HEFT 8 EIN WÖCHENTLICHES SAMMELWERK ÖS 25 SFR 3.50 DM 3

WIE GEHT DAS

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

scan:[GDL]

WIE GEHT DAS

Inhalt

Das Bronchoskop und verwandte Instrumente	197
Bronze	199
Brücke, Bauarten	201
Brunnen	205
Buchdruck	207
Bühneneffekte	210
Chemie	212
Chemische Reinigung	217
Chlor und seine Verbindungen	220
Chromatographie	222

In Heft 9 von Wie Geht Das

Die Dampfmaschine war die wichtigste Energiequelle des 19. Jahrhunderts und spielte eine entscheidende Rolle bei der industriellen Revolution. In vielen Teilen der Welt sind Dampflokomotiven noch heute in Gebrauch. Völlig neu konstruierte und leistungsfähigere Modelle könnten in Zukunft als Alternative zu Diesellokomotiven auf den Markt kommen. Alles Wissenswerte über Dampfmaschinen können Sie in Heft 9 lesen.

Heute findet eine zweite industrielle Revolution statt. Die Computertechnologie beeinflußt beinahe jeden industriellen und kommerziellen Bereich. Näheres über die Funktionsprinzipien und die Bedeutung des Computers in der modernen Welt steht im nächsten Heft von WIE GEHT DAS.

WIE SIE REGELMÄSSIG JEDE WOCHE IHR HEFT BEKOMMEN

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

ZURÜCKLIEGENDE HEFTE

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

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

Schweiz: Das einzelne Heft kostet sfr 3,50. Bitte überweisen Sie den Betrag durch die Post (grüner Einzahlungsschein) auf das Konto: Schmidt-Agence AG, Kontonummer Basel 40-879, und schicken Sie Ihre Bestellung unter Einsendung Ihres Abschnitts an die Schmidt-Agence AG, Postfach, 4002 Basel. Kennwort: HEFTE.

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

INHALTSVERZEICHNIS

Damit Sie in WIE GEHT DAS mit einem Griff das gesuchte Stichwort finden, werden Sie mit der letzten Ausgabe ein Gesamtinhaltsverzeichnis erhalten. Darin einbezogen sind die Kreuzverweise auf die Artikel, die mit dem gesuchten Stichwort in Verbindung stehen.

Bis dahin schaffen Sie sich ein Inhaltsverzeichnis dadurch, daß Sie die Umschläge der Hefte abtrennen und in der dafür vorgesehenen Tasche Ihres Sammelordners verwahren.

SAMMELORDNER

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

SO BEKOMMEN SIE IHRE SAMMELORDNER

1. Sie können die Sammelordner direkt bei Ihrem Zeitschriftenhändler kaufen (DM 11 pro Exemplar in Deutschland, öS 80 in Österreich und sfr 11 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 11 sfr. Bitte überweisen Sie den Betrag durch die Post (grüner Einzahlschein) auf das Konto: Schmidt-Agence AG, Kontonummer Basel 40-879, und schicken Sie Ihre Bestellung unter Einsendung des Abschnitts an die Schmidt-Agence AG, Postfach, 4002 Basel. Kennwort: SAMMELORDNER.

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

Impressum: © Marshall Cavendish Ltd 1979, 1980. London, England. Verantwortlich für den Inhalt: Gerhard Sondermann, Hamburg 76, Am Feenteich 16.
Vertrieb in Deutschland: ipv GmbH, Hamburg; Wendenstrasse. Printed in Great Britain by CWS Ltd., Shields Rd., Newcastle, GB. DM 3 öS 25 sfr 3,50

DAS BRONCHOSKOP UND VERWANDTE INSTRUMENTE

Das Bronchoskop ist eine Vorrichtung, die es dem Arzt ermöglicht, in die Lunge hineinzusehen.

Das Bronchoskop gehört zu den Endoskopen oder Spiegelinstrumenten; hiermit bezeichnet man die Instrumente, die für die visuelle, innere Untersuchung von Körperhöhlen des Menschen gedacht sind.

Bis in die fünfziger Jahre bestanden alle Endoskope im wesentlichen aus einem steifen Rohr, das eine Reihe von Linsen enthielt. An der Spitze war eine winzig kleine Glühlampe angebracht, die an eine äußere Stromquelle angeschlossen war. Das Endoskop besaß normalerweise einen äußeren Mantel, durch den eine Salzlösung strömte, um ein klares Gesichtsfeld zu gewährleisten. Dieses System hatte die Nachteile einer beschränkten Lichtstärke und geringer Bestimmungsmöglichkeiten infolge der Verzerrung, die durch die große Zahl der verwendeten Linsen hervorgerufen wurde.

Bei den modernen Instrumenten werden für die Lichtübertragung in die Körperhöhle, die untersucht werden soll, FASEROPTIKEN verwendet. In einigen Fällen wird auch das Bild auf diesem Wege zurückübertragen. Faseroptiken arbeiten nach dem Prinzip, nach welchem Licht infolge seiner Reflexion an den Wänden durch einen gekrümmten Glasstab geleitet werden kann. In der Praxis hat man herausgefunden, daß die Dicke des Stabes bis auf diejenige einer flexiblen Glasfaser herabgesetzt werden kann. Solche Fasern werden aus Glas mit verschiedenen Lichtbrechungseigenschaften (Brechungsindizes) hergestellt. Sie besitzen einen Kern für die Lichtübertragung und eine Ummantelung geringerer optischer Dichte, die einen Lichtverlust verhindert. Ein Stab aus lichtübertragendem Glas wird in eine Glasröhre mit kleinerem Brechungsindex eingeschoben. Die beiden Teile werden im Ofen erhitzt, bis sie weich sind, bevor sie zur Glasfaser ausgezogen werden. Solche Fasern werden dann in Bündeln zusammengefaßt und dienen als Lichtleiter.

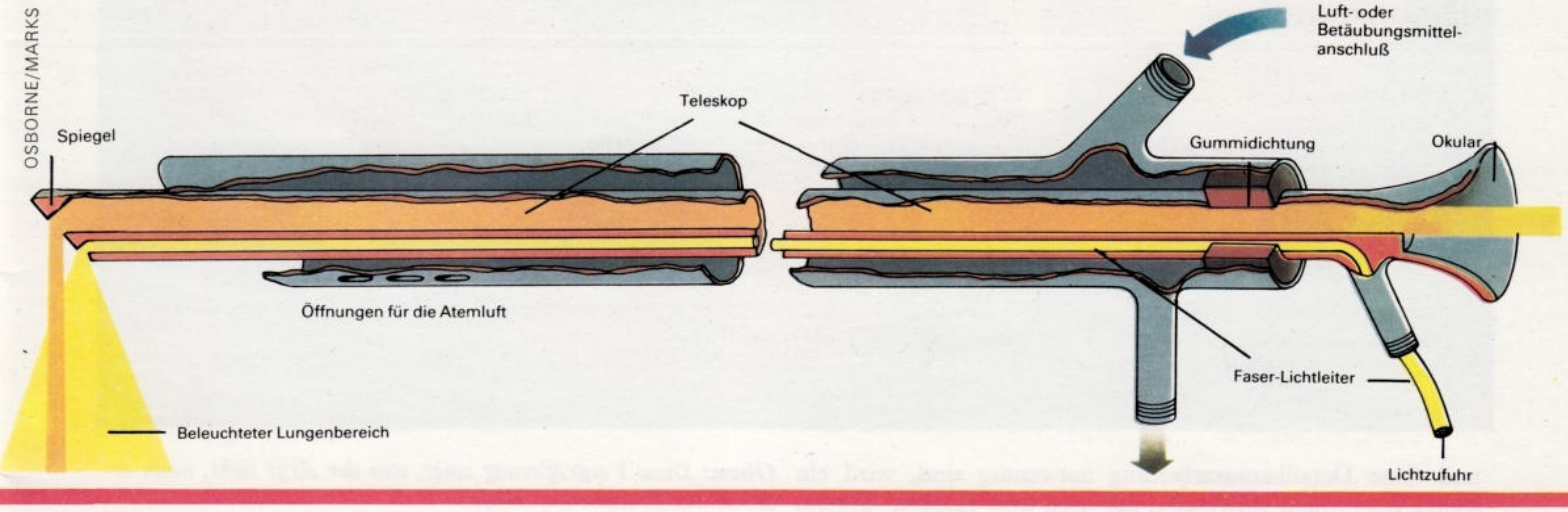
Da sich die eigentliche Lichtquelle außerhalb des Körpers des Patienten befindet, kann man außerordentlich starke Lampen, wie Halogenlampen, ohne Gefahr einer Hitzebeschädigung des Gewebes einsetzen. Dies ermöglicht eine wirksamere Observation und auch die Aufnahme von Fotos durch das Endoskop.

Wenn die Fasern zu kohärenten Bündeln zusammengefaßt werden, in denen die einzelnen Fasern sich an beiden Enden des Bündels an der gleichen Stelle befinden, können sie für die Bildübertragung benutzt werden. Jede Faser überträgt einen kleinen Punkt des Bildes, was eine ausreichende Unterscheidung von Details ohne Verzerrung erlaubt. Hingegen kann das Bündel, das der Lichtübertragung in den Untersuchungsbereich dient, inkohärent sein, also aus beliebig angeordneten Fasern bestehen. Endoskope, die sowohl Observierungs- als auch Beleuchtungselemente aus Faseroptikbündeln besitzen, sind äußerst biegsam. Also können sie mit einem Minimum an Unbequemlichkeit für den Patienten in Körperbereiche eingeführt werden, die sonst unzugänglich wären.

Wenn durch das Endoskop Farbfotos aufgenommen werden sollen und für diagnostische Zwecke eine gute Farbabstufung

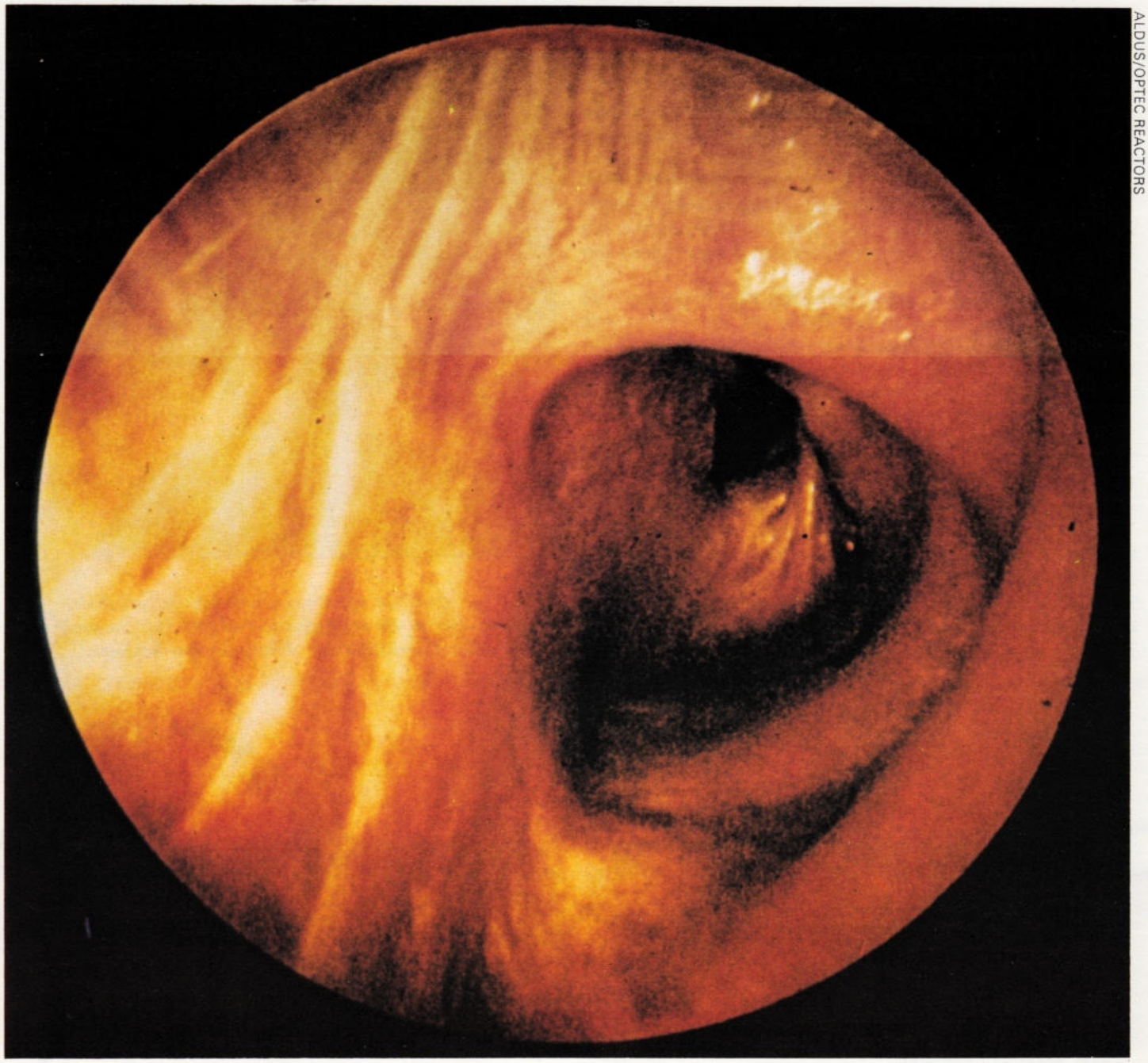
ALDUS/BARRY RICHARDS

Oben: *Der Arzt hält das Bronchoskop nur außerhalb des Patienten, aber in der vorgesehenen Position. Das Saugrohr in seiner rechten Hand dient zur Absaugung von Sekreten.*



OSBORNE/MARKS

Oben: *Längsschnitt eines Bronchoskops. Die Löcher an der Seite des äußeren Rohres ermöglichen die Atmung des Patienten und die Einführung von Betäubungsmitteln. Das Beobachtungssystem besteht aus einem Teleskop und Lichtleiter, die in einem dünnen Rohr enthalten sind, welches durch das Hauptrohr geführt wird.*



ALDUS/OPTEC REACTORS

Oben: *Diese Vergrößerung zeigt, was der Arzt sieht, wenn er durch das Bronchoskop blickt.*

und feine Detailherausarbeitung notwendig sind, wird ein steifes Instrument verwendet, das nach dem Hopkins-System arbeitet. Bei dem herkömmlichen Instrument waren Glaslinsen innerhalb eines luftgefüllten Rohres angebracht, Nach dem Hopkins-System wird jedoch ein massiver Glasstab verwendet, an dem die Linsen durch Lufthohlräume gebildet werden. Die Enden des Stabes oder der Stäbe weisen eine zweckmäßige Krümmung auf. Dieses System erlaubt eine neunmal größere Lichtübertragung, als vorher möglich war.

Verschiedene Typen

Weiterentwickelte Formen des Endoskops können für bestimmte chirurgische Eingriffe, wie z.B. als elektrisches Skalpell verwendet werden. Andere werden zur Entnahme kleiner Gewebeproben für Biopsie-Zwecke verwendet. Eine solche Verwendung des Endoskops macht häufig größere chirurgische Eingriffe überflüssig.

Das Bronchoskop kann ein steifes Instrument sein, das in die Luftröhre eingeführt wird, um mit Hilfe schräg angeordneter Linsen die Öffnungen zu observieren, die zu den Lungenflügeln führen. Es ist mit einer Vorrichtung versehen, die eine Verschleierung des Bildes verhindert, und kann für die Entnahme einer präzisen Gewebeprobe für Biopsie-Zwecke verwendet werden. Die biegsame Faseroptik-Ausführung besitzt eine lenkbare Spitze, die eine Einführung in die kleineren Bronchien ermöglicht.

Das Arthroskop ist ein spezieller Typ des Instrumentes und wird für die Untersuchung der mit Flüssigkeit gefüllten Kapsel der großen Gelenke des Körpers verwendet. In das Gelenk wird eine starke Hohlnadel eingeführt, durch die das Arthroskop eingelassen wird.

Die Gastroskope sind biegsame Instrumente, die für die Untersuchung des Magens und des oberen Darmtraktes durch den Mund und die Speiseröhre eingeführt werden. Dieses Verfahren bringt wenig Unbequemlichkeit für den Patienten mit sich und wird in Japan bei Massenuntersuchungen auf Magenerkrankungen in großem Umfange benutzt. Zu nennen sind auch Zusatzvorrichtungen, die es ermöglichen, daß mehr als eine Person gleichzeitig durch das Endoskop sehen kann. Diese bestehen in der Regel aus einem sekundären Faseroptikbündel mit einem Okular. Wenn eine noch größere Zahl von Personen zusehen soll, kann eine hausinterne Fernsehkamera mit Hilfe eines Faseroptikbündels an das Instrument angeschlossen werden.

BRONZE

Früher bezeichnete man als Bronze eine Kupferlegierung, die mit 25 Prozent Zinn gehärtet worden war. Heute werden darunter eine ganze Reihe von Legierungen verstanden, die auf der Grundlage von Kupfer gebildet werden und zum Teil nur wenig oder kein Zinn enthalten.

Die Bronzezeit war die Periode, die auf die Steinzeit folgte und in der die Menschen zum ersten Mal Metall verwendeten. Zunächst beuteten sie die natürlichen Vorkommen an KUPFER, GOLD und SILBER aus. Um 3000 v. Chr. wurde jedoch Bronze entdeckt und ihre Vorzüge für die Werkzeugherstellung wußten die Menschen bald zu schätzen.

Härte

Bronze ist härter als Kupfer und läßt sich leichter schmelzen und gießen als Kupfer. Sie konnte neu verarbeitet werden, wenn sie verbogen oder eingebeult war, oder — sofern es sich um eine Axt oder ein Messer handelte — einfach geschärft werden.

Bronzeherstellung

Bronze wird auf ähnliche Weise wie Messing hergestellt. Reines und Bruch-Kupfer werden zusammen in einem Ofen geschmolzen und dann Zinn und die anderen Metalle für die LEGIERUNG hinzugegeben. Die flüssige Bronze läßt man in Gußformen laufen, um Barren zu bekommen, die danach in die erwünschten Formen gegossen werden. Man verwendet verschiedene Arten von Öfen. Die wichtigsten sind der elektrische Induktionsofen und Tiegelöfen, in denen das Metall in einer großen Schale oder in Tiegeln durch Öl oder Gas erhitzt wird.

Lagerbronze

Lagerbronze ist eine Bronze, der man Zink hinzugefügt hat. Sie wurde früher für die Herstellung von Kanonen verwendet und heißt deshalb auch Kanonenbronze. Sie setzt sich aus etwa 88% Kupfer, 8% bis 10% Zinn und 2% bis 4% Zink zusammen. Sie hat hervorragende Gußeigenschaften. Abgesehen von ihrer weiten Verbreitung im Maschinenbau, wie z.B. bei Teilen für Dampfdruckausrüstungen, wird sie viel für Lager, Getriebe und Schmuckarbeiten verwendet. Blei- und Nickelbronzen enthalten jeweils etwa 5% des betreffenden Metalls.

Wie Messing läßt sich auch Bronze maschinell besser verarbeiten, wenn man ihr Blei beigemengt hat. So wird z.B. bei der Verarbeitung auf der Drehbank das Metall in Spänen und nicht in langen Spiralen, die das Schneidwerkzeug beschädigen können, abgenommen. Die Bestandteile an Blei bedeuten auch, daß mit höherer Schneidgeschwindigkeit gearbeitet werden kann, ohne daß Werkzeug oder Werkstück beschädigt werden. Bleibronzen wie die 85-5-5-5-(Kupfer-Zinn-Zink-Blei)-Legierung werden auch für den Guß in Sandformen verwendet. Die Zugabe von 0,05% Phosphor trägt dazu bei, den Sauerstoff aus der Legierung zu entfernen.

Phosphorbronze

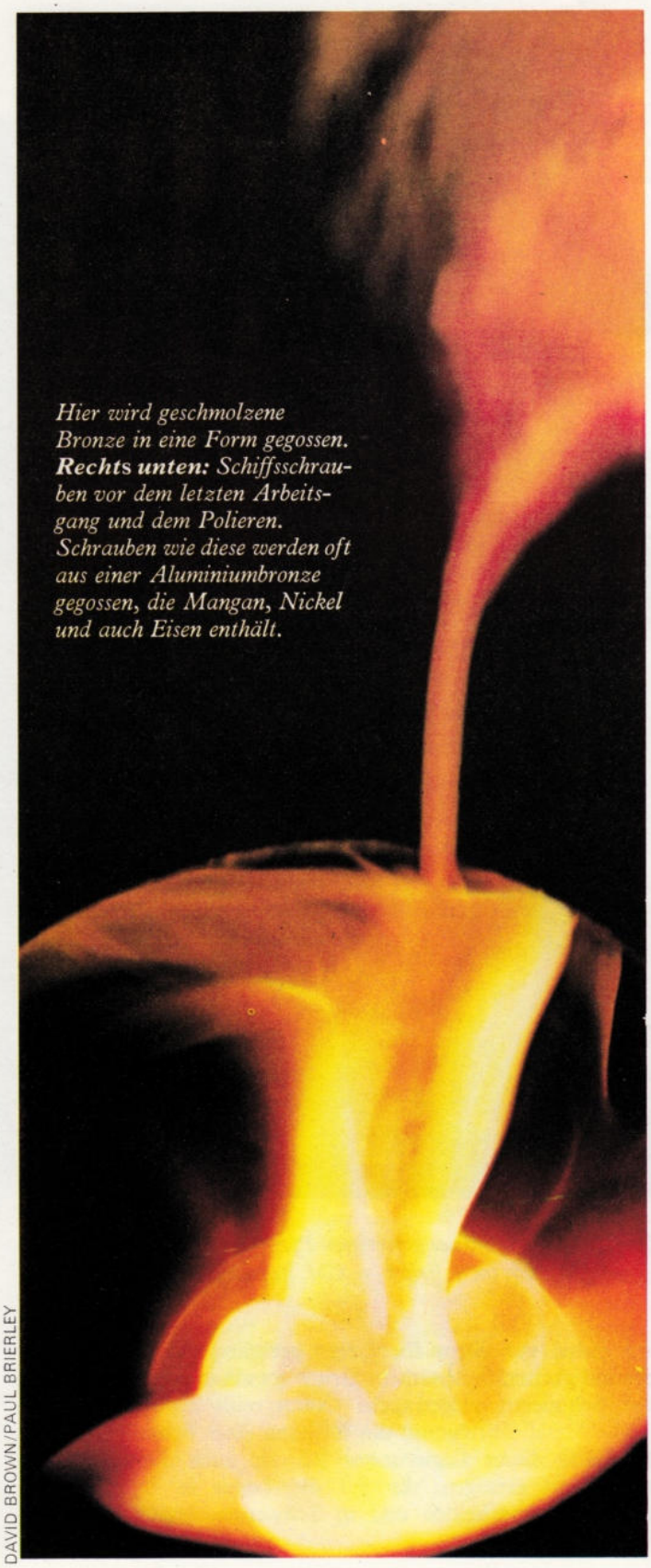
Eine der wichtigsten Bronzearten wird durch das Hinzufügen von 0,1% bis 1,5% Phosphor zu der ursprünglichen Kupfer- und Zinn-Legierung gewonnen. Wenn der Anteil an Phosphor über 0,3% hinausgeht, verbindet sich ein wenig davon mit Kupfer zu Kupferphosphid, wodurch die Legierung härter wird. Die Phosphorbronzen mit einem unter 0,3% liegenden Anteil an Phosphor sind elastisch, nichtmagnetisch sowie korrosionsbeständig und deshalb gut für Kontakte in Relais und anderen Elementen in elektrischen Schaltsystemen zu gebrauchen.

Die Bronzen mit einem höheren Phosphoranteil werden häufig in Lagern verwendet. Die Arten mit einem Bleianteil sind dabei vor allem für Lager geeignet, die hohen Geschwindigkeiten und starkem Druck standhalten müssen. Der zum Schmieren aufgetragene Ölfilm reißt leicht, und das weiche Metall übernimmt die Wirkung eines Schmiermittels. Die Härte dieser Legierungen läßt sie auch die schweren Belastungen ertragen, die auf die Lager in Stahl-Walz-Anlagen, Drehscheiben und in Schwermaschinen ausgeübt werden.

Oben: *Die aus Bronze gefertigten Pferde von San Marco in Venedig wurden im 3. Jahrh. n. Chr. gegossen.*

Bleizinnbronzen

Dies sind 'normale' Kupfer-Zinn-Legierungen mit einem Bleianteil von bis zu 20%. Die Arten mit einem niedrigen Bleianteil enthalten zwischen 0,5% und 6% Blei, die mit einem hohen Bleianteil bis zu 20%. Sie werden in vielen Bereichen in der Industrie und im Maschinenbau gebraucht. Die Bronzen mit einem niedrigen Bleianteil nimmt man für Zubehörteile bei Dampf- und Wasserrohren, für Schmuckzwecke, Bolzen, Muttern, Vergaser, Getriebe und Ölpumpen. Die Bronzen mit einem hohen Bleianteil finden Verwendung in Lagern und Pumpen, die sowohl hohen Geschwindigkeiten als auch hohen Belastungen ausgesetzt sind.



