteht (die Luft kann einfach durch Verwendung eines Teils der Säure, die Wasser leicht absorbiert, getrocknet werden). Das Schwefeldioxid ( $SO_2$ ) wird gefiltert und dann zu einem Konverter geleitet, wo weitere Luft in Anwesenheit eines Katalysators (Platin oder Vanadiumpentoxid) hinzugegeben wird, um das Schwefeldioxid in Schwefeltrioxid ( $SO_3$ ) umzuwandeln. Dieses könnte nun unter Bildung von Schwefelsäure in Wasser gegeben werden. Da die Reaktion ziemlich heftig ist, wird in der Praxis das Schwefeltrioxid der Säure selbst hinzugegeben, wobei Oleum entsteht. Dieses kann dann mit Wasser verdünnt werden.

In vielen Stadien des Verfahrens tritt eine starke Wärmeentwicklung auf. Die Wärme wird Abhitzekesseln zugeführt. Wasser wird in einer geschlossenen Spirale an den heißen Chemikalien vorbeigepumpt. Die Wärme verwandelt es zu Wasserdampf, der dann in anderen Stadien des Verfahrens verwendet wird.

Von der hergestellten Schwefelsäure wird etwa ein Drittel zur Herstellung von Düngemitteln verwendet. Andere wich-

Eine Schwefelverbrennungsanlage in Whitehaven, England.



tige Anwendungsgebiete umfassen die Herstellung von Anstrichfarben, Pigmenten, Fasern, Reinigungsmitteln und Kunststoffen. Sie wird auch zum Abbeizen (Reinigen) von Stahl, zur Herstellung von Farbstoffen und verwandten Produkten sowie zur Herstellung von anderen Säuren verwendet.

### Salpetersäure

Diese Säure hat die Formel  $HNO_3$ . Sie ist im reinen Zustand eine farblose, rauchende Flüssigkeit. Wenn sie Luft ausgesetzt wird, nimmt sie bald eine gelbe oder rote Farbe an. Dies wird durch die Anwesenheit des Gases Stickstoffdioxid bewirkt, das entsteht, wenn die Säure durch Licht oder hohe Temperaturen zersetzt wird.

Die Dämpfe von Stickstoffdioxid sind außerordentlich giftig. Die Säure selbst ist eine der aggressivsten, die man kennt. Sie kann nicht in einer Flasche mit Korken oder Gummistopfen aufbewahrt werden, da sie diese beiden Materialien angreift. Sie muß in Behältern aus nichtrostendem Stahl oder Aluminium transportiert werden.

In modernen Industrieverfahren wird die Säure aus Ammoniak hergestellt (das seinerseits durch Extrahieren von Stickstoff aus der Luft gewonnen wird), das mit Luft in Anwesenheit eines Platinrhodiumkatalysators behandelt wird, wobei Stickoxid entsteht. Es wird weiterhin Luft in das 'Konverter'-Gefäß gegeben, in dem die Reaktion stattfindet. Dadurch wird das Stickstoffmonoxid zu Stickstoffdioxid. Zum Schluß wird das Stickstoffdioxid in Wasser gelöst. Durch Zufuhr von Luftsauerstoff entsteht dann Salpetersäure.

Salpetersäure wird zur Herstellung von Düngemitteln, Sprengstoffen, Farbstoffen und Arzneimitteln verwendet. Sie wird auch zum Ätzen eingesetzt, da sie fast alle Metalle angreift. Ein Gemisch aus einem Teil Salpetersäure und drei Teilen Salzsäure kann sogar Gold auflösen.

### Salzsäure

Die Formel für diese Säure ist  $HCl$ . Im reinen Zustand ist Salzsäure ein Gas. Sie wird aber immer als Lösung in Wasser verwendet und verkauft, ist in beiden Formen außerordentlich aggressiv und wird in Glasbehältern oder mit Gummi auskleideten Behältern transportiert.

Salzsäure wird am häufigsten durch die Elektrolyse von Kochsalzlösung (Salzwasser) hergestellt. Die Reaktion erzeugt auch Ätznatron (Natriumhydroxid).

Salzsäure wird zum 'Abbeizen' von Stahl vor dessen Verzinkung verwendet, zum Zersetzen von Knochen für die Herstellung von Gelatine, zur Herstellung von Farbstoffen und Kunstseide, zur Reinigung von Ölen, Fetten und Wachsen, zum Gerben von Leder und zum Reinigen von Kieselerde.

### Essigsäure

Diese Säure weist eine komplexere Struktur auf als die drei oben beschriebenen Säuren; ihre chemische Formel wird normalerweise  $CH_3COOH$  geschrieben. Die Herstellung der Essigsäure ist auf verschiedenerlei Weise möglich. In dem bedeutendsten Verfahren wird Naphtha, ein billiges und leicht erhältliches Nebenprodukt der Mineralölindustrie, verwendet.

Essigsäure ist der Hauptbestandteil von Essig; sie gibt ihm den sauren Geschmack (fast alle Säuren schmecken sauer, die meisten sind giftig). Sie wird zur Herstellung von billigem synthetischem Essig verwendet, der in der Lebensmittelverarbeitenden Industrie Anwendung findet. Dies ist aber nur ein kleiner Teil ihres Hauptanwendungsbereiches.

Zu ihren Anwendungsgebieten gehört auch die Herstellung von Azetylzellulose für synthetische Fasern, Kunststoffe und Verpackungsmaterial, von Vinylazetat für Emulsionsfarbe und Klebstoffe und von Essigester-Lösungsmitteln für Farbe und Kunststoffe, synthetische Fasern und für Pharmazeutika.

## SAUERSTOFF

Sauerstoff ist nicht nur das am reichlichsten vorhandene Element auf der Erde, er ist auch unentbehrlich für das Leben, sei es für die Atmung oder als Bestandteil des Wassers.

Die Entdeckung von Sauerstoff, der das chemische Zeichen O hat (als Gas tritt Sauerstoff immer als Molekül  $O_2$  auf), und die Entwicklung der modernen Theorie der Verbrennung waren Meilensteine in der Geschichte der Wissenschaft. Diese Entdeckungen etablierten die Chemie als moderne Wissenschaft, die sich damit eindeutig von der Alchemie loslöste. Im Altertum hatten griechische und arabische Philosophen zwar eine leise Ahnung von einem gewissen Zusammenhang zwischen Luft, Verbrennung und Leben, aber erst im späten 18. Jahrhundert wurden auf diesem Gebiet größere Entdeckungen gemacht.

