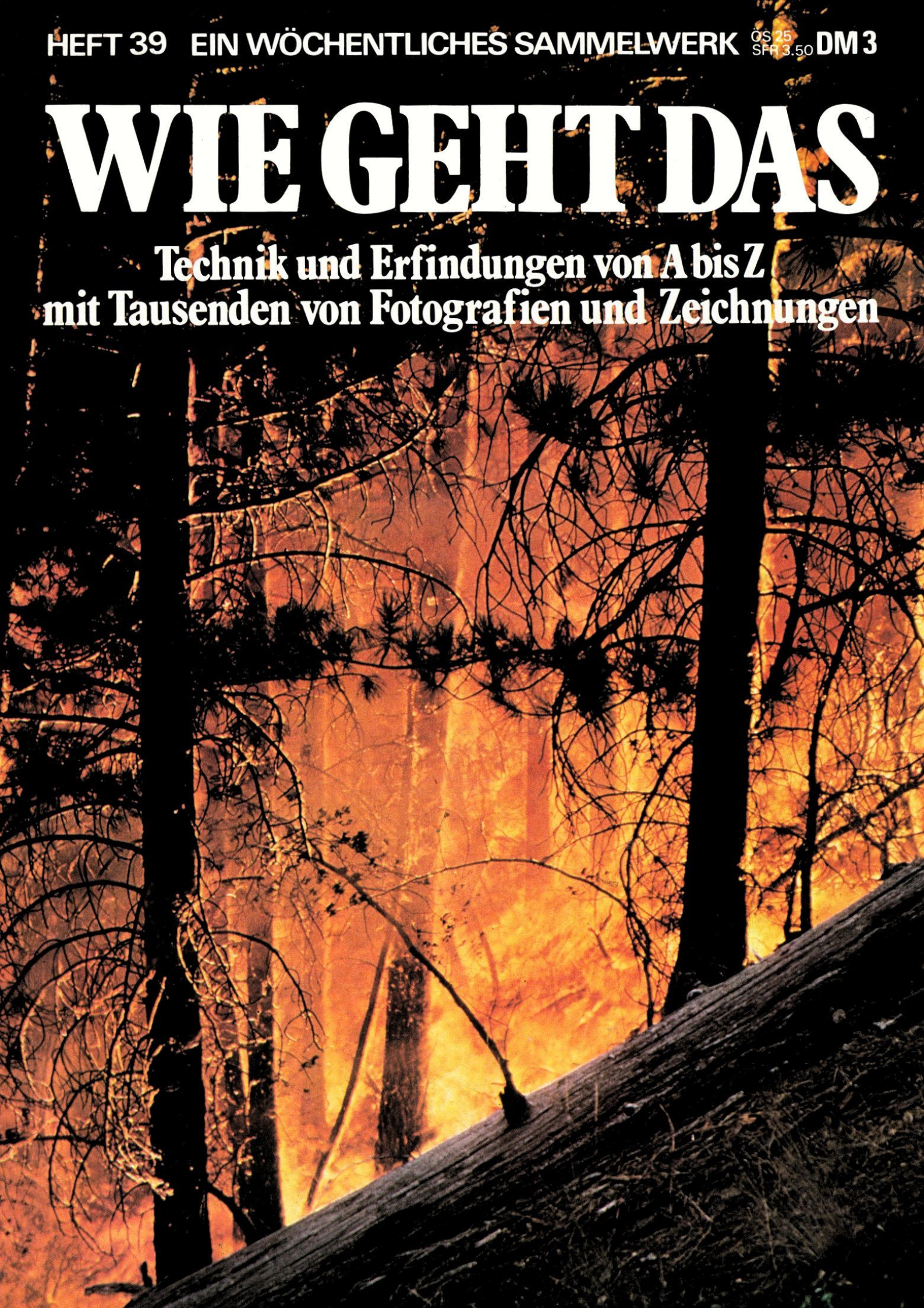


HEFT 39 EIN WÖCHENTLICHES SAMMELWERK OS 25 DM 3
SFR 3.50

WIE GEHT DAS

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



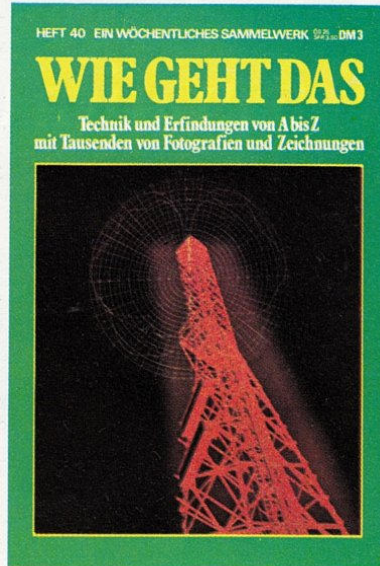
scan: **IGDL**

WIE GEHT DAS

Inhalt

Organische Chemie II	1065
Orgel	1071
Orgel, elektronische	1075
Osmose	1077
Oszillator	1080
Oszilloskop	1084
Oxidation und Reduktion	1086
Papierherstellung	1088

In Heft 40 von Wie Geht Das



Die Physik ist einer der wichtigsten Zweige der modernen Wissenschaft geworden. Sie beschäftigt sich mit den winzigen subatomaren Partikeln, aber auch mit dem Ursprung und der Natur des Universums. Die Entwicklung dieses Wissenschaftszweiges bis zum heutigen Stand, können Sie in Heft 40 von Wie Geht Das nachverfolgen.

Ohne die Photosynthese hätte sich das Leben auf der Erde nie in der heute vorhandenen Vielfalt entwickeln können. Bei der Photosynthese wird Sonnenenergie von Pflanzen dazu verwendet, Kohlenstoffdioxid und Wasser in Kohlenwasserstoffe zu verwandeln. Wie dieser Prozeß vor sich geht, ist im nächsten Heft von Wie Geht Das nachzulesen.

WIE SIE REGELMÄSSIG JEDE WOCHE IHR HEFT BEKOMMEN

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

ZURÜCKLIEGENDE HEFTE

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

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

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

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

INHALTSVERZEICHNIS

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

SAMMELORDNER

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

SO BEKOMMEN SIE IHRE SAMMELORDNER

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

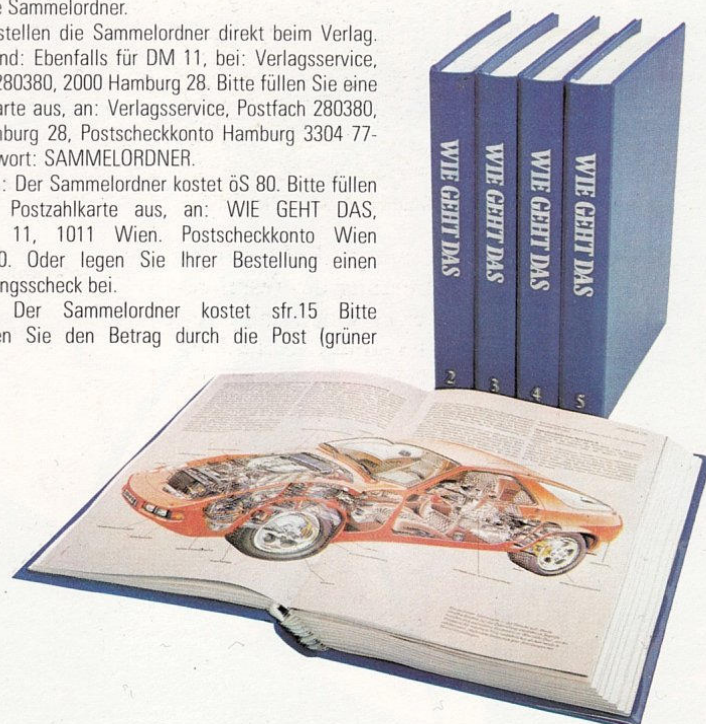
2. Sie bestellen die Sammelordner direkt beim Verlag. Deutschland: Ebenfalls für DM 11, bei: Verlagsservice, Postfach 280380, 2000 Hamburg 28. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: Verlagsservice, Postfach 280380, 2000 Hamburg 28, Postscheckkonto Hamburg 3304 77-202 Kennwort: SAMMELORDNER.

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

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

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

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



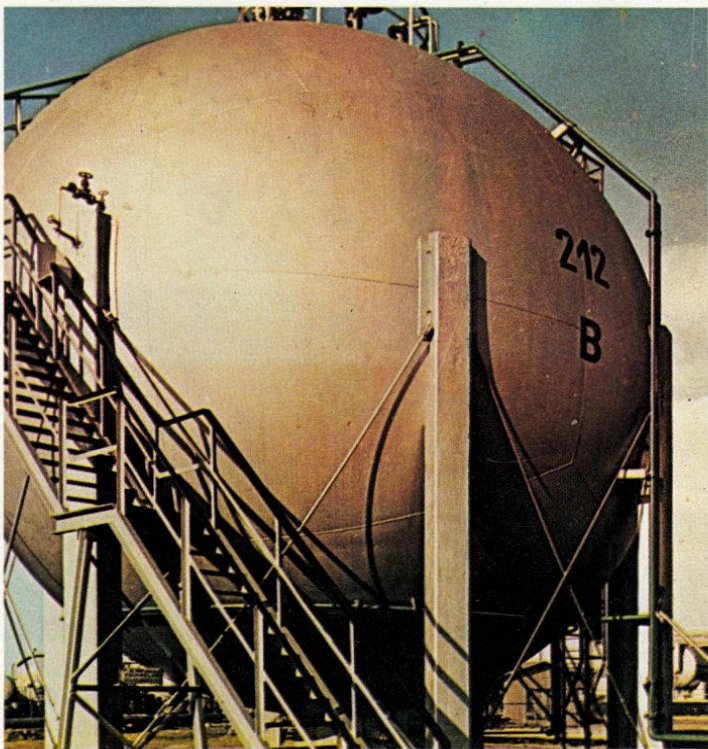
ORGANISCHE CHEMIE II

Zwei der wichtigsten Gruppen organischer Substanzen sind die Kohlenwasserstoffe, zu denen die fossilen Brennstoffe (Erdöl und Kohle) gehören, und die Kohlehydrate, wie z.B. Zellulose, Zucker und Stärken.

Kohlenwasserstoffe sind Verbindungen, die nur Kohlenstoff- und Wasserstoffatome enthalten, wogegen die Kohlehydrate aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff gebildet sind.

Kohlenwasserstoffe

Die Kohlenwasserstoffverbindungen lassen sich grob in zwei Gruppen unterteilen, nämlich in die gesättigten und die ungesättigten Kohlenwasserstoffe. Gesättigte Kohlenwasserstoffe enthalten nur Einfachbindungen, während ungesättigte Kohlenwasserstoffe ein oder mehrere Doppel- oder Dreifachbindungen besitzen können. Ungesättigte Kohlenwasserstoffe sind im allgemeinen reaktionsfähiger als gesättigte Kohlenwasserstoffe; sie lassen sich beispielsweise leicht hydrieren (Einbau von Wasserstoffatomen in das Molekül), wobei die entsprechenden gesättigten Verbindungen entstehen.



Von den drei Kohlenwasserstoffen mit 2 Kohlenstoffatomen ist Acetylen mit einer Dreifachbindung am reaktionsfähigsten, dann folgt das Ethylen mit einer Doppelbindung; am wenigsten reaktiv ist das Ethan mit der einfachen Bindung. Da Kohlenstoff die Wertigkeit 4 und Wasserstoff die Wertigkeit 1 hat, ist jedes Kohlenstoffatom mit 4 Bindungen und jedes Wasserstoffatom mit einer Bindung ausgestattet. Kohlenwasserstoffe wie das Acetylen mit einer Dreifachbindung bezeichnet man als Alkine, Verbindungen mit Doppelbindungen wie im Ethylen werden Alkene oder Olefine genannt. Die Kohlenwasserstoffe, die nur Einfachbindungen aufweisen, d.h. die gesättigten Kohlenwasserstoffe wie das Ethan, heißen Alkane oder Paraffine.

Bei manchen Alkanen und Alkenen bilden die Kohlenstoffatome keine offenen Ketten, sondern Ringe. Dies sind die Cycloalkane und Cycloalkene. Cyclohexan und Cyclohexen sind typische Beispiele für solche zyklischen Kohlenwasserstoffe.

Benzol C_6H_6 ist ein Sonderfall eines Kohlenwasserstoffs, es

hat die im Schaubild dargestellte Formel. Es wird normalerweise nicht als Alken angesehen. Obgleich die Formel die atomare Zusammensetzung des Benzols wiedergibt, ist die Darstellung nicht sehr befriedigend, da die Doppelbindungen im Benzol nicht zwischen Paaren benachbarter Kohlenstoffatome festliegen, sondern die Elektronen, die die Bindungen bilden, um den Ring 'kreisen' und so jeder Bindung den Charakter teils einer Einfachbindung und teils einer Doppelbindung verleihen. Als Ergebnis dieses Bindungscharakters ist das Benzol wesentlich weniger reaktionsfähig als man annehmen könnte. Verbindung, auch Kohlenwasserstoffe, die Benzolringe enthalten, werden aromatische Verbindungen genannt. Weitere Kohlenwasserstoffe, die als Benzolderivate angesehen werden können, sind Diphenyl C_6H_5 , C_6H_5 und Triphenylmethan $(C_6H_5)_3CH$, das in Farbstoffen Verwendung findet; ferner die Verbindungen mit kondensierten Ringen wie das Naphthalin $C_{10}H_8$ und Anthracen $C_{14}H_{10}$, die ebenfalls zur Herstellung von Farbstoffen verwendet werden.

Herstellung von Kohlenwasserstoffen

Die meisten Kohlenwasserstoffe werden aus Erdöl oder STEINKOHLENTEER gewonnen. Bei der Erdölraffination (siehe BENZIN) wird das Rohöl zunächst durch Destillation in Fraktionen mit verschiedenen Siedepunkten zerlegt. Diese Fraktionen ergeben bei der Weiterverarbeitung durch DESTILLATION, thermisches Cracken, katalytisches Cracken, Hydrocracken und gelegentlich katalytisches Reformieren die gewünschten Kohlenwasserstoffe. Erdgas, das zum Heizen verwendet wird, besteht überwiegend aus Methan.

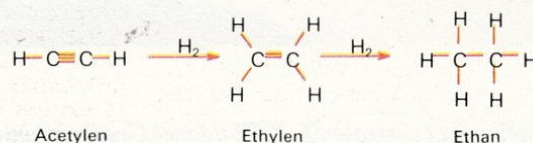
Alkane

Die niederen Alkane mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen sind bei Raumtemperatur gasförmig, jedoch werden Propan C_3H_8 und

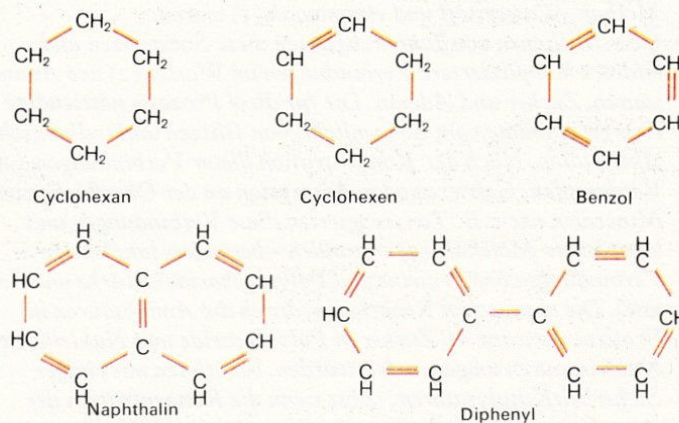
Links: Spezialbehälter zum Lagern von Flüssiggas. Die Behälter sind versilbert, um eine Überhitzung durch die Sonnenstrahlung zu vermeiden.

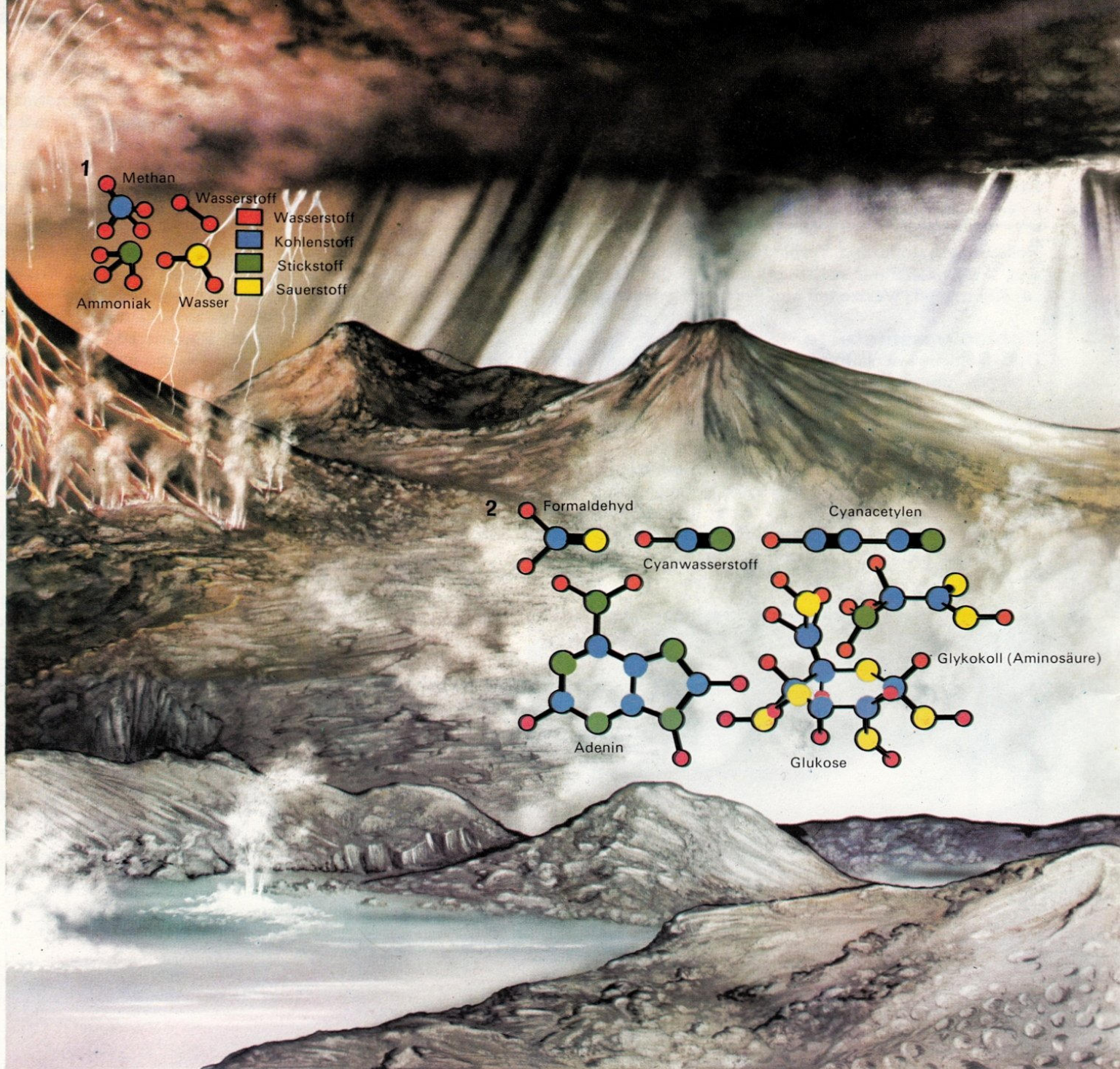
Unten: Die im Text erwähnten Formeln.