Hier wird geschmolzene Bronze in eine Form gegossen. ***Rechts unten:*** *Schiffsschrauben vor dem letzten Arbeitsgang und dem Polieren. Schrauben wie diese werden oft aus einer Aluminiumbronze gegossen, die Mangan, Nickel und auch Eisen enthält.*

DAVID BROWN/PAUL BRIERLEY

Aluminiumbronze

Aluminiumbronze gewinnt man, indem man dem Kupfer Aluminium beifügt. Oft werden auch einige Prozent Eisen oder Nickel hinzugegeben. Diese Legierung nennt man Bronze, obwohl sie keinen Zinn enthält. Mit einem Aluminiumanteil von 10% ist diese Bronzeart so hart wie Weichstahl. Sie hat eine attraktive goldene Farbe und gute Korrosionsbeständigkeit. Deshalb ist sie weit verbreitet beim Produzieren von Ornamenten, Schiffsschrauben und Installationszubehör sowie Goldimitationen für Schmuck. Wegen seiner Stärke und Widerstandsfähigkeit ist sie auch geeignet für die Herstellung von Teilen für Pumpen sowie von Lagern, Getrieben und Flugzeugfahrwerken. Es gibt auch eine Reihe von Bronzen, die aus Legierungen von Kupfer mit Aluminium, Mangan, Nickel oder Eisen hergestellt und für Schiffsschrauben sowie für Nocken und Teile von hydraulischen Anlagen verwendet werden.

Aluminiumbronzen werden von den in vielen industriellen Vorgängen verwendeten verdünnten Säuren (wie den verdünnten Salz- und Schwefelsäuren) nicht angegriffen. Deshalb macht man häufig säurebeständige Pumpen und Wannen aus Aluminiumbronzen.

Bronzemünzen

Bronzemünzen gibt es heute auf der ganzen Welt. Die für sie verwendeten Legierungen haben einen hohen Kupferanteil (oft bis zu 97%) und einige Prozent Zinn und Zink. In den zwanziger Jahren dieses Jahrhunderts veranlaßten die schwankenden Preise für Zinn, Zink und Kupfer die meisten Länder dazu, die Anteile dieser Metalle in ihren Münzen zu verändern.

Messing

Messing ist eine Legierung aus Kupfer und Zink von gelber Farbe. Gewöhnlich kommen zwei Teile Kupfer auf einen Teil Zink. Es ist härter und gibt einen volleren Klang als Bronze. Deshalb macht man Blechinstrumente und Orgelpfeifen aus Messing, außerdem aber auch Haushaltsartikel und Teile von Maschinen.

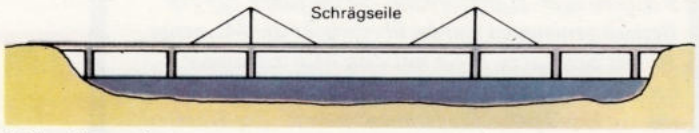
VOSPER THORNYCROFT/PAUL BRIERLEY

BRÜCKE, BAUARTEN

Vor dem Bau einer Brücke müssen die Konstrukteure festlegen, welche Bauart für den vorgesehenen Zweck und die vorhandenen Bodenverhältnisse am besten geeignet ist — Hänge-, Balken- oder Bogenbauart — sowie das Baumaterial, die zu erwartende Belastung, Umweltbedingungen wie heftige Winde und Erdbebengefahr und das am besten geeignete Bauverfahren.

Balkenbrücke

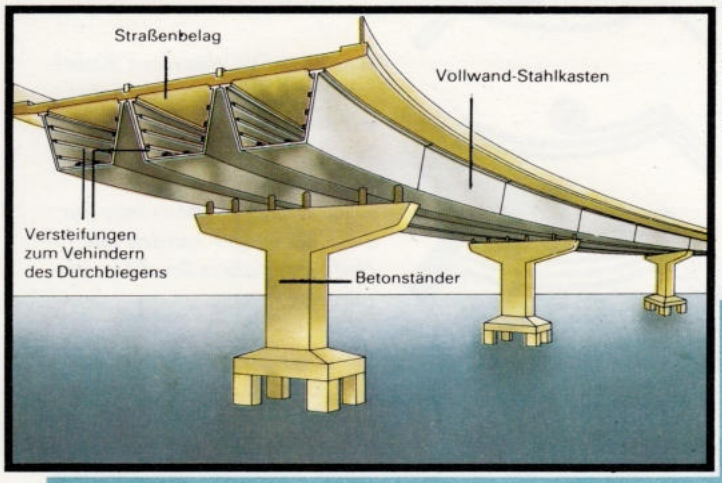
Die am weitesten verbreitete Bauart ist die Balkenbrücke. Ein über einen Graben gelegtes Brett ist eine einfache Balkenbrücke. Die Belastung wird durch eine Biegebeanspruchung des Materials aufgefangen. Bei einem einfachen Balken, der auf nur zwei Unterstützungspunkten ruht, ruft eine nach unten gerichtete Belastung an dessen Unterseite eine Spannung und an dessen Oberseite einen Druck hervor. Diese Beanspruchungen entwickeln eine Hebelkraft (der Fachausdruck lautet Biegemoment), die ausreicht, um der Belastung zu widerstehen. Die Kräfte, die den Balken gestreckt halten, müssen gemäß einem grundlegenden Gesetz der Statik gleich den Kräften sein, die in die entgegengesetzte Richtung wirken. Bei einer gegebenen Materialmenge wird daher ein dicker Balken eine größere Hebelkraft ergeben als ein dünner; auch wird das Material an der Ober- und Unterseite wirksamer



Schrägseil-Bauweise

ZEFA

Oben: Die Severins-Brücke über den Rhein in Köln ist eine Schrägseilbrücke, bei der die Fahrbahnplatte durch zum Pfeiler führende Schrägseile gestützt wird. Die im Jahre 1959 dem Verkehr übergebene Brücke ist asymmetrisch mit Spannweiten von 151 m und 302 m.

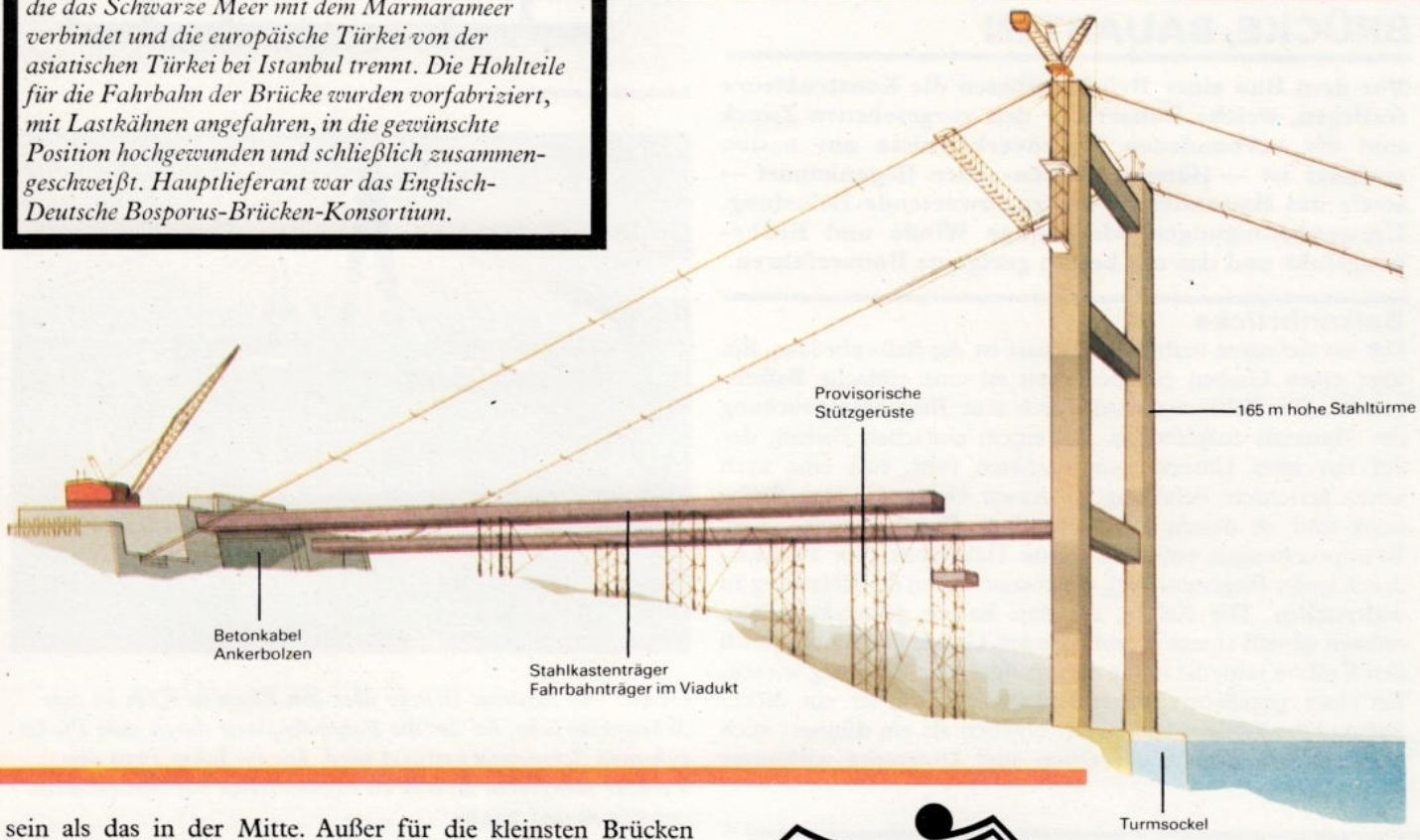


NIGEL OSBORNE

Links: Bauweise einer Kastenträgerbrücke mit drei trapezförmigen Kastenträgern. Diese Brücken haben im allgemeinen einen oder zwei, seltener jedoch drei Kastenträger.
Unten: Die Kastenträgerbrücke über die Bucht von Rio de Janeiro (Rio-Niteroi-Brücke) während des Baues. Sie wurde 1972 eröffnet. Die einzelnen Öffnungen werden durch 300 m lange Balkenausleger überbrückt. Zur Zeit ist dies die längste aus Vollwand-Kastenträgern erbaute Brücke der Welt.

BSC

Die Montage der Brücke über den Bosporus. Diese Kastenträger-Hängebrücke, die im Jahre 1973 in Betrieb genommen wurde, überbrückt die Meerenge, die das Schwarze Meer mit dem Marmarameer verbindet und die europäische Türkei von der asiatischen Türkei bei Istanbul trennt. Die Hohlteile für die Fahrbahn der Brücke wurden vorfabriziert, mit Lastkähnen angefahren, in die gewünschte Position hochgewunden und schließlich zusammengeschweißt. Hauptlieferant war das Englisch-Deutsche Bosporus-Brücken-Konsortium.



sein als das in der Mitte. Außer für die kleinsten Brücken wählt man daher Träger mit I- oder T-förmigem Querschnitt oder Kastenträger (siehe KASTENTRÄGERBRÜCKE).

Ausleger und Gelenkträger

Beim einfachen Balken mit Lagern an beiden Enden entsteht das größte Biegemoment in der Mitte. In Richtung der beiden Enden nimmt es bis zu den Lagern auf Null ab. Dies ist ungeeignet, wenn man ein schlankes, elegantes Aussehen wünscht. Bei der Bauart mit Ausleger und Gelenkträger sind Ausleger und Gelenkträger durch 'Scharniere' getrennt, die das Biegemoment in zwei Teile teilen, nämlich Durchbiegung wie zuvor im Mittelteil der Spannweite und negatives Moment (Spannung oben, Druck unten) über den inneren Auflagern. Wenn erforderlich, kann man das negative Moment so bemessen, daß mehr als die Hälfte des Gesamtmomentes darauf entfällt. Dies ergibt ein elegant geschwungenes Profil.

Hängebrücke

Die HÄNGEBRÜCKE kann zwar mit großen Spannweiten gebaut werden, hat aber einen großen Nachteil: Sie ist sehr geschmeidig. Die durch Verkehr ausgeübte Belastung kann zu einer beträchtlichen Durchbiegung führen, besonders wenn sie auf etwa der Vierteilstützweite wirkt. Deshalb unterstützt fast immer ein Versteifungsbalken oder Kastenträger die Tragseile. Trotzdem wird diese Bauart für Eisenbahnbrücken selten angewandt, weil Züge schwer sind und die von ihnen ausgeübte Belastung auf kleinerem Raum wirkt als die von Straßenfahrzeugen. Hängebrücken sind jedoch für die größten

Rechts: *Die einzelnen Kabelträger der Bosporus-Brücke werden mit verzinktem Stahldraht gebündelt.*

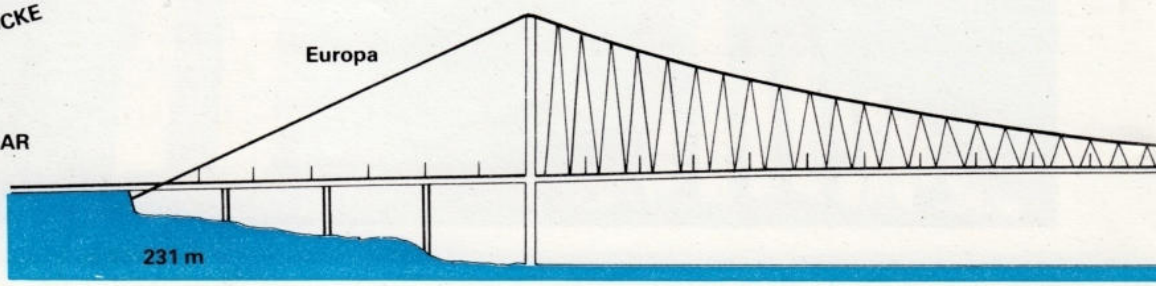
Links: *Die Drahtstränge für die Kabelträger werden mit Hilfe von fahrenden Flaschenzügen verlegt.*

Stützweiten geeignet, denn Drahtseile lassen sich billiger und mit größerer Festigkeit herstellen als die für Balkenkonstruktionen geeigneten Stahlteile. Eine Kompromißlösung, die für mittlere Stützweiten heute sehr beliebt ist, bildet die Schrägseilbrücke, bei der Schrägseile zwischen den Pylonen und den Versteifungsträgern die Steifigkeit des Bauwerks erhöhen.

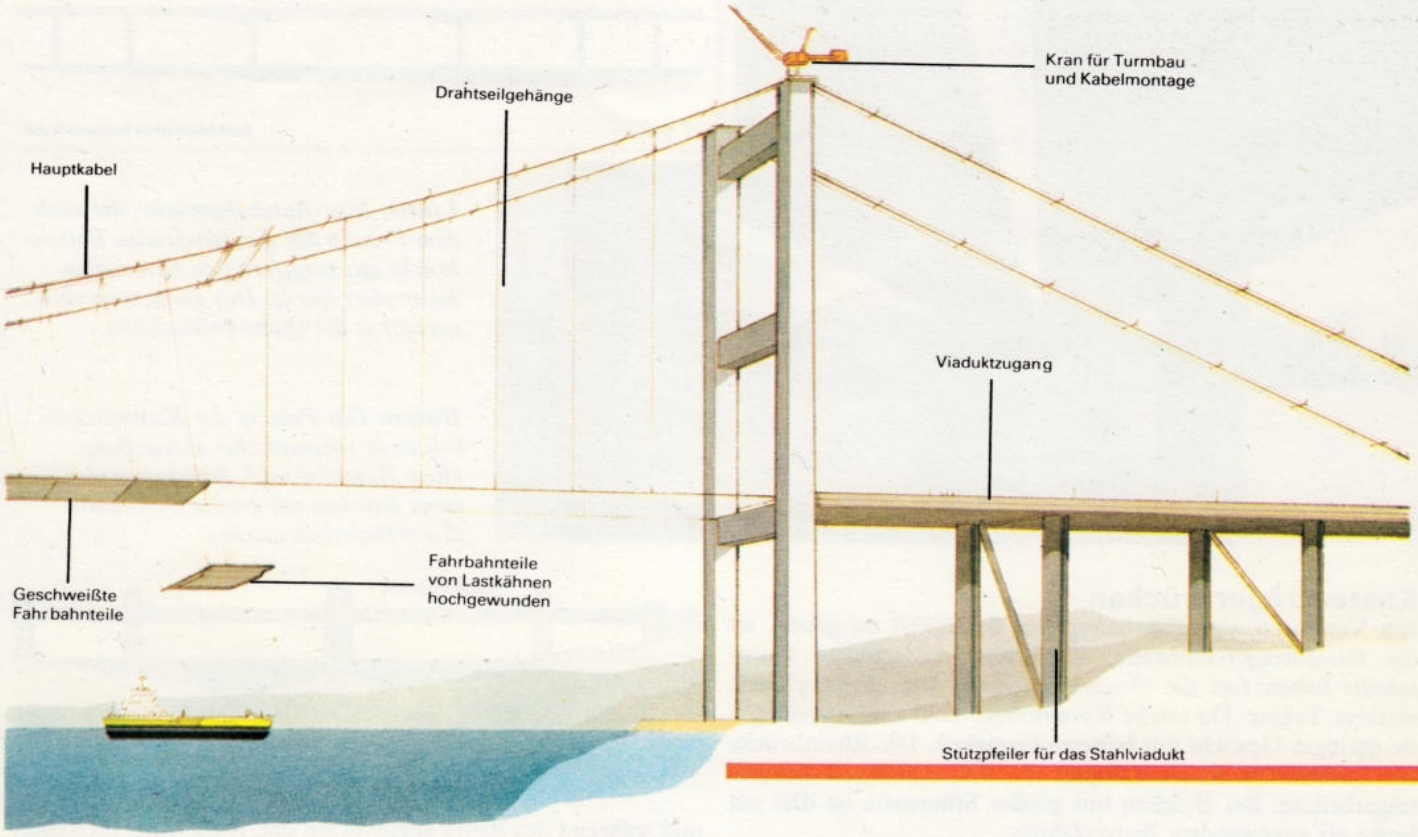
Der Bogen

Im Brückenbau kann der Bogen als umgekehrte Hängebrücke angesehen werden. Wie die Hängebrücke leitet der Bogen viel größere Kräfte auf die Widerlager (die Lager an beiden Enden) als der einfache Balken, obwohl diese Kräfte schiebend und nicht ziehend wirken. Dies überträgt einen Teil der Belastung auf den Untergrund. Dadurch spart man Material beim eigentlichen Bauwerk, es sind jedoch zuverlässige Fundamente erforderlich. Die Schmiegsamkeit bietet bei dieser Bauart geringere Schwierigkeiten, weil ein verhältnismäßig großer Bogenträger aus Stahlteilen zusammengebaut wird, der der Knickbeanspruchung entgegenwirkt.

Unten: *Die Landkarte gibt die Lage der Bosporus-Brücke an.*



NIGEL OSBORNE/FREEMAN FOX & PARTNERS/CLEVELAND BRIDGE & ENGINEERING CO



HOCHTIEF AG/KARAYOLLARI GENEL MUDURLUGU

Die längste Steinbogenbrücke wurde im Jahre 1903 in Plauen (heute DDR) gebaut; sie ist 89,90 m lang. Die längste Stahlbogenbrücke wurde in den siebziger Jahren über die New River Schlucht in West Virginia (USA) gebaut; sie ist 518,20 m lang. Die längste Betonbogenbrücke ist die 304,80 m lange, im Jahre 1964 fertiggestellte Gladesville-Brücke in Sydney, Australien.

Bemerkenswerte Brücken mit großer Stützweite

Zu diesen gehört die Duisburg-Neuenkamper Brücke in der Bundesrepublik, die längste Schrägseil-Kastenträgerbrücke der Erde. Sie ist 350 m lang und wurde im Jahre 1970 fertiggestellt.

Für den Bauingenieur ist die Stützweite, die Entfernung zwischen den Lagern, das, was beim Entwurf einer Brücke am meisten zählt. Es ist verhältnismäßig leicht, kilometerlange Brücken in vielen kleinen Stützweiten zu bauen. Bei Eisenbahnstrecken für hohe Geschwindigkeiten wie bei dem japanischen Shin-Kansen-System, werden Hunderte von Kilometer in dieser Bauweise ausgeführt. Sie bietet aber nicht die Schwierigkeiten, die bei den folgenden Beispielen auftreten.

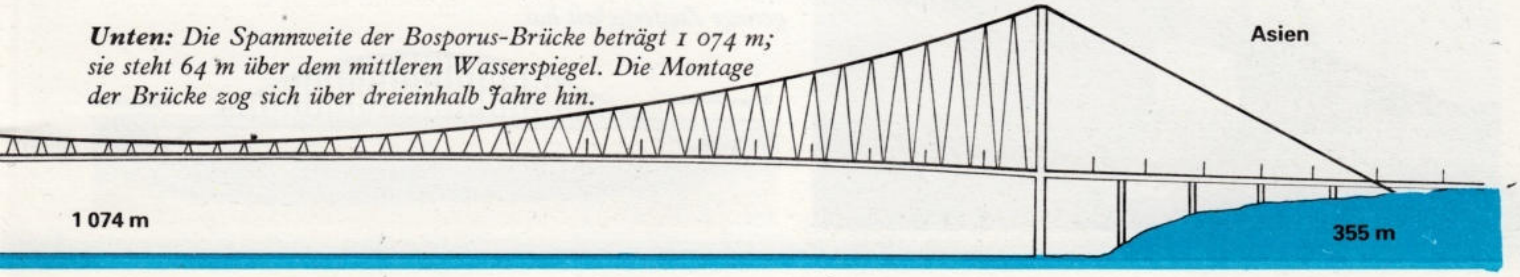
Die von 1883 bis 1889 erbaute Eisenbahnbrücke über den Firth of Forth bei Edinburgh ist das erste Beispiel für den Stahlbau in so großem Maßstab (siehe AUSLEGERBRÜCKEN). Die größten Stützweiten betragen 520 m.

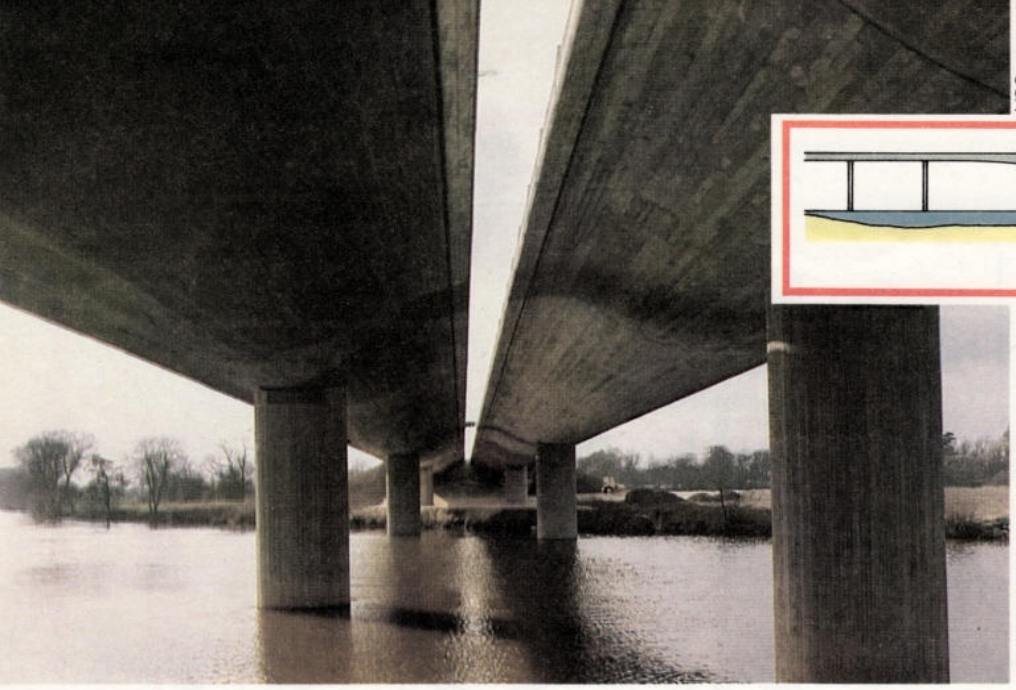
Stahlbögen

Kurz nach der Jahrhundertwende waren Stahlbögen für große Stützweiten beliebt. Das Hell Gate in New York wurde im Jahre 1916 durch einen Bogen von 298 m Länge überbrückt. Er trägt eine vierspurige Eisenbahn. Eine ähnliche Bauweise wählte man für die Hafenbrücke in Sydney, die eine Spannweite von 500 m hat.

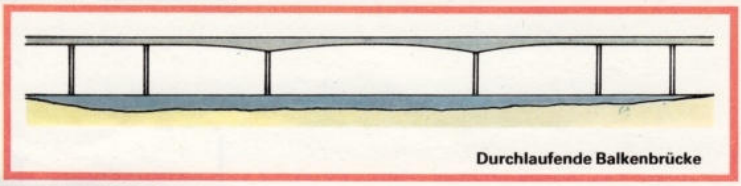
Die erste Brücke mit einer Stützweite von mehr als 300 m wurde im Jahre 1849 über den Ohio-Fluß gebaut. Sie ist auch bemerkenswert als frühes Beispiel der Verwendung von Drahtseilen im Brückenbau.