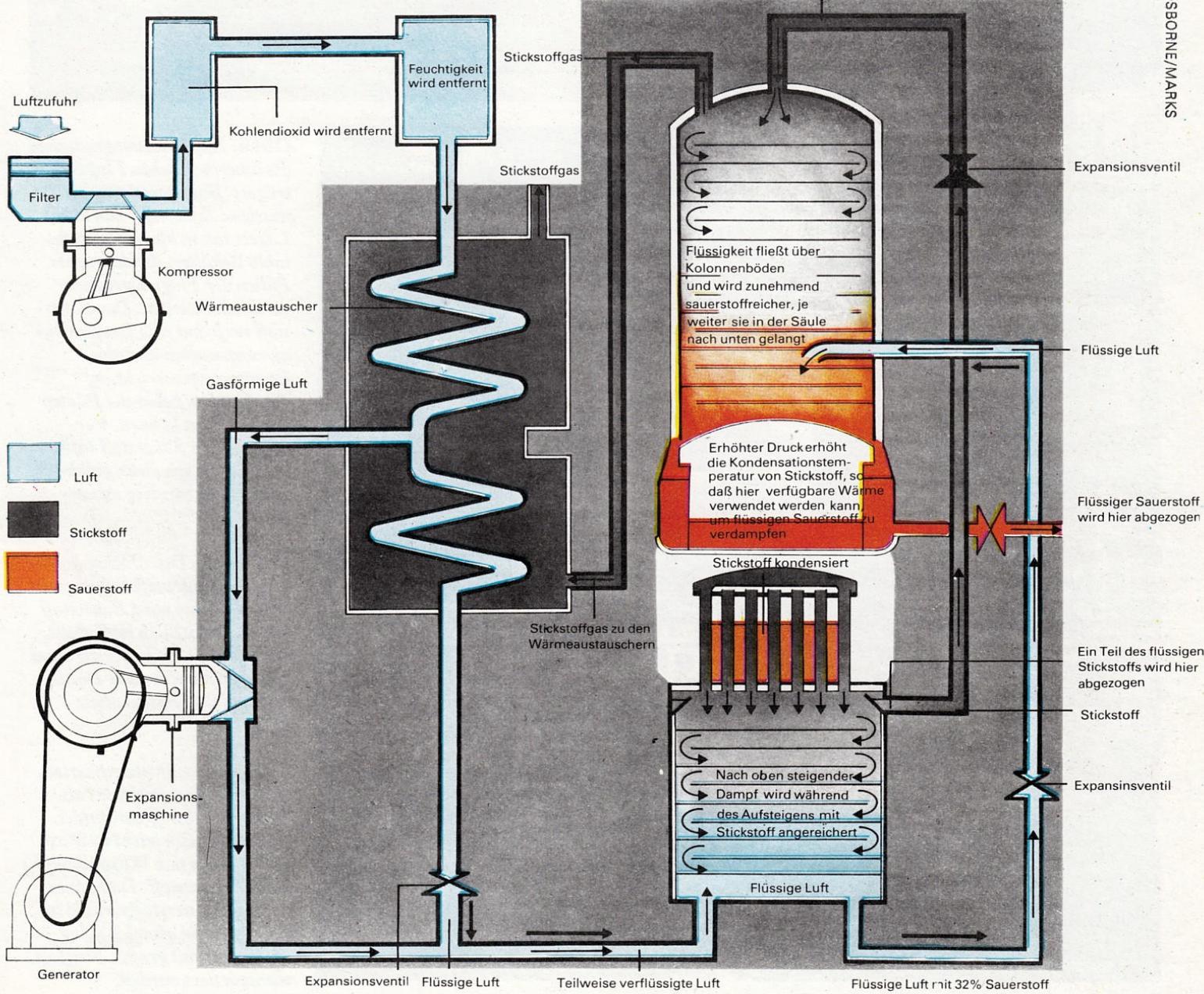
Am 1. August 1774 untersuchte Joseph Priestley (1733 bis 1804) die Wirkung beim Erwärmen von Quecksilber(II)-oxid. Er stellte fest, daß von der Probe Luft oder Gas ausgestoßen wurde. Zu seiner Überraschung brannte eine Kerze in dieser Luft mit einer ungewöhnlich lebhaften Flamme. Er nannte diese neue Substanz im Sinne der gültigen chemischen Theorie der Verbrennung 'dephlogistierte Luft'.

Bei einem Besuch in Paris im Jahre 1775 erzählte er Lavoisier (1743 bis 1794) von seiner Entdeckung. Umgehend prüfte Lavoisier die Ergebnisse mit Hilfe von exakten Experimenten und stellte fest, daß sich Priestleys dephlogistierte Luft mit Metallen und anderen Substanzen verband. Da einige der so entstandenen Verbindungen Säuren erzeugten, betrachtete er die dephlogistierte Luft als einen säurebildenden Grundbestandteil und nannte ihn 'Oxygen', abgeleitet von den griechischen Wörtern für 'sauer' und 'ich erzeuge'.

Etwa zur gleichen Zeit hatte der schwedische Apotheker Karl Wilhelm Scheele (1742 bis 1786) ähnliche Forschungen wie Priestley durchgeführt. Er hatte ein Gas entdeckt und bestimmt, das er 'Feuerluft' nannte; es handelte sich um Sauerstoff. Er hat seine Forschungsergebnisse jedoch erst im

**Unten:** Sauerstoff wird durch Verflüssigung und Destillation von Luft hergestellt. Die Luft wird erst komprimiert und dann im ersten Wärmeaustauscher gekühlt. Der Druck wird beim Betätigen der Expansionsmaschine reduziert, und die Luft wird teilweise verflüssigt. Sie durchläuft dann eine Destillationskolonne, wo sie in flüssigen Sauerstoff und Stickstoff getrennt wird.

OSSORNE/MARKS



Jahre 1777 veröffentlicht, weshalb die Entdeckung von Sauerstoff Priestley zugeschrieben wird.

Durch seine Experimente gelangte Lavoisier zu der Erkenntnis, daß Luft aus zwei Hauptkomponenten bestand: 'Lebensluft' oder Sauerstoff und 'Azote' (griechisches Wort für 'leblos', jetzt Stickstoff genannt), das für das Leben oder



**Oben:** Ein Besatzungsmitglied des amerikanischen Flugzeugträgers 'Enterprise' pumpst flüssigen Sauerstoff von einem Lagertank in kleine transportable Behälter, die dann zum Füllen der Flugzeugsysteme verwendet werden. Der Sauerstoff muß erst eine Druckreduzierungsstation und eine Erwärmungsvorrichtung durchlaufen, bevor die Piloten ihn einatmen können. Verdampfenden Sauerstoff lässt man entweichen, um einen gefährlichen Druckanstieg zu vermeiden.

**Links:** Die Destillationskolonnen einer Luftverflüssigungsanlage. Heute wird Sauerstoff fast ausschließlich hergestellt, indem man Luft verflüssigt und sie durch fraktionierte Destillation in ihre Bestandteile zerlegt.

**Rechts:** Hochkonzentriertes Wasserstoffperoxid wird als Raketentreibstoff verwendet. Es zersetzt sich leicht in Wasser (in Form von Wasserdampf) und in Sauerstoff. Da konzentriertes Wasserstoffperoxid sowohl explosiv als auch giftig ist, muß es mit großer Sorgfalt transportiert werden.



bei der Verbrennung keine Bedeutung hat. Ausgehend von diesen Tatsachen, entwickelte Lavoisier die moderne Theorie der Verbrennung und legte somit den Grundstein für die moderne Chemie.

## Herstellung

Ursprünglich wurde Sauerstoff großtechnisch nach dem Brin-Verfahren hergestellt. Bariumoxid ( $BaO$ ) wird in Druckluft erhitzt, wobei Bariumdioxid ( $BaO_2$ ) entsteht. Die Temperatur und der Druck werden reduziert, und das Dioxid wird zum Monoxid. Während dieses Prozesses wird Sauerstoff frei.

Heute wird ein geringer Teil des Sauerstoffs durch die elektrolytische Zersetzung von Wasser hergestellt, die wichtigste Herstellungsmethode ist jedoch die Verflüssigung und die fraktionierte Destillation von Luft. In einer charakteristischen Luftverflüssigungsanlage gibt es drei grundlegende Verfahrensschritte: Luftreinigung, teilweise Verflüssigung der Luft unter Anwendung von Wärmeaustauschern und Trennung in Sauerstoff und Stickstoff durch fraktionierte Destillation. Luft wird auf einen Druck von 150 bar komprimiert und durch einen Kohlensäureabscheider sowie durch einen Feuchtigkeitsabscheider geleitet. Sie gelangt dann in den Wärmeaustauscher, wo die Temperatur auf  $-170^{\circ}\text{C}$  reduziert wird. Der kalte Stickstoff aus der Säule wird in dem Wärmeaustauscher verwendet. Ein Teil der kalten Luft wird in eine Expansionsmaschine geleitet, wo sie Arbeit verrichtet; hierbei geht die Temperatur der Luft zurück, da Energie verbraucht wird. Sie wird wieder mit dem Rest der kalten Luft aus dem Wärmeaustauscher vereinigt und gelangt in eine Hochdrucksäule, wo sie in einen Strom aus fast reinem Stickstoff und einen sauerstoffreichen Strom fraktioniert wird.