Hydrierung von Acetylen



Zyklische Kohlenwasserstoffe

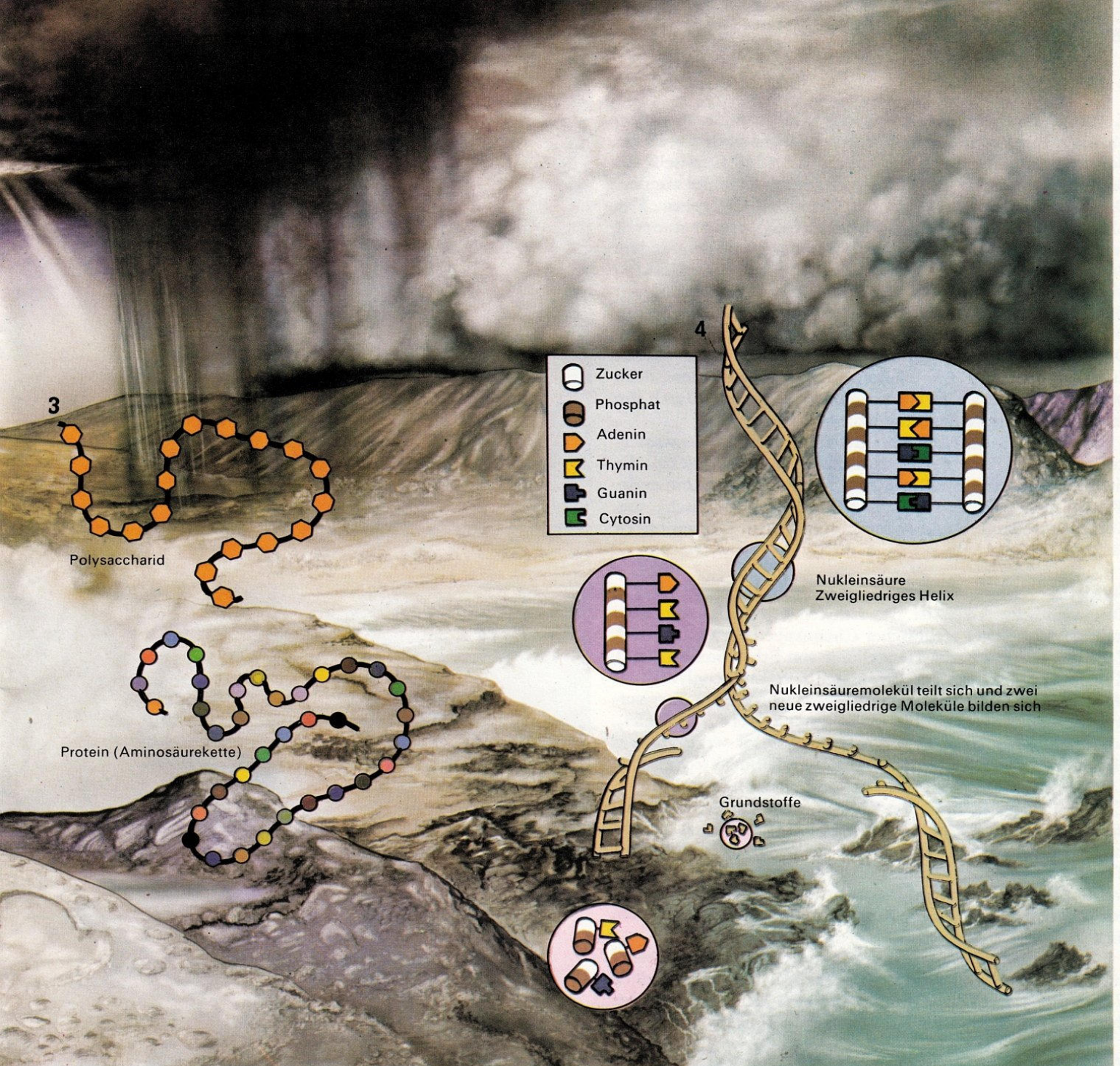




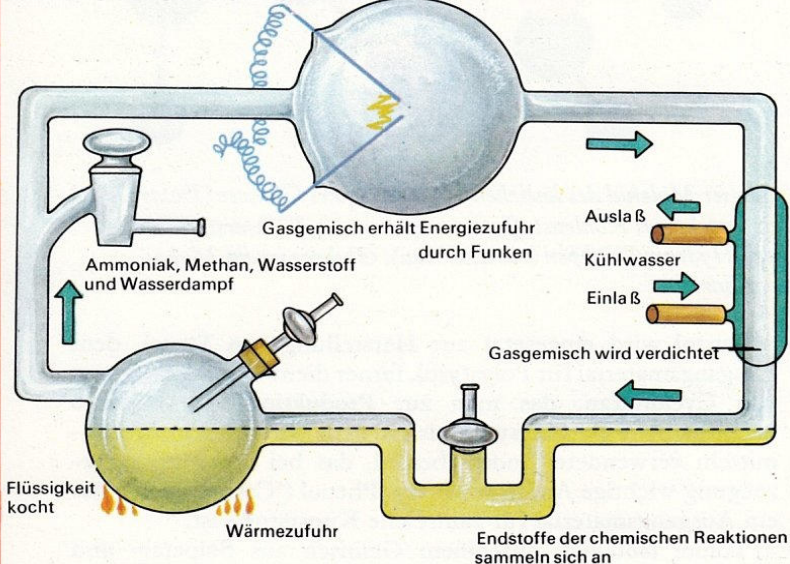
Im Jahre 1923 vertraten J. B. Haldane (Großbritannien) und A. I. Oparin (UdSSR) erstmals die Auffassung, daß die Atmosphäre der Erde ursprünglich gänzlich von der heutigen verschieden gewesen sei. Sie meinten, und diese Auffassung ist inzwischen allgemein akzeptiert, daß die Hauptbestandteile Methan, Wasserstoff und Ammoniak (1) waren. Über Millionen von Jahre reagierten diese Substanzen und bildeten kompliziertere Verbindungen im Wasser (2) wie Aminosäuren, Zucker und Adenin. Die für diese Prozesse notwendige Energie stammte vom Sonnenlicht, von Blitzen und vulkanischen Aktivitäten. Nach der Konzentration dieser Verbindungen durch Verdampfen, Gefrieren oder Adsorption an der Oberfläche von Mineralen wie z.B. Ton, reagierten diese Verbindungen und komplexere Moleküle (3) entstanden – besonders langkettige Verbindungen wie Proteine und Polysaccharide (Stärke und Zellulose). Die chemischen Reaktionen, durch die Aminosäuren in Proteine verwandelt, Zucker in Polysaccharide und Nukleine in Nukleinsäuren umgewandelt wurden, benötigten mit einiger Sicherheit Katalysatoren, selbst wenn die Konzentration der Ausgangsstoffe recht hoch gewesen ist. Bei diesen Katalysatoren handelte es sich entweder um relativ einfache chemische

Verbindungen oder, was wahrscheinlicher ist, um absorbierende Minerale, die auf dem Meeresboden vorzufinden waren. Der wichtigste Schritt zur Entwicklung von Leben auf der Erde war die Bildung eines sich selbst reproduzierenden Moleküls – wahrscheinlich ein zweigliedriges Nukleinsäuremolekül (4). Die entlang dem Molekül verteilten Grundstoffe ergänzten sich nach der Teilung, so daß zwei identische Tochtermoleküle entstanden. Schließlich vermochte die Nukleinsäure auch Verbindungen wie Proteine zu verwenden, was langfristig zur Bildung der ersten primitiven Zellen führte.

Rechts: Eine Apparatur, wie im Diagramm abgebildet, wurde von Stanley Miller im Jahre 1953 dazu benutzt, im Laboratorium die ursprünglich auf der Erde herrschenden Bedingungen zu simulieren. Miller konnte dabei nachweisen, daß viele der Grundstoffverbindungen, die Voraussetzung für das Entstehen von Leben auf der Erde waren, aus einfachen Gasen wie Wasserstoff, Ammoniak, Methan und Wasserdampf hervorgehen können. Voraussetzung dazu war Erhitzen und Funkenbildung.



MILLERS VERSUCHSANORDNUNG



Butan C_4H_{10} häufig unter Druck in flüssiger Form gelagert. Man bezeichnet sie in dieser Form als 'Flüssiggas', das zum Heizen und Kochen verwendet wird, besonders dort, wo es weder Elektrizität noch allgemeine Gasversorgung gibt. Tragbare Brenner, z.B. Campingkocher und Zigarettenanzünder, verwenden als Brennstoff oft verflüssigtes Butan. Die niederen Alkane werden auch als Ausgangsmaterial zur Herstellung anderer technisch wichtiger Chemikalien eingesetzt. Butan kann z.B. zum Alken Butadien $CH_2=CH-CH=CH_2$, das zur Herstellung von Synthesekautschuk dient, dehydriert werden. Methan kann man chlorieren, wobei Produkte wie Methylchlorid CH_3Cl , ein technisches Lösungsmittel, und Tetrachlorkohlenstoff CCl_4 , ein Zwischenprodukt zur Herstellung von Treibmitteln für Aerosole, entstehen. Die Chlorierung von Ethan liefert das Ethylchlorid CH_3-CH_2Cl , das zur Herstellung von Bleitetraethyl $Pb(C_2H_5)_4$, eines Antiklopffmittels für Benzin, benötigt wird. Das Cycloalkan Cyclopropan C_3H_6 wird gelegentlich als Narkosegas eingesetzt, jedoch nur unter äußerster Sorgfalt, da es mit Luft explosive Gemische bilden kann.

Benzin besteht aus einer größeren Anzahl verschiedener

Kohlenwasserstoffe mit 4 bis 12 Kohlenstoffatomen pro Molekül. Zur Verwendung in Verbrennungsmotoren muß das Benzin hohe Klopfestigkeit haben, d.h. das Gemisch aus Brennstoff und Luft darf nicht vorzeitig im Zylinder zünden. Die Klopfestigkeit wird mit der Oktanzahl angegeben. Das Alkan Isooktan $\text{CH}_3\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)_2$ besitzt eine sehr gute Klopfestigkeit und dient als Standard, mit dem andere Brennstoffe verglichen werden, wobei man dem Isooktan willkürlich die Oktanzahl 100 zugeteilt hat. Brennstoffe mit Oktanzahlen unter 100 besitzen schlechtere und solche mit Oktanzahlen über 100 bessere Klopfestigkeit als das Isooktan. Die Oktanzahl von minderwertigem Benzin kann durch Zusatz von Stoffen wie Bleitetraethyl erhöht werden, doch wurde dieser Zusatz in vielen Ländern wegen der durch ihn verursachten Umweltverschmutzung eingeschränkt.

Paraffin (Kerosin) ist ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen mit 10 bis 16 Kohlenstoffatomen pro Molekül. Es dient als Düsentreibstoff und zum Heizen. Auch Schmieröle, Wachse und Bitumen stellen komplizierte Gemische aus Kohlenwasserstoffen und anderen organischen Verbindungen dar.

Alkene

Das wichtigste Alken ist das Ethylen C_2H_4 , das zur Herstellung zahlreicher technischer Chemikalien verwendet wird. Z.B. dient Ethylen zur Herstellung von Ethylenoxid $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$, Zwischenprodukt bei der Erzeugung von Ethylenglykol, das seinerseits als Gefrierschutzmittel gebraucht wird. Ferner verwendet man Ethylen zur Herstellung von Styrol $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHCH}_2$, aus dem man den KUNSTSTOFF Polystyrol erzeugt, zur Herstellung von Ethylalkohol $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$, einem technischen Lösungsmittel, und zur Herstellung von Ethylendichlorid $\text{CH}_2\text{ClCH}_2\text{Cl}$, das zum Vinylchlorid, dem Ausgangsmaterial für den Kunststoff PVC (Polyvinylchlorid) umgesetzt werden kann. Ethylen selbst kann bei hohem Druck und hohen Temperaturen zum Kunststoff Polyethylen polymerisiert werden, der viele Verwendungen hat, und z.B. zur Herstellung von Plastikfolien, Formen, Rohren, Kabelhüllen und Netzen dient.

Propylen ist ebenso wie das Ethylen ein Ausgangsmaterial zur Herstellung wichtiger Chemikalien zur industriellen Verwendung. Man erzeugt daraus z.B. das Keton Aceton oder durch Polymerisation den Kunststoff Polypropylen.

Alkine

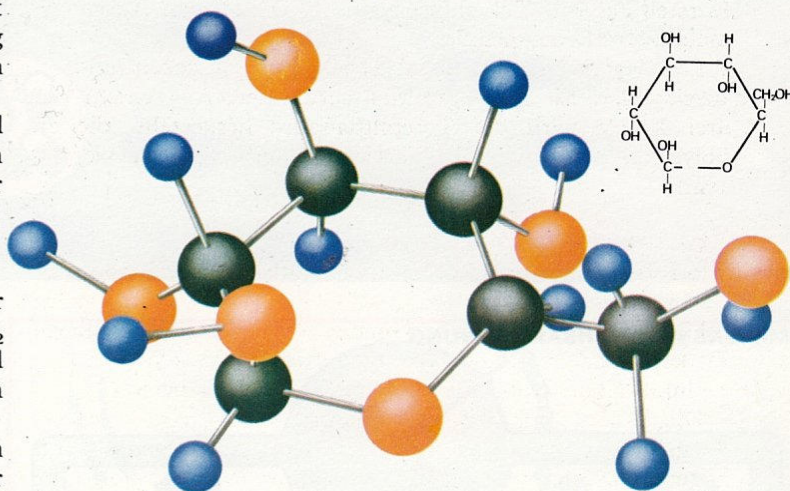
Das wichtigste Alkin ist das Acetylen, ein bei Raumtemperatur gasförmiger Stoff. Es wird entweder aus Calciumcarbid CaC_2 und Wasser, durch gemeinsames Erhitzen von Kohle und Kalk oder aus Erdöl durch Cracken unter besonders scharfen Bedingungen hergestellt.

Wegen der hohen Reaktionsfähigkeit stellt das Acetylen ein geeignetes Ausgangsmaterial zur Synthese anderer organischer Verbindungen dar. Es reagiert z.B. mit Chlorwasserstoff HCl zum Vinylchlorid $\text{CH}_2=\text{CHCl}$, dem Ausgangsmaterial für PVC.

Acetylen wird ferner in großen Mengen als Heizgas beim autogenen SCHWEISSEN gebraucht.

Aromate

Die wesentlichen aromatischen Kohlenwasserstoffe sind Benzol, Toluol $\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$, das aus einem Benzolring besteht, in dem ein Wasserstoffatom durch eine CH_3 -Gruppe ersetzt ist, und Xylol $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$, bei dem zwei Wasserstoffatome des Benzolrings durch CH_3 -Gruppen ersetzt sind. Es gibt 3 verschiedene Xylole, die sich nur in der Stellung der beiden CH_3 -Gruppen zueinander unterscheiden. Benzol, Toluol und die Xylole sind bei Raumtemperatur entzündliche Flüssigkeiten.



Oben: Molekül des löslichen Hexosezuckers Glukose (Dextrose). Es besteht aus Kohlenstoffatomen (schwarz), Wasserstoff (blau) und Hydroxylgruppen (rot und blau). Glukose ist ein Monosaccharid.

Benzol wird eingesetzt zur Herstellung von Styrol, dem Ausgangsmaterial für Polystyrol, ferner dient es zur Erzeugung von Cyclohexan, das man zur Produktion von Nylon-6 benötigt. Aus Benzol synthetisiert man auch das in Waschmitteln verwendete Dodecylbenzol, das bei der Farbstoffherstellung wichtige Anilin sowie das Phenol ('Carbolsäure'), das ein Ausgangsmaterial für zahlreiche Kunststoffe ist.

Toluol läßt sich mit einem Gemisch aus Salpeter- und Schwefelsäure nitrieren, wobei man den Sprengstoff TNT (Trinitrotoluol) erhält. Man verwendet Toluol auch zur



ZETA

Herstellung von Toluoldiisocyanat (TDI), einem Ausgangsmaterial für Schaumstoffe.

Die Xylole werden in Anstrichfarben, Lacken und in Insektiziden als Lösungsmittel verwendet. Aus einem der drei Xylole wird die Terephthalsäure hergestellt, die zu Polyesterfasern wie z.B. Terylen weiterverarbeitet werden kann.

Kohlehydrate

Die Kohlehydrate sind eine Klasse natürlich vorkommender Verbindungen, zu der viele Nahrungsmittel und Fasern gehören. Die bekanntesten Kohlehydrate sind die natürlichen Zucker, Stärke (Brot, Mais, Kartoffeln und viele Gemüse) Zellulose (Baumwolle, Holz und viele andere Naturfasern).

Die Kohlehydrate wurden ursprünglich zu einer Verbindungsklasse vereinigt, als analytische Untersuchungen ergeben hatten, daß die betreffenden Stoffe nur die drei Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthalten und daß Wasserstoff und Sauerstoff darin im gleichen atomaren Verhältnis wie im Wasser H_2O vorliegen. Da alle diese Stoffe unter die allgemeine Formel $C_x(H_2O)_y$ fallen und da man Verbindungen, die Wasser enthalten, als Hydrate bezeichnet, ergab sich der Name 'Hydrate des Kohlenstoffs' bzw. Kohlehydrate. Spätere Forschungen haben gezeigt, daß dieser Betrachtung eine unzulässige Vereinfachung zugrunde liegt.

Aufbau

Wie die meisten organischen Verbindungen haben auch die Kohlehydrate als Gerüst eine Kette aus Kohlenstoffatomen, um die sich die anderen Atome, in diesem Fall Wasserstoff und Sauerstoff, gruppieren. In den Kohlehydraten kommen Wasserstoff und Sauerstoff auch in Form der Hydroxylgruppe ($-OH$) vor, die ein Charakteristikum der Alkohole ist.

Oben: Baumwollernte in Australien. Baumwolle ist ein natürlich auftretendes Kohleydrat.

Monosaccharide

Die einfachsten Kohlehydrate sind die Monosaccharide, die nur wenige Kohlenstoffatome enthalten. Sie schmecken süß und haben daher ihren Namen, der sich vom griechischen Wort für Zucker 'sakkharon' ableitet. Die komplizierteren Kohlehydrate entstehen durch Verknüpfung von Monosacchariden. Die Monosaccharide werden entsprechend ihrem Gehalt an Kohlenstoffatomen eingeteilt. Am bekanntesten sind die Pentosen mit 5 Kohlenstoffatomen und die Hexosen mit 6 Kohlenstoffatomen pro Molekül. Es gibt auch Monosaccharide mit mehr oder weniger Kohlenstoffatomen, sie kommen jedoch weniger häufig vor.