Unten: *Die Spannweite der Bosporus-Brücke beträgt 1 074 m; sie steht 64 m über dem mittleren Wasserspiegel. Die Montage der Brücke zog sich über dreieinhalb Jahre hin.*





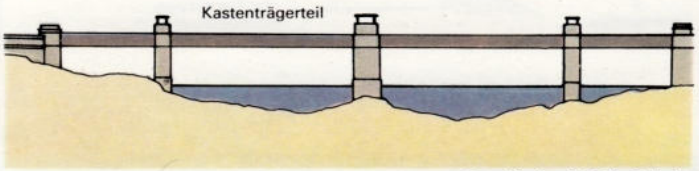
CCA



Durchlaufende Balkenbrücke

Links: *Eine Autobahnbrücke, die nach dem Prinzip der durchlaufenden Balkenbrücke aus vorgefertigten Betonteilen konstruiert wurde. Das Diagramm oben vermittelt die Querschnittansicht.*

Unten: *Das Prinzip der Kastenträgerbrücke in schematischer Darstellung. Diese Bauweise wird dann verwendet, wenn Brücken mit großer Stützweite dies erforderlich machen.*



OSBORNE/MARKS

Durchlaufende Balkenbrücke

Kastenträgerbrücken

Ein Verfahren, der Fahrbahnplatte Steifigkeit zu geben, ist die Kastenträger-Bauweise. Hohlträger mit großem Querschnitt haben fast die gleiche Festigkeit wie entsprechende massive Träger. Da solche Kastenträger hohl sind, vereinigen sie geringes Gewicht mit höherer Festigkeit. Die Rheinbrücke bei Leverkusen ist ein Beispiel für eine Schrägseil-Kastenträgerbrücke. Bei Brücken mit großer Stützweite ist dies ein heute oft angewandtes Bauverfahren.

Beton oder Stahl

Bei den Baustoffen besteht im Grunde nur die Wahl zwischen STAHL und BETON. Alle Betonbrücken erfordern jedoch große Stahlmengen als Verstärkung, und die meisten Stahlbrücken haben eine Betonfahrbahn.

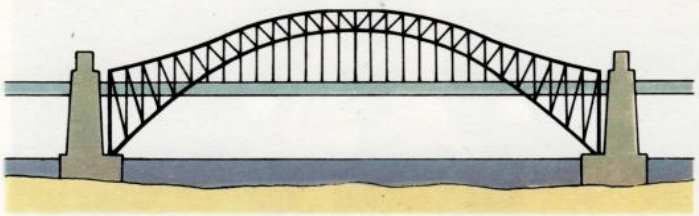
Beton ist der billigste geeignete Baustoff. Sein großer Nachteil aber besteht in seiner geringen Zugfestigkeit. Bei Bogenkonstruktionen spielt das keine große Rolle, aber in den meisten anderen Anwendungsfällen muß man Stahl zur Verstärkung hinzugeben, um die Zugkräfte aufzunehmen. Runde Stahlstäbe bilden in der Regel die billigste und praktischste Verstärkung.

Beton ist pro Festigkeitseinheit etwa viermal schwerer als Stahl. Bei kurzen Stützweiten ist die Verkehrsbelastung im Vergleich mit dem Gewicht des Bauwerks groß, so daß dieser Umstand keine besondere Rolle spielt. Bei großen Stützweiten ist es umgekehrt. Beträgt die Stützweite 200 m, beträgt, selbst bei Ganzstahlbauweise, das Gewicht des Bauwerkes möglicherweise das Dreifache jeder zusätzlichen Belastung. Es muß mithin soviel Festigkeit vorhanden sein, daß die Gesamtwirkung aufzunehmen ist. Für solche Stützweiten ist Stahl in der Regel billiger als Beton. Ein weiterer Vorteil der Stahlbauweise besteht darin, daß man weniger Material zu bewegen und während des Baues abzustützen hat. Außerdem verringert oder vermeidet sie den erforderlichen Aufwand an Verschalungen (Schüttformen für den Beton und vorläufige Stütze).

Brückenbau

Viel Scharfsinn ist für den Bau großer Brücken erforderlich. Ein guter Konstrukteur berücksichtigt die Eigenarten der Baustelle beim Entwurf schon sehr frühzeitig: Können große Bauteile von unten oder oben her eingebaut werden? Stehen sehr große KRÄNE zur Verfügung?

Am einfachsten dürfte es sein, ein vollständiges Brückenteil in einer Werkhalle oder irgendwo auf ebenem Grund zusammenzubauen und dann in einem einzigen Stück einzufügen.

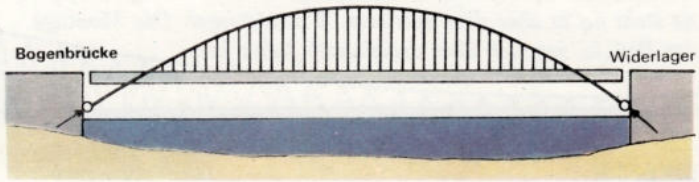


Stahlbogen

Oben: *Seitenansicht der Sydney Harbour Brücke, Australien.*

ZEFA

Links und unten: *Die Stahlbeton-Bogenbrücke über den Fehmarn Belt in Schleswig-Holstein. Bis zur Erfindung des Stahlbetons war der Bogen die einzig mögliche Bauweise für Betonbrücken, da Beton zwar eine hohe Druck-, aber eine geringe Zugfestigkeit hat.*



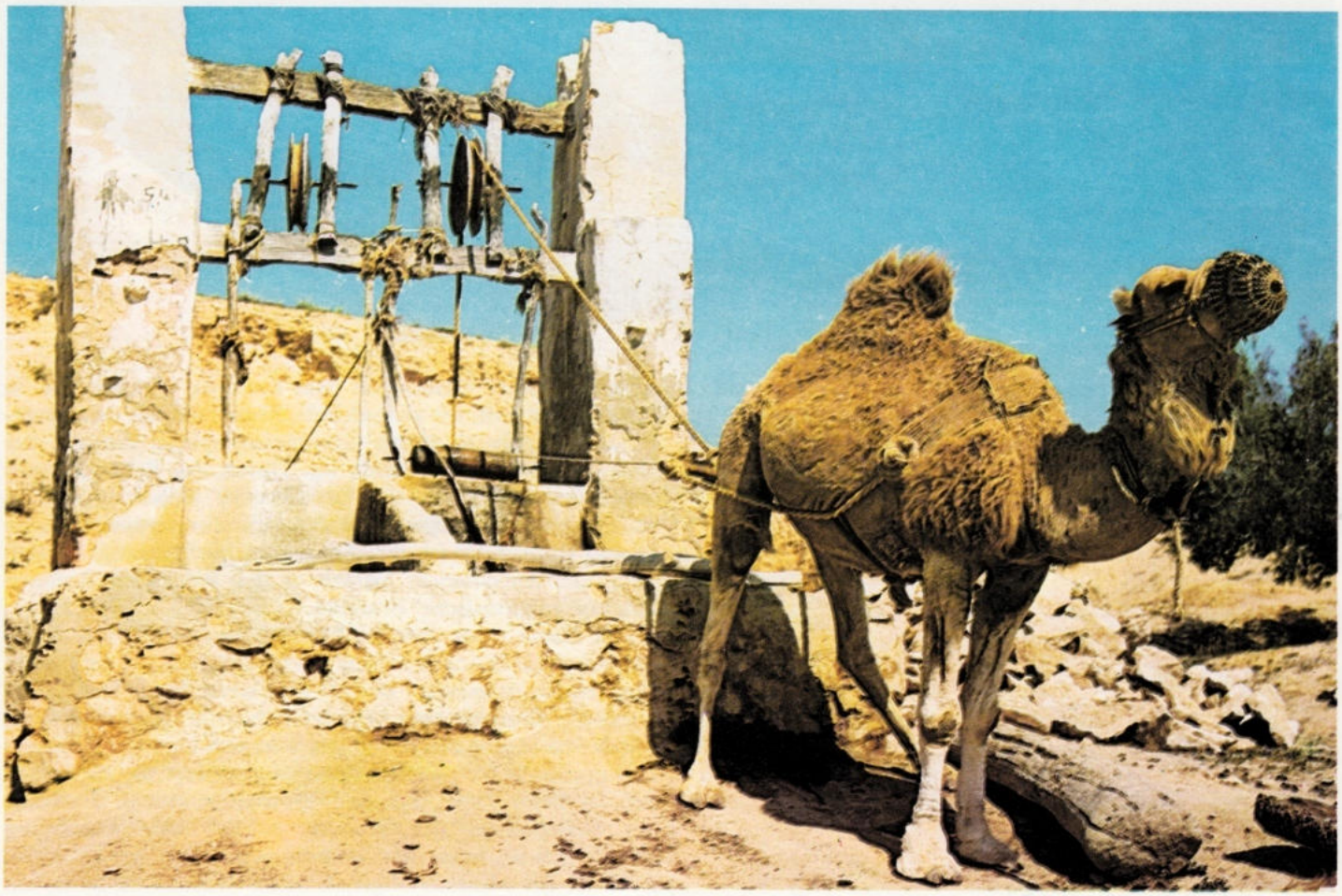
BRUNNEN

Eine zuverlässige Wasserquelle ist vielleicht der wichtigste Gesichtspunkt bei jeder menschlichen Ansiedlung. Häufig ist ein Brunnen das einzige verläßliche Wasserreservoir.

Vielerorts kann ein Fluß oder ein Bach eine angemessene Wasserversorgung sicherstellen, andere Orte wiederum können auf ein natürliches unterirdisches Wasservorkommen, eine Quelle, zurückgreifen. Wo jedoch keine dieser beiden natürlichen Wasserquellen gegeben ist, kann die künstliche Gewinnung von Grundwasser mit Hilfe eines vertikalen Schachtes, eines Brunnens, die einzige wirklich zuverlässige Methode der Wassergewinnung sein. Noch bis 1930 war z.B. die Wasserversorgung von Teheran, der Hauptstadt des Iran, ausschließlich von 12 Brunnen abhängig. In vielen Wüstenregionen sind menschliche Siedlungen bis heute nur dank dieser unterirdischen Wasserquellen überhaupt möglich.

Brunnen basieren auf der Tatsache, daß viele Felsarten wasserdurchlässig sind. Auf Gesteinsarten wie Kalkstein, Sandstein, Basalt, Kies oder Sand niedergehender Regen versickert, bis das Gestein mit Wasser gesättigt ist. Die Tiefe dieses sogenannten Grundwasserspiegels reicht von über 30 m in trockenen Regionen bis hin zu Bodenhöhe in manchen Gegenden. An diesen Stellen tritt Wasser an die Oberfläche, und zwar entweder als fließende Quelle oder als stehende Sickerstelle. Ein senkrechter, bis unter den Grundwasserspiegel hinabgeführter Schacht füllt sich so lange aus den ihn umgebenden wasserführenden Gesteinsschichten mit Wasser, bis sein Wasserspiegel der Höhe des Grundwasserspiegels an dieser Stelle entspricht. Gehoben wird das Wasser entweder mit einem Schöpfeimer über eine Winde (bei 1 m bis 2 m breiten gemauerten Brunnen) oder mit einer 'Dorfpumpe', mit deren Hilfe das Wasser durch ein nur wenige Zentimeter breites Rohr nach oben befördert wird. Bei vielen Brunnen liegt der Wasserspiegel jedoch nur etwa 1 m unter der Geländeoberfläche und ist über wenige Stufen erreichbar.

Bei den bisher erwähnten Brunnen handelt es sich um sogenannte Horizontalbrunnen, im Gegensatz zu den im folgenden beschriebenen 'artesischen Brunnen'. Bei allen Horizontalbrunnen besteht die Gefahr einer Verseuchung, insbesondere durch Abwässer, und einer raschen Ausbreitung von Epidemien, wie im Falle der Cholera-Epidemie in London im Jahre 1854. Dieses Risiko läßt sich dadurch verringern, daß man die Brunnenwände mit undurchlässigem Material auskleidet und den Brunnen selbst so tief wie möglich legt, damit Wasser aus großer Tiefe einsickert. Größere Tiefe hat auch den Vorteil, daß der Brunnen in einer Trockenperiode, wenn der Grundwasserspiegel absinkt, weniger schnell austrocknet.



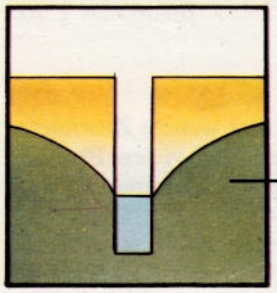
DOUGLAS DICKINS

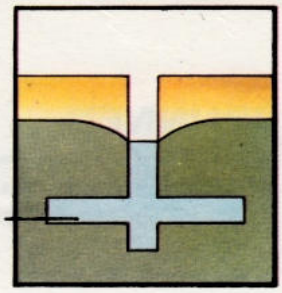
Ein Kamel als Arbeitstier zur Betätigung des Flaschenzuges an einem Brunnen in Djerba, Tunesien. Probleme der Wasserverschmutzung können überall dort auftreten, wo viele Menschen mit ihren eigenen Eimern Wasser schöpfen. Abgedeckte Brunnen mit nur einem Schöpfeimer wie hier sind deshalb aus hygienischen Gründen vorzuziehen. Wasser aus Horizontalbrunnen erfordert häufige Desinfizierung mit Chlor.

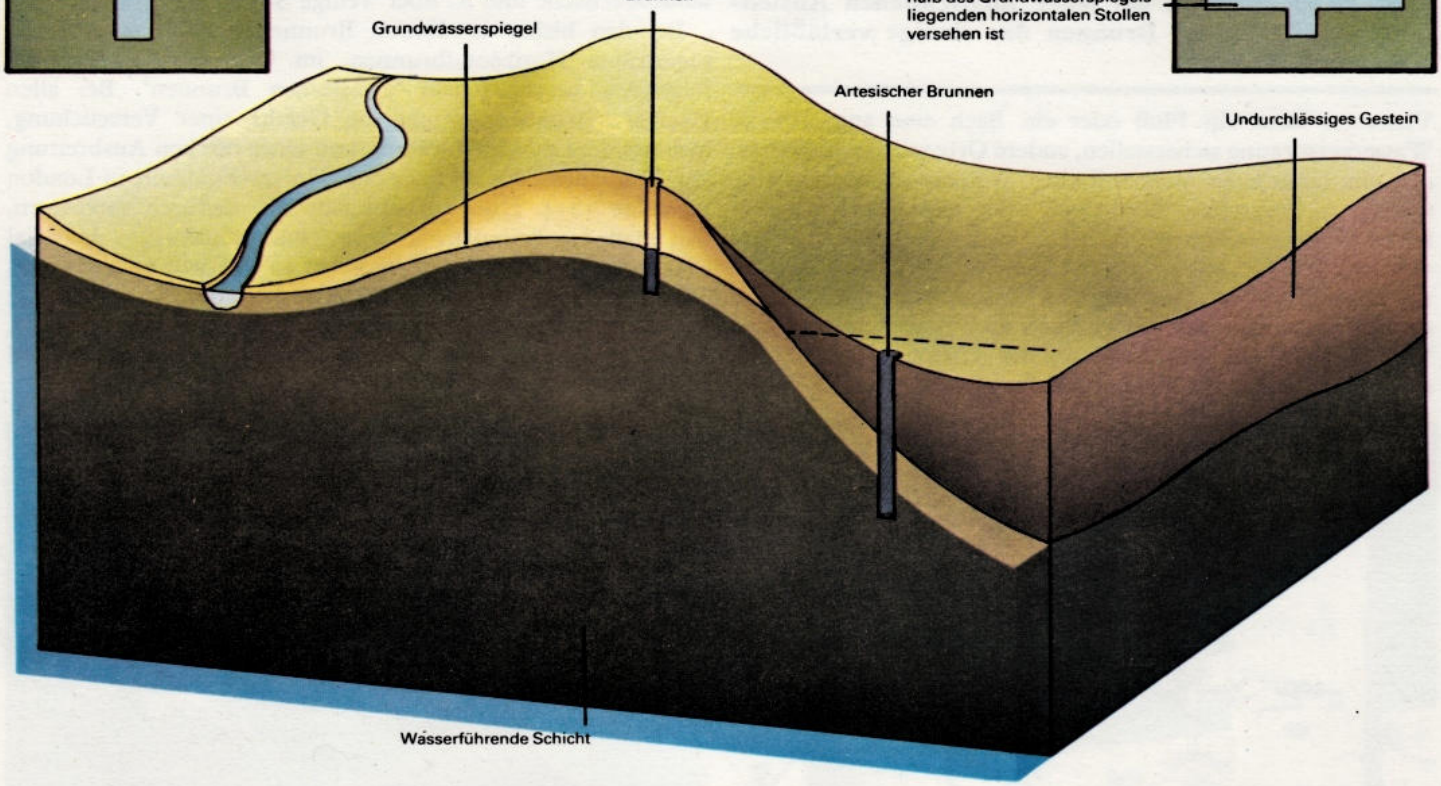
Artesische Brunnen

Wo die wasserführende, durchlässige Gesteinsschicht (z.B. Kreide) in undurchlässige Schichten (z.B. Ton) eingebettet ist, wird der Grundwasserspiegel niedergehalten. Ein durch das undurchlässige Gestein bis zur wasserhaltigen Schicht gebohrtes Loch füllt sich bis zu der Höhe mit Wasser, die der Grundwasserspiegel hätte, würde er nicht durch die undurchlässigen Schichten niedergehalten. Diese Brunnen, bei

Der Grundwasserspiegel folgt in etwa den Oberflächenkonturen des Geländes mit Ausnahme der Stellen, wo sich undurchlässiges Gestein befindet. Dieses verhindert das Vordringen des Wassers bis zu seiner normalen Höhe (gestrichelte Linie), wodurch ein artesischer Brunnen entsteht. Die Nebenbilder zeigen die Auswirkungen einer Absenkung des Grundwasserspiegels.

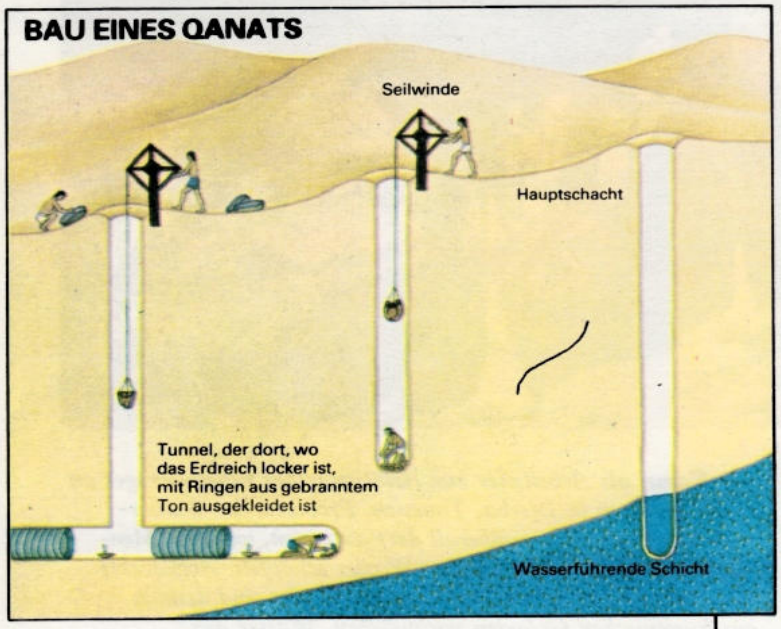


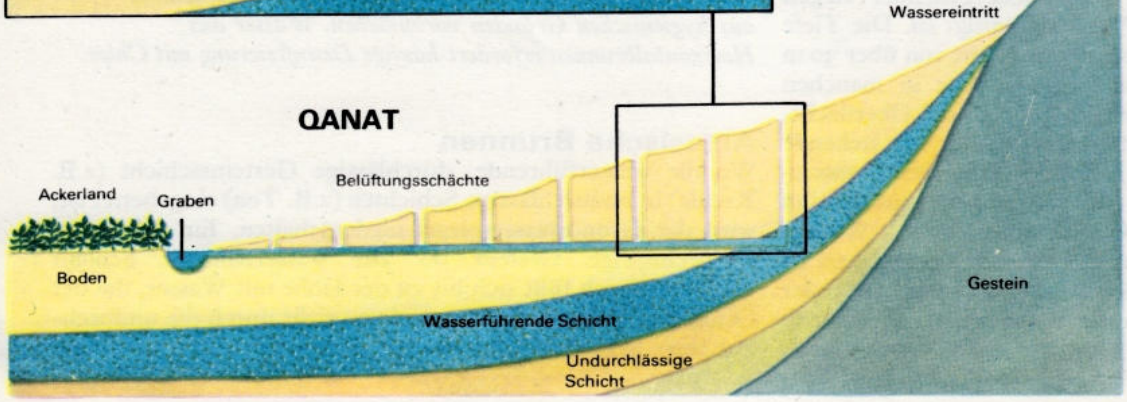




denen tiefliegendes Wasser unter eigenem Überdruck durch das Bohrloch zutage tritt, heißen 'artesische Brunnen'. In Fällen, wo der Grundwasserspiegel des umgebenden Geländes höher liegt als der Brunnen, fließt das Wasser durch den Wasserdruck im Gestein aus dem Brunnen. Das war z.B. in London der Fall, wo ausgedehnte Regenfälle auf den umgebenden Hügeln zu einem Grundwasserspiegel führten, der über dem Niveau der Stadt lag. Durch das Bohren immer neuer Brunnen wurde das Grundwasser jedoch so sehr in Mitleidenschaft gezogen, daß der Grundwasserspiegel heute so weit abgesunken ist, daß das Wasser hochgepumpt werden muß. Genaugenommen handelt es sich bei diesen Brunnen nun um 'subartesische' Brunnen.

Der Name rührt von der französischen Grafschaft Artois her, wo diese Brunnen bereits im 12. Jahrhundert aufkamen. Ein weiteres artesisches Becken liegt unter Paris. Der größte artesische Brunnen aber befindet sich wohl im australischen Bundesstaat Queensland und erstreckt sich über ein 1 500 000 km² großes Gebiet. Einige Brunnen sind dort bis zu 1400 m tief. In dieser Tiefe liegt die Wassertemperatur in der Nähe des Siedepunktes des Wassers, so daß eine Abkühlung erforderlich ist, bevor das Vieh damit getränkt werden kann. Auch ist der Mineralstoffgehalt dieses Wassers zu hoch, um es für Bewässerungszwecke, weltweit der Hauptverwendungsbereich von Brunnenwasser, zu nutzen.





Links: *Bei den im Iran und anderen Ländern des Mittleren Ostens weit verbreiteten Qanaten handelt es sich um geneigte Bewässerungstunnel, die im Berg vorhandenes Grundwasser trockenen Feldern zuführen. Der erste Schritt beim Bau eines Qanats ist das Anlegen eines Hauptschachtes zu den wasserführenden Schichten im Berg. Danach wird ein Verbindungstunnel vom Fuß des Berges zum Hauptschacht gegraben, der 10 km bis 16 km lang ist.*

BUCHDRUCK

Buchdruck ist ein Druckverfahren, bei dem eine erhabene Oberfläche eingefärbt und auf Papier abgedruckt wird. Ein Datumsstempel beispielsweise basiert auf dem gleichen Prinzip.

Die erhabene Oberfläche kann eine Letter oder ein Klischee sein. Die Druckfarbe wird auf die erhabene Oberfläche aufgerollt, das Papier in Kontakt mit der Oberfläche gebracht und die Farbe unter Druck auf das Papier übertragen.

Der Buchdruck ist das einzige Druckverfahren, bei dem von einzelnen, beweglichen Buchstaben (Lettern) gedruckt wird. Dieses Verfahren wird dann bevorzugt angewendet, wenn Schriftsatz überwiegt und die Möglichkeit gegeben sein muß, spätere Korrekturen — falls notwendig sogar noch in der Druckform — durchzuführen. Heute spielt das Offsetverfahren eine immer größere Rolle. Im Bruchdruck werden vorwiegend Bücher und Zeitungen sowie Akzidenzen (Formulare, Briefköpfe, Prospekte usw.) gedruckt.

Lettern

Im Buckdruck kann die Druckfläche entweder nur aus Einzelbuchstaben (Lettern) oder aus Lettern in Verbindung mit fotogravierten Metallplatten für Strichzeichnungen oder Halbtonvorlagen bestehen. (Unter Halbton versteht man ein Bild, das in kleine Punkte verschiedener Größe zerlegt wird, um unterschiedliche Grautöne zu erzielen.) Man kennt einige Tausend verschiedene Schriftarten, von denen jedoch nur ein Teil gebräuchlich ist.