Der Stickstoff aus der Hochdrucksäule wird in einem Kondensator-Rückverdampfer kondensiert und als Rückflußstrom in der Niederdrucksäule verwendet. Der sauerstoffreiche Luftstrom wird von der Hochdrucksäule abgezogen und in die Niederdrucksäule geleitet, wo er fraktioniert wird. Sowohl Stickstoff als auch Sauerstoff werden von der Niederdrucksäule abgezogen.



## Anwendungsbereich

Das größte Anwendungsbereich von Sauerstoff in der Industrie ist die Stahlaufbereitung (siehe STAHLHERSTELLUNG). Neue moderne Verfahren, die in der Stahlindustrie eingeführt wurden, sind auf eine umfangreiche und konstante Versorgung mit Sauerstoff angewiesen. Anstelle der Verwendung eines Druckluftstrahls vom Fundament des Hochofens aus, wird die Oberfläche des weißglühenden Gußeisens einem Sauerstoffgebläse mit einem Druck von 10 bar ausgesetzt. Dieses Verfahren erzeugt eine bessere Stahlart, da kein Stickstoff anwesend ist. Ein weiteres wichtiges Anwendungsbereich von Sauerstoff in der Wirtschaft ist das Schneiden von Ferrometallen (eisenhaltigen Metallen) in die zur Verarbeitung erforderlichen Formen. Bei diesem Verfahren wird das Metall mit Hilfe einer Brenngas-Sauerstoff-Flamme bis zum Flammepunkt erhitzt. Anschließend wird ein Sauerstoffstrahl mit hoher Geschwindigkeit in den Mittelpunkt der Flamme geleitet. Das Metall verbrennt und schmilzt, wodurch ein schmaler Schnitt entsteht. Azetylensauerstoffschweißen wird seit Beginn dieses Jahrhunderts in großem Umfang angewendet. Azetylen erzeugt in Anwesenheit von Sauerstoff eine Hochtemperaturflamme, die die meisten Metalle schmelzen kann, wodurch die Möglichkeit entsteht, sie zusammenzuschweißen.

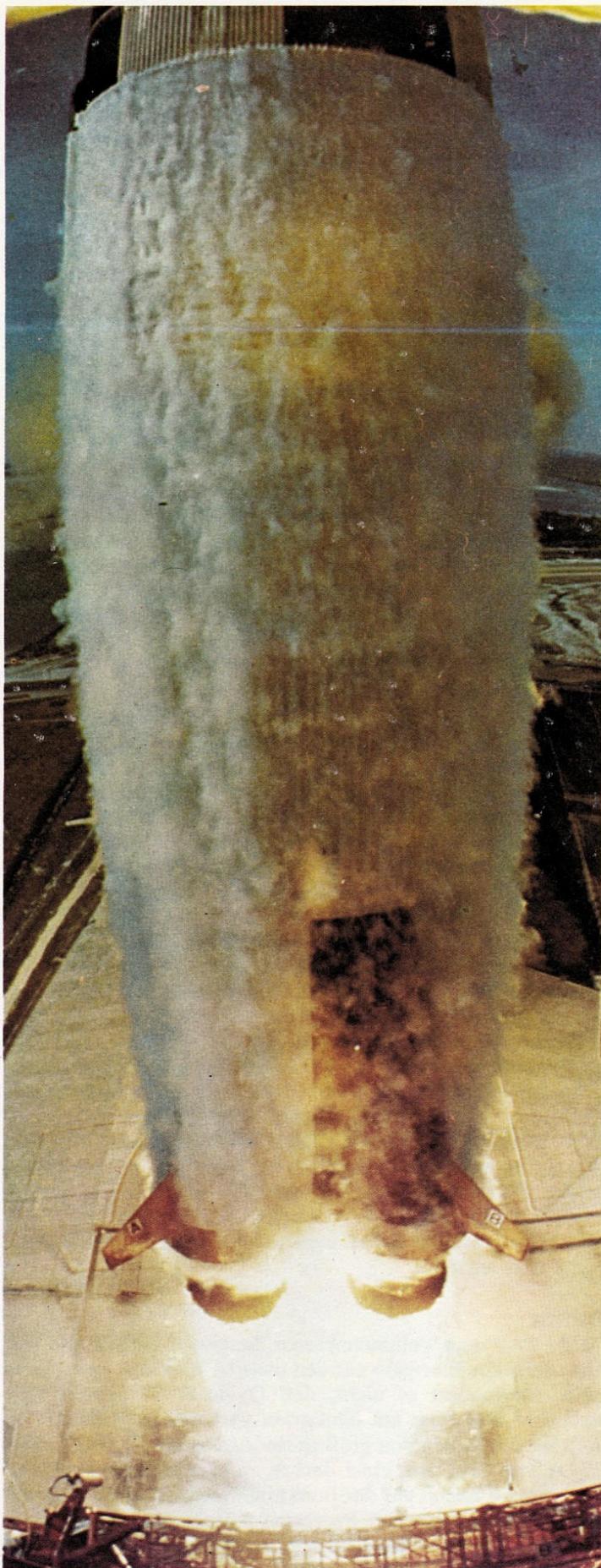
Bis zu einer Höhe von 22 km über der Erdoberfläche bleibt der Anteil des Sauerstoffs in der Luft konstant 20,9%. Der Luftdruck und der Sauerstoff-Partialdruck sinken dann jedoch schnell ab. Daher sind sehr hoch fliegende Flugzeuge mit einem Sauerstoff-Notvorrat ausgestattet, obwohl die Flugzeuge druckdicht sind. Beim Tiefseetauchen in Tiefen von mehr als 75 m kann wegen der Bildung von Stickstoffblasen im Blutkreislaufsystem des Tauchers keine Druckluft verwendet werden (Luft enthält etwa 78 % Stickstoff). Auch reiner Sauerstoff kann nicht verwendet werden, da längere Exposition toxische Wirkungen hervorruft. Man hat jedoch festgestellt, daß Gemische aus Sauerstoff und dem Inertgas Helium für die Atmung in diesen Tiefen geeignet sind.

Fast alle Krankenhäuser sind heute mit Rohrleitungsanlagen ausgerüstet, die die Stationen und Operationssäle mit Sauerstoff versorgen. Sauerstoffzelte werden häufig für Patienten mit Atembeschwerden verwendet. Bei der Anästhesie wird Sauerstoff mit dem Anästhesiegas, zum Beispiel Distickstoffoxid, Halothan oder Zyklopropan, gemischt, um eine geeignete lebenserhaltende Versorgung zu gewährleisten.

In der Raumfahrtindustrie ist flüssiger Sauerstoff das am häufigsten angewendete Oxidationsmittel für den Raketenantrieb. Der Sauerstoff und der Brennstoff (gewöhnlich Kerosin) werden unter Druck in die Druckkammer geleitet, wo sie bei hohem Druck gemischt und verbrannt werden. Die gasförmigen Reaktionsprodukte werden beschleunigt und mit hoher Geschwindigkeit herausgestoßen, wodurch die Antriebsdruckkraft entsteht.