Am reichlichsten ist die Glukose ($C_6H_{12}O_6$) vorhanden; sie ist wasserlöslich und schmeckt süß. Als Energiespender spielt sie bei Tier und Pflanze eine entscheidende Rolle. Die Pflanzen erzeugen in dem als Photosynthese bezeichneten Prozeß unter Einwirkung von Sonnenlicht aus dem Kohlenstoffdioxid (CO_2) der Atmosphäre und Wasser (H_2O) Glukose. Statt in Lösung wird die Glukose in der Natur viel zweckmäßiger in Form von POLYMEREN (langkettigen Molekülen) gespeichert, die in Wasser weitgehend unlöslich sind. Diese Polymeren – bei Tieren das Glykogen, bei Pflanzen die Stärke – werden durch Verknüpfung von Glukosemolekülen erzeugt, wobei jeder Anbau eines Glukoserests unter Abgabe von einem Molekül Wasser erfolgt. Stärke und Glykogen haben die gleiche Bindungsart zwischen den einzelnen Glukosemolekülen, doch ist beim Glykogen die Verzweigung etwa doppelt so stark wie in der Stärkekette.

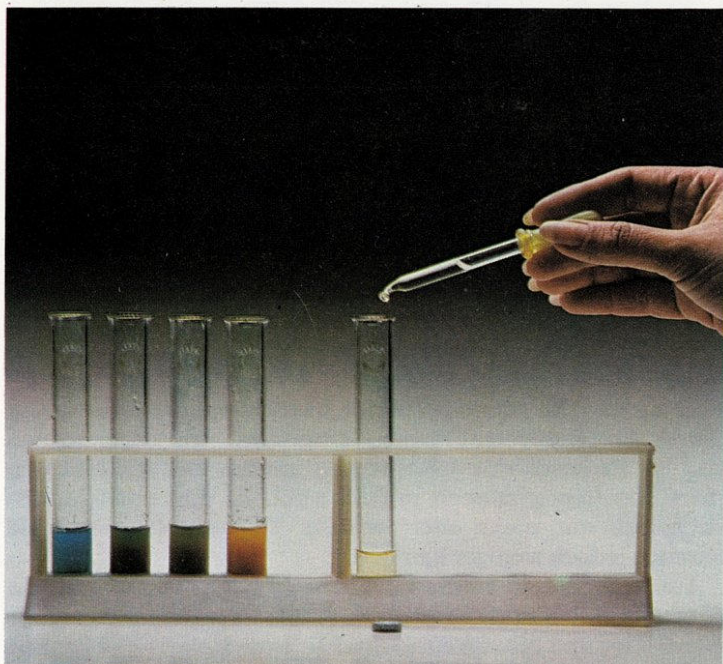
Glukose wurde erstmals im Jahre 1887 von Emil Fischer

(1852 bis 1919) synthetisiert. Sie steht jedoch aus natürlichen Vorkommen in so reicher Menge zur Verfügung, daß kein technisches Verfahren zu ihrer Herstellung entwickelt wurde. Eine der Hauptschwierigkeiten bei der chemischen Synthese von Monosacchariden liegt darin, daß für eine gegebene Zusammensetzung eines Stoffes aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff viele verschiedene Strukturen möglich sind, die man als Isomere bezeichnet. Glukose beispielsweise ist eines von 16 isomeren Monosacchariden der Formel $C_6H_{12}O_6$, von denen jedoch nur drei in der Natur vorkommen. Die natürliche Synthese arbeitet mit spezifischen Enzymen (natürlich vorkommenden Katalysatoren), die ein einziges Isomer unter Ausschluß aller anderen produzieren können.

Disaccharide

Bei der Vereinigung von zwei Monosacchariden unter Abgabe von einem Molekül Wasser entsteht ein Disaccharid. Verbinden sich z.B. Glukose und eine weitere Hexose, nämlich die in vielen Früchten vorkommende Fruktose, in bestimmter Weise, so entsteht ein Disaccharid, das Sucrose genannt wird und unter der Bezeichnung Zucker allgemein bekannt ist. Zucker ist ein Grundnahrungsmittel. Der jährliche Verbrauch beträgt in den Industrieländern mehr als 45 kg pro Kopf. Zucker wird durch Auslaugen der Sucrose aus Zuckerrohr, Zuckerrüben und Zuckerrüben, die bis zu 20 Gewichtsprozent enthalten, gewonnen.

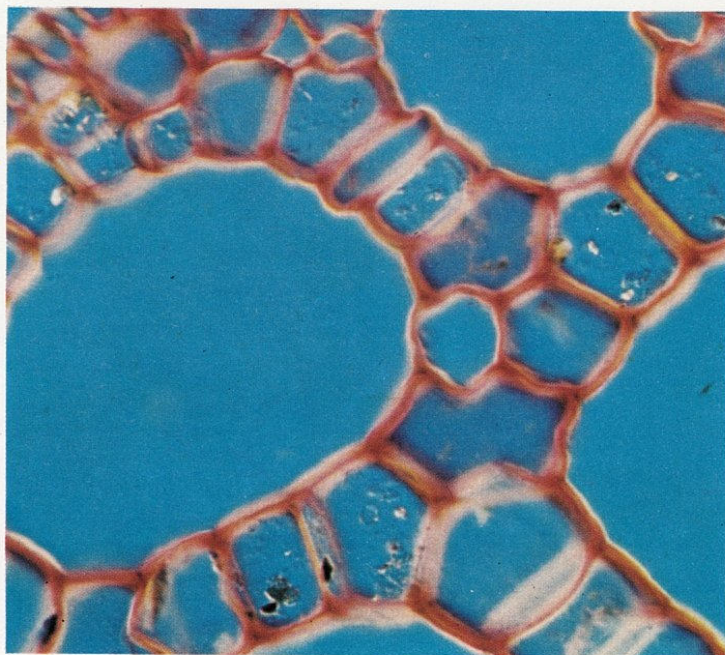
Bei der Hydrolyse der Sucrose entsteht ein Gemisch aus Glukose und Fruktose, das man Invertzucker nennt. Das Gemisch erhielt diesen Namen, weil seine Lösung polarisiertes Licht im Vergleich zur Sucroslösung in entgegengesetztem Sinn dreht. Honig hat eine dem Invertzucker ähnliche



Oben: Bestimmung des Zuckergehalts in Urin zur Diabetesdiagnose oder zur Insulinkontrolle eines Diabetikers. Eine Reagenztablette verfärbt die Urinlösung. Nach 15 Sekunden wird mit einer Farbskala verglichen: Blau=negativ; Dunkelorange=2% Zucker. Für Schnelltests werden Papierstreifen benutzt.

Zusammensetzung; sein Aroma erhält er jedoch noch durch Spuren anderer Verbindungen, die aus den von den Bienen beim Sammeln des Nektars besuchten Pflanzen stammen.

Keimendes Getreide, in dem der Abbau der gespeicherten Stärke unvollständig abgelaufen ist, enthält ein weiteres, Maltose genanntes Disaccharid, in dem zwei Glukosemoleküle



Oben: Etwa 0,005mm dicker Schnitt durch den Stamm der Wasserpflanze *Hippuris vulgaris*. Die rot angefärbten Teile sind zellulosehaltig.

miteinander verknüpft sind. In der Milch gibt es geringe Mengen des Disaccharids Lactose, das aus Glukose und der weiteren Hexose Galaktose besteht. Man gewinnt es durch Eindampfen der Molke.

Polysaccharide

Polysaccharide sind gewöhnlich wasserunlösliche und geschmacklose Pulver. Sie bestehen aus Monosacchariden, die sich zu Verbindungen von hohem Molekulargewicht zusammengelagert haben.

Stärke und Zellulose kommen in Pflanzen in überreichem Maße vor. Stärke wird in Samen und Knollen als zukünftige Nahrung gespeichert, während die Zellulose den Hauptbestandteil der Zellwände ausmacht. Beide entstehen durch Polymerisation von Glukose, d.h. durch Verknüpfung vieler Glukosemoleküle, wobei jedoch der räumliche Vorgang der Polymerisation in beiden Fällen verschieden ist.

Die Bindungen in der Stärke bewirken einen spiralförmigen Aufbau, wodurch die Stärkemoleküle zum Zusammenlagern zu Körnchen neigen. In der Zellulose dagegen verbinden sich die Glukosereste so, daß gerade Ketten entstehen, die den Fasercharakter zur Folge haben. Brot enthält etwa 3 Teile einer verzweigten Stärkeform (Amylopektin) und 1 Teil einer unverzweigten Form (Amylose).

Stärke wird auch industriell verwendet, z.B. zum Appretieren von Geweben und zum Leimen von Papier. Beim teilweisen Abbau von Stärke und Zellulose entstehen verschiedene KLEBSTOFFE wie z.B. Dextrin. Glykogen oder tierische Stärke liegt in der Leber und im Muskelgewebe vor und wird bei der Muskelarbeit benötigt.

Zellulose ist der Hauptbestandteil von Naturfasern wie Baumwolle, Holz, Flachs und Hanf. Durch chemische Veränderung können daraus zahlreiche andere nützliche Produkte erzeugt werden. Behandelt man Baumwolle mit einem Gemisch aus Salpeter- und Schwefelsäuren, erhält man Nitrozellulose (genauer gesagt Zellulosenitrate). Eine dieser hochnitrierten Zellulosen, die Schießbaumwolle, explodiert durch Schlag oder starke Erhitzung. Zwei sehr explosive Stoffe, Nitroglycerin und Schießbaumwolle, ergeben im Gemisch mit wenig Vaseline das Schießpulver Cordit.

ORGEL

In ihrer Funktionsweise ist die Orgel ein einfaches Instrument; in ihrem Aufbau jedoch ist sie sehr viel komplizierter.

Mit Recht nennt man die Orgel 'Königin der Instrumente'. Sie ist nicht nur das größte, sondern auch hinsichtlich ihres Dynamikumfangs und des Reichtums an Klangfarben das vielseitigste aller Musikinstrumente. Sie funktioniert ähnlich wie die Stryx oder Panflöte. Bei diesem primitiven Instrument wurden hohle Schilfrohrstücke miteinander verschnürt. Durch Anblasen der einzelnen Rohre entstand eine Melodie, weil jedes Rohr von unterschiedlicher Länge und damit Tonhöhe war. Bei einer Orgel erzeugt eine mechanische

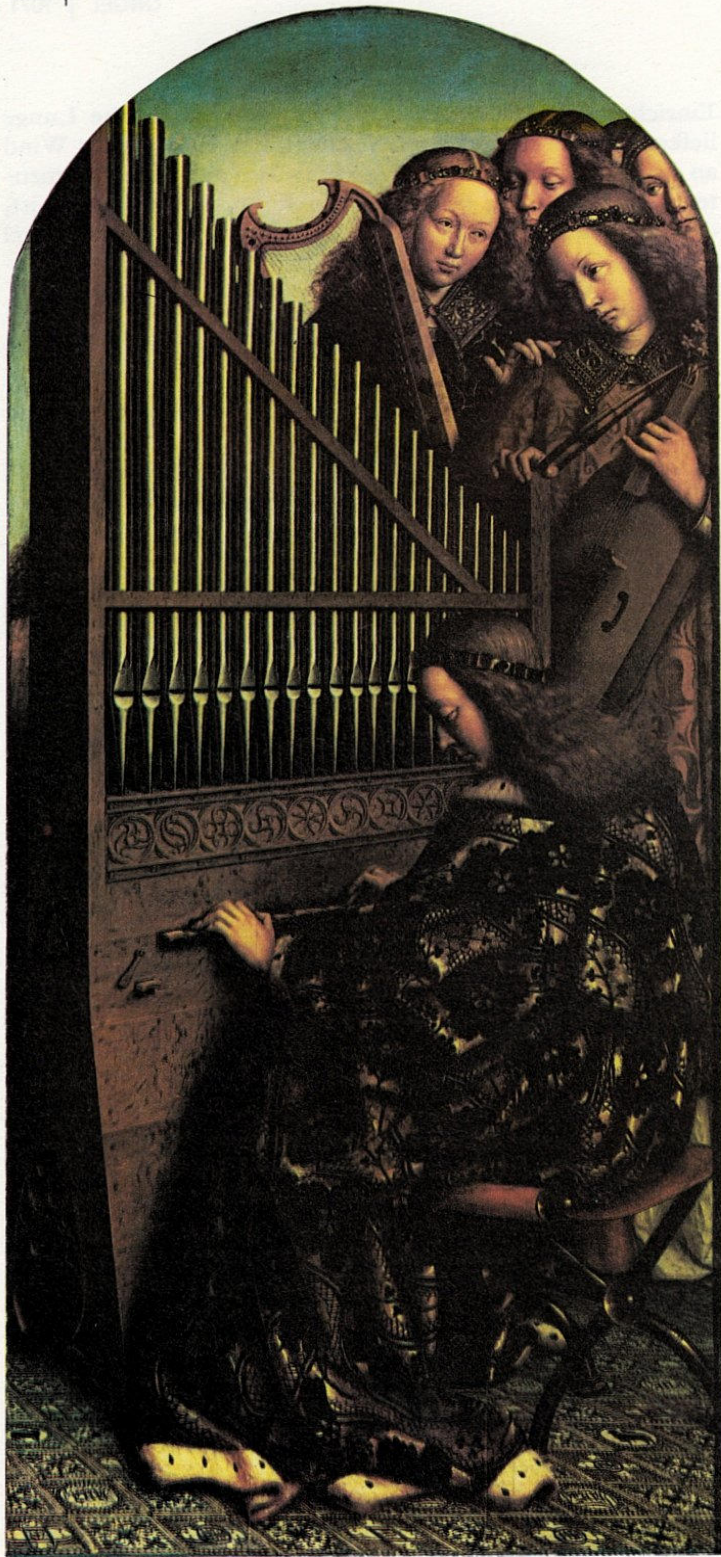
Einrichtung mehr Wind (Luft), als die menschliche Lunge liefern könnte; ein weiterer Mechanismus leitet diesen Wind an die jeweilige Pfeife. Im Unterschied zu den Blasinstrumenten des Orchesters, bei denen ein Rohr so eingerichtet ist, daß man auf ihm viele Töne erzeugen kann, verfügt die Orgel für jeden Ton über eine eigene Pfeife.

Frühe Orgeln

Schon die Römer kannten einfache Orgeln. Frühe Orgelformen dienten in den Kirchen zur Begleitung des Gemeindegesangs. Sie hatten nur zwei Reihen von Pfeifen (eine solche

Die Orgel in der Kapelle des Victoria Krankenhauses in Netley, England, auf der auch Mendelssohn-Bartholdy spielte.





Oben: Gemälde von Jan van Eyck (15. Jahrhundert). Es zeigt eine frühe Orgel mit einem Tonumfang ungefähr dem der menschlichen Stimme vergleichbar.

Reihe heißt 'Register', deren Tonumfang ungefähr dem der menschlichen Stimme entsprach und damit kleiner war als beim neuzeitlichen Klavier. Die Tastatur (auch Klaviatur, bisweilen 'Orgelklavier') von Orgeln hat noch heute einen geringeren Umfang als die eines Klaviers – 61 Töne gegenüber 88. Diesen Umfang nennt man Normallage; eine Pfeifenreihe, die diese Töne erzeugt, heißt Achtfuß-Reihe, nach der Länge der offenen Pfeife, gewöhnlich der längsten in der Reihe, die zwei Oktaven unter c' (eingestrichenes c) liegt. Sie schwingt mit 64 Hz.

Eine offene Pfeife von der halben Länge, also von vier Fuß, klingt eine Oktave höher, eine solche von nur zwei Fuß

wiederum eine Oktave höher als diese und so weiter. Umgekehrt führt die Verdoppelung der Pfeifenlänge zu einem Ton, der eine Oktave tiefer liegt. Übrigens werden noch heute die Längen von Orgelpfeifen in Fuß angegeben (ein Fuß = etwa 30 cm).

Frühe Orgeln hatten keinen besonders variablen Klang, weil der Ton immer gleich war, unabhängig davon, wie stark oder schwach die Taste angeschlagen wurde. Im Prinzip ist dies noch heute so, allerdings gibt es bei der mechanischen Traktur die Möglichkeit, durch die Art des Anschlags das Klangbild zu variieren, wenn auch weit weniger stark als bei anderen Tasteninstrumenten. Als zusätzliche Reihen hinzukamen, ertönten beim Anschlagen einer Taste stets die Pfeifen aus jeder Reihe, die den betreffenden Ton erzeugten, gemeinsam. Das ergab einen mächtigen und strahlenden Klang, aber für leisere Stellen mußte man ein kleineres Orgelwerk hinzunehmen, das auf zwei Fuß gestimmt war und über eine eigene Klaviatur gespielt wurde. Im Laufe der Zeit wurden dann die Instrumente zusammengefaßt und die zugehörigen Klaviaturen (Manuale) – eine für jedes Spielwerk – übereinander angeordnet. Größere Orgeln haben in der Regel vier Spielwerke: Rückpositiv, Hauptwerk, Brustwerk und Oberwerk.

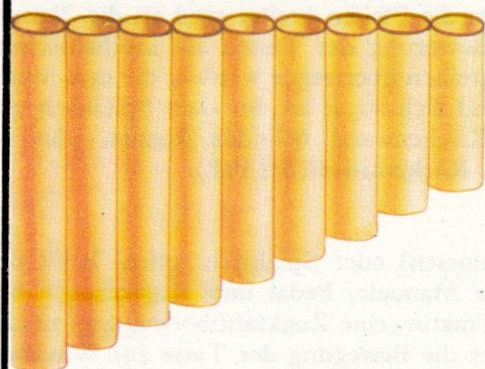
Um mehr Spielmöglichkeiten für die Orgel als Soloinstrument zu gewinnen, aber auch, um Wind zu sparen (der von einem Balgtreter oder 'Kalkanten' durch Muskelkraft erzeugt wurde), wurde etwa zur gleichen Zeit ein Mechanismus entwickelt, der es dem Spieler gestattete, bestimmte Register oder Pfeifenreihen von der Windzufuhr auszuschließen und die zu bestimmen, die erklingen sollten. Dies geschieht gewöhnlich über Zugknöpfe, die im allgemeinen zu beiden Seiten der Klaviaturen angeordnet sind. Dies sind die sogenannten Registerzüge, bei einer elektrischen Traktur sind es Wippschalter.

Nach und nach haben sich vier Hauptarten von Pfeifen herausgebildet, unabhängig davon, ob sie aus Holz oder Metall bestanden. Man unterscheidet sie nach ihrer Klangfarbe. Diese Register sind: Prinzipale (der ursprüngliche Orgelklang), Flöten, Gamben, eine Orgelpfeife (mit Saitenton) und Zungenpfeifen. Diese haben bei einigen Instrumenten einen feurigen Klang ähnlich dem von Blechblasinstrumenten, bei anderen klingen sie weicher, mehr wie eine Oboe oder ein Fagott. Mit Hilfe der Registerzüge kann man die Pfeifenarten (also Register) wählen und miteinander kombinieren.

Zum Spielen der größeren Pfeifen bedient man sich seit dem 14. Jahrhundert einer Pedalklaviatur, die mit den Füßen gespielt wird. Im 18. Jahrhundert kam noch ein Balanciertritt (Schwelltritt) hinzu, ein Pedal, mit dem das Schwellwerk bedient wird. Dieses Schwellwerk ermöglicht über eine Jalousie eine stufenlose Lautstärkeregelung. Zur Verbindung mehrerer Spielwerke (z.B. Rückpositiv und Hauptwerk oder Hauptwerk und Brustwerk) oder zur Verbindung zwischen Spielwerkmanualen und Pedalen dienen die sogenannten Koppeln.