ZEFA

Oben: *Handsatz. Entsprechend dem abzusetzenden Manuskript, das sich am Manuskripthalter befindet, nimmt der Setzer die einzelnen Lettern, Ziffern, Linien, Zeichen usw. einschließlich der Wortzwischenräume aus dem Setzkasten und reiht sie im Winkelhaken aneinander, bis eine Zeile gesetzt ist.*

Die meisten Schriften werden in verschiedenen Größen hergestellt. Die Schriftgrade werden nach Punkt gemessen (ein Punkt ist 0,3759 mm). Buchstaben der gleichen Art und Größe werden als Schriftfamilie bezeichnet. Die Lettern bestehen aus einer Blei-Zinn-Antimon-Legierung. Der Prozentsatz der einzelnen Metalle in der Legierung hängt von der Gießmethode ab.

Das Setzen der Lettern

Lettern werden auch heute noch in vielen Bereichen von Hand gesetzt. Der Setzer wählt die erforderlichen Buchstaben aus dem Setzkasten aus und setzt sie zusammen mit den Wortabständen in den Winkelhaken. Ist der Winkelhaken gefüllt, hebt der Setzer den Satz in das Setzschiff. Er fährt fort, bis so viele Zeilen aneinandergefügt sind, wie zu einer Seite gehören. Ist eine Seite fertig, wird sie mit Bindfaden umwickelt. Die Schriftform kann nun zum ersten Korrekturabzug in die Handpresse gebracht werden.

Da das Setzen von Hand für den Bücher-, Zeitschriften- und Zeitungssatz zu langsam und zu teuer ist, wendet man heute den Maschinensatz an. Im Monotypeverfahren, das für Bücher mit hohen Qualitätsansprüchen geeignet ist, werden Lettern maschinell gesetzt. Im Linotype- und Interype-Verfahren — vielfach für Arbeiten im Zeitungsbereich angewendet — werden ganze Zeilen gesetzt.

BASF

Oben: *Auswaschplatte. Klischee aus Kunststoff, das auf fotografischem Wege hergestellt, aber nicht geätzt wird ('fotopolymerische Druckplatte'). Es wird für modernen Schwarz/Weiß- und Farbdruck verwendet.*

Vom Satz werden Fahnenabzüge hergestellt. Hierunter versteht man Abzüge, die unmittelbar nach dem Setzen der Schrift angefertigt und zur Korrektur an den Verlag geschickt werden. Manchmal werden Korrekturen auch direkt an der Druckmaschine vorgenommen. Anschließend wird um den Satz ein Metallrahmen (Schließrahmen) gelegt. Die Seiten müssen so gestellt werden, daß sie beim Druck und anschließenden Falzen des Papierbogens im Buch oder in der Zeitschrift in der richtigen Reihenfolge aufeinanderfolgen. Man nennt dies Ausschießen. Der Raum zwischen den einzelnen Kolumnen wird durch nichtdruckende Stege ausgefüllt. Man verschließt nun den Schließrahmen mit Hilfe von Schließzeug, indem er an den Seiten verkeilt wird. Die

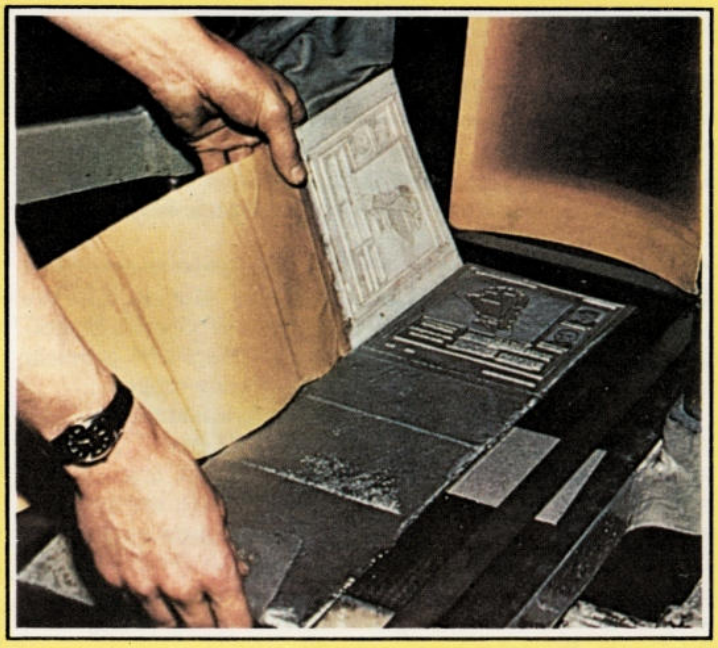
Form ist nun fertig zur Prüfung und zum anschließenden Druck.

Herstellung von Druckstöcken

Soll ein Buch neben dem Text auch Bilder enthalten, werden von den Strichzeichnungen oder Halbtonvorlagen in einer Spezialfirma, der Klischeeanstalt, Druckplatten (auch Druckstock oder Klischee genannt) hergestellt. Das Trägermaterial der Platten für Strichzeichnungen besteht aus Zink oder Magnesium.

Das Metall wird zunächst mit einer Schicht aus lichtempfindlichem Material, im allgemeinen einer Mischung aus Polyvinylalkohol und Bichromat, versehen. Ist diese lichtempfindliche Schicht getrocknet, wird sie zusammen mit dem Negativ der Originalvorlage einer starken Lichtquelle ausgesetzt. Die belichtete Fläche der lichtempfindlichen Schicht wird durch Lichteinwirkung gehärtet. Nach kurzem Erhitzen sind die belichteten Stellen säurefest. Danach wird die nichtbelichtete Fläche durch Säure weggeätzt. Es bleiben die geschützten Teile — nämlich die Abbildung der Originalvorlage — stehen. Platten für Halbtonvorlagen bestehen aus Zink oder Kupfer. Sie werden ähnlich dem oben beschriebenen Verfahren hergestellt. Der Unterschied liegt im Aufrastern der Vorlage, d.h. das Bild wird in viele kleine Punkte zerlegt. Hierdurch werden beim Druck unterschiedliche Grautöne erzielt.

Von den Druckplatten können Duplikate hergestellt werden. Diese werden Stereos genannt. Sie können durch zwei unterschiedliche Verfahren aus Blei oder aus Kunststoff gemacht werden.



Oben: *Flachstereo mit Mater, einer imprägnierten Zellulosestoffpappe.*

PIRA

Oben: *Nach Korrektur der Satzschiffe wird die Druckform in einen Schließrahmen eingespannt, nachdem die Seiten richtig ausgeschossen wurden. 'Ausschießen' bedeutet, daß die Kolumnen im Schließrahmen so angeordnet werden, daß nach dem Falzen des gedruckten Papierbogens die Seiten in richtiger Reihenfolge erscheinen.*

ZEFA

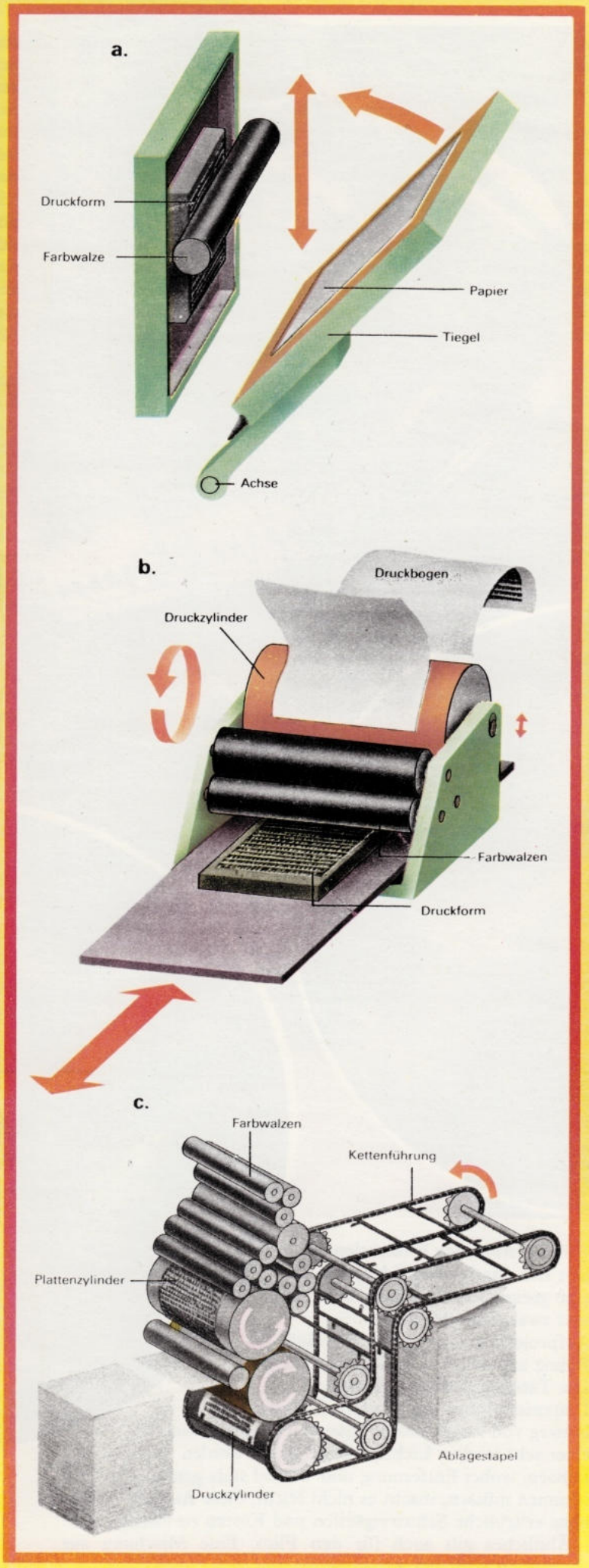
Oben: *Die fertige Druckform steht in der Schnellpresse waagerecht auf dem Fundament. Der Druckbogen wird nach dem Einführen vom Druckzylinder über die Form gerollt.*

Druckmaschinen

Die einfachste und kleinste Druckmaschine ist die Tiegeldruckpresse. Die senkrecht in die Maschine eingelegte Druckform erhält die Druckfarbe über Walzen. Ein oberhalb der Druckform befindliches Farbwerk gibt Farbe an die Walzen ab. Das Papier liegt auf einem um eine Achse beweglichen Tisch, dem Tiegel, der das Papier mit starkem Druck gegen die Druckform preßt. Die Bedienung der Presse kann von Hand oder automatisch erfolgen. Da der Druck gleichzeitig auf die gesamte Druckform erfolgt, können auf der Tiegeldruckpresse Bogenteile nur bis zu einem Papierformat von 35 cm bis 50 cm gedruckt werden. Die Stundenleistung beträgt zwischen 1800 und 5000 Drucke.

Bei einer Schnellpresse steht die Druckform waagerecht auf dem Fundament, das sich auf mehreren Stahlrollen maschinell hin- und herbewegt. Die Greifer am Druckzylinder erfassen den Druckbogen und führen ihn zum Drucken. In der Zwischenzeit haben die Auftragswalzen des Farbwerks die Druckform eingefärbt, und der mitgeführte Druckbogen auf dem Druckzylinder rollt über die Druckform. Die Schnellpressen können größere Papierformate — Bogen genannt — verarbeiten als Tiegeldruckpressen. Die Druckgeschwindigkeit hingegen wird durch die Trägheit der Druckform auf dem Fundament eingeschränkt. Die Schnellpresse ist heute der am meisten verbreitete Maschinentyp im Buchdruck.

Bei sehr hohen Druckauflagen und großen Papierformaten wird die Rotationsmaschine eingesetzt. Bei ihr sind Druckform und Preßkörper rund. Es bewegt sich also Zylinder gegen



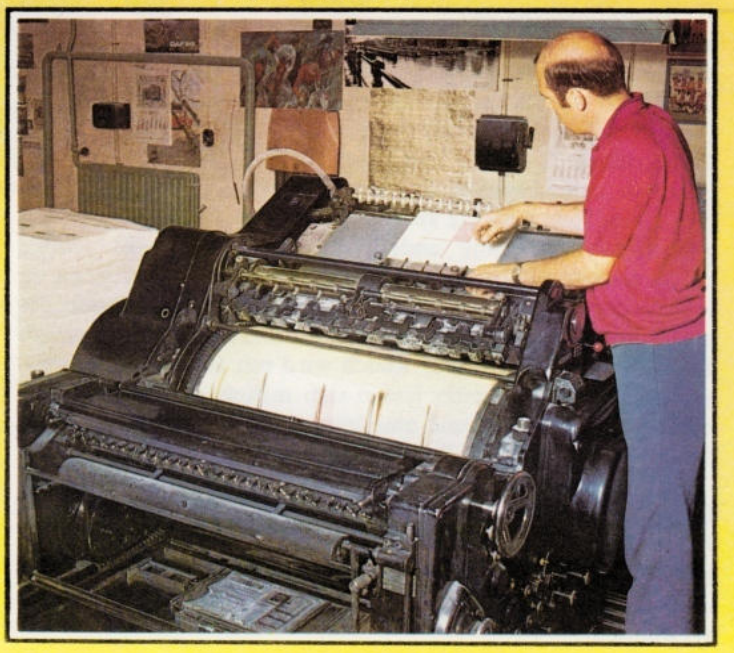
Zylinder. Dies bedeutet, daß die Druckplatte zu halbrunden Platten geformt werden muß. Diese Rundstereos werden dann auf dem Formzylinder befestigt. Man kennt heute auch Rotationsdruckplatten, die keine Stereos — also Duplikate — sondern Originale sind. Die meisten bestehen aus einer Flachrelief-Plastikoberfläche auf einer dünnen Metallschicht. Rotationsmaschinen arbeiten mit hoher Druckgeschwindigkeit und sind daher für hohe Auflagen besonders geeignet.

Im klassischen Druckverfahren wurde der Satz entweder im Hand- oder im Maschinensatz hergestellt. Heute geht der Trend zum Fotosatz, einem Verfahren, bei dem die Schriftzeichen auf einen lichtempfindlichen Film projiziert werden. Diese Filmvorlage kann dann zusammen mit Abbildungen (ebenfalls als Filme) kombiniert werden. Von dieser Montage wird anschließend die Druckplatte hergestellt.

Bei der neuesten Satztechnik — dem Computersatz — gibt beispielsweise ein Journalist seine Texte über Schreibmaschine direkt in den Computer ein, der dann unmittelbar druckt. Ein Computer bei Lawrence Radiation Laboratory in Livermore (Kalifornien) kann die Bibel mit 773 692 Worten in 65 Sekunden drucken. Der Weltmeister im Schreibmaschineschreiben würde 3333mal so lange benötigen. Trotzdem wird in naher Zukunft das Buchdruckverfahren nicht von der Computertechnik abgelöst werden. Der Akzidenzdruck — Gelegenheitsdrucke wie Visitenkarten, Anzeigen, Prospekte usw. — wird auch in einigen Jahren noch auf kleinen Druckmaschinen erfolgen.

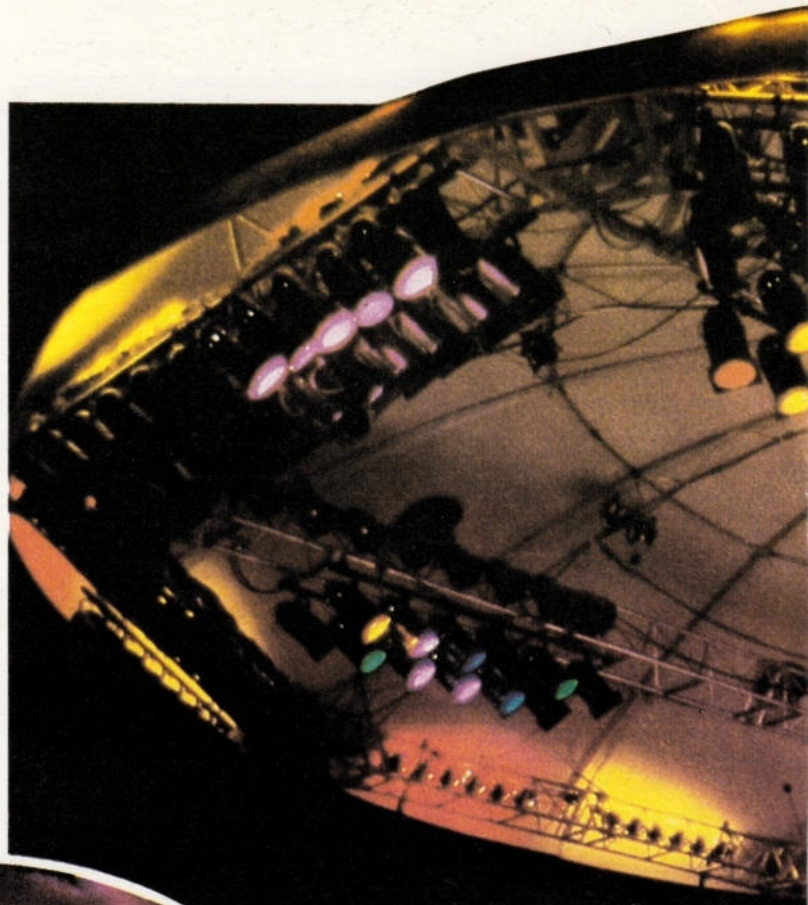
Links: *Verschiedene Arbeitsweisen der Druckmaschinen.*
(a) In der Tiegeldruckpresse steht die Druckform senrecht. Das Papier liegt auf einem Tisch, dem Tiegel, der das Papier mit starkem Druck gegen die Druckform preßt.
(b) In der Schnellpresse steht die Druckform waagerecht auf dem Fundament. Die Walzen des Farbwerkes färben die Druckform ein, und der mitgeführte Druckbogen auf dem Druckzylinder rollt über die Druckform.
(c) Bei der schnellsten Druckmaschine, der Rotationsmaschine, sind Druckform und Preßkörper rund. Die Druckform wird um einen Zylinder gelegt.

Unten: *Herstellung eines einfarbigen Korrekturabzuges an der Andruckmaschine. Im Vordergrund sieht man den Druckstock, der aus Lettern und Füllmaterial besteht. Der Abzug wird dann auf Fehler geprüft. Falls notwendig, können am Druckstock noch Korrekturen vorgenommen werden.*



BÜHNENEFFEKTE

Licht, Ton und Szenenbild können dazu dienen, auf der Bühne dramatische Effekte zu erzeugen, die von Geistern über Feuerwerke, Regenbogen, bis hin zu Laserstrahlen reichen.



Bildeffekte

Drehbühnen zum Wechsel der Szenenbilder sind heutzutage allgemein üblich, doch wenn der Mechanismus geschickt verborgen bleibt, können sie beim Publikum auch heute noch Überraschungseffekte auslösen. Zwei herkömmliche Effekte, Versenkungen und Gazeschleier, sind bei richtiger Handhabung ebenfalls sehr bühnenwirksam.

Die meisten modernen Versenkungen bestehen aus einer normalen Falltür im Bühnenboden, durch die der jeweilige Darsteller oder Gegenstand mit einer Art Lift hochgefahren wird. Ursprünglich waren jedoch kunstvolle Personen-Tischversenkungen sehr beliebt, die einen Schauspieler für einen spektakulären Auftritt etwa 1 m in die Luft hinaufschleudern konnten. Wie bei vielen anderen Bühneneffekten wurde jedoch auch hier der entscheidende Geheimtrick, der eine spezielle Versenkung funktionieren ließ, vom Hersteller häufig nicht preisgegeben.

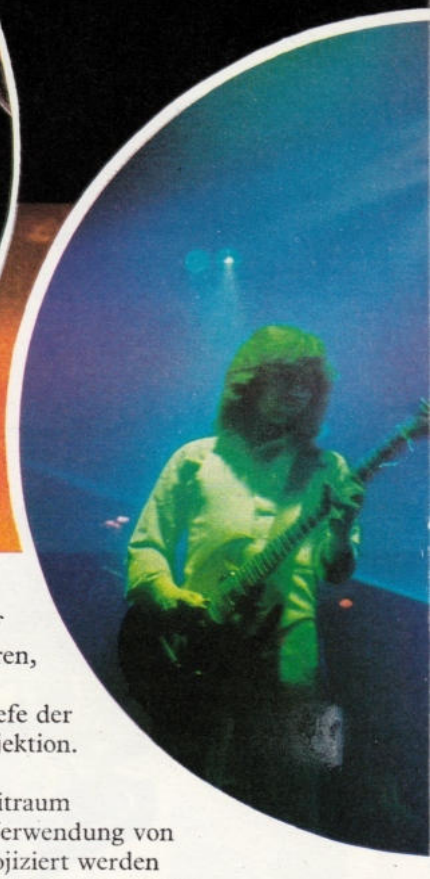
Bei einem Gazeschleier gibt es kein Geheimnis. Wird er geschickt nur von vorne beleuchtet, erscheint er undurchsichtig; durch Beleuchtung von hinten wird seine Transparenz offenbart und so ein schneller Szenenwechsel erreicht.

Witterungseffekte

Bodennebel erhält man, indem man Dampf in einen Behälter mit Trockeneis leitet. Schnee läßt sich (allerdings nicht ganz zufriedenstellend) mit Hilfe eines Lichteffektes erzeugen, doch wird hier meistens der Alternativmethode der Vorzug gegeben, Flocken aus feuerfestem Kunststoffmaterial aus einem über der Bühne aufgehängten, geschlitzten Sack herabrieseln zu lassen. (Ursprünglich verwendete man Papierschnitzel, doch werden diese heute als zu feuergefährlich angesehen.) Auch projizierte Regeneffekte können nicht ganz zufriedenstellen. Eine andere Möglichkeit besteht jedoch darin, feuerfeste Kunststoffpartikel von oben herabregnen zu lassen. Zur Erzeugung von Rauch dient eine Rauchkanone, die eine Flüssigkeit auf Ölbasis enthält, die wiederum von einem Element erhitzt wird. Der Rauch wird mit Hilfe von Kohlensäuregas verteilt. Geister lassen sich mittels einer Glasplatte, die als Spiegel dient, und eine hinter den Kulissen oder unter der Bühne verborgene Person widerspiegelt, realisieren.

Lichteffekte

Um auf der Bühne den Eindruck eines Feuers hervorzurufen, kann man Neonflimmerlampen in Kombination mit Rauch und Seidenstreifen, die von einem Gebläse verteilt werden, verwenden.



Bei bestimmten Produktionen läßt sich das Szenenbild auch auf eine geeignete Leinwand projizieren, und zwar entweder durch Aufprojektion oder (wo es die Tiefe der Bühne erlaubt) mittels Durchprojektion. Die Tatsache jedoch, daß große Diapositive über einen langen Zeitraum hinweg von PROJEKTOREN unter Verwendung von einer sehr starken Lichtquelle projiziert werden müssen, wobei Entfernung und Winkel stets genau stimmen müssen, macht es nicht leicht, diese Aufgabe ohne erhebliche Schwierigkeiten und Kosten zu lösen.

Ähnliches gilt auch für den Film. Eine Mischung aus

DENIS O'REGAN

Oben: *Das 'Electric Light Orchestra' verwendet eine bewegliche Bühne mit Lichteffekten und Laserstrahlen.*

Links: *Auch die 'Blue Oyster Cult'-Gruppe bedient sich der Laser-Lichteffekte bei ihren Auftritten.*

Links außen: *Ein wirkungsvoller Explosionseffekt während eines John Miles Konzertes.*

Standfotos, beweglichen Bildern, diaähnlichen Schiebern aus zwei Glasplatten mit dazwischenliegendem Ölfilm und 'Flashlights' wurde als Mittel zur Erzielung 'psychedelischer' Effekte in den späten 60er Jahren entwickelt. Rockgruppen wie 'The Who' und 'Pink Floyd' bedienen sich der neuesten Effekte. Dazu gehören u.a. LASER-Strahlen und Hologramme (siehe HOLOGRAPHIE) die dreidimensionale, halbtransparente Bilder erzeugen.

Mehrfach-Lautsprecher werden zur Erzeugung quadrophonischer Geräuscheffekte, wie z.B. das Vorhandensein eines tatsächlich nicht existierenden Chores hinter den Kulissen für eine Hochzeitsszene, das Nahen eines Zuges oder auch das Galoppieren eines Pferdes im Zuschauerraum hinter dem Publikum eingesetzt.

C

CHEMIE

Wir betrachten die Welt um uns weitgehend als Selbstverständlichkeit. Wissen wir aber, woraus die Anstrichfarbe, das Transistor-Radio, die Synthesefasern in unserer Kleidung oder gar der Mensch selbst bestehen?