## Oxide

Da die Luft 20,9 Volumenprozent Sauerstoff enthält und mit Ausnahme der Inertgase mit den meisten Elementen reagieren kann, verwundert es nicht, daß Oxide in der Natur weit verbreitet sind. Das am häufigsten vorkommende Oxid, das auch für das Leben von größter Bedeutung ist, ist das Wasser ( $H_2O$ ), von dem man einst dachte, es sei ein Element. Ohne Wasser wäre Leben auf der Erde nicht möglich, denn es spielt bei den physiologischen Prozessen sowohl von Pflanzen als auch von Tieren eine wesentliche Rolle. In der Natur gibt es jedoch kein reines Wasser. Seine Reinheit ist je nach Herkunft unterschiedlich. Meerwasser kann gelöste Salze mit Konzentrationen bis 3,5% enthalten. Seine chemische Formel ist zwar  $H_2O$ , aber reines Wasser ist eigentlich ein polymerer Stoff (siehe POLYMERE), der eher die Formel ( $H_2O_n$ ) haben müßte, wobei  $n$  für eine große Zahl steht und die einzelnen



**Oben:** Der Start von Apollo 11. Die erste Raketenstufe der Saturn-V-Trägerrakete verwendet flüssigen Sauerstoff und Kerosin als Brennstoff, während die zweite Stufe flüssigen Sauerstoff und flüssigen Wasserstoff verwendet.

Moleküle an ihren Wasserstoffatomen durch chemische Bindungen, die man Wasserstoffbindungen nennt, miteinander verbunden sind. Die genaue Struktur des reinen Wasserpolymers war viele Jahre lang ein Gegenstand der Kontroverse. Im Vergleich zu ähnlichen chemischen Verbindungen hat Wasser ungewöhnliche physikalische Eigenschaften. Sein Siedepunkt,  $100^{\circ}\text{C}$ , und der Gefrierpunkt,  $0^{\circ}\text{C}$ , sind höher, als man aus dem Vergleich hätte ersehen können. Diese ungewöhnlichen Eigenschaften können nur hinsichtlich seiner Polymerstruktur erklärt werden.

### Wasserstoffperoxid

Das zweite Oxid von Wasserstoff, bei dem zwei Sauerstoffatome mit zwei Wasserstoffatomen verbunden sind ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), nennt man Wasserstoffperoxid. Diese Verbindung, die schon seit mehr als 150 Jahren bekannt ist, ist im reinen Zustand nicht sehr stabil. Sie zersetzt sich leicht unter Bildung von Wasser und Sauerstoff. In der Industrie wird sie durch die Elektrolyse von Ammoniumhydrogensulfat ( $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ ) unter Verwendung einer Platinanode und einer Bleikatode hergestellt. Wegen seiner Instabilität im reinen Zustand wird Wasserstoffperoxid gewöhnlich in verdünnter wässriger Lösung verwendet. Es zersetzt sich unter Bildung von Wasser und Sauerstoff und ist daher ein starkes Oxidationsmittel (siehe **OXIDATION UND REDUKTION**). Wasserstoffperoxid wird sowohl im Haushalt als auch in der Industrie sehr häufig für Bleichverfahren aller Art verwendet. Es oxidiert Farbstoffe zu farblosen Substanzen, ohne das Gewebe oder die zu bleichende Faser zu beschädigen.

Viele der in der Industrie bedeutenden Metalle, einschließlich Eisen, sind in der Natur als deren Oxide vorhanden. Die reinen Metalle werden durch ein als Reduktion bekanntes Verfahren gewonnen. Eisen ist das am zweithäufigsten vorkommende Metall in der Erdkruste, und es ist mit Sicherheit das bedeutendste Metall. Man kann es zwar aus seinen Oxiden gewinnen, aber in Anwesenheit von Luft und Feuchtigkeit verwandelt es sich langsam wieder in sein Oxid. Dies ist der allgemein bekannte Vorgang des Rostens.

### Ozon

Ozon ( $\text{O}_3$ ) ist eine allotrope Modifikation von Sauerstoff, mit anderen Worten, es ist das gleiche Element, das in einer anderen Form existiert. In Hinblick auf die Struktur besteht der Unterschied zwischen den beiden Verbindungen darin, daß Sauerstoffgas zwei Atome pro Molekül aufweist, wohingegen Ozon drei Atome pro Molekül hat.

Chemisch gesehen, sind die Eigenschaften dieser beiden Verbindungen sehr unterschiedlich. Ein einfaches Beispiel für diesen Unterschied ist deren Wirkung auf die menschliche Atmung: Sauerstoff ist erforderlich, damit die Atmung überhaupt stattfinden kann, während Ozon in Konzentrationen von mehr als 1 ppm (part per million = 1 Teil auf 1 Million Teile) für den Menschen giftig ist. In der Natur tritt Ozon in der Luft nur in sehr niedrigen Konzentrationen auf (0,03 ppm). In der Stratosphäre gibt es eine Ozonschicht, die durch die Einwirkung von kurzwelliger Sonnenstrahlung auf Sauerstoff gebildet wird. Diese Ozonschicht ist für das menschliche Leben von außerordentlicher Bedeutung, denn sie absorbiert die Strahlen, die für den Menschen lebensgefährlich wären.

Ozon wird gewöhnlich dadurch hergestellt, daß man eine stille elektrische Entladung durch Sauerstoff leitet. Auf diese Weise können Konzentrationen von bis zu 5% Ozon in Sauerstoff hergestellt werden. Wegen seines starken Oxidationsvermögens wird Ozon häufig zum Sterilisieren von Wasser und zur Luftreinigung verwendet. Es findet auch Anwendung in der organischen Chemie, und zwar bei der Ozonolyse, d.h. der Reaktion von Ozon mit ungesättigten Verbindungen, wie z.B. Kohlenwasserstoffethylen.

## SCHÄDLINGSBEKÄMPFUNG

Um den Lebensmittelvorrat auf der Welt aufrechtzuerhalten oder zu erhöhen, sieht sich der Mensch zu einem ständigen Kampf gegen jene Schädlinge gezwungen, die unsere Ernteerträge bedrohen.

Zu den Schädlingen gehören Tiere, die Feld- und Plantagenfrüchte oder ein Produkt wie z.B. Getreide befallen, und solche, die Tiere und Menschen angreifen und oft Krankheitserreger auf sie übertragen. Etwa ein Viertel der Lebensmittelvorräte der Welt wird von Schädlingen konsumiert oder vernichtet, und zwar hauptsächlich von Insekten, Fadenwürmern (z.B. Älchen) und Nagetieren (Ratten und Mäuse), während von Schädlingen wie z.B. Milben, Zecken, Moskitos, Tsetsefliegen und Schnecken viele Krankheiten verbreitet werden. Zu anderen, weit verbreiteten Schädlingen gehören Vögel, Tausendfüßler, Bohrasseln und Wegschnecken.

### Indirekte Schädlingsbekämpfung

Zu den Möglichkeiten einer indirekten Schädlingsbekämpfung gehören der Fruchtwechsel, die Auswahl der Feldfruchtart zur Vermeidung eines Befalls, die Änderung der Saatzeit, so daß ein entscheidendes Wachstumsstadium nicht mit dem Aktivitätszeitraum einer speziellen Schädlingsart zusammenfällt, und die Anwendung von Düngemitteln, um ein frühzeitiges und schnelles Wachstum zu fördern. Der Fruchtwechsel ist äußerst wirksam gegenüber bewegungslosen oder relativ bewegungslosen Schädlingen, wie z.B. Zystenfadenwürmern und Insekten, die im Erdboden überwintern oder gegenüber Schädlingen, die nur eine spezielle Feldfrucht befallen. Der Fruchtwechsel ist jedoch unwirksam bei sich bewegenden

*Das Besprühen von Apfelbäumen mit einem Gemisch aus Düngemittel und Insektizid. Insekten wie die Blattspinnmilben und Blattläuse können große Schäden anrichten. Die Bäume müssen also während der gesamten Vegetationszeit besprüht werden.*



Schädlingen, wie z.B. Vögeln, fliegenden Insekten und von Luftströmungen getragenen grünen Blattläusen. Er ist auch unwirksam gegenüber Schädlingen, die in großen Mengen an wildwachsenden und halbwildwachsenden Nahrungspflanzen wechselweise vorkommen (wie z.B. Haferfliegen von Weideland, die ihre Eier auf Hafersämlinge legen). Weiter ist der Fruchtwechsel unwirksam gegenüber Schädlingen wie Drahtwürmern, Schnackenlarven, Wegschnecken und Tausendfüßlern, die sich von mehreren Feldfrüchten ernähren können.