Neuzeitliche Orgeln

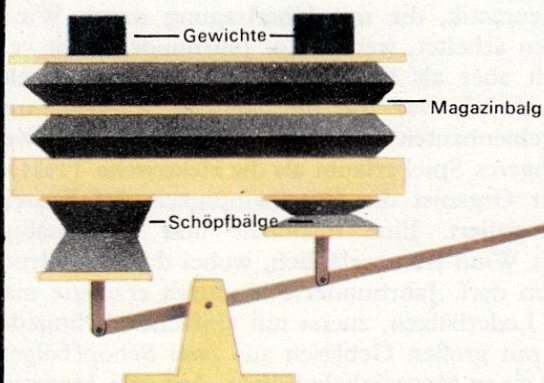
Jede Pfeifenreihe hat die gleiche Zahl an Pfeifen, wie die Klaviatur Tasten hat, im allgemeinen 61. Eine mittelgroße Orgel mit 30 Registern (oder Stimmen), drei Manualen und einem Pedal kommt damit immerhin auf 1656 Pfeifen. Die in einem Orgelprospekt sichtbaren Pfeifen stellen nur einen Bruchteil der wirklich vorhandenen dar. Solche und noch größere Orgeln waren in den Niederlanden und im Norden Deutschlands bereits im 17. Jahrhundert nichts Ungewöhnliches; die Bürger der Städte wetteiferten um die größten und schönsten Orgeln. Der bedeutendste Vertreter des norddeutschen Orgelbaus seiner Epoche war Arp Schnitger. Er schuf etwa 160 Werke, unter anderem in Skandinavien,



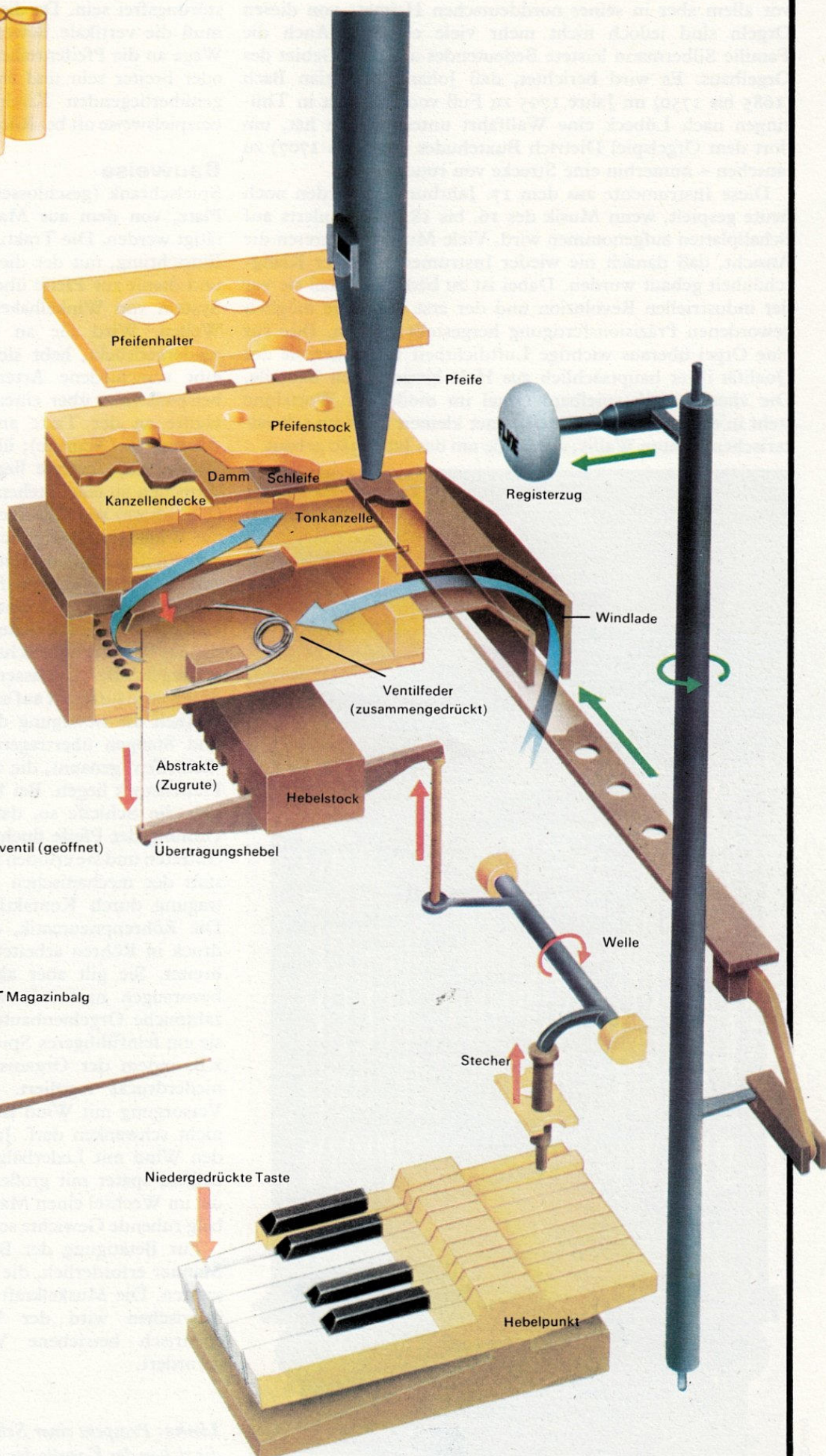
Panflöte

Traktur: Da die Pfeifenreihen breiter sind als die Klaviatur des Manuals, muß die mechanische Bewegung seitlich übertragen werden. Durch Drücken einer Taste wird eine liegende Welle bewegt, die den Impuls über verschiedene Übertragungselemente an ein Spielventil weiterleitet, durch das Wind an die Orgelpfeife gelangen kann.

Gebläse

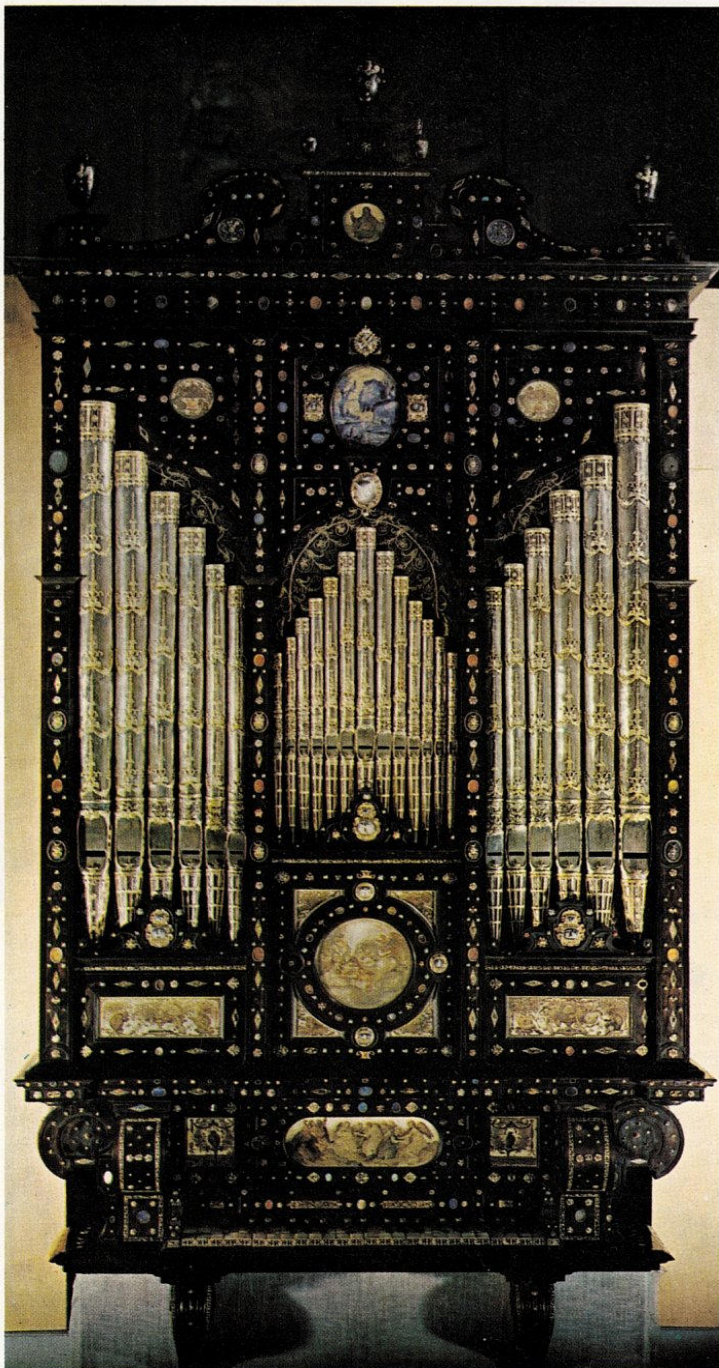


Spielventil (geöffnet)



England, Rußland, Spanien, Portugal und den Niederlanden, vor allem aber in seiner norddeutschen Heimat; von diesen Orgeln sind jedoch nicht mehr viele erhalten. Auch die Familie Silbermann leistete Bedeutendes auf dem Gebiet des Orgelbaus. Es wird berichtet, daß Johann Sebastian Bach (1685 bis 1750) im Jahre 1705 zu Fuß von Arnstadt in Thüringen nach Lübeck eine Wallfahrt unternommen hat, um dort dem Orgelspiel Dietrich Buxtehudes (1637 bis 1707) zu lauschen – immerhin eine Strecke von rund 300 km.

Diese Instrumente aus dem 17. Jahrhundert werden noch heute gespielt, wenn Musik des 16. bis 18. Jahrhunderts auf Schallplatten aufgenommen wird. Viele Musiker vertreten die Ansicht, daß danach nie wieder Instrumente solcher Klangschönheit gebaut wurden. Dabei ist zu bedenken, daß sie vor der industriellen Revolution und der erst durch sie möglich gewordenen Präzisionsfertigung hergestellt wurden. Ihre für eine Orgel überaus wichtige Luftdichtheit verdanken sie der Qualität ihrer hauptsächlich aus Holz hergestellten Bauteile. Die älteste, noch spielbare Orgel im modernen Wortsinne steht in einer Kirche in Sitten, einer kleinen Stadt im schweizerischen Kanton Wallis; sie wurde um das Jahr 1380 gebaut.



Die Mechanik einer Orgel muß leicht ansprechen und störungsfrei sein. Da die Pfeifen breiter sind als die Tasten, muß die vertikale Bewegung der Tasten auf mechanischem Wege an die Pfeifenreihen übertragen werden, die drei Meter oder breiter sein und sich sogar an der dem Spieltisch gegenüberliegenden Kirchenwand befinden können (das ist beispielsweise oft bei Rückpositiven der Fall).

Bauweise

Spielschrank (geschlossen) oder Spieltisch (offen) heißt der Platz, von dem aus Manuale, Pedal und Registerzüge betätigt werden. Die Traktur (eine Zugkraftübertragung) ist die Einrichtung, mit der die Bewegung der Taste zur Windlade und damit zur Pfeife übertragen wird. Sie besteht aus einem System von Winkelhaken, Stangen, Drähten, Ventilen und Wellen. Wird die an einem Drehpunkt gelagerte Taste niedergedrückt, hebt sich ihr gegenüberliegendes Ende. Es gibt verschiedene Arten, diese Bewegung zu übertragen, beispielsweise über einen Winkelhaken, der in der vorderen Hälfte an der Taste angelenkt ist, zu einer waagerechten Abstrakten (Zugrute); über ein Ärmchen an eine im rechten Winkel zur Zugrute liegende Welle oder über ein weiteres Ärmchen zu einer stehenden Zugrute, die durch eine Pulpette (Lederhose) zum Spielventil führt. Dieses Spielventil dichtet die Windkammer luftdicht gegen die Tonkanzelle (der unter den Pfeifen liegende Raum) ab. Auf der jeweiligen Tonkanzelle sitzen alle die Pfeifen, die von einer bestimmten Taste angespielt werden können. Tritt nun Wind aus der Windkammer in die Kanzellen ein, geht er an die Pfeife(n), für die das Register eingeschaltet ('gezogen') ist, und läßt sie damit erklingen. Bei Loslassen der Taste drückt die Feder das Spielventil luftdicht auf seinen Sitz zurück.

Auch die Bewegung der Registerzüge wird durch Winkel und Stangen übertragen. Sie geht an schmale Holzleisten, 'Schleifen' genannt, die zwischen der Windkammer und dem Pfeifenstock liegen. Bei Betätigen eines Registerzuges bewegt sich die Schleife so, daß eines der Löcher in ihr mit der Öffnung der Pfeife fluchtet, so daß der Wind in diese Pfeife eintreten und sie ertönen lassen kann. Viele Orgeln haben heute statt der mechanischen eine elektrische Traktur mit Übertragung durch Kontakteleisten, Kabel und Elektromagnete. Die Röhrenpneumatik, die mit Übertragung durch Winddruck in Röhren arbeitet, war im 19. Jahrhundert weit verbreitet. Sie gilt aber als technisch überholt. Viele Spieler bevorzugen nach wie vor die mechanische Traktur, und zahlreiche Orgelneubauten werden mit ihr ausgerüstet, weil sie ein feinfühleres Spiel erlaubt als die elektrische Traktur, z.B. indem der Organist die Geschwindigkeit des Tastenniederdrucks reguliert. Eine reichliche und gleichmäßige Versorgung mit Wind ist unerlässlich, wobei der Winddruck nicht schwanken darf. Jahrhunderte hindurch erzeugte man den Wind mit Lederbälgen, zuerst mit einfachen Schmiedebälgen, später mit großen Gebläsen aus zwei Schöpfbälgen, die im Wechsel einen Magazinbalg füllten. Auf dem Magazinbalg ruhende Gewichte sorgten dabei für Winddruck.

Zur Betätigung der Bälge war die Muskelkraft mehrerer Männer erforderlich, die Fußhebel und -pedale in Bewegung setzten. Die Muskelkraft wurde später durch Dampf ersetzt; inzwischen wird der Wind nahezu ausschließlich über elektrisch betriebene Ventilatoren in die Magazinbälge gefördert.

Links: Prospekt einer Schmuckorgel aus dem 17. Jahrhundert, die sich in der Kapelle der Münchener Residenz befindet. Sie ist mit auf Pergament gemalten Miniaturen sowie mit Türkisen, Korallen und Kameen verziert. Die Pfeifen sind versilbert und vergoldet.

ORGEL, ELEKTRONISCHE

Die elektronische Orgel bleibt auch nach Einführung des Synthesizers ein weit verbreitetes Musikinstrument.

Der wesentliche Unterschied zwischen einer konventionellen und einer elektronischen Orgel besteht darin, daß bei der elektronischen Orgel die Schwingungen der Luft und die eventuelle Verstärkung der Schallwellen elektronisch und nicht mechanisch erfolgen. Verallgemeinernd bedeutet dies, daß trotz unterschiedlicher Schallwellen das Ohr keinen Unterschied feststellen darf. Bei der elektronischen Orgel werden elektrische Signale in Schallwellen umgewandelt. Sie sind von der gleichen Art wie die Schallwellen einer mechanischen Orgel. Die Genauigkeit, mit der elektronisch Töne nachgebildet werden können, hängt von der erzeugten Kurvenform und von der nachfolgenden Modifikation des Signales von tonbildenden, elektrischen Filtern ab. Mit ihnen werden die Harmonischen oder Obertöne des Grundtones zurückgewonnen.

Elektronische Verfahren

Die beiden häufigsten Verfahren der Wellenerzeugung in elektronischen Orgeln sind elektromagnetischer oder elektrostatischer Natur. Ein elektromagnetischer Generator erzeugt Schwingungen durch die Bewegung eines Leiters in einem Magnetfeld oder umgekehrt. Ein elektrostatischer Generator beruht auf der Änderung des Kapazitätswertes eines Kondensators in einer Schaltung. Der Kondensator liefert die entsprechenden Stromwerte zur Erzeugung der einzelnen Töne. Die Hammond-Orgel verwendet eine Reihe rotierender, magnetischer Generatoren, die von einem Synchronmotor angetrieben werden und mit einem Getriebesystem gekoppelt sind, um die Änderung von Halbtönen wiedergeben zu können. Jedes sich drehende Rad ist polygonal. Da jeder Hochpunkt der Platte vor dem Magneten vorbeiführt, wird ein elektrischer

Strom in der Spule induziert, die den Magneten umgibt. Der hieraus resultierende Wechselstrom erzeugt den Einzelton, dem Klangfarbe, Einsatz und Klangfülle überlagert werden können.

Die Compton-Orgel verwendet über Riemenscheiben angetriebene elektrostatische Generatoren, denen verschiedene Kurvenformen zugeordnet sind. Das erste auf den Markt gekommene Instrument erzeugte Rechtecksignale. Die Rechtecksignale enthalten nur die ungeradzahigen Harmonischen. Sie können daher keine Töne imitieren, die geradzahige Harmonische haben (Flöte, Streichinstrumente). Klarinette und Fagott hingegen passen zu Rechtecksignalen. Sowohl geradzahige als auch ungeradzahige Harmonische sind in Sägezahn-Kurvenformen enthalten. Um aber die Klangfarbe eines Orchesters möglichst getreu imitieren zu können, müssen die einzelnen Harmonischen unabhängig voneinander vorliegen. Ein Rechteck kann aus einem Sägezahn abgeleitet werden, sofern man Frequenzteilung benutzt, indem man die Eingangsphase umkehrt und mit ihr die Sägezahn-Kurvenform der darunter befindlichen Oktave kombiniert. Sowohl der Original-Sägezahn als auch das erzeugte Rechteck können dann so gefiltert werden, daß zwei unterschiedliche Klangfarben entstehen. Man kann die beiden Kurvenformen auch erhalten, indem eine Kurvenform von dem Anodenschaltkreis des Generators und die andere von einem Transformator im Katodenschaltkreis abgeleitet werden. In dieser allgemeinen Einstellung können nun die Klangelemente wie Oberschwingungen, Obertöne und der sehr wichtige Format, d.h. der je-

Unten: Elektronische Orgel im Londoner Leicester Square Theater.





FARFISA

Oben: Die 'Buckingham'-Orgel, ein Spitzenmodell für professionelle Spieler. **Unten:** Die 'Diamond 800' von Boosey & Hawkes mit dreizehn Fußpedalen (von C bis C). Dieses Modell wird häufig von Amateuren benutzt.



nige Teil des Tones, der vom menschlichen Ohr wahrgenommen wird, hinzugefügt werden. Bei der Hammond-Orgel wird, um die Klangfarbe zu addieren, eine Spannungsänderung benutzt. Zusätzlich gibt es eine zweite Serie von Generatorrädern, die auf den Hauptgenerator abgestimmt sind. Sie erzeugen einen Interferenzton, um die Qualität des Tones zu verbessern. Die berühmte Wurlitzer Orgel – sie verwendet einen elektrostatischen Generator, der aus vibrierenden Messingzungen besteht, die als veränderliche Kondensatoren wirken, und einem Gebläse, das den Winddruck unterstützt – erzeugt eine komplexe Kurvenform, von der die Harmonischen abgeleitet werden können. Diese geben die natürliche Tonqualität an die Zungen weiter, die dann elektronisch so behandelt werden, als würde eine Tonlage angehoben und eine andere reduziert oder beseitigt werden.