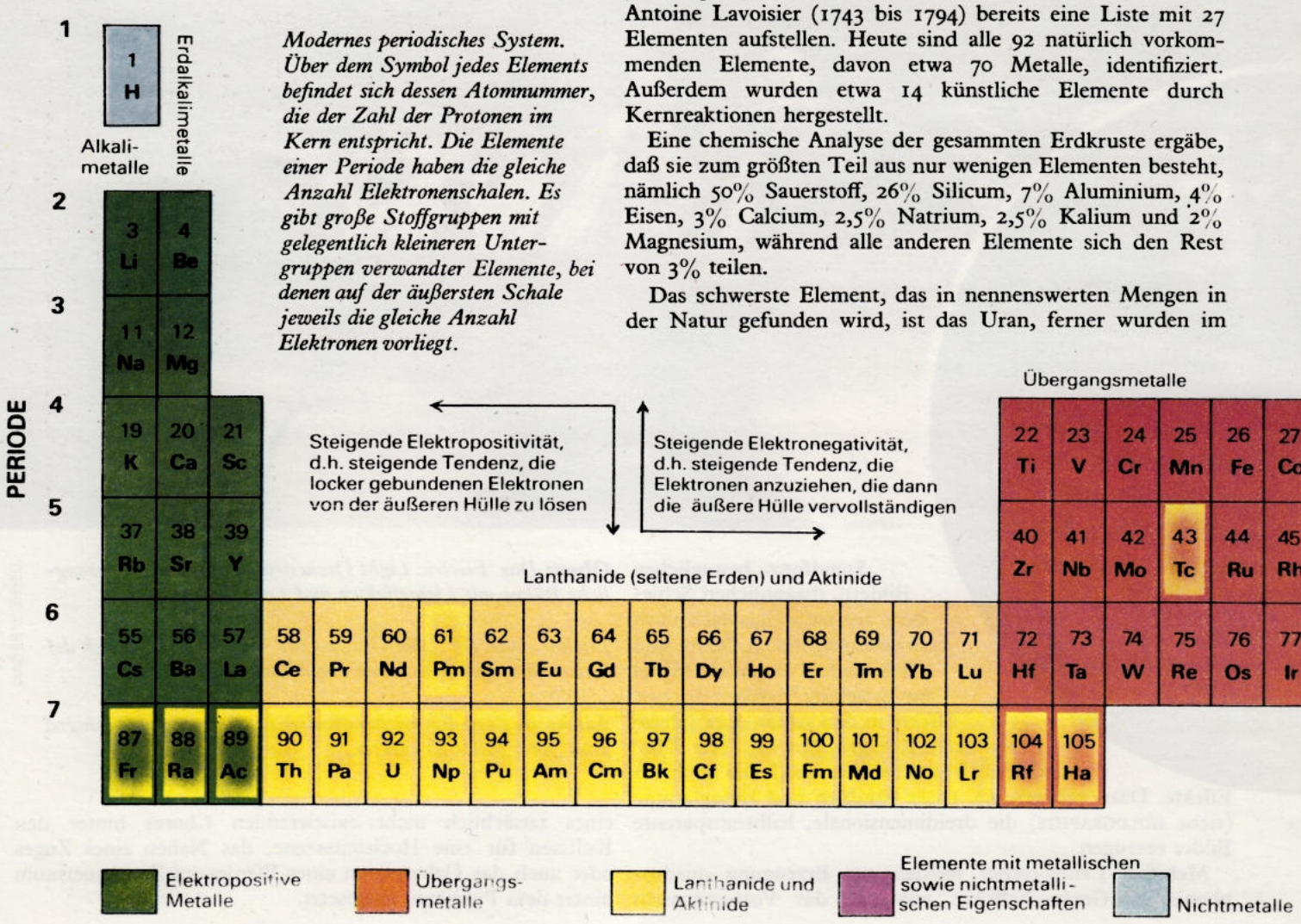
Die Chemie befaßt sich hauptsächlich damit, genauere Kenntnisse zu gewinnen von den Elementen und ihren Verbindungen, deren Aufbau, Eigenschaften und Möglichkeiten zu ihrer Herstellung. Aufgabe des Chemikers ist die Untersuchung (Analyse) und Herstellung (Synthese) von Stoffen. In den letzten 30 Jahren führte diese Tätigkeit der Chemiker zu zahlreichen neuen Produkten: Kunststoffen, Synthesefasern, Farbstoffen, Düngemitteln, Arzneimitteln, Kühlmitteln, Waschmitteln, Flammschutzmitteln und Raketentreibstoffen, wobei sich die Liste endlos fortsetzen ließe. Die Chemie stand auch in enger Beziehung zur Physik, so z.B. bei der Entwicklung der Halbleiter, die in Transistoren und integrierten Schaltungen verwendet werden.

Elemente

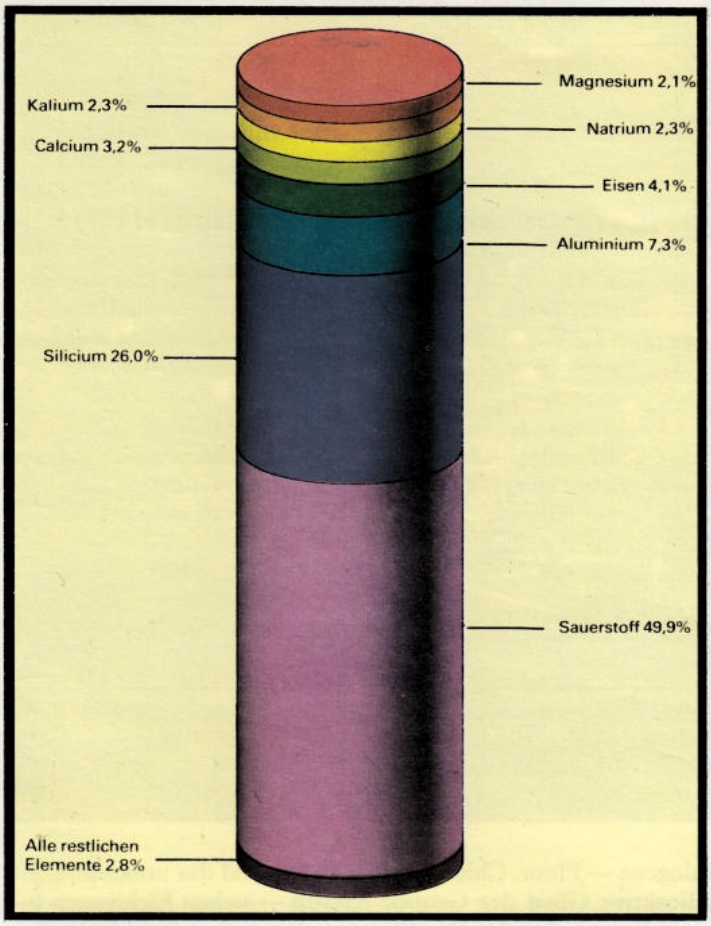
Alle diese Errungenschaften basieren auf der Kenntnis der chemischen Grundelemente, also den Bausteinen der Materie. Etwa 1600 Jahre lang versuchten die Alchimisten, dieses Geheimnis zu lüften. In die Irre geführt durch die aristotelische Theorie, daß die gesamte Materie aus den 'vier Elementen' — Erde, Luft, Feuer, Wasser — aufgebaut sei, und den Aufgaben hingegeben, aus unedlen Metallen Gold herzustellen und das 'Lebenselexier' zu finden, haben die Alchimisten jedoch die Entwicklung der Wissenschaft mehr gehemmt als gefördert. Im Jahre 1661 hatte Robert Boyle (1627 bis 1691) ein Element bereits richtig definiert als 'eine Substanz, die durch chemische Veränderung nicht weiter zerlegt werden kann'. Daraufhin begann die Suche nach Elementen. Hundert Jahre später konnte der berühmte französische Chemiker Antoine Lavoisier (1743 bis 1794) bereits eine Liste mit 27 Elementen aufstellen. Heute sind alle 92 natürlich vorkommenden Elemente, davon etwa 70 Metalle, identifiziert. Außerdem wurden etwa 14 künstliche Elemente durch Kernreaktionen hergestellt.

Eine chemische Analyse der gesammten Erdkruste ergäbe, daß sie zum größten Teil aus nur wenigen Elementen besteht, nämlich 50% Sauerstoff, 26% Silicum, 7% Aluminium, 4% Eisen, 3% Calcium, 2,5% Natrium, 2,5% Kalium und 2% Magnesium, während alle anderen Elemente sich den Rest von 3% teilen.

Das schwerste Element, das in nennenswerten Mengen in der Natur gefunden wird, ist das Uran, ferner wurden im



Modernes periodisches System. Über dem Symbol jedes Elements befindet sich dessen Atomnummer, die der Zahl der Protonen im Kern entspricht. Die Elemente einer Periode haben die gleiche Anzahl Elektronenschalen. Es gibt große Stoffgruppen mit gelegentlich kleineren Untergruppen verwandter Elemente, bei denen auf der äußersten Schale jeweils die gleiche Anzahl Elektronen vorliegt.



Oben: *Wäre es möglich, die Erde in ihre einzelnen Elemente zu zerlegen, aus denen sie sich zusammensetzt, so ergäbe sich die gezeigte Verteilung. Die weit überwiegenden Elemente sind Sauerstoff und Silicium, die verbreitet in Felsgestein und Mineralien vorkommen. Demgegenüber besteht das ganze Universum zu etwa 90% aus Wasserstoffatomen.*

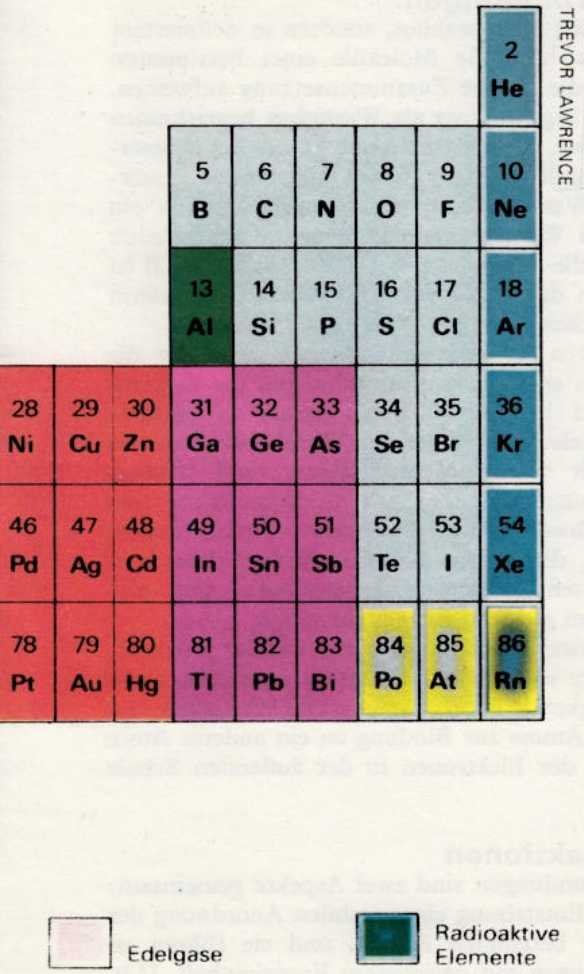
Jahre 1972 Spuren von Plutonium entdeckt. Noch schwerere Elemente können künstlich durch Beschuß eines schweren Elements mit Protonen und Neutronen (siehe ATOME UND MOLEKÜLE) erzeugt werden. Diese synthetischen Elemente sind jedoch radioaktiv und häufig kurzlebig.

Sehr wenige Elemente — gewöhnlich die weitgehend inerten Stoffe wie Gold, Kupfer, Stickstoff — kommen in der Natur in freier Form vor. Die meisten Elemente sind jedoch an andere Elemente gebunden (gelegentlich in sehr komplizierter Form), mit denen sie chemische Verbindungen oder Verbindungsgemische bilden. Verbindungen bestehen aus zwei oder mehreren verschiedenen Elementen, deren Atome durch eine chemische Bindung zu Molekülen vereinigt sind.

Atome

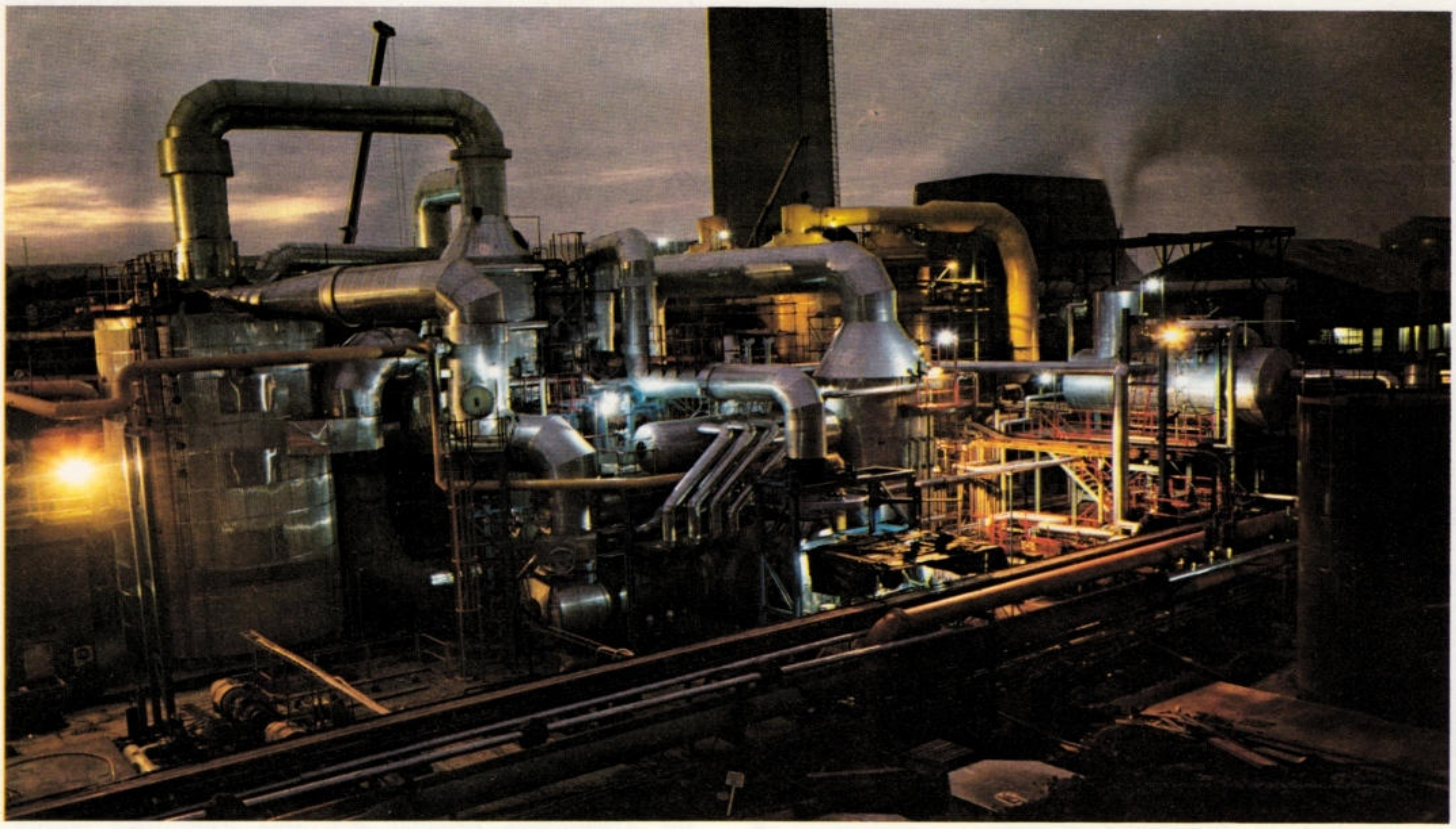
Jedes Element besteht aus Millionen kleinster Teilchen, den Atomen. Ein Stab aus einem reinen Element wie etwa metallischem Kupfer enthält somit Millionen einzelner Kupferatome. Aus dem Aufbau dieser Atome lassen sich die chemischen und physikalischen Eigenschaften der einzelnen Elemente und ihre Fähigkeit zur Bildung von Verbindungen erklären. Ist der Aufbau eines Atoms bekannt, können ferner die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Elements zuverlässig vorhergesagt werden.

Im Atominnern befindet sich eine Anhäufung positiv geladener Protonen und ungeladener Neutronen, die zusammen den Kern bilden. Den Kern umgibt eine Wolke aus negativ geladenen Elektronen. Diese Elektronen sind im Vergleich zum Kern so leicht, daß man z.B. ein Wasserstoffatom mit einer Erbse vergleichen könnte, um die ein wenig Staub kreist. Die Elektronen sind jedoch sehr wichtig, da nur sie die chemischen Veränderungen bewirken, wobei sich lediglich die äußersten Elektronen an diesen Veränderungen beteiligen.



Elemente des periodischen Systems

Ac	Actinium	Ge	Germanium	Pr	Praseodym
Ag	Silber	H	Wasserstoff	Pt	Platin
Al	Aluminium	He	Helium	Pu	Plutonium
Am	Americium	Hf	Hafnium	Ra	Radium
Ar	Argon	Hg	Quecksilber	Rb	Rubidium
As	Arsen	Ho	Holmium	Re	Rhenium
At	Astat	I	Iod	Rh	Rhodium
Au	Gold	In	Indium	Rn	Radon
B	Bor	Ir	Iridium	Ru	Ruthenium
Ba	Barium	K	Kalium	S	Schwefel
Be	Beryllium	Kr	Krypton	Sb	Antimon
Bi	Bismut	La	Lanthan	Sc	Scandium
Bk	Berkelium	Li	Lithium	Se	Selen
Br	Brom	Lu	Lutetium	Si	Silicium
C	Kohlenstoff	Lr	Lawrencium	Sm	Samarium
Ca	Calcium	Md	Mendelevium	Sn	Zinn
Cd	Cadmium	Mg	Magnesium	Sr	Strontium
Ce	Cer	Mn	Mangan	Ta	Tantal
Cf	Californium	Mo	Molybdän	Tb	Terbium
Cl	Chlor	N	Stickstoff	Tc	Technetium
Cm	Curium	Na	Natrium	Te	Tellur
Co	Cobalt	Nb	Niob	Th	Thorium
Cr	Chrom	Nd	Neodym	Ti	Titan
Cs	Caesium	Ne	Neon	Tl	Thallium
Cu	Kupfer	Ni	Nickel	Tm	Thulium
Dy	Dysprosium	No	Nobelium	U	Uran
Er	Erbium	Np	Neptunium	V	Vanadium
Es	Einsteinium	O	Sauerstoff	W	Wolfram
Eu	Europium	Os	Osmium	Xe	Xenon
F	Fluor	P	Phosphor	Y	Yttrium
Fe	Eisen	Pa	Protactinium	Yb	Ytterbium
Fm	Fermium	Pb	Blei	Zn	Zink
Fr	Francium	Pd	Palladium	Zr	Zirconium
Ga	Gallium	Pm	Promethium		
Gd	Gadolinium	Po	Polonium		



ALBRIGHT & WILSON

Oben: *Eine Fabrik zur Herstellung von Schwefelsäure. Schwefelsäure wird in der Farb- und Sprengstoffindustrie, in Dünge- und Reinigungsmitteln und in der Petrochemie verwendet.*

Die Elektronen müssen sich auf einzelnen Energieniveaus oder den Kern umgebenden 'Schalen' anordnen, wobei es für jede Schale einen oberen Grenzwert der Elektonenzahl gibt. Auf der äußersten Schale befinden sich nie mehr als acht Elektronen. Elemente mit acht Elektronen auf der äußersten Schale sind chemisch sehr beständig; es sind dies die Edelgase oder 'inerten' Gase Neon, Argon, Krypton, Xenon und Radon.

Jedem Element ist eine *Atomnummer* zugeordnet, die der Zahl der Protonen im Kern entspricht. Es hat auch ein *Atomgewicht*, das sich aus der Anzahl der Protonen und Neutronen im Kern zusammensetzt (die Elektronen sind so leicht, daß sie vernachlässigt werden können). Natürlich sagt das Atomgewicht nichts darüber, wieviel ein Atom wiegt, es ist jedoch nützlich zum Vergleichen der relativen Gewichte der Elementatome.

Das periodische System

Neben den Atomnummern wurde ein weiteres Klassifizierungssystem der Elemente, von Metallen und Nichtmetallen abgesehen, gesucht. Den ersten erfolgreichen Versuch zur Gruppierung der Elemente machte im Jahre 1868 der russische Chemiker Dimitrij Mendelejew (1834 bis 1907). Er beobachtete, daß bei der Aufreihung der Elemente nach steigendem Atomgewicht nach bestimmten Perioden Elemente mit ähnlichen Eigenschaften wiederkehren. Er ordnete die Elemente in waagerechten und senkrechten Reihen an, und da damals nur etwa 60 Elemente bekannt waren, ließ er Lücken, wobei er die Eigenschaften der noch fehlenden Elemente genau vorhersagen konnte. So bestand z.B. eine Lücke zwischen Gallium und Arsen in der vierten waagerechten Reihe dieses periodischen Systems, direkt unterhalb dem Silicium. Mit diesen Informationen konnte er eine überraschend genaue Beschreibung zahlreicher physikalischer und chemischer Eigenschaften des fehlenden Elements liefern, das bei der Entdeckung 15 Jahre später die Bezeichnung Germanium erhielt.

Die Elemente können aufgrund gleicher Elektronenzahl in der äußersten Schale gruppiert werden. Z.B. haben alle Halogene — Fluor, Chlor, Brom und Iod und das unbeständige radioaktive Glied der Gruppe Astatin — sieben Elektronen in der äußersten Schale. Die Elemente können auch in horizontalen Reihen oder Perioden betrachtet werden. Alle Elemente innerhalb einer solchen Periode haben die gleiche Anzahl von Elektronenschalen, sie unterscheiden sich jedoch in chemischer Hinsicht außerordentlich stark, da in der äußersten Schale die Elektonen in verschiedener Anzahl vorliegen.

Chemische Verbindungen

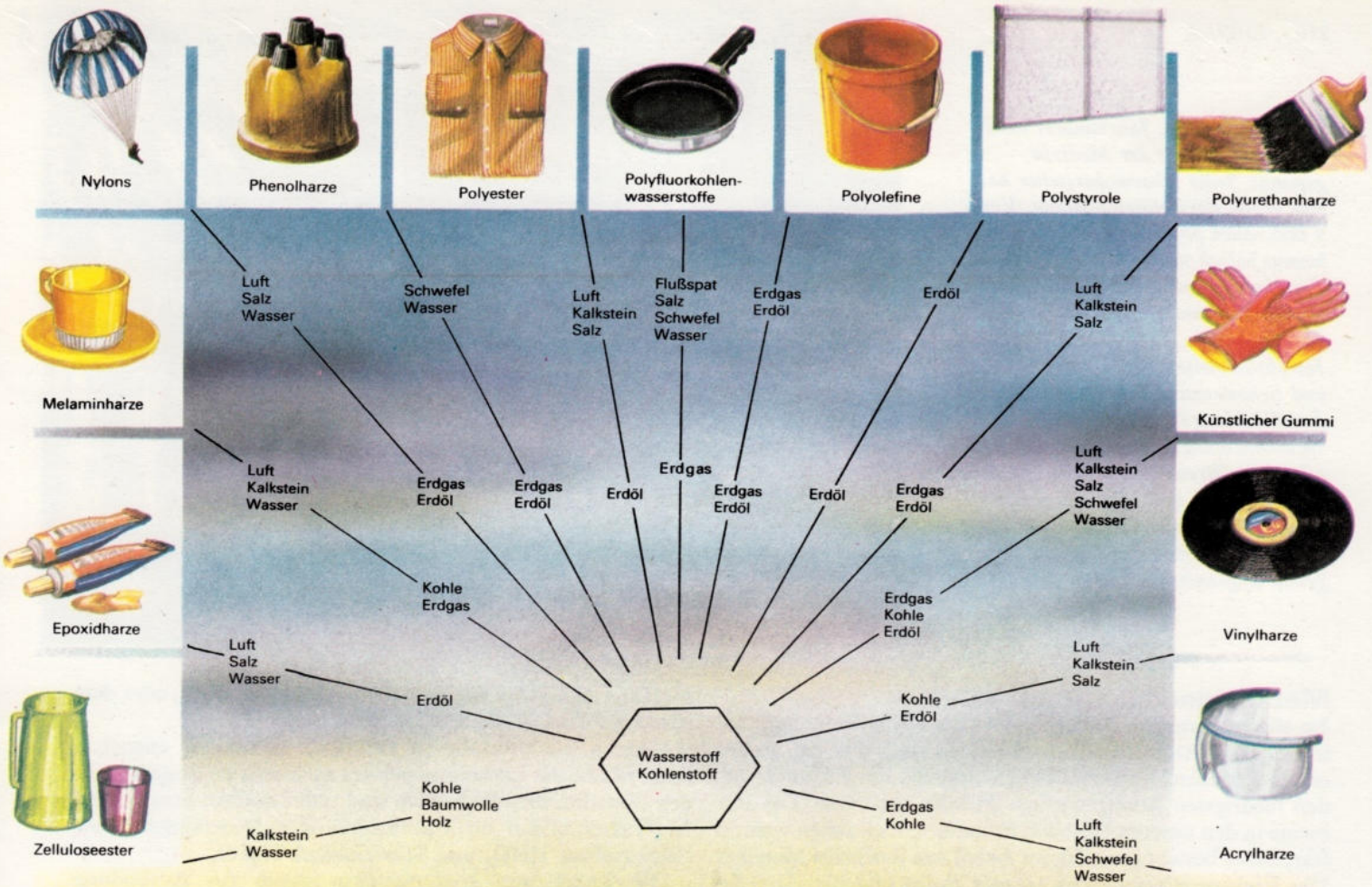
Atome vereinigen sich nicht wahllos, sondern in definiertem Mengenverhältnis, so daß die Moleküle einer bestimmten Verbindung immer die gleiche Zusammensetzung aufweisen. Der Grund hierfür liegt in einer als *Wertigkeit* bezeichneten Eigenschaft der Atome. Sie entspricht der Anzahl der Wasserstoffatome, die ein anderes Atom bindet oder ersetzt. Sauerstoff z.B. hat im Wasser (H_2O) die Wertigkeit 2, da ein Sauerstoffatom zwei Wasserstoffatome bindet. Chlor besitzt in Salzsäure (HCl) die Wertigkeit 1. Im Kochsalz (NaCl) ist das Wasserstoffatom durch Natrium (Na) ersetzt, das somit ebenfalls die Wertigkeit 1 hat.