Manchmal können Feldfruchtarten gezüchtet werden, die gegenüber Befall widerstandsfähig sind. Hafer, Klee und Luzerne sind gegenüber Stangelfadenwürmern widerstandsfähig, Kartoffeln und Getreidepflanzen gegenüber Zystenfadenwürmern, Himbeeren und Kopfsalat gegenüber grünen Blattläusen. Da aber die indirekten Methoden häufig nicht wirksam genug sind, verwendet man Schädlingsbekämpfungsmittel.

### Direkte Schädlingsbekämpfung

Ködergifte, Behandlung von Saatgut, wirksame Pflanzenschutzmittel enthaltende Zerstäubungsmittel, Pulver oder Granulat sind einige der Hilfsmittel zur direkten Schädlingsbekämpfung. Für Schädlinge im Boden, in Lagerhäusern und in Gebäuden werden normalerweise Räuchermittel verwendet. Dies sind gewöhnlich Flüssigkeiten, manchmal aber auch Pulver, die verdampfen und sich somit selbst über den mit Schädlingen befallenen Bereich verteilen. In Treibhäusern können Rauchkanister und Sprühdosen verwendet werden.

Chemikalien wurden zum ersten Mal um 1850 gegen den Kartoffelkäfer eingesetzt, als er sich von Wüstenpflanzen auf die Kartoffelfelder in den USA ausbreitete. Von diesem Zeitpunkt an bis um 1940 waren Arsenverbindungen oder insektentötende Pflanzenextrakte, wie z.B. Rotenon aus Derriswurzeln, Pyrethrum aus Blumenköpfchen und Nikotin aus Tabak-Abfallprodukten, fast die einzigen Chemikalien, die verwendet werden konnten. Nach der Entdeckung des aus einer chlorhaltigen organischen Verbindung bestehenden Insektizids DDT in der Schweiz im Jahre 1939 veränderte sich

die Situation schnell. Es folgten bald das Lindan Gamma-BHC (Benzolhexachlorid) sowie die wirksamen Boden-insektizide Aldrin und Dieldrin. Da diese aus chlorhaltiger organischer Verbindung bestehenden Insektizide sehr nachhaltig wirken, eine große Vernichtungskraft aufweisen und durch Berührung töten, selbst wenn ein Insekt über eine Schicht aus Pulver oder Zerstäubungsmittel läuft, die Tage oder Wochen zuvor aufgetragen wurde, verringerten sich die Kosten. Die Schädlingsbekämpfung in Gebäuden, auf Feldern und im Obstbau wurde von Grund auf umgestaltet. Darüber hinaus war die Bekämpfung der durch Moskitos übertragenen Malaria möglich geworden.

Ein zur gleichen Zeit in Deutschland erarbeiteter, weg-bereitender Fortschritt waren die phosphororganischen Schädlingsbekämpfungsmittel, von denen viele durch die Wurzeln und Blätter der Pflanzen absorbiert werden und alle Teile durchdringen. Gewöhnlich vernichten sie nur jene Tiere, die sich von den Pflanzen ernähren oder ihren Saft aussaugen, d.h. sie töten nicht durch bloßen Kontakt, wodurch nützliche Spezies verschont bleiben. Jetzt steht eine Reihe dieser Verbindungen zur Verfügung, die einige Tage bis mehrere Wochen in den Pflanzen persistent sind. Leider sind die phosphororganischen Verbindungen, im Gegensatz zu DDT, das für Menschen und Haustiere relativ harmlos ist, hoch-

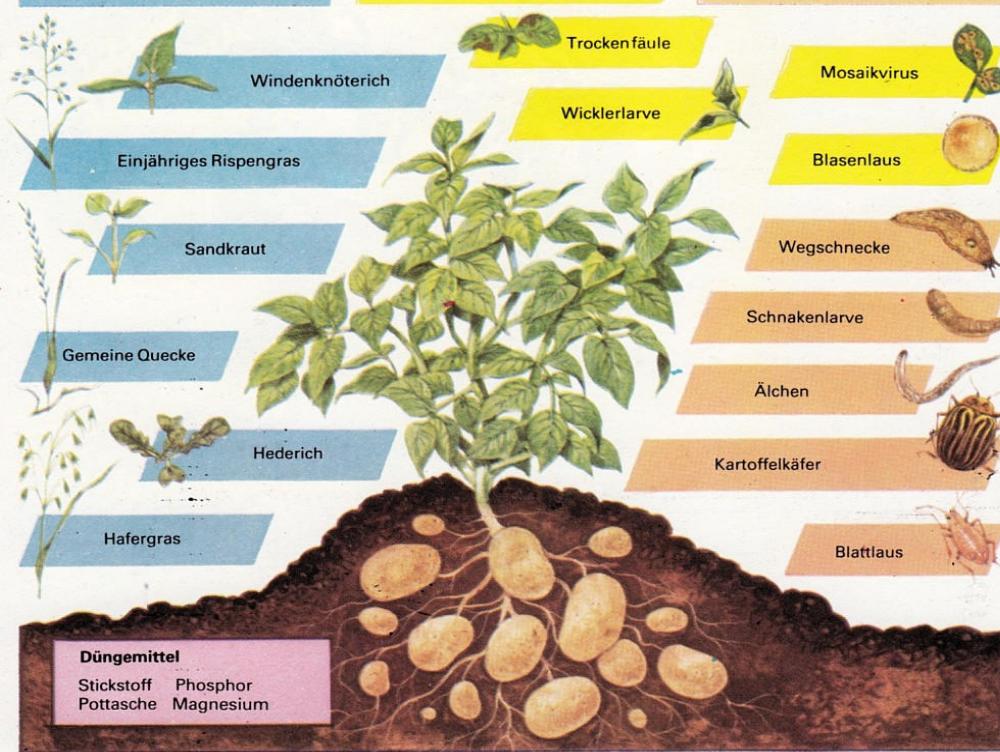


BASF

**Herbizide:**  
Germeine Quecke: Dalapon, EPTC, TCA  
Hafergras: EPTC  
Anderes Unkraut: EPTC, Ametryn, Chlortoluron, Cyanazin, Dimexan, Dinoseb, Linuron, Metobromuron, Metribuzin, Monolinuron, Terbutryn, Trietazin

**Fungizide:**  
Trockenfäule: Captafol, Kupfer, Cutraneb, Fenfen, Mancozeb, Maneb, Mangan/Zink-Dithiokarbamat, Nabam, Propinab, Zineb  
Wicklerlarve und Mosaikvirus: Aphizide  
Krankheiten der Kartoffelknolle: 2-Aminobutan

**Insektizide:**  
Wegschnecken und Schnakenlarven: Metaldehyd  
Blattläuse: Aphizide, wie z.B. Aldicarb, Demephion, Disulfoton, Formothion, Malathion, Phorat, Thiometon  
Älchen: Aldicarb, Dichloropropen  
Kartoffelkäfer: Azinphos-Methyl, Carboryl, Endosulfan.



**Oben:** In trockneren Klimazonen sind Insekten wie die Blattspinnmilbe oft ein Problem. In feuchteren Gebieten treten Pilzkrankheiten wie der Apfelschorf auf.