Hinter der tonbildenden Schaltung der Orgel können andere Tonqualitäten hinzugefügt werden. Vibrato wird im allgemeinen durch Niederfrequenz-Oszillatoren, die den Hauptton mit einer gewissen Geschwindigkeit modulieren, erhalten. Orgeln wie die Novachord und die Solovox können entweder Schlagtöne (wie das Spinett) oder Dauertöne (wie die klassische Orgel) aus der gleichen Kurvenform erzeugen, indem veränderliche Ohmsche Widerstände benutzt werden, die einen Einsatzzeitbereich ergeben. (Die Tonhöhe wird nicht beeinflusst, denn die Kurvenform und die Harmonischen bleiben; es ändert sich nur die Frequenz.)

OSMOSE

Osmotische Effekte sind für die Pflanzenwelt lebenswichtig. Man kennt jedoch auch viele industrielle Anwendungen, speziell bei der Verarbeitung von Nahrungsmitteln, die auf der Osmose beruhen.

Sind zwei Lösungen unterschiedlicher Konzentration durch eine durchlässige Membran voneinander getrennt, beobachtet man, daß die Lösungsmittelmoleküle die Membran schneller durchdringen als die gelösten Moleküle. Die Lösungsmittelmoleküle wandern von der weniger konzentrierten Lösung zur konzentrierteren Lösung, um einen Konzentrationsausgleich herbeizuführen. Diesen Vorgang bezeichnet man als Osmose.

Die Osmose wurde im Jahre 1748 durch den französischen Physiker Abbé Jean Antoine Nollet (1700 bis 1770) entdeckt. Er beobachtete eine mit Alkohol gefüllte Schweinsblase, die ins Wasser getaucht wurde. Die Schweinsblase nahm an Volumen zu, da Wasser in sie eindrang. Das in die Schweinsblase eindringende Wasser ruft einen hydrostatischen Überdruck hervor, der die Schweinsblase so lange ausdehnt, bis der Überdruck und der Druck, mit dem das Wasser in die Alkohollösung gesaugt wird, gleich geworden sind. Bei dem Gleichgewichtsdruck spricht man auch von osmotischem Druck. Die Diffusion von in einer echten Lösung befindlicher

Moleküle durch eine Membran heißt Dialyse; ein Verfahren, das man bei der künstlichen Niere anwendet.

Halbdurchlässige Membran

Ist eine Membran ausschließlich für Lösungsmittelmoleküle durchlässig, nennt man sie halbdurchlässige (semipermeable) Membran. Im Jahre 1877 entdeckte Wilhelm Pfeffer (1845 bis 1920), daß sich halbdurchlässige Membranen wesentlich verbessern lassen, wenn man Tondiaphragmen in Form zylindrischer Gefäße verwendet und Dikupferhexacyanoferrat (II) in den Poren ihrer Wände niederschlagen läßt. Mit dieser halbdurchlässigen Membran konnte für eine 6%ige Rohrzuckerlösung der osmotische Druck auf das Vierfache des Atmosphärendruckes erreicht werden.

Mit dem osmotischen Druck hängen die Erscheinungen der Plasmolyse zusammen. Das die Zellwände einer Pflanzenzelle umgebende Plasma verhält sich wie eine halbdurchlässige Membran. Taucht man eine solche Zelle in eine 7,5%ige Zuckerlösung, ist der osmotische Druck der Zuckerlösung größer als der osmotische Druck der Zellflüssigkeit. Wasser

Umgekehrte Osmose: Reines Wasser läuft von den Rohren, die eine Membran für die umgekehrte Osmose enthalten und zum Entsalzen dienen.



tritt aus der Zelle aus, wodurch sich die Zelle zusammenzieht und sich von ihrer Umhüllung trennt. Diese Erscheinung wurde im Jahre 1854 von N. Pringsheim (1823 bis 1894) beobachtet und Plasmolyse genannt. Ein ähnlicher Effekt tritt beim Einmachen von Marmelade auf. Eine 68%ige Zuckerlösung dehydriert (entwässert) die Zellen von Mikroorganismen und macht sie inaktiv.

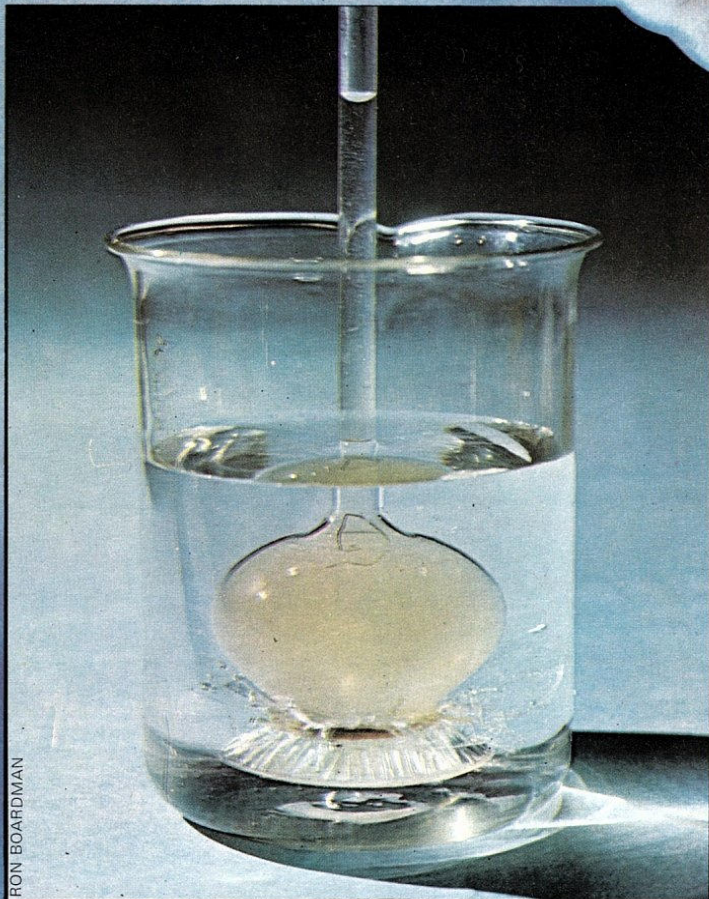
Umgekehrte Osmose

Wird auf eine wässrige Lösung ein Druck ausgeübt, der größer als der osmotische Druck ist, können Wassermoleküle die halbdurchlässige Membran durchdringen. Die Lösung wird konzentrierter, und reines Wasser wird auf der anderen Seite der Membran erhalten. Die Membranen lassen sich herstellen, indem man Zirkoniumoxid (ZrO_2) auf Porzellan ausfällt. Das am häufigsten verwendete Membranmaterial ist allerdings Zelluloseacetat. Diese Membran wurde ursprünglich für die Entsalzung von Brackwasser entwickelt. Die Membran bestand aus einer 0,0001 mm bis 0,0003 mm starken Haut, die auf ein 0,04 mm bis 0,09 mm dickes Substrat, das mit Papier verstärkt wurde, aufgebracht wurde. Die Haut hat eine Porengröße von 10^{-7} mm (Zehnmillionstel, Millimeter). Pro Stunde und

Quadratmeter können bis zu 102 Liter Wasser durch die Membran fließen.

Zelluloseacetat-Membranen können bis zu Temperaturen von 4°C bis 60°C verwendet werden. Sie müssen chemisch sterilisiert werden, wenn sie zum Konzentrieren biologischer Materialien oder von Nahrungsmittel verwendet werden sollen. Eine wichtige Anwendung der umgekehrten Osmose ist das Konzentrieren von Käsemolke. Etwa 30% des Nährwertes von Milch geht in der Molke, die etwa 7% gelöste Feststoffe enthält, verloren. Die gelösten Feststoffe bestehen vorwiegend aus Lactose. Sie enthalten aber auch zwischen 0,5% bis 1% Proteine und etwa 1% Milchsäure und Salze. Die Molke wird zuerst durch eine 'offene' Membran geschickt, die den Proteinanteil für die nachfolgende Sprühtrocknung zurückhält. Das Filtrat dieser Stufe gelangt dann zu einer 'engen' Membran, bei der hauptsächlich Lactose zurückgehalten wird. Wasser und einige der gelösten Salze fließen ab, nachdem sie durch die Membran gelangt sind. Mit diesem Verfahren werden nicht nur wertvolle Nahrungsquellen erschlossen, sondern auch ein Verschmutzungseffekt von Käsemolke vermieden. Die umgekehrte Osmose wird manchmal – in Abhängigkeit des Trennungsgrades zwischen gelöstem Stoff

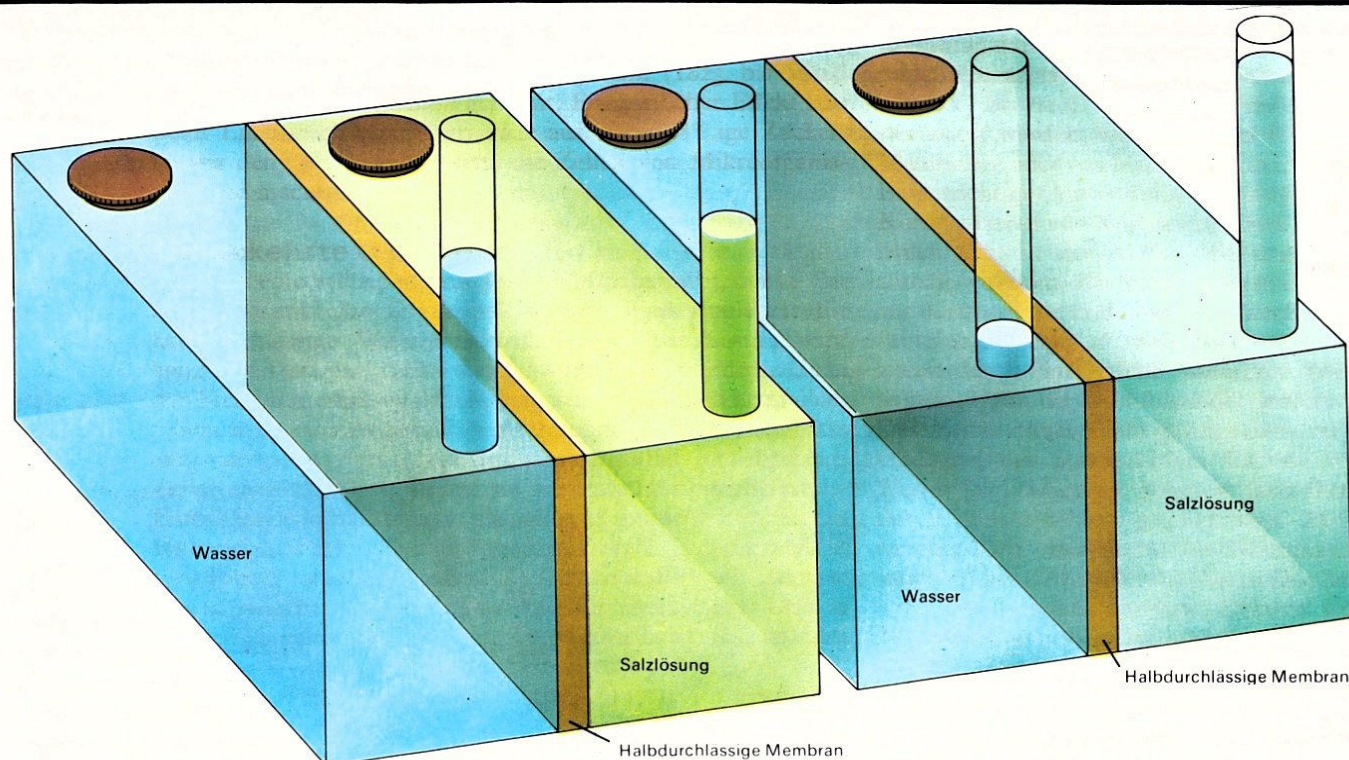
PICTUREPOINT



RON BOARDMAN

Links: Der Pegel der Zuckerlösung in einem umgekehrten Trichter steigt durch Osmose – durch die Membran tritt Wasser ein.





Ein Experiment zur Darstellung der Osmose. Ein Behälter wird durch eine halbdurchlässige Membran in zwei Hälften geteilt. In eine Hälfte wird Wasser, in die andere Hälfte Salzlösung

gefüllt. Zu Beginn sind die Flüssigkeitspegel in den beiden Röhren gleich (links). Später durchdringt Wasser die Membran und gelangt in die Salzlösung.

Möwen nehmen 'Trinkwasser' durch Drüsen auf, die durch einen umgekehrten Osmoseprozeß das im Meereswasser enthaltene Salz absondern. Die von den Möwen abgegebenen Salzsekrete haben ungefähr die fünffache Konzentration wie das salzige Meereswasser.

und Lösungsmittel- als Ultrafiltrierung oder Hyperfiltrierung bezeichnet. Sie wird auch zur Konzentrierung von Rübenzuckerextrakt, zum Entrahmen von Milch sowie zur Herstellung von Enzymen oder Pockenimpfstoff angewendet.

Osmotische Dehydrierung

Kürzlich wurden Verfahren entwickelt, um Früchte durch eine Kombination aus Osmose und Dehydrierung (z.B. Vakuum- oder Gefriertrocknung) haltbar zu machen. Die Methode wurde erfolgreich bei Apfelscheiben angewendet, die zuerst blanchiert wurden, um die Enzyme zu inaktivieren (siehe LEBENSMITTELTECHNIK). Die Apfelscheiben werden in einen Zuckersirup mit einer Konzentration von etwa 70 Gewichtsprozent bei einer Temperatur von 60°C bis 65°C eingetaucht. Der Sirup wird von einer Pumpe umgewälzt, um eine Konzentrationsverringern an der Fruchtoberfläche zu verhindern und den osmotischen Druck aufrechtzuerhalten. Nach vier bis sechs Stunden haben die Apfelscheiben etwa 40% ihres ursprünglichen Gewichtes durch osmotisch bedingten Wasserverlust verloren. Anschließend werden die Apfelscheiben gewaschen, um den Zuckersirup von der Druckoberfläche zu entfernen. Ein abschließendes Trocknen der Apfelscheiben wird in einem Vakuumofen bei 60°C und einem Druck von etwa 0,9 bar durchgeführt.

OSZILLATOR

Oszillatoren sind elektronische Schwingkreise mit vielen Anwendungsmöglichkeiten, z.B. in Fernsehgeräten, Rechenanlagen und Radargeräten.

Eine der einfachsten Formen eines Oszillators ist das Pendel, dessen Bewegung bei kleinen Ausschlägen grafisch als eine Sinuswelle dargestellt werden kann. Ein Pendel wird nur dann mit der gleichen Amplitude (hier die Auslenkung aus der Ruhelage) weiterschwingen, wenn ihm zu einem geeigneten Zeitpunkt während jeder Schwingung gerade so viel Energie zugeführt wird, daß die Verluste (beispielsweise durch Luftreibung) ausgeglichen werden können. In einem elektronischen Oszillator, in dem die Elektronen zu Schwingungen angeregt werden, muß eine entsprechende Energiezufuhr zum Ausgleich von Verlusten erfolgen, wenn die Schwingungen aufrechterhalten werden sollen.

Neben elektronischen Oszillatoren, die wie ein Pendel sinusförmige Schwingungen ausführen, gibt es auch solche, die nichtsinusförmige Schwingungen liefern, wie Rechteck- und Sägezahngeneratoren. Elektronische Schwingungen lassen sich auf einfache Weise nach ihrer Form einteilen.

In allen elektronischen Schwingkreisen wird die Energie letzten Endes immer aus einer Gleichstromquelle bezogen. Verstärker und Rückkoppler, Abstimm- und Kippschalter dienen dazu, Gleichstromenergie in Wechselstromenergie umzuwandeln.

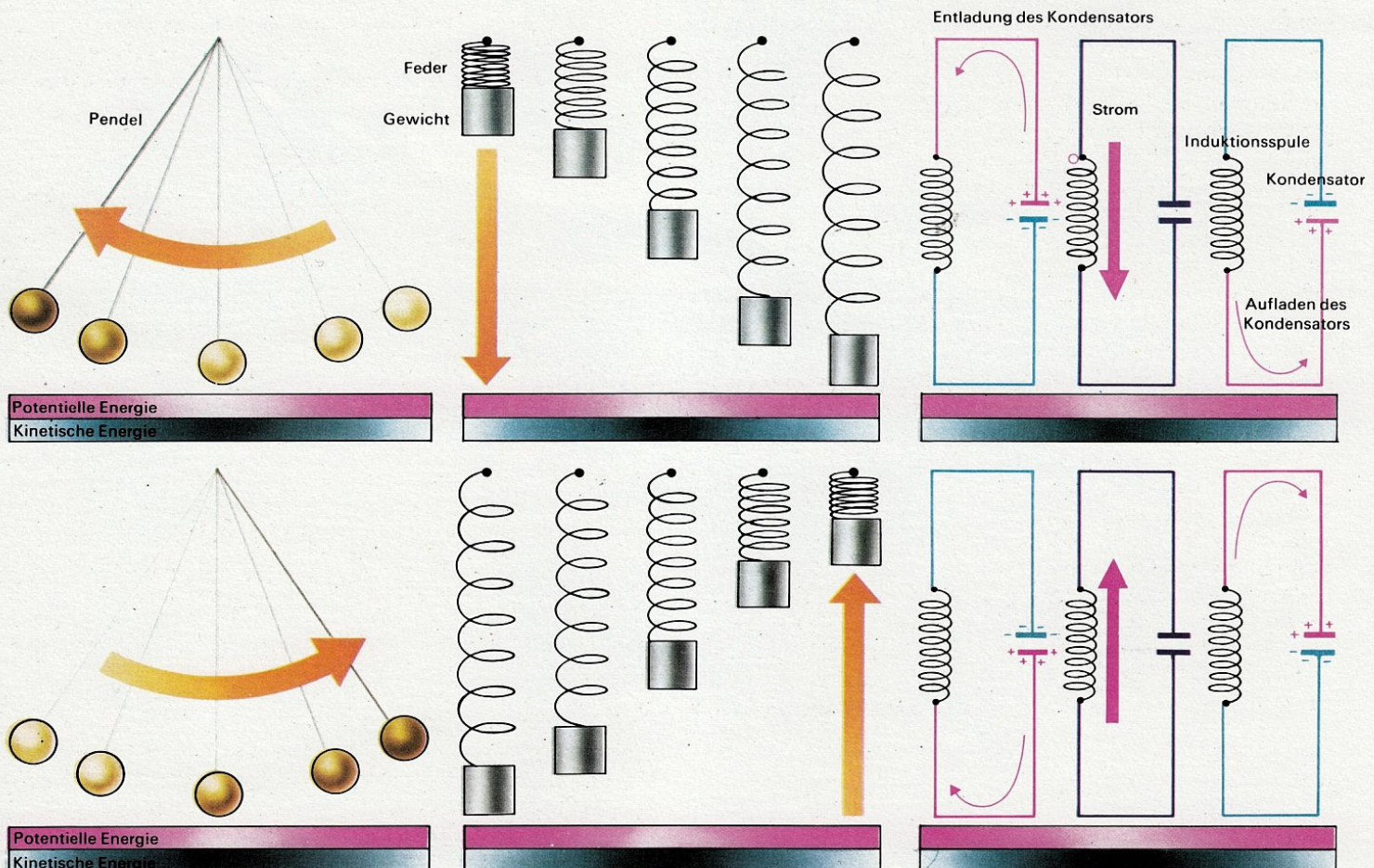
Die Zeit zwischen zwei identischen, aufeinanderfolgenden Zuständen einer Welle heißt 'Periode' (Schwingungsdauer) der Schwingung, und die Zahl der Schwingungen, die in einer gegebenen Zeiteinheit (gewöhnlich eine Sekunde) ausgeführt werden, nennt man 'Frequenz'. Die Einheit der Frequenz ist das Hertz (Hz); 1 Hz entspricht einer Schwingung pro Sekunde.