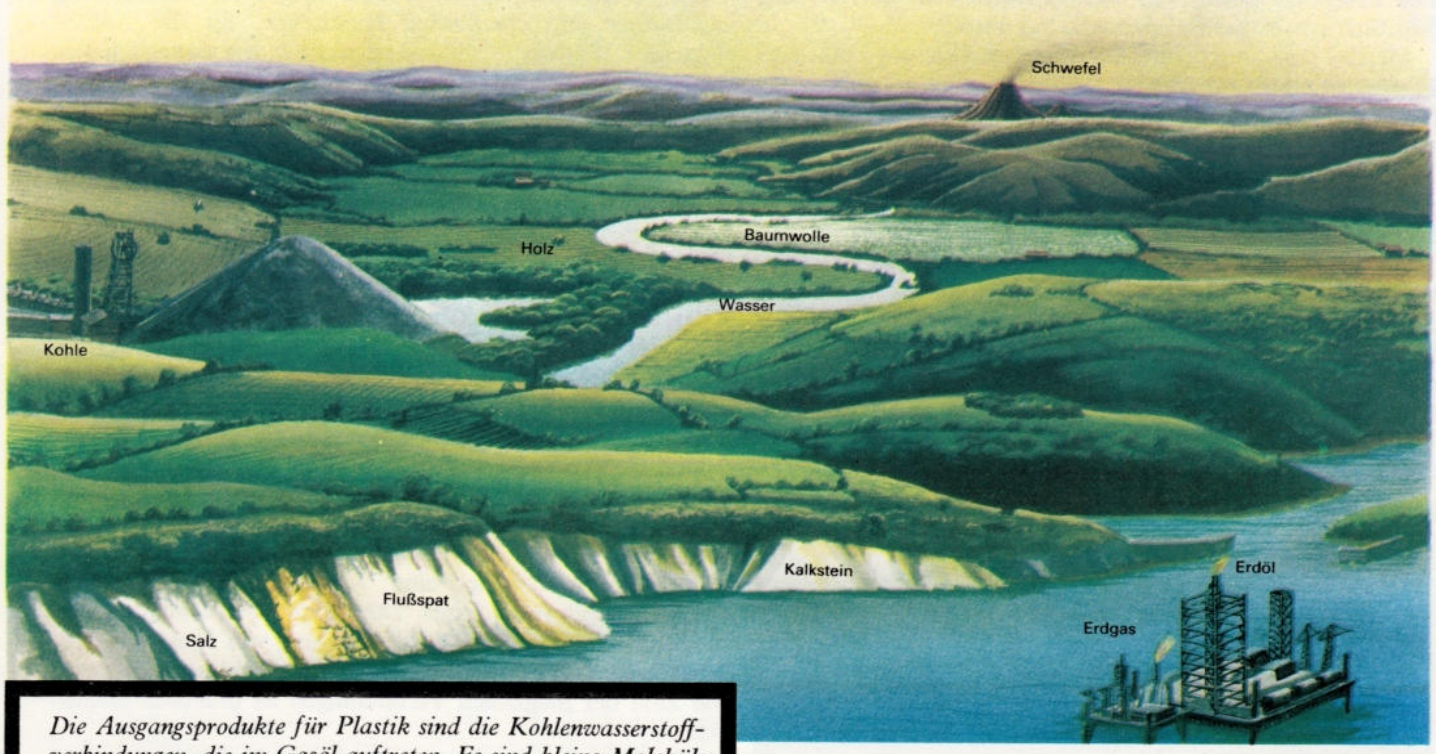
Diese Regeln gelten für alle Verbindungen, auch für die häufig komplizierten *organischen* Verbindungen, die Kohlenstoff enthalten und in der belebten Natur vorkommen. Hämoglobin beispielsweise, eine im Blut vorkommende Verbindung, enthält 758 Kohlenstoffatome, 1203 Wasserstoffatome, 195 Sauerstoffatome, 218 Stickstoffatome, ein Eisenatom und 3 Schwefelatome. *Anorganische* Verbindungen, d.h. Verbindungen, die keinen Kohlenstoff enthalten, und einige der einfachsten Kohlenstoffverbindungen, sind einfacher, aber nach den gleichen Regeln aufgebaut.

Die Sache wird etwas komplizierter aufgrund der Tatsache, daß einige Elemente je nach der Situation zwei oder mehr verschiedene Wertigkeiten haben können. Die Wertigkeit und die Fähigkeit eines Atoms zur Bindung an ein anderes Atom wird von der Zahl der Elektronen in der äußersten Schale bestimmt.

Chemische Reaktionen

Allen chemischen Bindungen sind zwei Aspekte gemeinsam: Sie verdanken ihre Entstehung einer stabilen Anordnung der Elektronen um die beteiligten Atome, und sie führen zu stabileren Verbindungen mit geringerem Energieinhalt. D.h.



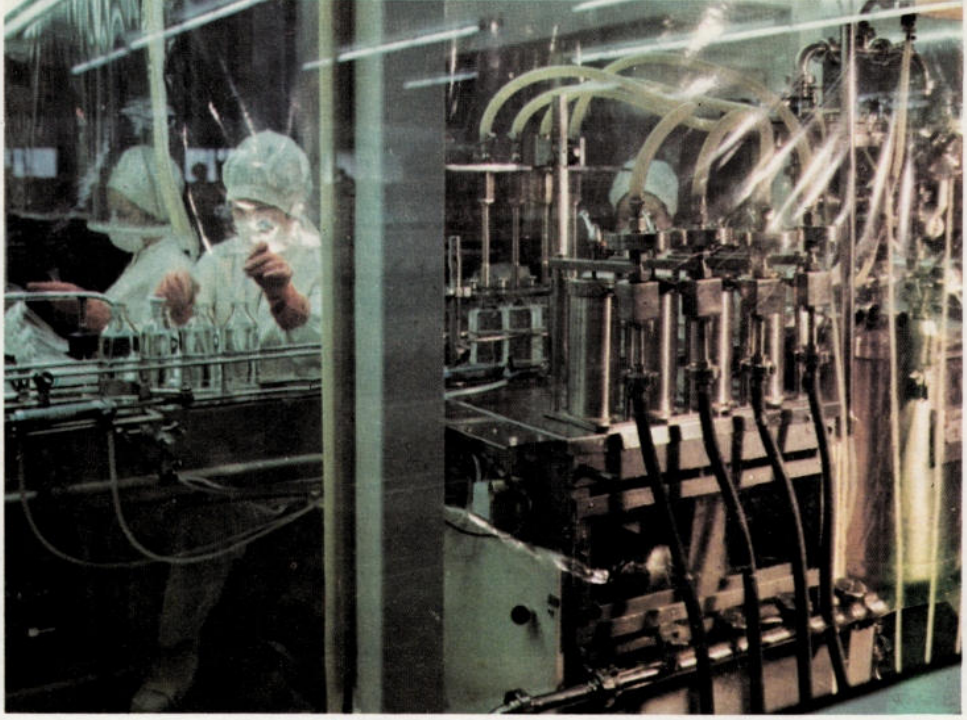


Die Ausgangsprodukte für Plastik sind die Kohlenwasserstoffverbindungen, die im Gasöl auftreten. Es sind kleine Moleküle, die zu langkettigen Plastikmolekülen polymerisieren. Holz und Baumwolle bilden Zellulose, die als Ausgangsprodukt für Zellophan und Zelluloid dient. Die anderen, darin enthaltenen Verbindungen sind die Quellen für Elemente, die in das Polymerisat eingebaut werden. Salz z.B. enthält Chlor, das für die Herstellung von PVC (Polyvinylchlorid) benötigt wird.

zum Lösen der Bindungen wird Energie benötigt, bei ihrer Bildung hingegen wird Energie häufig in Form von Wärme frei. So reagiert z.B. ein kleines Stückchen Natrium, das auf Wasser geworfen wird, heftig mit dem Wasser unter Bildung von Natriumhydroxid, wobei große Wärmemengen frei werden.

Chemische Reaktionen laufen häufig nur bei hohen Temperaturen ab. Z.B. ergibt Kupfer mit Sauerstoff nur unter Erhitzen das schwarze Kupferoxid. Dennoch wird als Ergebnis der Bildung einer Bindung zwischen dem Kupfer und dem Sauerstoff zusätzliche Wärme erzeugt. Um daher umgekehrt reines Kupfer aus Kupferoxid herzustellen, muß viel Energie aufgewendet werden, ehe die Bindung gelöst werden kann. Es ist diese Abgabe von Energie bei der Entstehung chemischer Bindungen, die beim Verbrennen fossiler Brennstoffe Wärme erzeugt. Die Kenntnis solcher chemischer Veränderungen kann dem Chemiker Hinweise bei der Forschung nach neuen Materialien liefern.

STOBART/SUTTERBY



BASF

Rechts: *Das 20. Jahrhundert wird das 'Jahrhundert der Medizin' genannt. Jeder Pharmahersteller hat eine große Forschungsabteilung. Von 7 000 neuen pharmazeutischen Produkten kommt jedoch nur eines auf den Markt. Forschungen werden auf dem Gebiet der Antibiotika und der Herstellung von Medikamenten gegen Zuckerkrankheit, Herzkrankheiten, Kreislaufbeschwerden und Schmerzzustände betrieben. Auf der Abbildung ist die Abfüllung von Infusionslösungen in keim- und schwebestofffreier Atmosphäre zu sehen. Es ist wichtig, daß pharmazeutische Produkte von hoher Reinheit sind und die Dosierungen sowie die Konzentration genau eingehalten werden.*

Metalle und Nichtmetalle

Im allgemeinen sind Elemente Metalle, wenn die Außenelektronen ihrer Atome schwach gebunden sind, d.h. daß in den ersten Perioden des periodischen Systems die Elemente mit den niedrigsten Atomgewichten Metalle darstellen. Die Elemente in den unteren Perioden halten ihre Elektronen weniger fest; daher besteht ein größerer Anteil von ihnen aus Metallen. Die *Übergangselemente*, die *seltenen Erden* und die *Actiniden* (sämtlich synthetische Elemente) sind Metalle.

Metalle sind durch ihre charakteristischen physikalischen Eigenschaften gekennzeichnet. Sie besitzen gute Leitfähigkeit für Elektrizität und Wärme; sie sind undurchsichtig, von typischem Glanz, fest und formbar und haben oft eine hohe Dichte. Das dichteste bekannte Material ist Osmium, dessen spezifisches Gewicht doppelt so groß ist wie das von Blei. Metalle besitzen Kristallstruktur.

Kohlenstoff und Schwefel, die bei Raumtemperatur Feststoffe darstellen, sind echte Nichtmetalle, ebenso wie die Gase Sauerstoff, Stickstoff, Argon, Neon und Chlor. Im Gegensatz zu den Metallen haben sie keine locker gebundenen Außenelektronen. Anstelle der Neigung zum Verlust von Elektronen tritt hier die Neigung, Elektronen aufzunehmen und eine Schale aufzufüllen. Dem Sauerstoff z.B. fehlen bis zur vollen äußersten Schale zwei Elektronen, und er vereinigt sich mit Metallen zu Oxiden wie dem Aluminiumoxid Al_2O_3 oder dem Eisenoxid Fe_2O_3, aus dem der Rost besteht.

Werden Nichtmetalle in der Luft verbrannt, entstehen saure Oxide, die Lackmuspapier rot anfärben, im Gegensatz zu den Metalloxiden, die basisch sind und Lackmus blau färben. In Wasser bilden die Nichtmetalloxide Mineralsäuren wie Salpetersäure HNO_3 und Schwefelsäure H_2SO_4.

Die Atome von Nichtmetallen neigen zur Ausbildung lokalisierter und spezifischer Bindungen, die die Außenelektronen 'festhalten', so daß sie nicht so frei beweglich sind wie in den Metallen. Nichtmetalle sind daher schlechte Leiter für Elektrizität und Wärme. Einige Elemente wie z.B. Silicium und Germanium haben Eigenschaften sowohl von Metallen wie von Nichtmetallen. Diese Elemente werden als Halbleiter bezeichnet.

Organische Chemie

Kohlenstoff und seine Verbindungen spielen eine so wichtige Rolle, daß ein eigener Zweig der Chemie der Untersuchung und Verwendung dieser Substanzen dient. Es ist dies die ORGANISCHE CHEMIE, in deren Namen die Rolle zum Ausdruck kommt, die der Kohlenstoff bei Aufbau und Stoffwechsel von Tieren und Pflanzen spielt.

Der Kohlenstoff ist auch technisch wichtig. Er ist der Grundbestandteil der fossilen Brennstoffe wie z.B. der Kohle; in den aus Kohlenwasserstoffen bestehenden Brennstoffen wie Erdöl und Erdgas liegt er an Wasserstoff gebunden vor. Der Kohlenstoff bildet eine Viezahl verschiedener Verbindungen aufgrund seiner Fähigkeit zur Ausbildung von Bindungen mit sich selbst unter Bildung von Molekülen, die Ringe oder lange Ketten aus Kohlenstoffatomen aufweisen. Die Zahl der möglichen Verbindungen ist praktisch unendlich.

Alle bisher beschriebenen organischen Verbindungen sind *aliphatisch*, d.h. ihre Kohlenstoffatome sind als Ketten angeordnet. Die Kohlenstoffatome können jedoch auch unter Bildung von Ringen miteinander verknüpft sein wie im Benzol C_6H_6. Die Verbindungen, deren Grundkörper das Benzol ist, nennt man *aromatische* Verbindungen. Sie spielen eine wichtige Rolle in zahlreichen Industriezweigen. Das Toluol $C_6H_5CH_3$ z.B. ist eine einfache Verbindung, die als Lösungsmittel für Gummi, Harze und Kunststoffe verwendet wird.

DAVE KELLY

Links: *Legt man ein Stückchen Natriummetall auf eine feuchte Oberfläche, entsteht durch die Reaktionswärme Wasserstoff, der sich entzündet. Verbindet sich dieses heftig reagierende Metall mit dem giftigen Chlorgas, entsteht Kochsalz.*

CHEMISCHE REINIGUNG

Wie so manch andere Annehmlichkeit des modernen Lebens wurde auch die chemische Reinigung durch Zufall entdeckt.

Die Entdeckung machte der französische Färbereibesitzer, Jean Baptiste Jolly. Ein Dienstmädchen in Jollys Haushalt warf versehentlich die Kerosinlampe auf dem Tischtuch um. Mit Überraschung stellte Jolly danach fest, daß die Fläche, über die das Kerosin gelaufen war, so hell geworden war, daß der Schmutz auf dem restlichen Tuch deutlich zu Tage trat. Fortan bot er diese Entdeckung im Rahmen seines Färbereibetriebes als 'Trockenreinigung' an, im Gegensatz zu der bis dahin in den Wäschereien üblichen Reinigung mit Wasser und Seife.

Vorteile der chemischen Reinigung

Zur Zeit der Erfindung der chemischen Reinigung im Jahre 1825 wurden alle Kleidungsstücke aus Naturfasern wie Wolle oder Baumwolle angefertigt, die beim Eintauchen in Wasser aufquellen und beim Trocknen einlaufen. Die französische Kundschaft erkannte den Vorteil der Trockenreinigung, bei der ohne jedes Einlaufen die Kleider durch vollständiges Eintauchen in das inaktive Lösungsmittel sorgfältig gereinigt wurden. Bei Anwendung des neuen Waschverfahrens konnte auch in Jahren angesammelter Schmutz schonend weggespült werden. Die Trocken- oder Chemischreinigung breitete sich dann auch in anderen Ländern aus, wo sie zunächst unter der auf ihren Ursprung verweisenden Bezeichnung 'Französische Reinigung' bekannt wurde.

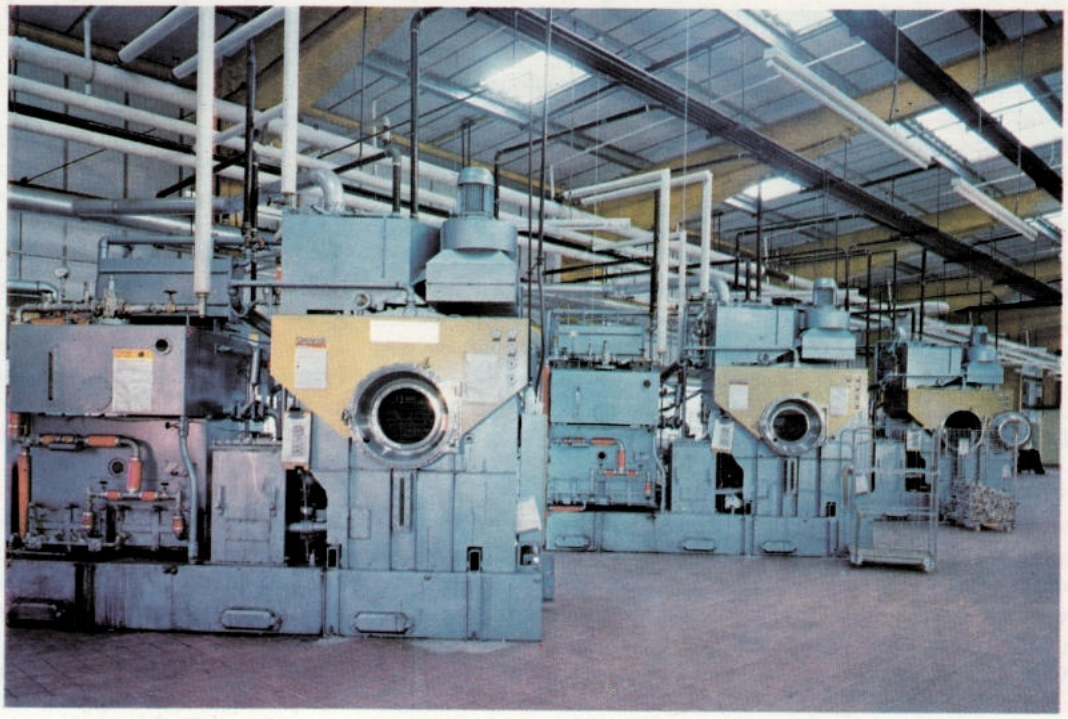
Symbole für die chemische Reinigung

A — kann in allen Lösungsmitteln gereinigt werden

P — kann in Perchloräthylen, Ligroin, Freon 113 und Freon 11 gereinigt werden

F — kann nur in Ligroin oder Freon 113 gereinigt werden

⊗ — kann nicht chemisch gereinigt werden



NEIL & SPENCER

Rechts: *Trockenreinigungsgeräte. Sie dienen zur Reinigung von sehr schmutziger Industriekleidung. Als Lösungsmittel wird Per verwendet.*

Gefährliche Lösungsmittel

Mit der Entwicklung der chemischen Reinigung zu einem Industriezweig wurde das zuerst verwendete Lösungsmittel Kerosin durch BENZIN ersetzt, später durch Ligroin (auch 'White Spirit'), das in vielen Ländern noch heute als Lösungsmittel bei der chemischen Reinigung dient. In den USA wird ein Ligroin bestimmter Qualität, das sogenannte Stoddard-Lösungsmittel, in großem Umfang verwendet.

Benzin hat einen Flammpunkt von 0°C. Die damit verbundene Brandgefahr setzte seinen Wert als reinigendes Lösungsmittel entsprechend herab. Ligroin von Stoddard-Qualität hat einen Flammpunkt von 38°C und ist wesentlich sicherer. Unter dem Flammpunkt versteht man diejenige Temperatur, bei der das Lösungsmittel direkt über der Flüssigkeit einen in Luft entflammbaren oder explosiven Dampf entstehen läßt.

Die heute verwendeten Lösungsmittel

Mit der Verlagerung der chemischen Reinigung aus Fabriken in Reinigungsgeschäfte wurde ein nichtentflammbares Lösungsmittel erforderlich. Als erstes dieser Art wurde das Trichloräthylen eingeführt, das über hohes Lösungsvermögen und gute Reinigungswirkung verfügt. Als jedoch Kleidungsstücke aus Triazetat-Rayon auf dem Markt erschienen, die durch dieses Lösungsmittel angegriffen werden, stellte man allgemein auf Perchloräthylen um. Unter der Bezeichnung 'Per' hat es sich schnell eingeführt, und noch heute ist es das in automatischen Reinigungsmaschinen am häufigsten verwendete Lösungsmittel. In Deutschland wird die chemische Reinigung zu 95% mit Perchloräthylen durchgeführt.

Modische Kleidung ändert sich ständig; einige der auf dem Markt befindlichen neuen Gewebe oder Verarbeitungsweisen reagieren empfindlich auf Wärme, andere sogar auf Perchloräthylen. Diese Gewebe können mit einem fluorhaltigen Lösungsmittel aus der Freon-Klasse (die in großem Umfang als Kühlmittel verwendet werden), dem sogenannten Freon 113 oder einem anderen, bei niedrigen und sicheren Temperaturen trocknenden Freon, gereinigt werden. So trocknet z.B. das in einigen Ländern verwendete Freon 11 bei niedrigen Temperaturen; außerdem besitzt es ein nahezu ebenso gutes Lösungsvermögen wie Perchloräthylen.

Um den Verbrauchern und den Reinigungsgeschäften die Schwierigkeiten beim Identifizieren der Gewebeart und bei der Wahl der geeigneten Reinigung zu erleichtern, werden Kleidungsstücke häufig mit Schildchen versehen, die Behandlungshinweise in From von Symbolen tragen.

Sicherheit

In einfachen Maschinen, die der Kunde selbst bedient und mit den zu reinigenden Gegenständen verschiedener Art belädt, muß man besondere Vorsichtsregeln einhalten. Steppdecken und Schlafsäcke sollten nur im Fachgeschäft behandelt werden, wo sie hinreichend gelüftet werden können. Wird

Vergleich der bei der chemischen Reinigung verwendeten Lösungsmittel

Eigenschaft	Ligroin	Trichlor-äthylen	Perchlor-äthylen	Trichlor-trifluor-äthan	Monofluor-trichlor-methan
Siedetempetatur (Destillation)	Vakuumdestil-lation erforderlich 150-200°C	86,9°C	121,1°C	45,57°C	23,8°C
Kauri-Butanol-Zahl (Hinweis auf Lösevermögen)	31	130	90	30	60
Toxizität (erlaubte Höchstkonzentration in ppm; geringe Unterschiede aufgrund verschiedener Einstellungen)	200	50	100	1000	1000
Hinweis auf Flüchtigkeit (d.h. leichtes Trocknen; je höher die Zahl, desto niedriger die Temperatur und desto kürzer die Zeit, die man zum Trocknen benötigt)	schwierig	84	39	170	223
Flammpunkt (Temperatur, bei der das Lösungsmittel in Luft ent-flammbaren Dampf abgibt)	33,5°C	nicht ent-flamm-bar	nicht ent-flamm-bar	nicht ent-flamm-bar	nicht ent-flamm-bar

nämlich eine zu große Ladung in die Maschine gegeben, können die Teile nicht austrocknen. Das zurückgebliebene Reinigungsmittel entwickelt dann Dämpfe, die für den Menschen gefährlich sein können.

Trockenreinigungsmaschinen

Auf die wachsende Nachfrage nach einem Reinigungsservice antworten die Hersteller von Reinigungsmaschinen mit der Entwicklung neuer Geräte. Die Reinigungsmaschinen sollten den gesamten Reinigungsvorgang in abgestuften Verfahren (Reinigen, Trocknen, Lüften usw.) ausführen und die Kleider so liefern, daß sie nur noch nachzusehen, zu entflecken und fertigzumachen sind.

Per (Perchloräthylen) ist ein Lösungsmittel, das sich zur Verwendung in solchen Maschinen gut eignet. Das Lösevermögen 90 auf der Kauri-Butanol-Skala reicht für eine angemessene Reinigung aus, ohne zu stark zu sein. Die chemische Reinigung funktioniert, weil die Verschmutzung von Kleidern hauptsächlich aus Schmutzteilchen besteht, an denen fettige Bestandteile haften, durch die die Teilchen am Gewebe festgehalten werden. Das Lösungsmittel löst das Fett, und damit werden die Teilchen abgelöst. Nicht aller Schmutz auf den Kleidungsstücken kann durch Lösungsmittel beseitigt werden. Daher wird dem Lösungsmittel ein geringer Prozentsatz wasserhaltiger Detergentien zugesetzt, um wasserlöslichen Schmutz wie z.B. Getränkeflecken zu entfernen.

Entfernung des Lösungsmittels

Nach dem Reinigen und Spülen mit dem Lösungsmittel werden die Kleidungsstücke bei hoher Tourenzahl geschleudert, um überschüssiges Lösungsmittel zu entfernen. Dann folgt das Trocknen, bei dem die Teile in warmer Luft hin- und herbewegt werden.