**Links:** Kartoffelfelder müssen frei von Unkraut gehalten werden, das das Wachstum der Pflanzen hemmen könnte. Das Schaubild zeigt die Schädlingsarten, die für den Befall von Kartoffeln in Frage kommen, und einige der Chemikalien, die für die Bekämpfung dieser Schädlinge verwendet werden: Herbizide für die Vernichtung des Unkrauts ohne Beschädigung der Kartoffeln sowie Insektizide und Fungizide zur Vernichtung der Insekten und Pilze. Die Düngemittel verbessern den Boden und fördern das Wachstum der Kartoffeln.

**Rechts:** Die Pierisraupe, die die Kohlpflanzen angreift, wird, sobald sie ausgeschlüpft ist, mit einem Magengift wie DDT besprüht. In Handels-gärtnerien werden diese Rau-pen von einem Traktor aus mit einem Feldspritzenrohr besprüht.

gradig giftig. Die Karbamate bilden eine weitere Gruppe von Pestiziden, wobei sich einige von ihnen wie chlorhaltige organische Verbindungen und einige wie phosphororganische Verbindungen verhalten. Kürzlich ist eine neue Reihe von Pyrethrum-Kontaktinsektiziden synthetisch hergestellt worden, die zwar so wirksam sind wie DDT, aber einige der Nachteile von chlorhaltigen organischen, phosphororganischen und Karbamat-Pestiziden nicht aufweisen. Warfarin und ähnliche Gifte, die die Blutgerinnung verhindern, werden in Ködergiften für Ratten, Mäuse und graue Eichhörnchen verwendet, während Metaldehyd nachweisbar in Kleieködern für Schnecken wirksam ist.

### Anwendung von Pestiziden

Reine Pestizide werden — mit einigen Ausnahmen — kaum verwendet. Die meisten werden gebrauchsfertig auf den Markt gebracht, nur jene, die als Zerstäubungsmittel verwendet werden sollen, müssen erst mit Wasser gestreckt werden. Zu den herkömmlichen Streckungsmitteln gehören inaktives Pulver, Öle, Lösungsmittel, Wasser und Luft, wobei die beiden letztgenannten die billigsten sind. Zu den herkömmlichen pulverigen Streckungsmitteln gehören Löschkalk, Kieselgur, Talc und andere Tonminerale. Granulat werden aus Attapulgit-Ton, grobem Maismehl oder aus Kohlenstaub hergestellt.

Bei Obstbäumen werden ziemlich große Mengen Zerstäubungsmittel angewendet (1000 Liter oder mehr pro Hektar), um zu gewährleisten, daß Blätter, Knospen, Zweige und Früchte einen deckenden Belag erhalten. Manchmal wird das Zerstäubungsmittel durch einen Luftstrom von einem leistungsfähigen Gebläse verteilt. Felder werden mit einer viel kleineren Menge eines höher konzentrierten Zerstäubungsmittels nach einem Verfahren behandelt, bei dem das Pflanzenschutzmittel mit nur 0,5 bis 2 Liter Wasser pro Ar als Träger und Luft als Dispersionsmittel versprüht wird. In den Fällen, wo Pestizide in Körnchenform geeigneter erscheinen, werden sie mit Hilfe von Geräten versprüht, die schnell einen großen Bereich mit dem Mittel bedecken können. Ködergifte sind gewöhnlich pillenförmig, sie werden jedoch mit den gleichen Geräten verteilt.

Die Geräte, die versprühen, zerstäuben und Granulat verteilen, sind für Felder mit hochgewachsenen und reifen

Feldfrüchten oder für Wälder und dichtbewachsene Schonungen ungeeignet. Diese müssen von der Luft aus behandelt werden. Für große Flächen sind Flugzeuge zwar am billigsten, doch Hubschrauber haben mehrere Vorteile: Sie sind leichter zu manövrieren, sie brauchen keine Landebahnen, und der Fallstrom, den sie erzeugen, trägt dazu bei, daß die Pestizide auf die Feldfrüchte gedrückt werden. Ihre Wartung ist jedoch teuer. In entfernten Gegenden haben sich zur Bekämpfung von Heuschrecken Leichtflugzeuge als unentbehrlich erwiesen. Vorzugsweise sollten sie in den Bereichen bekämpft werden, wo sie ausfliegen, bevor sich große Schwärme bilden. Scharen von flügellosen jungen Tieren (hüpfbenden Tieren) auf dem Erdboden können mit persistenten Kontaktinsektiziden (Dieldrin) bekämpft werden, die von der Luft aus über einen markierten Bereich in Gitterform versprüht werden. Als Alternative können Ködergift-Substanzen von der Luft aus abgeworfen werden. Fliegende Schwärme kann man aus einer geringen Höhe von oben mehrmals leicht besprühen.

Da Ratten und Mäuse wachsam sind, muß man bei Anwendung von Ködergiften planmäßig vorgehen, d.h. zuerst werden ungiftige Köder an einigen Stellen ausgelegt, die für Vieh und Mensch nicht zugänglich sind. Wenn die Nagetiere genügend davon fressen, werden stattdessen Ködergifte ausgelegt. Wenn weitere Köder erforderlich sind, sollte das Nahrungsmaterial verändert werden, da überlebende Tiere den ersten Köder wahrscheinlich meiden, wenn ihnen dieser nicht bekommen ist. Räuchermittel werden mit Hilfe von Injektoren oder aus Kanistern auf die Ackerlandgebiete oder auf die mit gasdichten Folien bedeckten Haufen der Bodenerträge verteilt. In Treibhäusern wird der Boden oft begast, um ihn von Schädlingen, hauptsächlich Fadenwürmern, zu befreien.

### Natürliche Feinde

Die Anzahl der meisten Schädlinge ist durch natürliche Feinde begrenzt. Beispiele sind die Marienkäfer, die sich von grünen Blattläusen ernähren, die Schlupfwespen, die Eier in die Jungen von vielen Insekten legen, oder Raubkäfer und Spinnen. Leider vernichten einige Pestizide viele dieser nützlichen Spezies, was zu massenhaftem Auftreten von Schädlingen oder zu der Entstehung neuer Schädlingsarten führen kann. Die Blattspinnmilben haben sich stark verbreitet, seit Obstbäume





*Oben: Ein Pyrethrum-Insektizid wird in einer Bäckerei mit einem Schwingfeuernebelgerät versprüht. Auf diese Weise werden Schädlinge wie z.B. Lagerhausmotten bekämpft.*

zur Bekämpfung anderer Schädlinge und Krankheiten besprüht werden. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, daß durch das Besprühen der Hauptfeind der roten Blattspinnmilbe, die Blindwanze, vernichtet wird.

Um diese Probleme zu vermeiden, nehmen die Bauern eine Auswahl der Pestizide vor, so daß nur die Zielspezies vernichtet werden. Die Pestizidteilchen können mit Maiskleber (einem aus Mais gewonnenen Amin) umhüllt oder eingekapselt werden, so daß es kein Kontaktpestizid mehr ist, sondern als Nahrung aufgenommen werden muß. Eine andere Möglichkeit besteht darin, das Pflanzenschutzmittel zu verteilen, wenn die nützlichen Spezies nicht anwesend oder bewegungslos sind. Manchmal kann das Pestizid auch nur da verteilt werden, wo es erforderlich ist, zum Beispiel auf das Saatgut oder in die Saatähren. Immer häufiger werden mehrere Bekämpfungsmethoden miteinander kombiniert oder integriert, was zum Ziel hat, die Anwendung von Pestiziden zu verringern oder überflüssig zu machen und die Anzahl der natürlichen Feinde zu erhöhen.