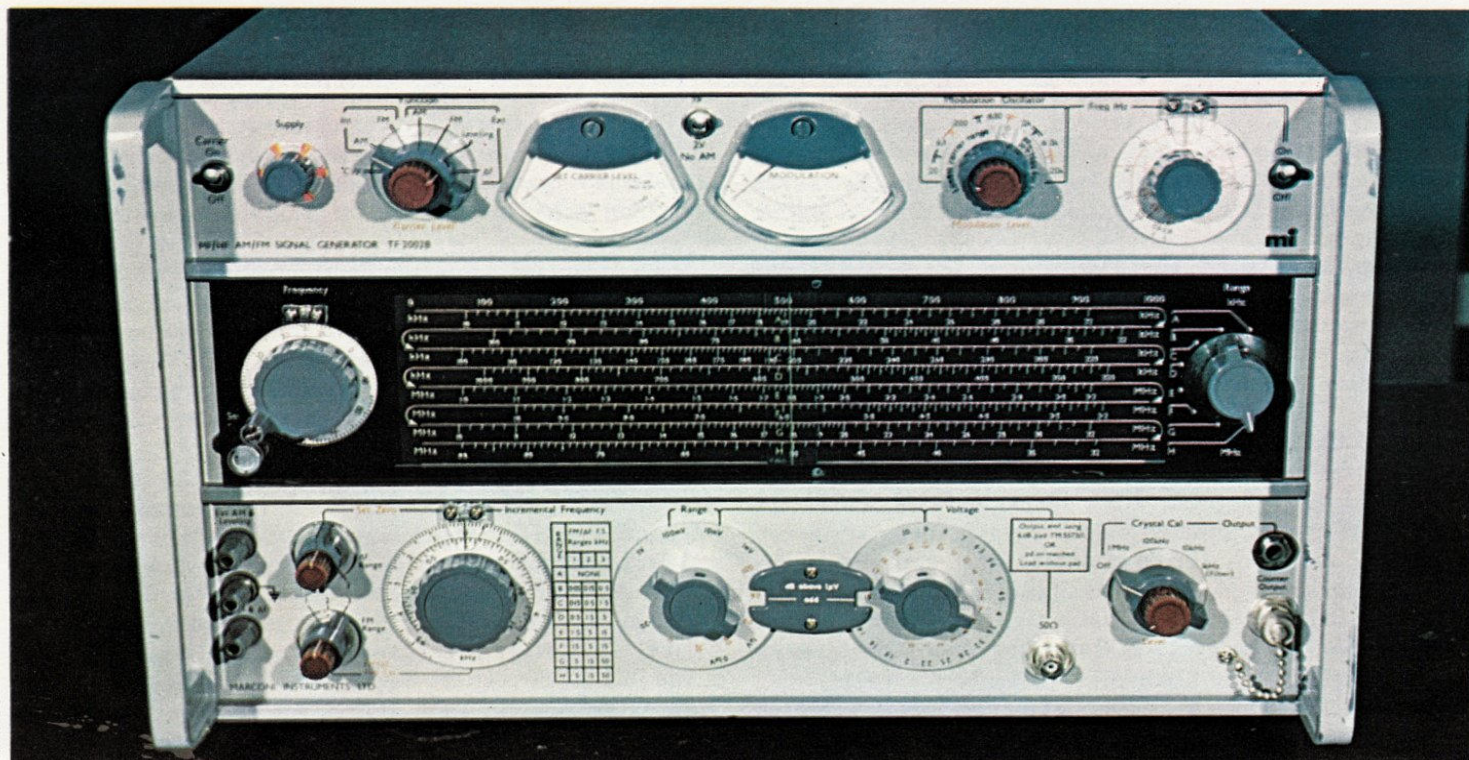
Sinus-Oszillatoren

Wenn sich ein Kondensator über eine Spule geringen Widerstands entlädt, entsteht ein Wechselstrom mit einer Frequenz, die der Resonanzfrequenz des Schwingkreises entspricht, also der Frequenz, bei der dem Wechselstrom der geringste Widerstand entgegengesetzt wird. Wegen der unvermeidlichen Verluste durch Ohmsche Widerstände klingen die Schwingungen jedoch ab und verschwinden schließlich ganz, wenn die als Wärme verlorene Energie nicht ersetzt wird. Ein Maß für die Verluste ist der sogenannte Q-Faktor (Verlustfaktor) des abgestimmten Schwingkreises. Eine Definition des Q-Faktors ist das Verhältnis von gesamter, im Schwingkreis gespeicherter Energie zu verlorener Energie pro Schwingung. Ein Schwingkreis mit einem hohen Q-Faktor wird eine große Zahl von Schwingungen ausführen, ehe er zur Ruhe kommt, während bei einem niedrigen Q-Wert nur einige Schwingungen möglich sein werden. Bei einem großen Q-Wert ist auch die Abstimmung genauer.

Eine Methode, die in einem abgestimmten Schwingkreis (Resonanzkreis) verlorengelassene Energie zu ersetzen und damit die Schwingungen aufrechtzuerhalten, besteht darin, daß man eine Spule im Schwingkreis mit einer zweiten Spule induktiv koppelt (womit man einen Transformator erhält). Das in der Sekundärspule des Transformators induzierte Signal wird in einen Verstärker gespeist, dessen Ausgangssignal dem Schwingkreis zugeführt wird. Das verstärkte Signal muß mindestens so stark sein, daß die Schwingungsenergie des Schwingkreises auf einem festen Wert bleibt. Dazu muß das zugeführte Signal außerdem mit der Schwingung 'in Phase'

Während einer Schwingung nimmt die Energie verschiedene Formen an. Bei Pendeln besteht ein Wechselspiel zwischen kinetischer und potentieller Energie, in elektrischen Schwingkreisen geht sie von einem Magnetfeld in ein elektrisches Feld über.





sein. (Zwei Signale sind in Phase, wenn sie Höchst- und Tiefstwerte zu gleicher Zeit am gleichen Ort erreichen.) Dieser Oszillator arbeitet nach dem Prinzip der 'positiven Rückkopplung' (Mithkopplung).

Mit diesem Oszillatortyp lassen sich Frequenzen von einigen Tausend Hertz (Kilohertz) bis zu mehreren Megahertz erzeugen. 'Kristalloszillatoren' werden dort eingesetzt, wo stabile Frequenzen zwischen 400 Hz und 200 MHz verlangt werden. Diese Oszillatoren gehen vom piezoelektrischen Effekt gewisser Kristalle (z.B. Quarz) aus, die elektrische Schwingungen hervorrufen, wenn sie mechanischen Verzerrungen unterworfen sind, und auch umgekehrt mechanische Schwingungen ausführen, wenn geeignete elektrische Spannungen auf sie einwirken. Diese Schwingungen werden aufrechterhalten, und der Oszillator wird bei der Resonanzfrequenz des Kristalls mit hohem Q-Wert stabilisiert, indem ein LC-Kreis (Spule und Kondensator) mit Verstärker mit ihm verbunden wird, aus dem die Energieverluste kompensiert werden.

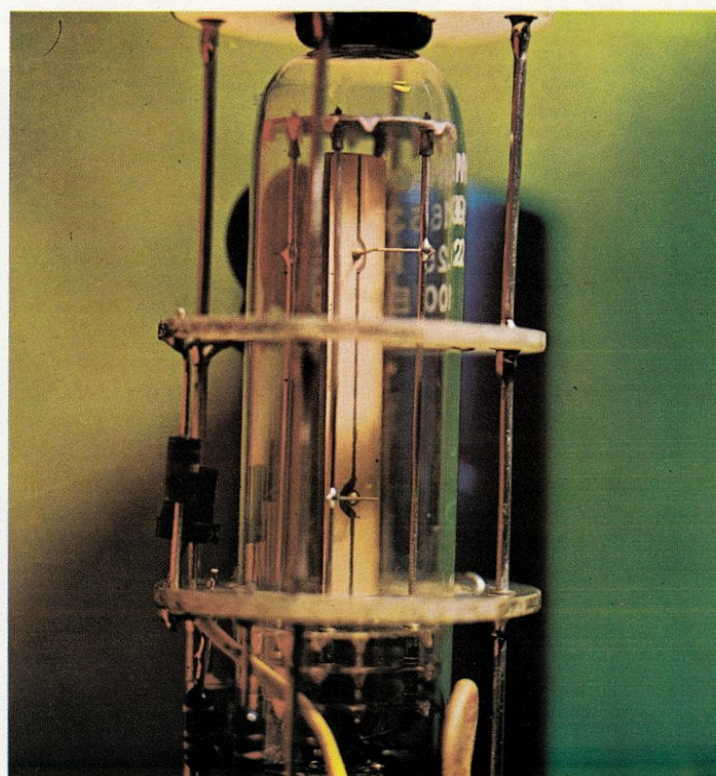
Magnetostriktive Oszillatoren gehen vom magnetostriktiven Effekt aus, der beispielsweise bei Nickel auftritt und sich darin äußert, daß ein magnetisches Feld kleine Gestaltsveränderungen des Materials hervorruft; umgekehrt sind die durch äußere Kräfte erzwungenen Gestaltsveränderungen mit einer Änderung der magnetischen Eigenschaften verbunden. Das Material wird zu mechanischen Resonanzschwingungen ange-regt (also bei Frequenzen, wo die Effekte am stärksten auftreten), indem man einen geeigneten Strom durch eine um das Material gewickelte Spule schickt. Eine getrennte benachbarte Spule oder ein abstimmbarer induktiver oder kapazitiver Aufnehmer liefert das Rückkopplungssignal, das nach Verstärkung zur Aufrechterhaltung der Schwingungen dient.

Magnetostriktive und piezoelektrische Oszillatoren werden oft eingesetzt, wenn elektrische Schwingungen in ein anderes Medium übertragen werden sollen, wie etwa beim Ultraschallgenerator.

Der Phasenkettenoszillator besitzt keinen abgestimmten

Oben: Ein moderner Signalgenerator. Auf den Skalen in der Mitte läßt sich eine genaue Frequenz zwischen 10 kHz und 88 kHz einstellen. Eine Eichung wird mit Kristalloszillatoren vorgenommen. Das Signal kann amplituden- oder frequenz-moduliert abgegeben werden.

Schwingkreis, sondern benutzt eine Kette mit drei Widerständen und drei Kondensatoren, um das Signal des mit einem Widerstand belasteten einstufigen Verstärkers in den Eingang zurückzuführen. Die Widerstände und Kondensatoren werden so gewählt, daß bei der gewünschten Schwingungsfrequenz (f_0) zwischen Eingang und Ausgang der Kette ein Unterschied von



Rechts: Piezoelektrischer Oszillator, bei dem ein Quarz elektrische Schwingungen hervorruft, wenn mechanische Verformungen vorgenommen werden und umgekehrt.

einer halben Welle (also ein Phasenunterschied von 180°) besteht. Da auch zwischen dem Eingangssignal des Verstärkers und seinem Ausgangssignal eine Phasendifferenz von 180° auftritt, ergibt sich in der gesamten Schleife aus Phasenkette und Verstärker bei der Frequenz f_0 eine Phasenverschiebung von 360° . Solange die Verstärkung des Signals im Verstärker größer ist als die Dämpfung in der Kette, erhält man stabile Schwingungen.

Eine andere Bauart von Oszillatoren mit kontrollierter Phasenverschiebung enthält Widerstände und Kondensatoren in der Anordnung einer Wienschen Brücke. Diese und die Phasenkettenoszillatoren werden im Tonfrequenzbereich angewendet.

Andere Oszillatoren

Die Transistoren, die in den Sinus-Oszillatoren als Verstärkungselement eingesetzt sind, dienen auch als Schalter in vielen Oszillatoren anderer Schwingungsformen, wenn die Frequenz von den Zeitkonstanten der entsprechenden Schaltungen abhängt. Die nichtsinusförmigen Oszillatoren sind auf 'Kippschaltungen' aufgebaut, bei denen durch plötzliche Veränderungen, z.B. Entladung eines Kondensators im Schwingkreis, eine bestimmte Wellenform entsteht.

Ein einfacher Rechteck-Generator läßt sich aufbauen, indem man das Ausgangssignal eines Verstärkers (mit 180° Phasenverschiebung zwischen Eingang und Ausgang) über einen Kondensator, einen zweiten, ähnlichen Verstärker und einen weiteren Kondensator in den Eingang des ersten Verstärkers zurückführt. Ein kleines Signal am Eingang dieses ersten Verstärkers wird von beiden Verstärkern verstärkt, Rück-

kopplung verstärkt das Eingangssignal weiter, und es kommt zu einem lawinenartigen Effekt, der zum Einschalten des ersten und zum Abschalten des Rückkopplungsverstärkers führt. Nach einer Zeit, die von den charakteristischen Zeitkonstanten der Schaltelemente abhängt, tritt durch einen ähnlichen Entladungsvorgang der entgegengesetzte Effekt auf: Der erste Verstärker schaltet ab, und der Kopplungsverstärker wird angeschaltet.

Nach Ablauf eines weiteren Zeitintervalls, das wiederum von den Eigenschaften des Schaltkreises abhängt, wiederholt sich der ganze Vorgang, und man erhält eine periodische Reihe von Rechteckpulsen am ersten Generator. Zu den Anwendungen von Rechteck-Generatoren gehören zeitlich programmierte Schaltaufgaben und Zeitmessungen beim Fernsehen, Radar und in Rechenanlagen.

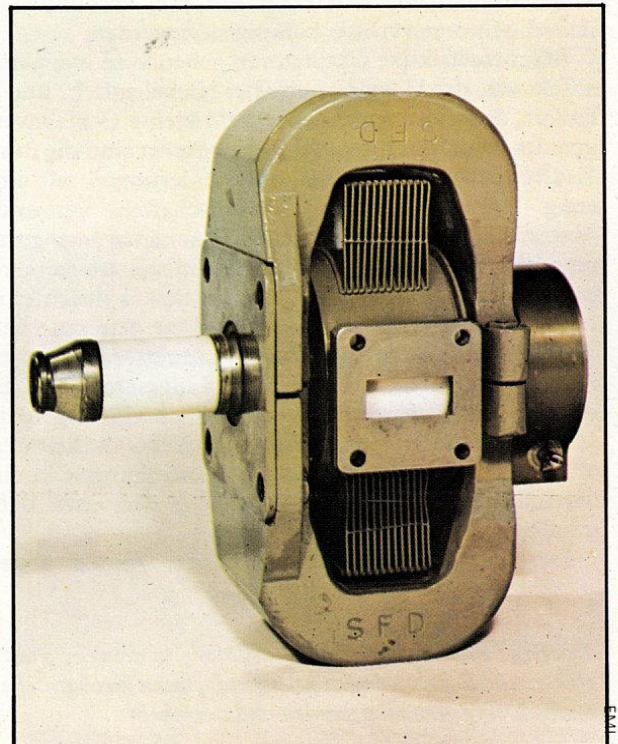
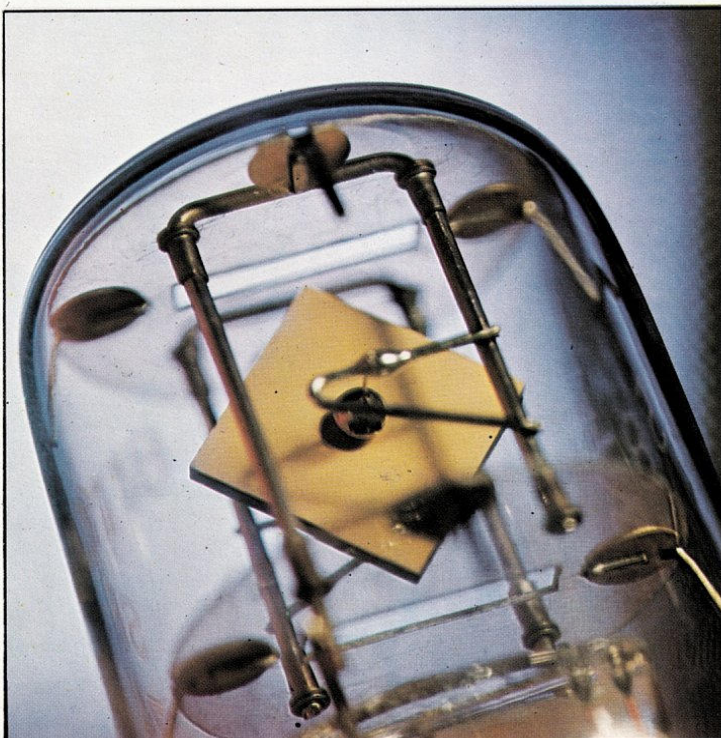
Einen einfachen Sägezahn-Generator erhält man durch abwechselndes, langsames Aufladen eines Kondensators über einen mit einer Gleichstromquelle verbundenen Widerstand und durch schnelles Entladen. Die Sägezahnschwingung tritt am Kondensator auf. Solange der Spannungsbereich, der beim Aufladen des Kondensators überstrichen wird, nicht über ein Zehntel der verfügbaren Spannung an der Gleichspannungsquelle hinausgeht, ist die Sägezahnform ziemlich linear. Die Schwingungsperiode kann durch Änderungen des Widerstandes oder der Kapazität des Kondensators oder auch durch Änderung des Spannungsbereichs für die Aufladung variiert werden.