Das gebrauchte Lösungsmittel wird anschließend filtriert, um feste Schmutzpartikel abzusondern. Dann erfolgt eine Destillation des Lösungsmittels, bei der lösliche Verunreinigungen entfernt werden. Auf diese Weise wird das Lösungsmittel ständig zur Wiederverwendung gereinigt. Per destilliert leicht aus einem einfachen Kessel, ähnlich einem Wasserkessel (im Gegensatz zu Ligroin, das im Vakuum destilliert werden muß). Ein einfacher Wasserkühler überführt den Dampf in flüssiges Lösungsmittel. Kleidungsstücke (besonders aus Wolle) halten geringe Wassermengen fest; dieses Wasser verschwindet beim Trocknen und bei der Destillation. Der Zweck des Wasserabscheiders beruht auf seiner Wirkung als Absetztank, Er ist so konstruiert, daß er den großen Dichteunterschied zwischen dem Lösungsmittel und Wasser auszunutzen vermag. Da das unerwünschte Wasser leichter ist als das Lösungsmittel und sich mit diesem nicht mischt, steigt es nach oben und kann abgelassen werden. Das aus der Trocknungsstufe gewonnene Lösungsmittel wird ebenfalls durch den Wasserabscheider geleitet.

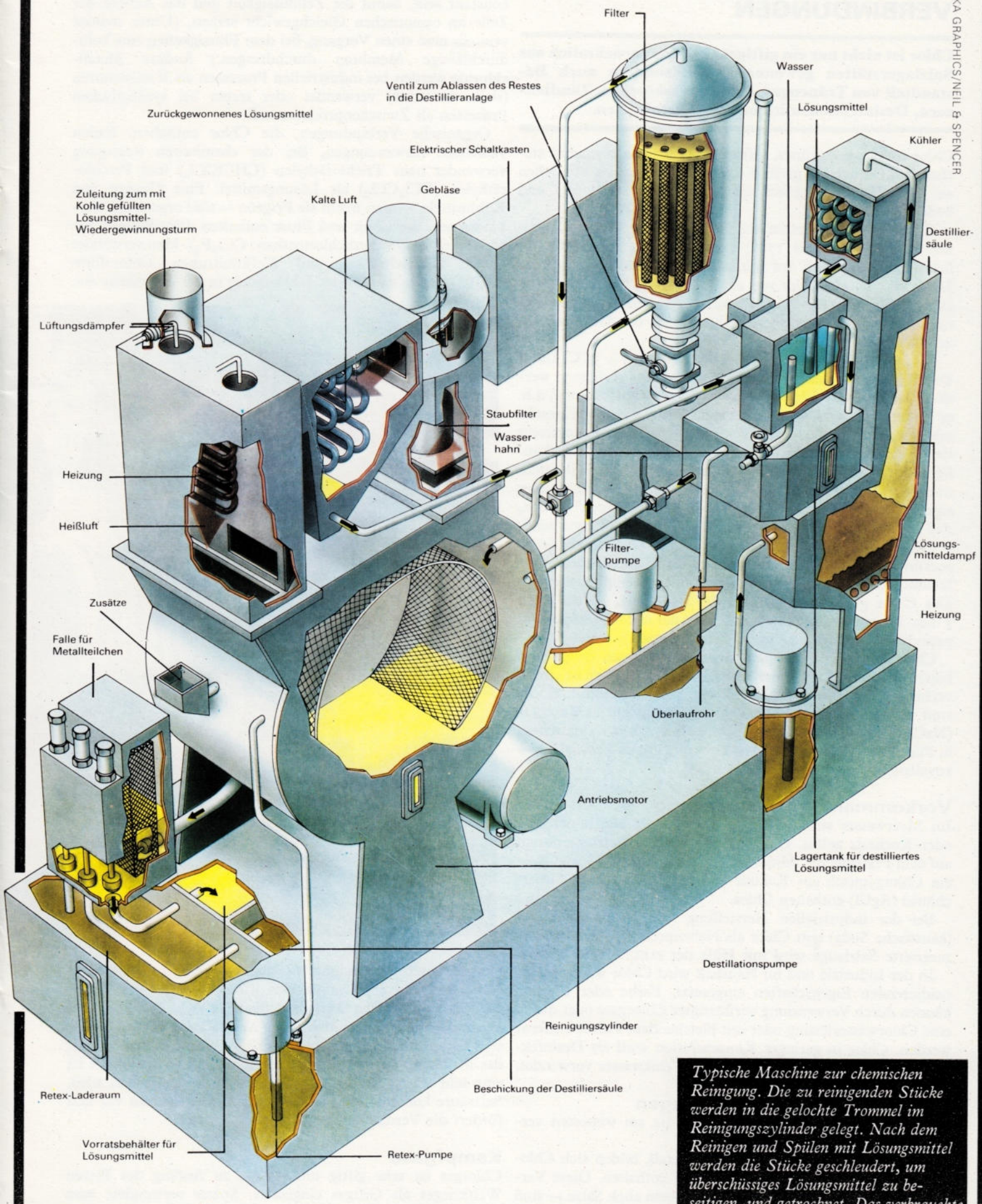
Abschluß des Verfahrens

Nach beendeter Reinigung und Trocknung hat die Luft in der Maschine noch einen geringen Lösungsmittelgehalt. Ehe die Kleidungsstücke entnommen werden, wird diese mit Lösungsmittel beladene Luft in einen mit Kohle gefüllten Turm zur Lösungsmittelrückgewinnung abgesaugt. Die Kohle absorbiert den Lösungsmitteldampf ähnlich wie ein Abzug über einem Kochherd Gerüche absorbiert.

Um Wasserabweisung oder Mottenschutz zu erhalten, können dem Lösungsmittel Zusätze in kleinen Mengen beigegeben werden, und zwar in einstufigen, häufiger aber in zweistufigen Verfahren. In letzteren wird der Hauptanteil des Schmutzes durch das erste 'Waschen' entfernt, während der zweite Waschgang die Behandlung mit dem Zusatzstoff einschließt.

Rechts: *Typische Maschine zur chemischen Reinigung. Die zu reinigenden Stücke werden in die gelochte Trommel im Reinigungszylinder gelegt. Nach dem Reinigen und Spülen mit Lösungsmittel werden die Stücke geschleudert, um überschüssiges Lösungsmittel zu beseitigen, und getrocknet. Das verbrauchte Lösungsmittel wird zur Entfernung fester Schmutzpartikel filtriert und durch Destillation weiter gereinigt.*

TROCKENREINIGUNGSMASCHINE



ARKA GRAPHICS/NEIL & SPENCER

Typische Maschine zur chemischen Reinigung. Die zu reinigenden Stücke werden in die gelochte Trommel im Reinigungszylinder gelegt. Nach dem Reinigen und Spülen mit Lösungsmittel werden die Stücke geschleudert, um überschüssiges Lösungsmittel zu beseitigen, und getrocknet. Das verbrauchte Lösungsmittel wird zur Entfernung fester Schmutzpartikel filtriert und durch Destillation weiter gereinigt.

CHLOR UND SEINE VERBINDUNGEN

Chlor ist nicht nur ein giftiges Gas, das vornehmlich aus Salzlagerstätten gewonnen wird, sondern auch Bestandteil von Tränengas, Feuerwerkskörpern, Zündhölzern, Desinfektionsmitteln und Halstabletten.

Chlor ist ein gelbgrünes, giftiges Gas von unangenehm stechendem Geruch. Es greift die Atmungsorgane des Menschen an. Der Name ist griechischen Ursprungs (Chloros) und bedeutet grün.

Chlor wurde zum ersten Mal von dem schwedischen Chemiker Scheele (1742 bis 1786) im Jahre 1774 hergestellt. Er ließ Chlorwasserstoff auf Mangandioxid einwirken. Erst im Jahre 1810 wurde Chlor von dem englischen Chemiker Davy (1778 bis 1829) als ein chemisches Element angesehen, nachdem es sich herausgestellt hatte, daß das Gas nicht zu zerlegen ist.

Chlor — chemisches Symbol Cl — siedet bei $-34°C$. Unter Druck kann das Element bei Raumtemperatur verflüssigt werden. Das Chlorgas tritt als zweiwertiges Molekül (Cl_2) auf, d.h. es besteht aus zwei Atomen. Dies läßt sich aus der Tatsache erklären, daß die äußerste Elektronenschale des Chloratoms sieben Außenelektronen enthält. Um eine stabile Edelgaskonfiguration von 8 Elektronen zu bilden, benötigt das Chloratom noch ein weiteres Elektron auf der Elektronenschale. Dieses eine Elektron kann sehr einfach dadurch 'eingefangen' werden, daß es sich ein Elektron mit einem anderen Chloratom 'teilt'.

Chlor ist ein typisches nichtmetallisches Element. Es ist so reaktionsfreudig, daß es nicht in natürlichem Zustand vorkommt, sondern nur in Verbindung mit anderen Elementen. Das Chlor gehört zur Gruppe der HALOGENE, zu der auch Fluor, Brom und Iod zählen, und ist in der siebten Gruppe des periodischen Systems zu finden (siehe CHEMIE).

Chlorgas reagiert mit den meisten Elementen direkt und bildet Chloride. (Elemente, mit denen es sich nicht direkt verbindet, sind hauptsächlich Kohlenstoff, Sauerstoff, Stickstoff und die Edelgase.) Die Bindungstypen sind in Kochsalz (NaCl) — einem kristallinen, wasserlöslichen Salz — ionischen, in Phosphortrichlorid (PCl_3) — einer flüchtigen Flüssigkeit — kovalenten Charakters.

Vorkommen und Verwendung

Im Meerwasser sind 365 mg/cm³ Chlor als Natriumchlorid oder Kochsalz gelöst. Chlor kommt auch in Salzlagerstätten auf dem Festland vor. Mineralien wie Karnallit ($KCl/MgCl_2$ — ein Chlorgemisch aus Kalium und Magnesium) und Silberchlorid (AgCl) enthalten Chlor.

Bei der industriellen Herstellung von Natriumhydroxid (kaustische Soda) tritt Chlor als Nebenprodukt auf. Die konzentrierte Salzlauge wird mit Hilfe der ELEKTROLYSE zerlegt.

In der Industrie und im Haushalt wird Chlor wegen seiner oxidierenden Eigenschaften eingesetzt. Farbe oder Flecken können durch Verwendung verflüssigter Chlorgase oder durch eine Chlorwasserlösung oder mit bleichendem Pulver entfernt werden. Chlor in geringer Konzentration wird als Desinfektionsmittel oder zur Sterilisation von Trinkwasser verwendet.

Salze und andere Verbindungen

Kochsalz (Natriumchlorid, NaCl) ist die am weitesten verbreitete Chlorverbindung.

Verbindet man Chlor mit einem Metall, bilden sich Chloride, die das Chlor als Chlorion (Cl—) enthalten. Diese Verbindungen — man nennt sie in fester Form auch Salze — sind stabil und nicht reaktionsfreudig. Natriumchlorid tritt auch in gelöster Form in den Körperzellen des Menschen auf. Die Konzentration dieses Salzes muß im menschlichen Körper konstant sein, damit die Zellflüssigkeit und das Äußere der Zelle im osmotischen Gleichgewicht stehen. (Unter OSMOSE versteht man einen Vorgang, bei dem Flüssigkeiten eine halbdurchlässige Membran durchdringen.) Andere Metallchloride werden bei industriellen Prozessen als Katalysatoren (siehe KATALYSE) verwendet oder treten bei synthetischen Prozessen als Zwischenprodukte auf.

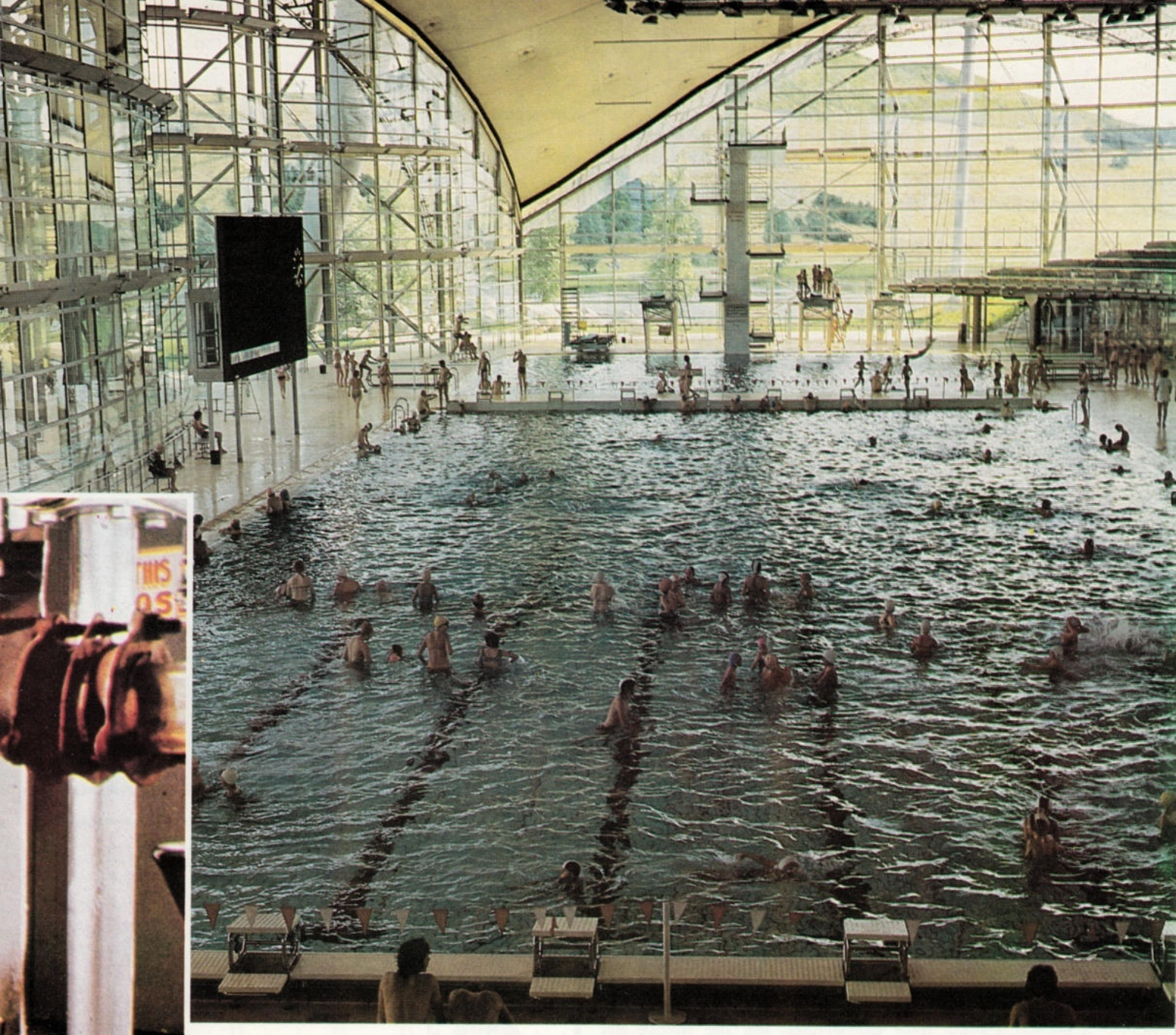
Organische Verbindungen, die Chlor enthalten, finden vielfältige Anwendungen, Bei der chemischen Reinigung verwendet man Trichloräthylen ($CHClCCl_2$) und Perchloräthylen (CCl_2CCl_2) als Lösungsmittel. Eine Gruppe von Kühlmitteln — man nennt sie Frigene — sind organische Verbindungen, die Chlor und Fluor enthalten. (Ein Beispiel für ein Frigen ist Difluordichlormethan: CCl_2F_2). Man verwendet sie in Kühlschränken und Tiefkühltruhen. Chloroform ($CHCl_3$) setzte man im 19. Jahrhundert in der Anästhesie ein.

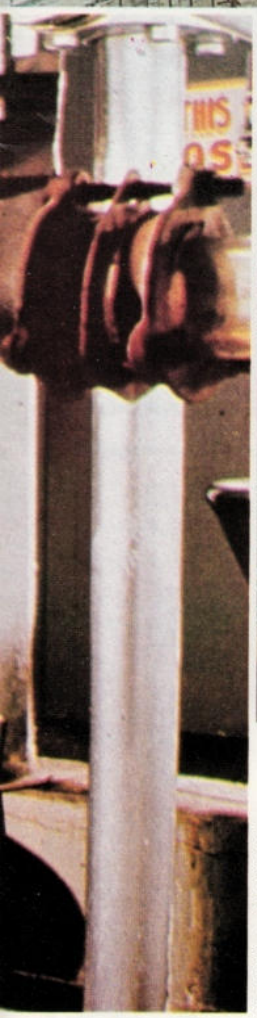
ZEFA

Heute ist diese Verbindung von anderen, weniger gefährlichen Narkosemitteln abgelöst worden. Chlorverbindungen treten auch in Kunststoffen (Polyvinylchlorid, PVC), Unkraut- und Insektenvernichtungsmitteln auf. Mit Wasserstoff verbindet sich Chlor zu Hydrogenchlorid (HCl), einem ätzenden Gas, das in Wasser gelöst, die sogenannte Salzsäure bildet. Sie ist eine sehr starke Säure, die industriell vielfältig genutzt wird. Salzsäure kommt auch im Magensaft des Menschen vor und fördert die Verdauung.

Kampfgase

Chlorgas ist sehr giftig und wurde zu Anfang des Ersten Weltkrieges als Giftgas eingesetzt. Später verwendete man Phosgene und Senfgas. Weniger gefährliche Chlorgase werden von der Polizei und dem Militär bei gewalttätigen Demon-





ALBRIGHT & WILSON

Links: *Erzeuger für Chlordioxid. Bei Zimmertemperatur ist Chlordioxid — ähnlich wie Chlor — ein Gas. Mit Chlordioxid muß man vorsichtig umgehen, da es sich explosionsartig in Chlor und Sauerstoff zersetzt. Chlordioxid wird beim Bleichen verwendet.*

Oben: *Schwimmbecken der Olympia-Schwimmhalle in München. Ein Teil Chlor auf eine Million Teile Wasser erzeugt ausreichend unterchlorige Säure, um alle Bakterien zu töten.*

strationen eingesetzt. Ein Beispiel ist Chloracetophenon, ein Tränengas.

Sauerstoffsäuren

Chlorgas löst sich in Wasser und bildet mit ihm eine Mischung aus Salzsäure und unterchloriger Säure (HClO, eine sehr schwache Säure). Die unterchlorige Säure ist ein sehr starkes Oxidationsmittel; sie zerfällt leicht und gibt freien Sauerstoff ab. Ein Bleichmittel besteht beispielsweise aus einem komplexen Gemisch von Calciumsalzen, die Calciumhypochlorit enthalten. Natriumhypochlorit wird als starkes Reinigungs- und Desinfektionsmittel verwendet.

Führt man mit einer warmen Natriumchloridlösung eine Elektrolyse durch, reagieren die freien Chlorionen mit Natriumhydroxid. Es bildet sich als Zwischenprodukt Perchlorsäure und schließlich Natriumchlorat ($NaClO_3$). Eine verdünnte Lösung dieses Salzes ist ein ausgezeichnetes Unkrautvernichtungsmittel. Kaliumchlorat wird manchmal wegen der leichten Sauerstoffabgabe bei der Herstellung von Feuerwerkskörpern und Zündhölzern verwendet. Außerdem ist es in Tabletten gegen Halsentzündung enthalten.

Die stärkste Sauerstoffsäure des Chlors — zugleich auch die stärkste aller Säuren — ist die Perchlorsäure ($HClO_4$). Die Salze der Perchlorsäure sind sehr starke Oxidationsmittel. Sie sind beständiger und leichter zu handhaben als die Chlorate und werden deshalb bei der Herstellung von Feuerwerkskörpern und Explosionsstoffen den Chloraten vorgezogen. Vorsicht ist bei einer Mischung von Perchloraten mit organischen Stoffen geboten. Die Gemische sind hochexplosiv.

Chlor kann mit Sauerstoff verschiedene Oxide bilden. Chlormonoxid und Chlordioxid sind ebenso wie Chlor Gase. Hingegen sind Chlortrioxid und Chlorheptoxid Flüssigkeiten, die sehr reaktionsfreudig sind und leicht in die Elemente Chlor und Sauerstoff zerfallen. Sie sind daher sehr explosiv, wenn sie einem Schlag oder Hitze ausgesetzt werden.

CHROMATOGRAPHIE

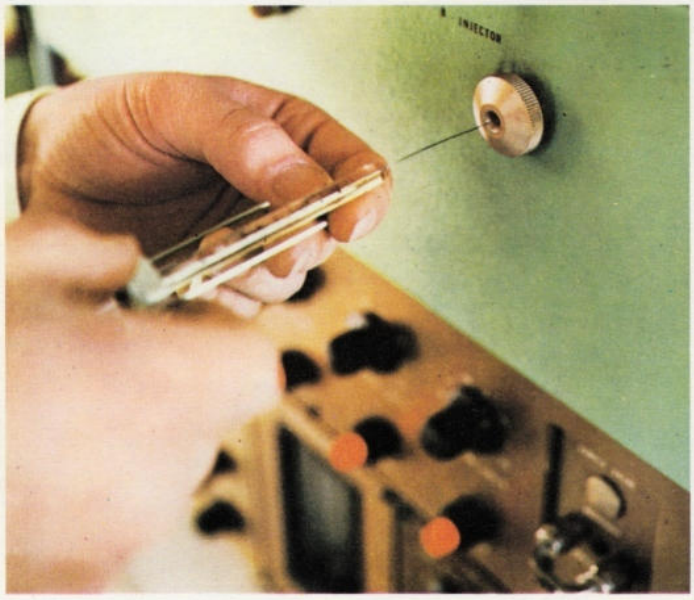
Die Chromatographie ist eine Methode zur Bestimmung von Pestiziden in Nahrungsmitteln und von Arzneistoffen im Urin. Sie wurde ursprünglich zur Untersuchung von kompliziert zusammengesetzten Naturprodukten angewendet, die mit Hilfe anderer Methoden schwer zu analysieren waren.

PERKIN ELMER

Unten links: Ein hochentwickelter Gaschromatograph für Forschungszwecke. Mit der Spritze werden 1 µl (Mikroliter) einer Ölfraktion injiziert. Diese Fraktion enthält etwa 200 verschiedene Komponenten, die dem Ausgabegerät als Peaks erscheinen.

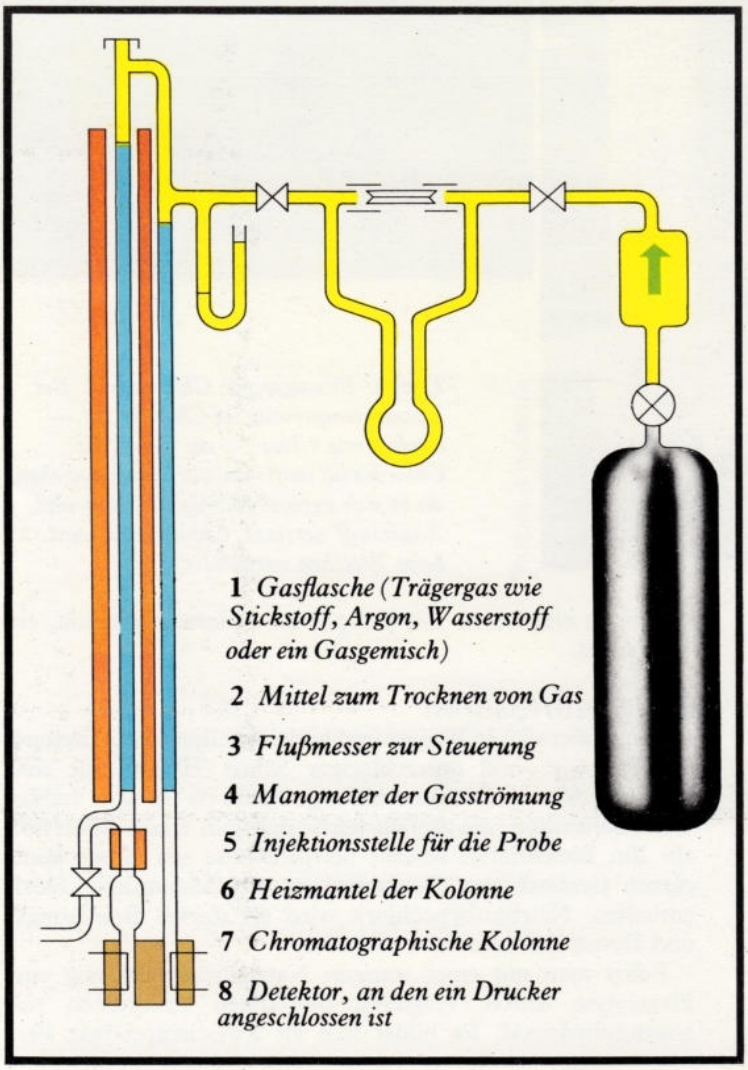
Unten: Zum Injizieren des zu untersuchenden Substrates in den Gaschromatographen wird eine Spritze verwendet. Es können Substanzen in der Größenordnung von 1 ppm (part per million = 1 Teil auf 1 Million Teile) erfaßt und nachgewiesen werden.