### Resistenz gegenüber Pestiziden

Eine DDT-Resistenz bei Hausfliegen wurde zum ersten Mal im Jahre 1946 in Schweden beobachtet. Um 1950 war dies eine weltweite Erscheinung. Seit dieser Zeit haben viele Insekten eine Resistenz gegen chlorhaltige organische und phosphororganische Pestizide entwickelt. Gegen Warfarin resistente Ratten sind in Großbritannien beobachtet worden. Kürzlich ist ein neues Rodentizid — Sorexa-CR — entwickelt worden. Es wirkt durch die Versorgung mit zu viel Vitamin D (verantwortlich für die Ablagerung von Calcium im Körper) und zu wenig Vitamin K, das für die Blutgerinnung von entscheidender Bedeutung ist. Die meisten herkömmlichen Pestizide werden wahrscheinlich gegen viele Schädlinge nicht mehr wirksam sein, wenn sie weiterhin angewendet werden. Darum wird auch der Entdeckung von neuen Pestizidarten, wie z.B. den Pyrethrum-Substanzen, von Insektenhäutungs- und Wachstumshormonen und von Unfruchtbarkeit hervorruhenden Mitteln eine große Bedeutung beigemessen.

### Gefahren für Menschen und die Tierwelt

Da Pestizide in Zerstäubungsmitteln und Pulvern eingeatmet werden oder in die Haut eindringen könnten, gibt es in den meisten entwickelten Ländern strenge Gesetze, die bestimmen, daß die Betroffenen bei der Zubereitung oder beim Verteilen von Pestiziden Schutzkleidung tragen müssen. Chemiker haben bewiesen, daß sowohl inländische als auch importierte Produkte nur geringfügige Pestizidspuren enthalten, die weit unter den zugelassenen Höchstmengen liegen, und daß die Mengen, die die Menschen mit der Nahrung aufnehmen, unbedeutend sind. Die Ansammlung von Pestiziden in den Geweben von Vögeln und anderen Tieren hat unter denen, die an der Erhaltung seltener Tierarten interessiert sind, große Beunruhigung hervorgerufen. Wenn Pestizide gedankenlos verwendet werden, vernichten sie Bienen und andere wildlebende Tiere. Läßt man Pestizide in die Wasserwege gelangen, können Fische vernichtet werden. Die Pestizide, die man für den Erdboden verwendet, rufen eine starke Veränderung der Bodenfauna hervor. Aus diesen Gründen gibt es in den meisten Ländern Vorschriften, die gewährleisten sollen, daß Pestizide nur sparsam und in zugelassenen Mengen verwendet werden.

### Biologische Schädlingsbekämpfung

Bei der biologischen Schädlingsbekämpfung werden natürliche Feinde, wie z.B. von Raub lebende Tiere, Parasiten, Pilze, Bakterien oder Viren, verwendet, um Schädlingsarten zu bekämpfen. Diese Art Bekämpfung hatte einige aufsehenerregende Erfolge in warmen, isoliert gelegenen Meeres- und Landgebieten, und zwar betrafen sie Schädlinge, die in jüngster Zeit ohne ihre natürlichen Feinde eingeschleppt wurden. Schon im Jahre 1892 wurde ein australischer Marienkäfer eingeführt, der die Schildläuse in kalifornischen Plantagen mit Zitrusgewächsen bekämpfen sollte; die Marienkäfer überlebten jedoch den Winter nicht. Um 1917 stellte man fest, daß es möglich ist, Marienkäfer auf Kartoffelsproßlingen zu züchten, die mit Schildläusen befallen waren. Dadurch war es möglich, Millionen von Marienkäfern auszusetzen — ein preiswerteres Verfahren, als das Bestäuben mit Pestiziden. Im Jahre 1929 ersetzten zwei aus Australien eingeführte Parasitenarten das Aussetzen von Marienkäfern bei der Bekämpfung einer Schildlausart. Marienkäfer werden jedoch noch immer für die Bekämpfung der anderen Art der Schildlaus sowie für die Bekämpfung von Schildläusen in Treibhäusern verwendet.



# Erfindungen 42: SCHIEßPULVER

Das Schießpulver gehört zu den wichtigsten Erfindungen in der Menschheitsgeschichte. Wenn es auch meist der Zerstörung diente, hatte sein Einsatz in der Industrie und für andere friedliche Zwecke bedeutende und weitreichende Auswirkungen. Mit seiner Hilfe war es möglich, Rohstoffquellen auf wirtschaftlichere Weise zu erschließen, als es vor dem 19. Jahrhundert mit den vergleichsweise primitiven Maschinen möglich war.

## Geschichtlicher Hintergrund

Angesichts der starken Auswirkungen, die das Schießpulver auf die Weltgeschichte hatte, ist es verblüffend, daß trotz intensiver Forschung in neuerer Zeit seine Herkunft nach wie vor im Dunkeln liegt. Man weiß jedoch, daß in China bereits zu Beginn des 11. Jahrhunderts eine Art schwachen Schießpulvers verwendet wurde und daß es zu Beginn des 13. Jahrhunderts als Treibmittel für Geschosse diente. Nach Europa gelangte die Kenntnis vom Schießpulver durch arabische Gelehrte. Man weiß, daß der in

Oxford wirkende Forscher Roger Bacon (1220 bis 1292) um 1290 die Substanz und ihre Explosivkraft kannte.

## Schießpulver und Feuerwaffen

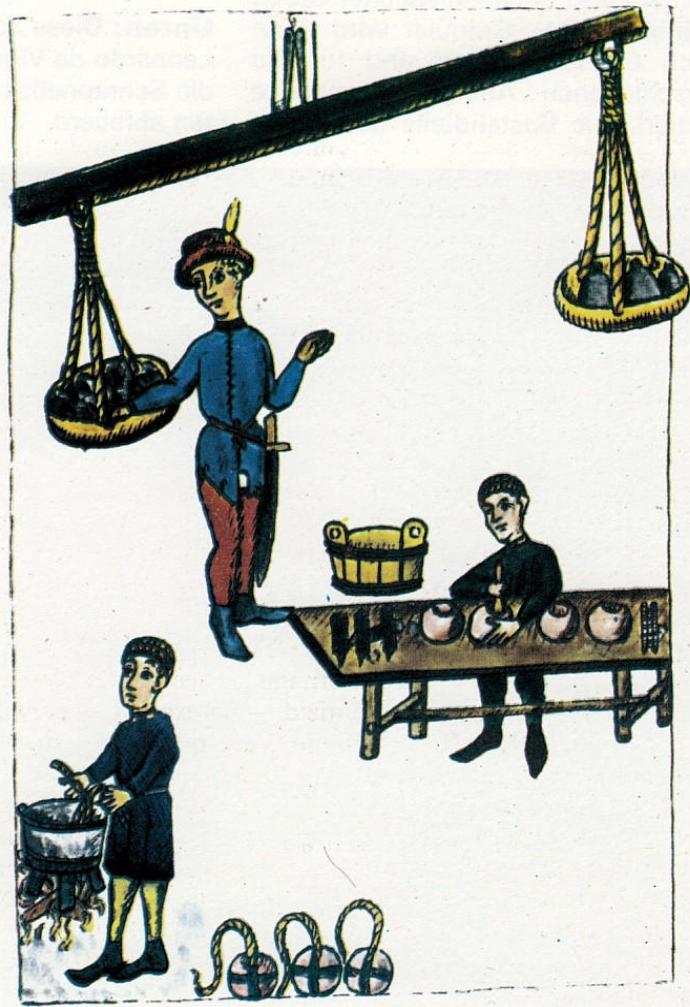
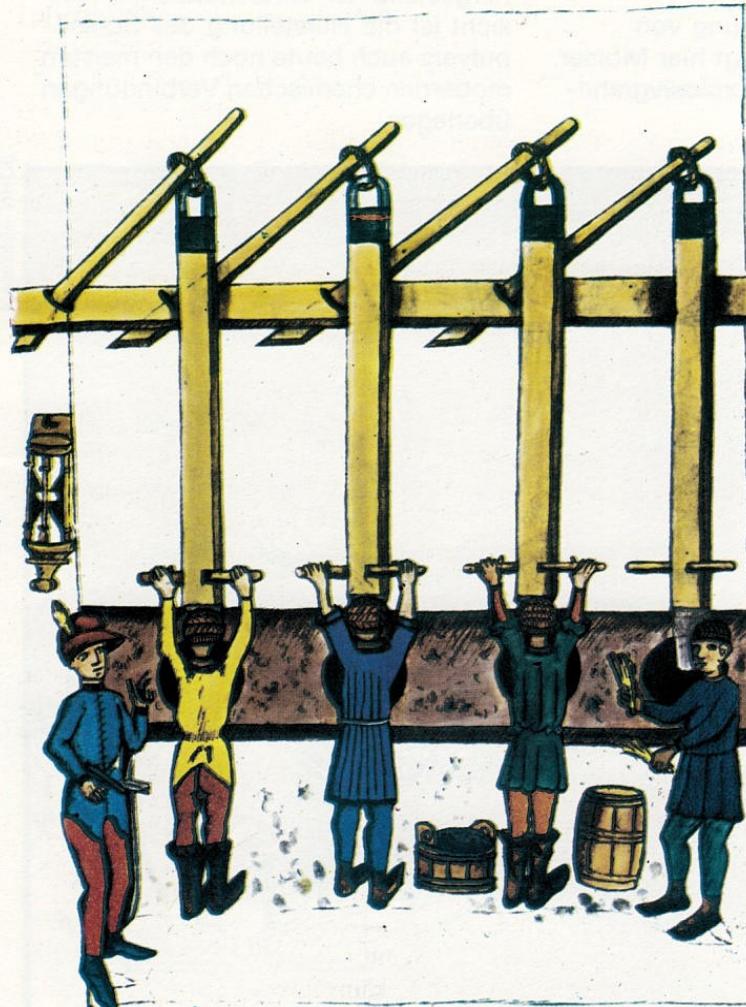
Die Verwendung von Schießpulver in Geschützen und anderen Feuerwaffen in Europa ist seit dem Jahre 1326 nachweisbar. Zu jener Zeit begann der Wettkampf zwischen der Entwicklung immer wirksameren