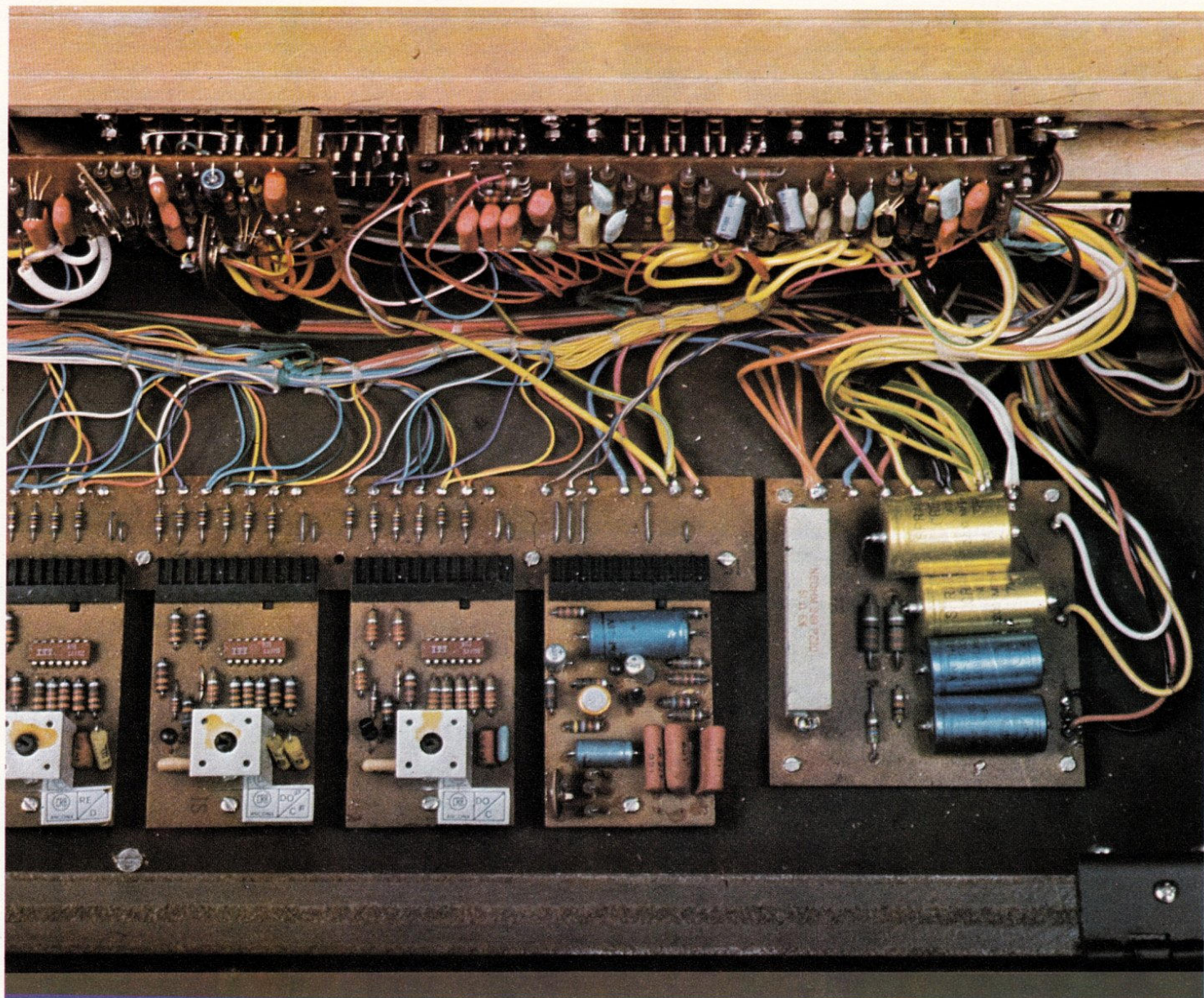
Bei der einfachen Schaltung, die hier beschrieben wurde, nimmt der Ladestrom mit fortschreitender Aufladung des Kondensators ab, weil die wachsende Kondensatorspannung entgegenwirkt. Deshalb wird der Kondensator nicht mit gleichbleibender Geschwindigkeit aufgeladen, und die Sägezahnform ist prinzipiell nicht linear. Dieses Problem läßt sich dadurch lösen, daß man den Kondensator nicht durch eine Quelle konstanter Spannung (Gleichspannungsquelle) lädt, sondern durch eine Quelle konstanten Stromes. Damit ist der Ladestrom unabhängig von der Spannung zwischen den Kondensatorplatten; die Spannung wächst linear mit der Zeit an.

Sägezahn-Generatoren werden als Zeitgeber bei Radar, Fernsehen, Oszilloskopen, in Modulations- und Zeitmeßvorrichtungen und Rechenanlagen eingesetzt.

Unten: Quarzkristall-Oszillator, bei dem das schwingende Kristall und die mechanischen Verbindungsteile zu sehen sind.

Unten rechts: Ein Hohlraummagnetron, dessen Entwicklung zur Revolutionierung der Radargeräte führte. Es erlaubte den Gebrauch von Hochfrequenzschwingungen hoher Leistung. Der quadratische Teil im Vordergrund ist das Verbindungsstück zur Antenne. Die Finnen dienen zur Kühlung.





JOHN GOLDBLATT

Mikrowellen-Oszillatoren

Bei Frequenzen oberhalb etwa 1000 MHz werden konventionelle Niederfrequenzröhren und Schwingkreise unwirksam. Die meisten Bauteile in der Mikrowellentechnik nehmen deshalb andere Formen an: Ein Widerstand wird durch ein Dämpfungsglied ersetzt, ein LC-Schwingkreis durch einen Resonator und ein Draht oder Kabel durch einen Wellenleiter. Das Hohlraummagnetron ist ein bekanntes Beispiel für einen Mikrowellen-Generator.

Das Hohlraummagnetron besteht aus einer Katode, die von einer zylindrischen Anode umgeben ist, die auf ihrer Innenseite Resonanzhölräume enthält. Beim Einschalten des Generators werden diese Hohlräume zu Resonanzschwingungen angeregt. Elektronen, die durch zueinander senkrecht stehende, magnetische und elektrische Felder zur Anode fliegen, treten mit den Streufeldern der Schlitze der Resonatoren in Wechselwirkung und geben einen Teil ihrer Energie an das Schwingungsfeld der Resonatoren ab, womit diese Schwingungen aufrechterhalten werden. Durch eine kleine Koppelschleife an einem der Resonatoren können dem Magnetron Mikrowellen entnommen werden.

Das Anwendungsspektrum von Mikrowellen-Oszillatoren reicht von der Radioastronomie über Fernsprech- und Fernsehrelaissysteme, Radar und Navigationssysteme bis zum Garen von Speisen.

In den letzten Jahren ist ein Halbleitergenerator für

Oszillatoren werden bei elektronischen Orgeln zur Schwingungserzeugung verwendet. Es handelt sich dabei um elektromagnetische oder elektrostatische Oszillatoren. Hier die elektronische Anlage einer Orgel von Boosy & Hawkes.

Mikrowellen entwickelt worden, der auf dem sogenannten 'Gunn-Effekt' beruht. Dieser Generator besteht im wesentlichen aus einem Plättchen von N-Galliumarsenid (N-dotiertes Halbleitermaterial). Wenn zwischen seinen beiden Kontakten eine Gleichspannung der richtigen Polarität angelegt wird, fließt ein Gleichstrom, dem Strompulse überlagert sind. Diese Pulse treten in Zeitabständen von 10^{-10} Sekunden auf und werden dazu benutzt, in einem Hohlraum oder einem Wellenleiter Resonanzschwingungen anzuregen. Die Frequenz der Pulse hängt von der Dicke des N-Galliumarsenids ab.

Der Wunsch nach immer höheren Mikrowellenfrequenzen hat zu immer kleineren Resonanzhöhlräumen und Wellenleitern geführt. Mit den beschriebenen Methoden hat man eine praktikable obere Grenze von etwa 300 000 MHz (= 300 GHz) erreicht. Unter Nutzung atomistischer Effekte kann man jedoch noch höhere Frequenzen erreichen, wie im Maser realisiert, während Frequenzen im infraroten und sichtbaren Bereich des elektromagnetischen Spektrums durch Laser erzeugt werden können (siehe LASER AND MASER).

OSZILLOSKOP

Das Oszilloskop ist ein äußerst vielseitiges, elektronisches Meßgerät, das zur Sichtanzeige des Zeitablaufes der verschiedensten physikalischen Größen dient. Als physikalische Größe könnten beispielsweise Druckänderungen in einer Anlage oder seismometrische Erschütterungen dargestellt werden. Oszilloskope werden in der Industrie, in Laboratorien und zu Ausbildungszwecken in Universitäten und Schulen eingesetzt.

Als wesentliche Baugruppen findet man in Oszilloskopen die Katodenstrahlröhre zur Darstellung der Schwingungsform als Leuchtpur, einen Verstärker und eine Schaltung zur Zeitablenkung.

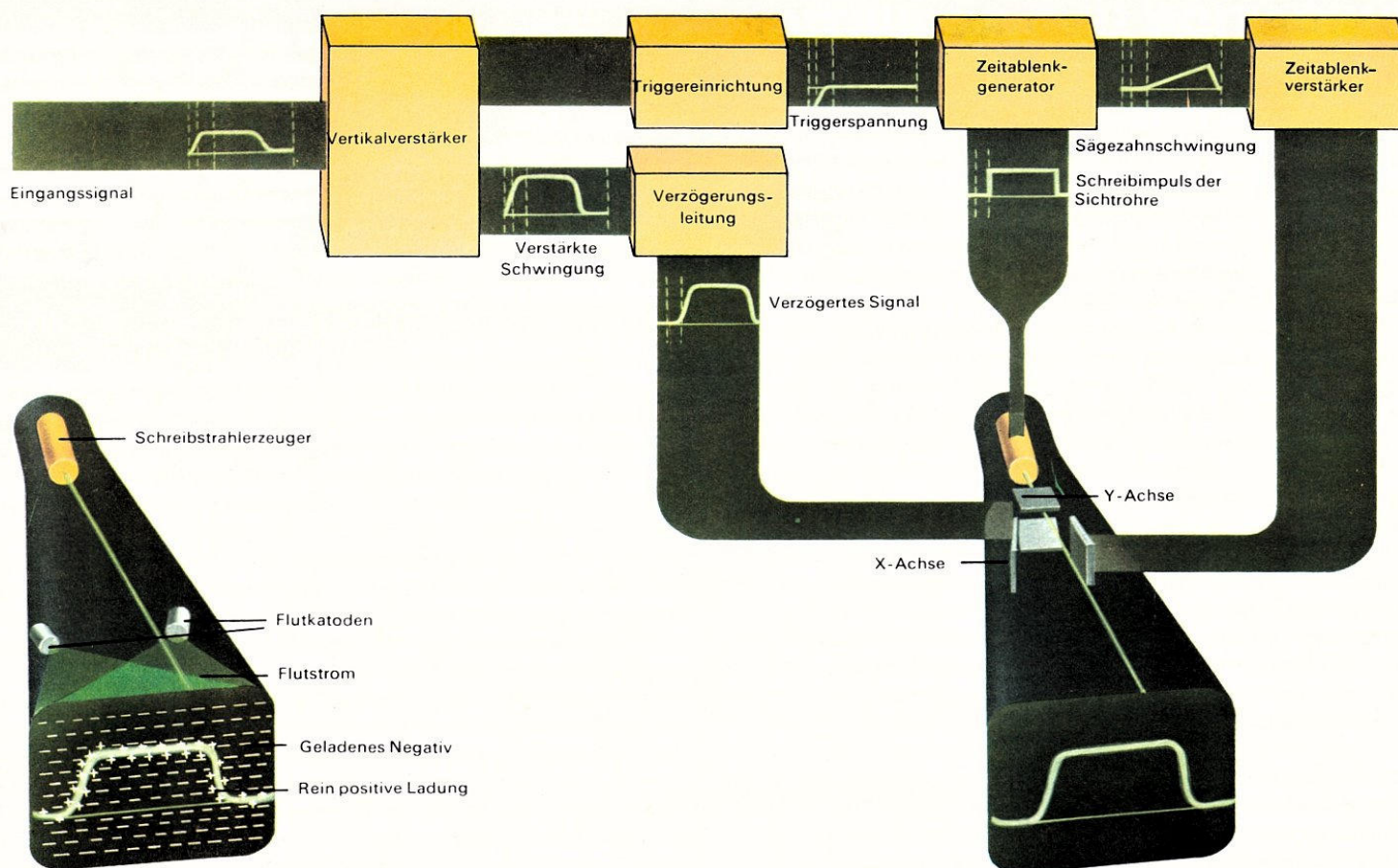
Zunächst wird ein kleiner Punkt auf dem Sichtschirm der Katodenstrahlröhre fokussiert oder gebündelt. Dieser Punkt bewegt sich unter dem Einfluß der Zeitablenkung horizontal über den Bildschirm. Die Zeitablenkschaltung ist mit horizontalen Ablenkplatten verbunden, die sich innerhalb der Bildröhre befinden. Man nennt diese Platten X-Platten. Mit ihnen wird der Leuchtpunkt mit konstanter Geschwindigkeit in horizontaler Richtung über den Schirm abgelenkt. Die gewünschte Geschwindigkeit kann über einen Bedienungsknopf an der Frontplatte des Gerätes gewählt werden. Die Ablenkung verläuft von links nach rechts so, wie man eine bedruckte Seite liest. Hat der Punkt die rechte Bildschirm-

seite erreicht, springt er nach links zurück, wobei die Intensität, d.h. die Leuchtstärke, des sichtbaren Punktes so weit verringert wird, daß der Sprung unsichtbar bleibt. Die Ablenkung kann sich wiederholen, wenn die linke Schirmseite erreicht ist.

Das Meßsignal, dessen Zeitverlauf vom Gerät sichtbar gemacht werden soll, muß an die Eingangsklemmen des Oszilloskops gelegt werden. Es durchläuft dann einen Verstärker, von dessen Ausgang es an die vertikalen Ablenkplatten des Oszilloskopschirmes gelangt. Diese Platten nennt man auch Y-Ablenkplatten. Sie befinden sich ebenfalls innerhalb der Röhre. Durch sie erfährt das Meßsignal eine Ablenkung in der vertikalen Richtung, d.h. der Leuchtpunkt wandert auf dem Schirm auf und ab. Die insgesamt beobachtbare Leuchtpur stimmt mit den zeitlichen Schwankungen des Meßsignales überein. Das Gerät arbeitet ähnlich wie ein schreibendes Meßgerät, nur wird die physikalische Größe nicht auf Papier registriert. Statt einer Schreibfeder bewegt sich ein Leuchtpunkt. Damit sind die Vorteile des Oszilloskops auch klar erkennbar: Das Oszilloskop schreibt die physikalischen Vorgänge nahezu trägheitslos, denn der Leuchtpunkt wird in Wirklichkeit durch einen Elektronenstrahl erzeugt; Masseträgheiten sind nahezu ausgeschlossen.

Unten: Das Tektronix 7104 ist ein modernes Mehrzweck-Oszilloskop, das Signale mit Frequenzen bis zu 1 GHz (1 000 Millionen Herz) aufzeichnen kann.





Die Zeitablenkschaltung

Herzstück der Zeitablenkschaltung ist ein Sägezahn-generator, der eine dreieckförmige Spannung erzeugt. Der Anstieg dieser Spannungsform sollte konstant sein, d.h. eine lineare Spannungsvergrößerung in der Zeiteinheit. Führt man dieses Signal zu den X-Ablenkplatten, wird zwischen den Platten ein linear ansteigendes elektrisches Feld erzeugt, das den Elektronenstrahl gleichfalls linear über den Bildschirm ablenkt. Durch Einstellung der Impulsfrequenz des Sägezahnoszillators läßt sich die horizontale Ablenkung an das Meßsignal anpassen, wobei man den Einstellvorgang auf dem Schirm beobachten kann. Bei nichtperiodischen Signalen wird eine einmalige Ablenkung erforderlich. Der Grund ist folgender: Finden mehrere unregelmäßig aufeinanderfolgende Durchläufe des Meßsignales statt, ergibt sich ein resultierendes Bild, das verworren oder verwischt auf dem Sichtschirm erscheint. Durch die einmalige Ablenkung steht das Ablenkteil in Bereitschaft, bis ein Meßsignal erscheint. Folgt sofort wieder eine Impulsserie, wird sie unterdrückt und die Darstellung auf dem Bildschirm bleibt eindeutig. Die Leuchtspur muß dann lange genug stehenbleiben, damit das zu messende Signal vom Betrachter untersucht werden kann. Im Normalfalle stehen hierfür ein bis zwei Sekunden zur Verfügung; man erreicht dies durch eine große Nachleuchtdauer des aktiven Materials auf dem Bildschirm. Reicht die Nachleuchtdauer für eine genaue Analyse eines Vorganges nicht aus, müßte man das Bild abfotografieren. Hochwertige Oszilloskope besitzen deshalb eine Sichtspeicherröhre, die es ermöglicht, Signale bis zu zwei Tagen zu speichern und auf Abruf wieder sichtbar zu machen. Andere Oszilloskoptypen sind mit einer elektronischen Speichereinrichtung, einem sogenannten digital arbeitenden Speicher, versehen. Das Meßsignal wird in digitale Pulse umgesetzt und durchläuft so lange eine elektronische Speicherbaugruppe, bis es vom Betrachter abgerufen wird.

Besitzt das Meßsignal jedoch einen periodischen Aufbau, ist es sinnvoll, es mit der Zeitablenkschaltung zu synchronisieren.

Oben: Prinzipdarstellung eines Oszilloskopes, das den Eingangssignalverstärker, die Verzögerungsleitung, die Triggerstufe zur Synchronisation, den Zeitablenkgenerator und die Kathodenstrahlröhre zeigt. Einmal ist es für den Ablauf der Zeitablenkschaltung wesentlich, daß sie synchron mit dem Eingangssignal läuft, andererseits driftet der Strahl über den Bildschirm; die Beobachtung und das Messen werden erschwert. Eine Verzögerungsleitung wird oft in Oszilloskopen eingebaut, die Möglichkeiten zur Darstellung von zwei unabhängigen Leuchtspuren haben. Die Verzögerung einer Spur ermöglicht den Vergleich der Kurvenformen. Ein Speicheroszilloskop kann das Meßsignal lange Zeit zurückhalten. Es arbeitet so, daß die Leuchtspur auf dem Schirm eine positive Ladung hinterläßt. Wird der Schirm hinterher mit Elektronen niedriger Energie "geflutet", werden sie von diesen Flächen angezogen.

Die Synchronisation

Ohne eine Synchronisationseinrichtung wäre es unmöglich, die Wiederholfrequenz des Meßsignals genau mit der des Zeitablenkgenerators in Übereinstimmung zu bringen. Die sich ergebende Leuchtspur würde zum Driften über den Bildschirm neigen, weshalb sich der Signallauf nicht beobachten ließe. Zur Überwindung des Problems wird der Zeitablenkgenerator mit einer Synchronisierschaltung verknüpft. Sie erzeugt an einem bestimmten Punkt des Meßsignales einen Impuls, der den Zeilenablenkgenerator so beeinflusst, daß eine Ablenkperiode ausgelöst wird. Am Ende der Ablenkperiode steht der Generator zum Empfang des nächsten Impulses von der Synchronisiereinrichtung bereit. Man nennt diesen Vorgang auch 'triggern'. Weil die Zeitablenkung des Oszilloskopes bei jeder Periode des Meßsignales immer am gleichen Punkt ausgelöst wird, bleibt die Leuchtspur ohne jede Driftbewegung auf dem Bildschirm fest stehen.

OXIDATION UND REDUKTION

Oxidation und Reduktion sind zwei sehr wichtige Arten der chemischen Reaktion. Die Art, wie der menschliche Körper seine Energie aus der aufgenommenen Nahrung erhält, ist auf einen Oxidationsvorgang zurückzuführen.