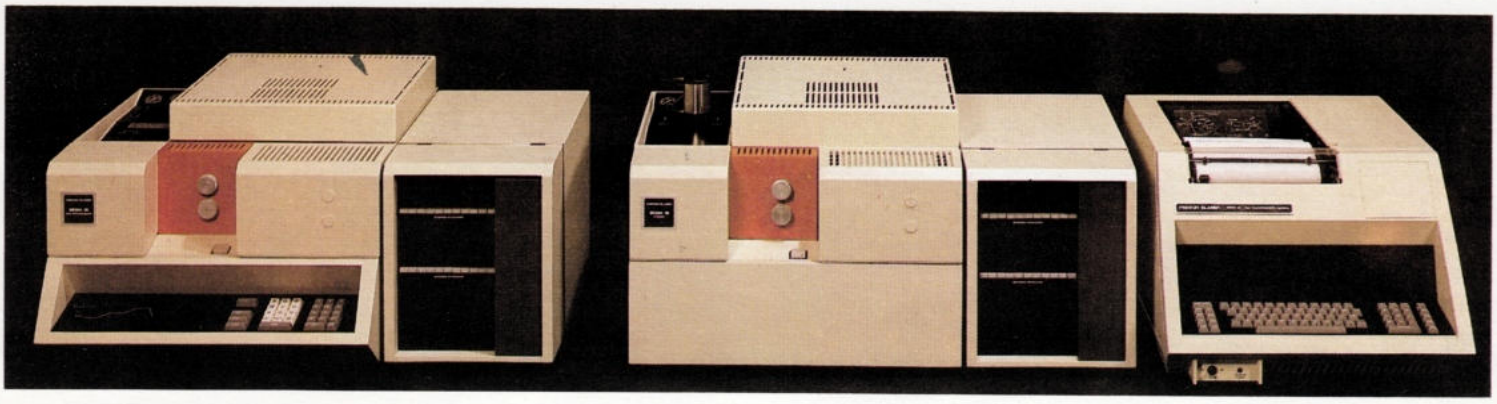
BASF



Chemiker wenden in der Analytik zwei Verfahren zur Trennung und Reinigung von Gemischen chemischer Verbindungen an, und zwar die DESTILLATION, die Verbindungen, die unterschiedliche Siedetemperaturen aufweisen, trennt, und die Chromatographie. Die Bestandteile vieler Gemische (besonders biologischer Proben) sind oft beim Erhitzen nicht stabil, andere sieden bei nahezu gleichen Temperaturen und wieder andere sind nur in Spurenmengen vorhanden. Zur Analyse oder Trennung dieser Gemische wurde die Gaschromatographie entwickelt. Bei ihr werden unterschiedliche Löslichkeiten in Lösungsmitteln oder Adsorptionen auf Feststoffen ausgenutzt.

Chromatographie wird angewendet, um die Menge der Pestizidrückstände in Nahrungsmitteln und der Arzneistoffe in Urinproben nachzuweisen und zu bestimmen. Sie wird auch zur Trennung verschiedener Aminosäuren, Alkohole und einfacher Zucker angewendet. Zu den industriellen Anwendungsgebieten gehören die Überwachung von Gasströmen und die Überprüfung des Gehalts an Schadstoffen, die in die Atmosphäre abgegeben werden. In einem größeren Ausmaß wird sie zur Herstellung und Reinigung von *Feinchemikalien* (Chemikalien mit hohem Reinheitsgrad), hauptsächlich für die pharmazeutische Industrie, angewendet. Früher angewandte chromatographische Methoden wurden entwickelt, um vielfältig zusammengesetzte Naturprodukte zu untersuchen, die man mit Hilfe anderer Methoden schwer oder gar nicht analysieren konnte. Etwa in der Mitte des 19. Jahrhunderts wurden Zuckerlösungen gereinigt, indem sie durch eine Holzkohlenschicht gefiltert wurden, was eigentlich ein chromatisches Verfahren darstellt. D. T. Day, ein amerikanischer Erdölchemiker, hat um die Jahrhundertwende Rohöl in verschiedene Fraktionen getrennt, indem er es durch eine mit Bleicherde gefüllte Säule passieren ließ. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts trennte M. Tswett (1872 bis 1919), ein russischer Botaniker, die aus Blättern gewonnenen verschiedenen Farbstoffe in mehrere Farbbänder auf, wobei er eine Calciumcarbonatsäule verwendete. Bei kontinuierlichem Waschen sickerten die abgetrennten Substanzen am Grund der





PERKIN ELMER

SHELL

Oben: *Gaschromatograph im Baukastensystem, ein Gerät, wie es heute zu erschwinglichen Preisen im Handel erhältlich ist.*

Links: *Analyse der Spaltprodukte eines Schädlingsbekämpfungsmittels. Proben des Pestizides werden mit Radioisotopen versetzt und anschließend papierchromatographisch getrennt. Die Komponenten jedes Fleckens werden mit Hilfe eines Erfassungsgerätes für radioaktive Strahlung analysiert (zylinderförmiges Gerät).*

Säule einzeln aus. Er nannte dieses Verfahren Chromatographie, was 'in Farben schreiben' bedeutet.

Prinzipien der Chromatographie

Im wesentlichen umfaßt die Chromatographie die Verteilung der Bestandteile eines Gemisches zwischen einer *mobilen* Trägerphase (ein Gas oder eine Flüssigkeit) und einer *stationären* flüssigen oder festen Phase. Während dieses Vorgangs kann die mobile Phase, die als Träger des Probengemisches dient, entweder durch eine andere nicht mischbare Phase oder eine stationär bleibende adsorbierende Oberfläche hindurchfließen oder sie fließt an diesen entlang.

Die verschiedenen chemischen Verbindungen in dem Gemisch wandern von der mobilen Phase zur stationären Phase und wieder zurück in die mobile Phase. Dieser Vorgang wird sehr oft wiederholt. Die besser löslichen oder die stärker adsorbierten Substanzen bleiben allmählich hinter den weniger löslichen oder weniger stark adsorbierenden Substanzen zurück. Nach Durchwanderung des Trennmaterials wird schließlich eine vollständige Trennung erreicht, und die Bestandteile können entnommen und identifiziert werden.

Chromatographische Methoden

Grundsätzlich sind die beiden Hauptarten der Chromatographie die Verteilungschromatographie, bei der die stationäre Phase eine Flüssigkeit ist, und die Adsorptionschromatographie, bei der die stationäre Phase eine feste Oberfläche ist.

A. J. P. Martin (geb. 1910) und R. L. M. Synge (geb. 1914) erhielten im Jahre 1952 in Anerkennung ihrer Forschungsarbeit auf dem Gebiet der Entwicklung und Anwendung der Verfahren der Verteilungschromatographie gemeinsam den Nobelpreis für Chemie.

Wenn die mobile Phase ein Gas ist, werden die Methoden je nachdem, ob die stationäre Phase ein Feststoff oder eine Flüssigkeit ist, *Gas-Festoff-Chromatographie* oder *Gas-Flüssigkeits-Chromatographie* genannt. Bei der *Ionenaustauscher-Chromatographie* gehen die Bestandteile des Gemisches echte chemische Bindungen mit einer harzhaltigen stationären Phase ein (anstatt der Adsorption). Diese Bindungen werden gespalten, wenn die Säule mit einem Lösungsmittelgemisch gewaschen wird, wobei das leichte Spaltvermögen eine Trennung der Bestandteile bewirkt.

Wenn stark poröse, galertartige Materialien (man bezeichnet sie als Molekularsiebe) als die stationäre Phase verwendet werden, werden die kleinen Moleküle des Gemisches in den Hohlräumen festgehalten, während die größeren ausgeschlossen werden und schneller wandern. Gewöhnlich nennt man dies Gel-Permeation; es ist aber auch bekannt als Ausschluß-Chromatographie oder Gel-Filtration.

Papier- und Gaschromatographie

Methoden, bei denen anstatt einer Säule ein Blatt absorbierendes Papier oder eine Schicht absorbierendem Pulver als die stationäre Phase verwendet wird, sind bei gleichartigen Analysen gebräuchlich. Bei der *Papierchromatographie* wird die Probe in der Nähe eines Papierrandes 'aufgetupft'. Dieses Papier wird in eine mit dem Elutionsmittel gefüllte Wanne getaucht (die Tupfen dürfen nicht mit eingetaucht werden, da das Gemisch diese aus dem Papier herauslösen würde). Das Elutionsmittel wandert aufgrund der Kapillarwirkung durch das Papier, wobei die Bestandteile des Gemisches verschieden weit von der Grundlinie wegbewegt werden. Gewöhnlich dauert es mehrere Stunden, bis sich der Anfangstupfen in eine Reihe anderer Tupfen aufgeteilt hat, was vom *Retentionswert* (Ausmaß des Festhaltens durch die stationäre Phase) der einzelnen Gemischbestandteile abhängt. Man kann diese Tupfen zur farblichen Identifizierung besprühen oder unter ultraviolletem Licht betrachten.

Bei der Dünnschichtchromatographie, einer neueren und

Unten: *Chromatograph, bei dem die Probe verdampfbar sein muß, ohne sich jedoch zu zersetzen.*

gleichermaßen wichtigen Methode, wird das Papier durch eine dünne Schicht aus fein verteiltem Feststoff ersetzt, gewöhnlich Aluminiumoxid oder Silikagel, der gleichmäßig auf einer Glasplatte verteilt ist. Hiermit kann eine schnelle Trennung eines Gemisches (in etwa 20 Minuten) durchgeführt werden. Milligramm-Mengen reiner Bestandteile können auf diese Weise gewonnen werden; ein Beispiel ist die Reindarstellung von Antibiotika, einschließlich Penicillin, in der pharmazeutischen Industrie.

Dies ist eine der wichtigsten Methoden der Chromatographie, wobei sich der Name gewöhnlich eher auf die Gas-Flüssigkeits-Trennung als auf die Gas-Feststoff-Trennungen bezieht, obwohl die Flüssigkeit bei der Gas-Flüssigkeits-Chromatographie auf einem porösen, festen Träger verteilt wird. In der letzten Zeit hat sie sich zu einem der am häufigsten angewendeten analytischen Verfahren in den Labors und in der Industrie entwickelt. Sie ist in ihrer Instrumentierung vollständig anerkannt worden. Sie stellt eine einfache, schnelle und hochempfindliche Methode dar, die eine wirksame Trennung der Bestandteile von Gemischen erlaubt und einen fast allumfassenden Anwendungsbereich bietet. Die einzige Einschränkung besteht darin, daß die Probe oder ein einfaches Derivat verdampfbar sein muß, ohne sich bei den Verdampfungstemperaturen zu zersetzen.

Das Konzept der Gaschromatographie wurde erstmals von A. J. P. Martin und R. L. M. Synge im Jahr vorgeschlagen, aber erst 1952 veröffentlichten Martin und A. T. James ihre berühmte Abhandlung über die Mikroanalyse von Fettsäuren unter Anwendung der Gaschromatographie. Später wurde das Verfahren von zahlreichen Wissenschaftlern weiterentwickelt, wobei selbstentwickelte Ausrüstungen angewendet wurden. Von 1960 an waren die Geräte im Handel erhältlich, und mit der Einführung von billigen Baukastensystemen und umstellbaren Konstruktionen fanden die Anwendungsbereiche des Verfahrens eine ständig zunehmende Verbreitung.

Gaschromatographie, die sowohl ein Trennungs- als auch ein Meßverfahren ist, hat gegenüber anderen Methoden viele Vorteile. Die typische Analysenzeit von vielen Gemischen kann bei etwa 15 bis 20 Minuten liegen; einige Analysen werden in Sekunden durchgeführt. Bei einer gaschromatischen Trennung wird eine das zu analysierende Gemisch enthaltende Probe gewöhnlich mit Hilfe einer Injektionsspritze injiziert, und zwar direkt auf die Säule oder in ein Verdampfungsteil, wo die Probe verdampft und dann als Dampf auf der Säule adsorbiert wird. Er gelangt in den Trägergasstrom und beginnt sich durch die spiralförmige Säule zu bewegen, die auf einer konstanten Temperatur, gewöhnlich zwischen 0°C und 400°C, gehalten wird. Das Ende der Säule ist mit einem Detektor verbunden, der anhand von Flammenionisation, Wärmeleitfähigkeit und anderen physikalischen Eigenschaften die Bestandteile bei ihrem Austritt durch eine Reihe von Peaks auf Diagrammpapier aufzeichnet. Der Detektor wird verwendet, um Peaks auf einem Diagramm herzustellen, die eine graphische Darstellung der Zeit als Funktion der Konzentration der Probenbestandteile in dem Trägergasstrom bilden. Das Aussehen, die Zeit, die Höhe, die Breite und die Fläche dieser Peaks liefern sowohl qualitative als auch quantitative Daten.

Das Kernstück des Chromatographen ist die Säule selbst. Die besonderen Säulenbedingungen, wie zum Beispiel Temperatur, stationäre Phase usw. können so ausgewählt werden, daß fast alle Trennungen möglich sind. Eine spätere Entwicklung war die größere Säule, der präparative Gaschromatograph. Wenn dieser in Verbindung mit einem analytischen Verfahren unter Verwendung eines Massenspektrographen (siehe MASSENSPEKTROSKOPIE) angewendet wird (eine Methode zur genauen Bestimmung des Molekulargewichts), ist es möglich, Probemengen von nur einem ppm (parts per million) zu identifizieren.

Gaschromatographie wird in fast allen Bereichen der chemischen Industrie, besonders aber auf den Gebieten der Petrochemie und der Pharmazie, angewendet. Sie findet Anwendung bei der Verfahrenskontrolle, in der Forschung und bei Routinemessungen in analytischen Labors. Auch ihre Anwendung in den Kunststoffindustrien, sowie im Bereich der Nahrungsmittelchemie, Gärung, Biomedizin, Medizin und der Gerichtsmedizin wird immer häufiger.

Erfindungen 4: PAPIER

Das erste beschriftete Medium — es wurde von den Bewohnern Mesopotamiens vor über 5000 Jahren benutzt — war Lehm in Form von Tafeln. Diese ließen sich zwar leicht und billig herstellen, sie hatten jedoch zwei wesentliche Nachteile. Es war schwierig, sie zu lagern, und sie gestatteten das Schreiben durch Eindrücken des Schreibgriffels in den Lehm nur dann, wenn der Lehm weich war.

Die Papyrusstaude, die in großer Menge im Nildelta wuchs, lieferte ein weit besser zu beschriftendes Medium. Der Stengel der hochwachsenden Papyrusstaude hat einen dreieckigen Querschnitt. Daraus lassen sich lange, schmale Streifen des weißen, faserigen Marks schneiden, das im frischen Zustand einen klebrigen Stoff enthält. Aus solchen Streifen hatte man schon lange Matten und Körbe hergestellt. Um 2500 v.Chr. wurde dann entdeckt, daß sich ein Material, auf das man schreiben kann, daraus herstellen läßt. Von Papyrus leitet sich über das Griechische und Lateinische unser Wort 'Papier' her.

Herstellung von Papyrus

Für die Herstellung von Papyrus legte man die Streifen auf einer ebenen Fläche eng nebeneinander. Auf diese Schicht kam eine zweite im rechten Winkel zu der ersten Schicht. Beide Schichten wurden dann, um sie zu glätten, mit einem Schlegel bearbeitet und in der Sonne getrocknet. Die auf diese Weise entstandenen Papyrusblätter wurden anschließend an den Kanten zusammengeklebt und in Rollenform gelagert.

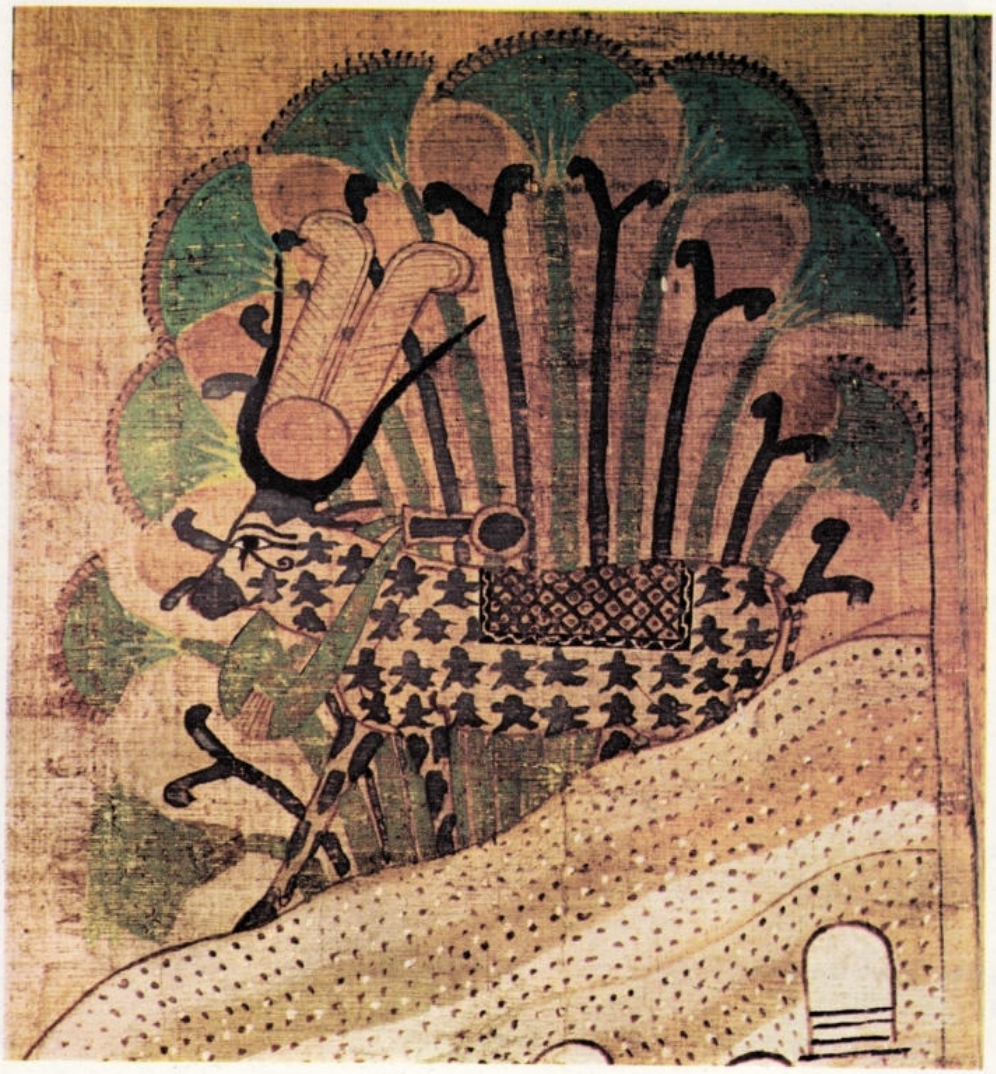
Pergament

Fast so alt wie die Papyrusherstellung ist die Kunst, die Häute neugeborener Kälber und Lämmer zu Pergament zu verarbeiten. In der Frühzeit unterschied sich das Pergament nur wenig vom feinsten Leder, das zu dieser Zeit hergestellt werden konnte. Im Verlaufe des ersten Jahrtausends v.Chr. entstand ein Verfahren für die Herstellung eines sehr guten, weißen, zum Beschreiben geeigneten Materials.

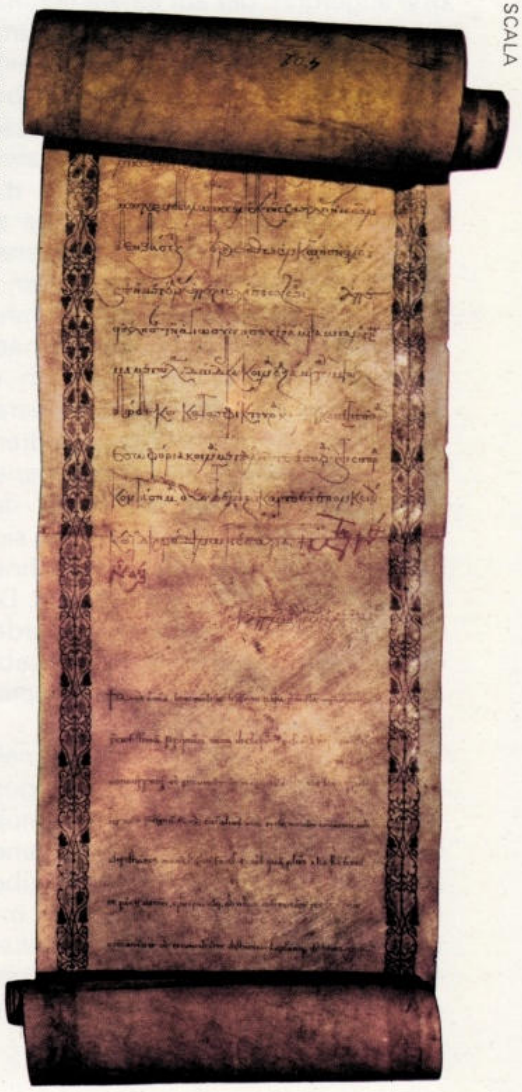
Zuerst wurden die Häute in Kalklösung eingeweicht, anschließend wurde das Haar abgeschabt. Dann kamen die Häute wieder in eine Kalklösung und wurden anschließend zum Trocknen auf einen Rahmen gespannt. Während des Trocknens wurden sie mit Hilfe eines halbmondförmigen Messers sorgfältig geschabt, um ein möglichst dünnes Pergament entstehen zu lassen. Waren die Häute trocken, wurden beide Seiten mit Bimssteinpulver ähnlich demjenigen, das heute die Zahnärzte zum Säubern von Zähnen benutzen, geglättet. Dann schnitt man das Pergament zu handlichen,

Unten links: Aufgrund der Trockenheit des Klimas in Ägypten sind einige sehr alte Papyrusblätter erhalten geblieben. Auf dem hier abgebildeten Blatt aus der Zeit vor 1200 v. Chr. ist eine stilisierte Papyruspflanze dargestellt.

Unten: Eine Pergamentrolle byzantinischen Ursprungs mit einem Text in griechischer und lateinischer Sprache.



WERNER FORMAN ARCHIVE



SCALA

rechteckigen Stücken. Diese wurden wie das Papyrus an den Kanten zusammengeklebt und dann aufgerollt.

Volumen

Im ersten Jahrhundert n. Chr. erkannte man, daß sich Pergament viel bequemer lagern läßt. Dazu faltete man die rechteckigen Blätter ein-, zwei- oder dreimal zum Folio-, Quart- oder Oktavformat. Die Pergamentblätter konnte man nun zwischen dünnen Holzbrettern lagern. Dieses sogenannte Volumen ist der Ursprung des Buches.

Im ersten Jahrhundert v. Chr. begannen schon die Chinesen, Papier herzustellen. Anfangs benutzten sie dazu die unter der Rinde des Maulbeerbaumes liegenden Fasern. Das Vorbild könnte der Filz gewesen sein, dessen Herstellung bei den nomadischen Nachbarn der Chinesen in Zentralasien weit verbreitet war. Genauso wie Filz durch Verdichten tierischer Fasern zu Platten entsteht, lassen sich pflanzliche Fasern durch Verdichten zu Papier verarbeiten.

Fasern

Bei dem Verfahren, das sich allmählich herausbildete, wurden Maulbeerbaumfasern mit Wasser zu einem Brei angerührt, der auf einem feinmaschigen Sieb ausgebreitet und durch Schütteln dazu gebracht wurde, eine Schicht gleichmäßiger Dicke zu bilden. Eine Zeitlang tropfte das Wasser heraus, die Schicht verfestigte sich, und schließlich konnte man das Blatt an den Ecken ergreifen, es an einer von der Sonne beschienenen Mauer glätten und trocknen lassen.

Um die Mitte des achten Jahrhunderts n. Chr. wurden die sich nach Westen ausbreitenden Chinesen in Kämpfe mit den islamischen Heeren verwickelt, die nach Osten vordrangen. Von chinesischen Gefangenen lernten die Muslime die Kunst des Papiermachens. Sie verbreitete sich in den islamischen Ländern schnell bis nach Nordafrika und Spanien. Die Fasern des Maulbeerbaumes wurden durch viele andere Stoffe ersetzt, z.B. durch Espartogras. Das Papiermachen war Handarbeit.

Im 13. Jahrhundert wurde in mehreren europäischen Ländern begonnen, Papier zu machen. Da Lumpen der einzige leicht zu beschaffende Rohstoff war, ging man dazu über, die Lumpen in Wassermühlen maschinell zu Papierbrei aufzuschließen. Gegen Ende des Mittelalters hatte das Papiermachen teilweise bereits industriellen Zuschnitt.

SONIA HALLIDAY

Oben: Papierherstellung in China Anfang des 19. Jahrhunderts. Der Papierbrei wird erhitzt und dann zum Absetzen ausgebreitet.

Unten: Pergamentbuch aus dem 8. Jahrh. in dem Kloster des Hl. Johannes auf der griechischen Insel Patmos.

ZEFA