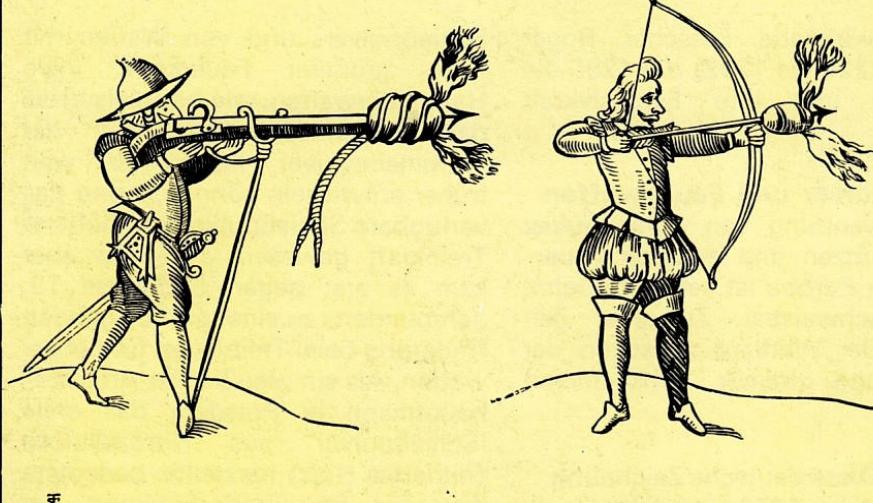
Schießpulvers und von Waffen mit noch größerer Feuerkraft. Viele Handfeuerwaffen, wie beispielsweise das Hinterladergewehr und der Trommelrevolver, hätte man weit früher entwickeln können, wenn das verfügbare Schießpulver von höherer Treibkraft gewesen wäre. So aber kam es erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts zu einer grundlegenden Änderung beim Treibmittel für Feuerwaffen. Als ein preußischer Artilleriehauptmann in Potsdam das erste 'Schießpulver' aus Nitrozellulose (nitriertes Holz) herstellte, bedeutete dies für Bau und Funktion der Feuerwaffen eine ähnliche Revolution wie fünf Jahrhunderte zuvor die Einführung des Schießpulvers für die Möglichkeiten zur Kriegsführung.

## Herstellung von Schießpulver

Schießpulver ist, wie auch die Nitrozellulose (Schießwolle), weniger eine chemische Verbindung als ein Gemenge. Es wird durch Vermischen dreier Bestandteile zu einer feuchten, pastosen Masse hergestellt, die man anschließend unter sehr hohem

**Unten:** Diese deutsche Zeichnung aus dem Jahre 1450 zeigt links einen Geschützmeister, der das Stampfen von Schießpulver überwacht. Jeder der Männer zieht einen schweren Holzbalken, der unter Federkraft steht, in einen Trog, wo die Bestandteile des Schießpulvers zerstampft werden. Im Bild rechts überwacht der Geschützmeister das Wägen und Mischen der für die Schießpulverherstellung wesentlichen Bestandteile, die im Anschluß daran zu einer feuchten Paste vermischt werden. An jeder fertigen 'Granate' wird dann eine Lunte aus Hanf befestigt.





**Oben:** Diese Darstellung aus der Mitte des 17. Jahrhunderts zeigt an Pfeilen befestigte 'Feuerbomben', die von einem Bogen und aus einer Luntenschloßmuskete abgefeuert werden. Wahrscheinlich enthielten sie Schießpulver als Zündmittel, konnten aber ebensogut mit Öl getränkt sein.

Druck zu Blöcken preßt. Diese Blöcke werden dann zerkleinert und zu Körnern von unterschiedlicher Größe granuliert. Das Granulat wird dann nach Größen gesiebt und für die verschiedenen Anwendungszwecke sortiert. Die Bestandteile der Masse

sind Kalisalpeter, Schwefel und Holzkohle. Der Qualität der einzelnen Zutaten, vor allem der Holzkohle, die man für die Treib- und Explosivkraft als entscheidend ansah, wurde besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Für Handfeuerwaffen im militärischen Einsatz und für erstklassige Sportwaffen verwendete man die Holzkohle von Hartriegelhölzern, während man sich für die Zwecke der Artillerie und weniger anspruchsvollen Sport-

**Unten:** Diese Zeichnung von Leonardo da Vinci zeigt hier Mörser, die Schrapnells und Explosivgranaten abfeuern.

einsatz mit Hölzern der Weide und der Erle zufriedengab. Im 18. und 19. Jahrhundert gab es große, weitgehend von den vorgesehenen Absatzmärkten abhängige Qualitätsunterschiede zwischen den im Handel erhältlichen Sorten von Schießpulver.

Bis etwa 1650 schwankten die Anteile der jeweiligen Grundstoffe erheblich. Holzkohle und Schwefel waren weit stärker vertreten als später, gewöhnlich zu je einem Viertel, mitunter sogar einem Drittel der Gesamtmenge. Ab 1650 setzten sich feste Mischungsverhältnisse durch, die man mit wenigen Abweichungen beibehielt: 75% Kalisalpeter, 15% Holzkohle und 10% Schwefel.

### **Vielseitigkeit des Schießpulvers**

Schießpulver ist ein Brennmaterial und kein Explosivstoff. Durch Veränderungen im Herstellungsverfahren und der Anteile kann es allen Waffenarten oder sonstigen Verwendungszwecken angepaßt werden. Daher wird es, trotz seiner Verdrängung durch Nitrozellulose für Handfeuerwaffen und die meisten anderen Feuerwaffen, wegen seiner zahlreichen wichtigen Anwendungsbereiche in der Industrie nach wie vor hergestellt. In wirtschaftlicher Hinsicht ist die Herstellung des Schießpulvers auch heute noch den meisten modernen chemischen Verbindungen überlegen.