Oxidation und Reduktion sind chemische Begriffe, die einen speziellen Typ chemischer Reaktionen beschreiben. Mit dem Verständnis der atomaren Struktur und dem damit verbundenen Verständnis der chemischen Reaktionen hat sich die Definition von Oxidation und Reduktion verändert. Ursprünglich verstand man unter Oxidation die Verbindung von Sauerstoff mit einem Element. Es bildete sich ein Oxid. Unter Reduktion verstand man das Entfernen von Sauerstoff aus einer Verbindung. Viele chemische Vorgänge lassen sich auch heute noch mit dieser einfachen Definition erklären.

Verbrennungsvorgänge sind wohl die am häufigsten auftretenden chemischen Reaktionen. Die meisten Brennstoffe (Öl, Gas, Kohle, Holz) sind komplexe Verbindungen, die Kohlenstoff enthalten. Beim Verbrennen reagieren sie mit Luftsauerstoff unter Bildung von Kohlenstoffmonoxid (CO) und von Kohlenstoffdioxid (CO_2). Dieser Vorgang ist ein Oxidationsprozeß. Verbrennungsvorgänge sind jedoch nicht auf Brennstoffe beschränkt. Viele Metalle, die in der Luft erhitzt werden, verbinden sich mit dem Luftsauerstoff, um ein Oxid zu bilden. Auf Rotglut erhitztes Kupfer beispielsweise oxidiert zu schwarzem Kupferoxid.

Die bekannteste Reduktionsreaktion ist das Schmelzen von Eisenerz. Diese chemische Reaktion wird vermutlich seit 4000 Jahren durchgeführt. Eisen kommt in der Erdkruste in Form von Brauneisenstein, Eisenstein und Magneteisenstein als Eisenoxid vor. Ursprünglich wurde das Eisen dadurch gewonnen, daß man ein Gemisch aus Holzkohle und Eisenerz auf sehr hohe Temperaturen erhitzte und Luft durch das Gemisch blies. Das Eisenerz wurde in geschmolzenes Metall umgewandelt, das beim Abkühlen von der Kohlenasche getrennt werden konnte. Als man im 18. Jahrhundert die Holzkohle durch Kohle ersetzte, wurde der Hochofen entwickelt. Die wesentliche, in einem Hochofen ablaufende Reaktion ist die Reduktion von Eisenoxid (Fe_2O_3) durch Kohlenstoffmonoxid. Das Kohlenstoffmonoxid wird gleichzeitig zu Kohlenstoffdioxid oxidiert. Dies bedeutet, daß mit einem Reduktionsprozeß auch ein Oxidationsprozeß gekoppelt

ist. Weil sich Sauerstoff sehr leicht mit Wasserstoff zu Wasser verbindet, glaubte man, Wasserstoff sei der chemische 'Gegenpol' von Sauerstoff. Man erweiterte die Definition der Oxidation bzw. Reduktion dahingehend, daß man beim Entfernen von Wasserstoff aus einer Verbindung von Oxidation und beim Hinzufügen von Wasserstoff zu einer Verbindung von Reduktion sprach. Bei der Reaktion von beispielsweise Hydrogensulfid (H_2S) mit Chlor (Cl_2) bilden sich Hydrogenchlorid (HCl) und Schwefel (S). Das Hydrogensulfid wurde oxidiert; das Chlor reduziert.

Elektronentheorie

Reagiert Sauerstoff mit anderen Elementen, wirkt Sauerstoff wie ein Elektronenempfänger, d.h. er nimmt die von dem Element abgegebenen Elektronen auf, um eine Achterschale aufzubauen. Man kann nun ganz allgemein die Oxidation als einen Entzug von Elektronen definieren. Dies bedeutet, daß man immer dann von einem Oxidationsvorgang spricht, wenn von einem Metall Elektronen abgegeben werden. Bei der Reaktion von Magnesium mit Chlor wird das Magnesium zu Magnesiumchlorid oxidiert. Das neutrale Magnesiumatom wird in das doppelt positiv geladene Magnesiumion (Mg^{2+}) umgewandelt. Ebenso liegt ein Oxidationsvorgang vor, wenn man Eisen(II)-chlorid (FeCl_2) mit Chlor reagieren läßt. Es entsteht Eisen(III)-chlorid (FeCl_3). Es wurde also das doppelt positiv geladene Eisenion (Fe^{2+}) zu dem dreifach positiv geladenen Eisenion (Fe^{3+}) oxidiert.

Wird Sauerstoff aus einem Metalloxid entfernt, nimmt das Metallion Elektronen auf. Beispielsweise nimmt das doppelt positiv geladene Kupferion (Cu^{2+}) in Kupferoxid (CuO) bei der Reduktion mit Wasserstoff zwei Elektronen auf und bildet das Kupferatom (Cu). Reduktion kann man also als Zufuhr von Elektronen oder als eine Steigerung der Elektronegativität ansehen. Bei einer Reaktion von Eisen(III)-chlorid (FeCl_3) mit Hydrogensulfid (H_2S) entstehen Eisen(II)-chlorid (FeCl_2), Hydrogenchlorid (HCl) und Schwefel (S). Das Fe^{3+} -Ion wurde zu einem Fe^{2+} -Ion reduziert.

Redoxreaktionen

Mit den oben angeführten, allgemeinen Definitionen der Oxidation und der Reduktion lassen sich viele chemische Reaktionen einschließlich einiger wichtiger industrieller oder natürlicher Prozesse erklären. Jeder elektrolytische Prozeß kann als Reduktions- und als Oxidationsreaktion (Redoxreaktion) verstanden werden. Bei der Elektrolyse nimmt das Kation (positiv geladenes Ion) an der Katode Elektronen auf (Reduktionsvorgang). An der Anode gibt das Anion (negativ geladenes Ion) Elektronen ab (Oxidationsvorgang). Bei der Elektrolyse von Natriumchlorid (NaCl , Kochsalz) werden die Chlorionen (Cl^-) an der Anode oxidiert und bilden Chlor. Die Natriumionen (Na^+) werden an der Katode reduziert und bilden Natrium.

Ein weiterer bekannter Oxidationsprozeß ist die Korrosion von Metallen. Das Rosten des Eisens ist das wohl bekannteste Beispiel einer Oxidation. Die meisten Eisen- oder Stahlartikel werden letztlich durch Rost zerstört. Damit es zum Rosten kommen kann, müssen einige Bedingungen erfüllt sein. Es müssen sowohl Feuchtigkeit wie auch Sauerstoff vorhanden sein, und es muß sich in dem Metall ein elektropositiver Bereich (durch Verunreinigung oder Kratzer an der Oberfläche) bilden. Der Korrosionsvorgang ist ein elektrolytischer Prozeß. Der elektropositive Bereich entspricht der Anode; der nicht zerstörte Bereich der Katode. Eisenatome werden an der Anode oxidiert und gehen als Fe^{2+} -Ionen in Lösung. Die freigesetzten Elektronen bewegen sich zur Katode, wo sich Hydroxid-Ionen (OH^-) bilden. Die Eisen- und Hydroxid-Ionen diffundieren in das Wasser oder reagieren mit Luftsauerstoff durch Bildung von Rost ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$).



PHOTRI

Oben: Der bekannteste Oxidationsvorgang ist das Rosten von Metallen. Hier sind Eisenplatten abgebildet, die wieder für die Stahlherstellung verwendet werden.



Bei Verbrennungsvorgängen findet eine Oxidation statt. Bei dem abgebildeten Waldbrand reagiert der im Holz enthaltene Kohlenstoff mit dem Luftsauerstoff und bildet CO und CO_2 .

P

PAPIERHERSTELLUNG

Das Papier wurde vor ungefähr 2000 Jahren in China erfunden. Die Technik seiner Herstellung verbreitete sich nur sehr langsam nach Westen. Mit dem Export amerikanischer Papiererzeugungsmaschinen nach Japan und China hat das technische Verfahren seine Runde um die Welt gemacht, ohne daß sich jedoch seine Grundprinzipien geändert hätten.

Auf Papyrus, einem aus der Papyrusstaude hergestellten Material, schrieben vor mehr als 5000 Jahren die Ägypter und später die Griechen und Römer. Aus Tierhäuten gewonnenes Pergament war bereits den Ägyptern bekannt und wurde von den Römern sehr gern für dauerhafte Aufzeichnungen benutzt. Zur Papyrusherstellung wurden Lagen aus äußerst dünnen Schichten des Stengelmarks der Staude kreuzweise übereinandergepreßt und getrocknet. Die Herstellung von Pergament ähnelt der von Leder. Dabei werden die Tierhäute geschabt und weiterbehandelt (allerdings nennt man heute auch einige Papierarten pflanzliches Pergament). Keines der beiden Verfahren aus dem Altertum veränderte die Struktur des Ausgangsmaterials.

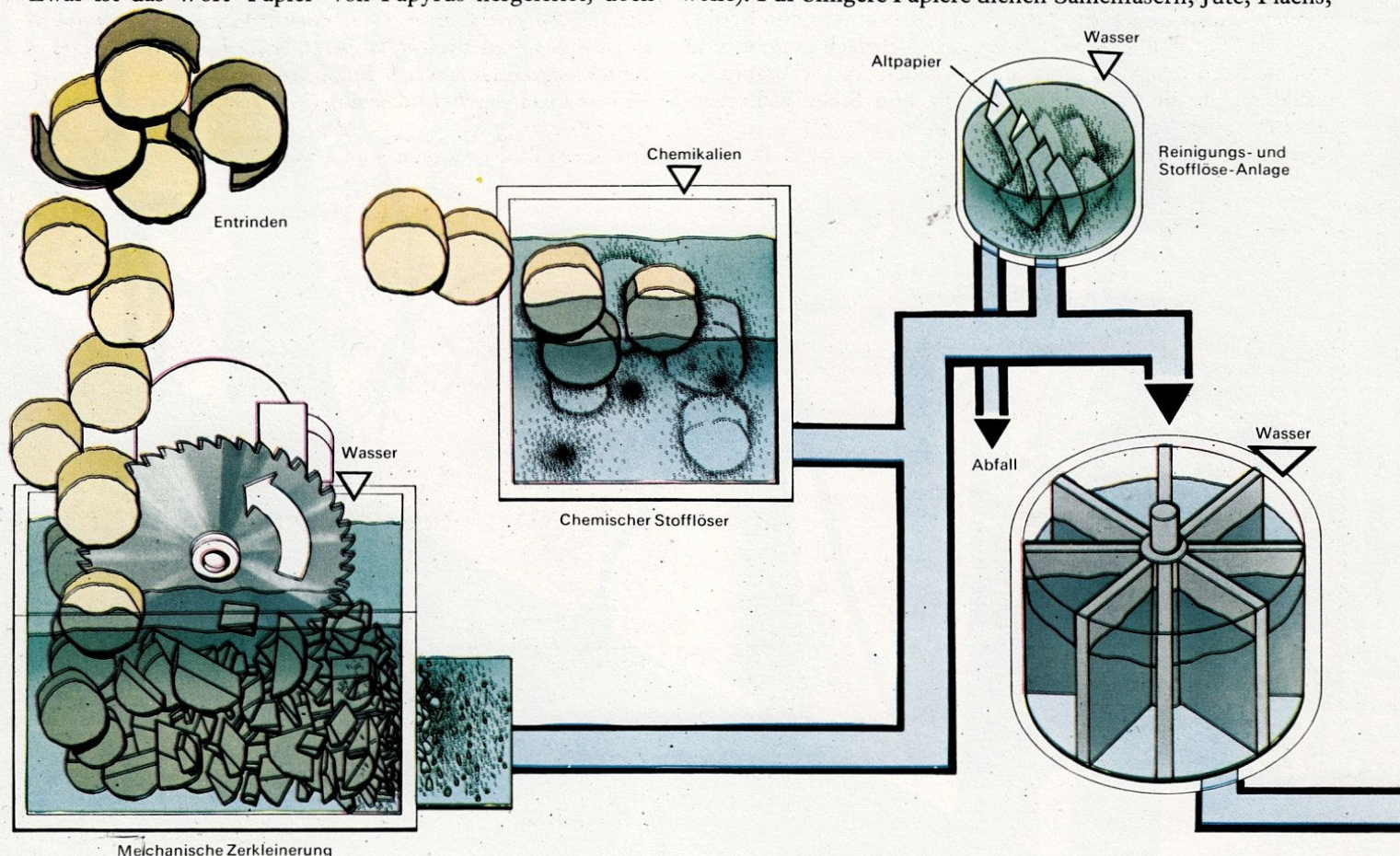
Zwar ist das Wort 'Papier' von Papyrus hergeleitet, doch

wurde das eigentliche Papier vor weniger als 2000 Jahren in China erfunden. Die Chinesen sammelten alte Fischnetze, Lumpen und Pflanzenreste, brachten diese Stoffe zum Kochen und stampften und verrührten sie dann mit großen Wassermengen zu einem Papierbrei. Ein in diesen Brei getauchtes und waagrecht wieder herausgezogenes Sieb trug eine Schicht Papierbrei, von dem das Wasser durch die Netzöffnungen allmählich abtropfte. Danach wurde die Papierbreischicht getrocknet und gepreßt. Der Unterschied zwischen Papyrus und Papier liegt darin, daß bei der Papierherstellung die einzelnen Stoffe in ihre Faserstruktur zerlegt und die Fasern anschließend neu ausgerichtet werden.

Diese Technik gelangte ins Abendland, als einige chinesische Papierhersteller von den Arabern gefangen genommen wurden. Im späten Mittelalter erreichte die Technik der Papierherstellung Europa. Durch das Papier verbreiteten sich die Fertigkeiten des Lesens und Schreibens, was eine verstärkte Nachfrage nach Papier hervorrief.

Rohstoffe

Zur Herstellung der besten Papiersorten (Feinpapier), insbesondere für handgefertigtes (handgeschöpftes) Papier, nimmt man Lumpen (Hadern) und Linters (Streubaumwolle). Für billigere Papiere dienen Samenfasern, Jute, Flachs,



Gräser und andere Pflanzen als Ausgangsmaterial. Der größte Papieranteil wird jedoch heute aus Holzschliff hergestellt.

Versuchsweise hat man auch synthetische und tierische Fasern verwendet, doch ist es beim Versuch geblieben, da das entsprechende Verfahren zu kostspielig für die Massenfertigung war. So beschränkt sich die Papierherstellung fast ausschließlich auf die Verwendung pflanzlicher Fasern. Sie haben unterschiedliche Größe und Form und sind im Grunde an einer Seite verschlossene, häufig konische, hohle Röhren. Im natürlichen Zustand werden die Fasern durch Substanzen, hauptsächlich Lignin, die im allgemeinen aufgelöst und ausgefällt werden müssen, zusammengehalten. Dies geschieht durch chemische Behandlung und Waschen des Holzschliffs. Die Vielzahl der bei der Papierherstellung angewendeten Methoden läßt sich beim Vergleich von Löschpapier und fettundurchlässigem Einwickelpapier erkennen. Während das eine weich ist und Flüssigkeiten aufsaugt, ist das andere fest, glatt und wasserundurchlässig. Der Unterschied wird von der Auswahl der Fasern, ihrer Zubereitung und der Art bedingt, wie sie in der Papiermaschine behandelt werden.

Herstellung von Papiermasse und Zellulosegewinnung

Man stellt die Papiermasse nach zwei verschiedenen Verfahren her: mechanisch oder chemisch.

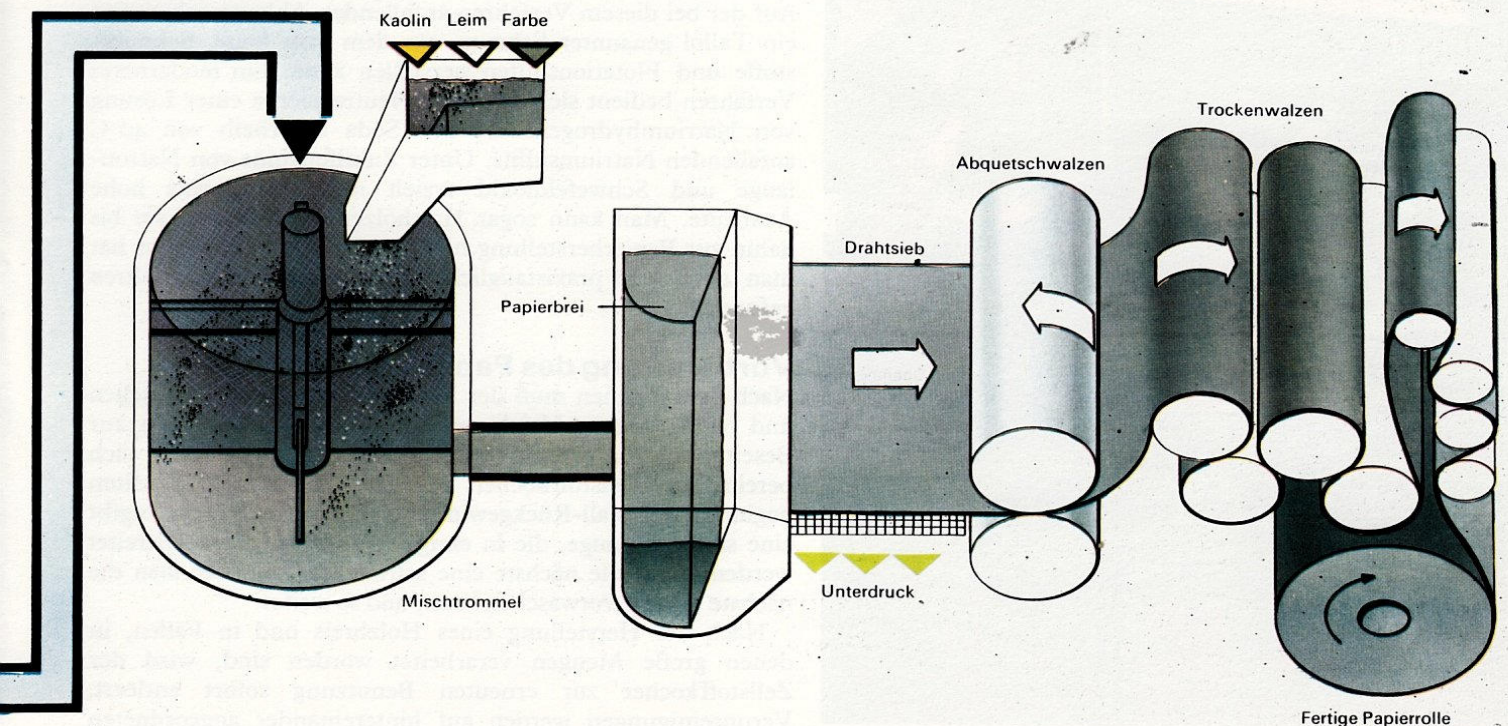
Mechanisch wird die Papiermasse hauptsächlich aus dem Holz von Nadelbäumen hergestellt. Dabei geht es weniger um eine besonders reine Papiermasse, sondern vor allem um einen hohen Ertrag. Das Ergebnis ist ein billiges Papier, von dem man keine große Haltbarkeit erwartet. Zeitungspapier ist ein gutes Beispiel dafür. Die Baumstämme werden entrindet, entrindet und dann in der Regel zwischen umlaufenden Mahlsteinen zerkleinert, wobei man die Fasern mit Wasser vom Mahlstein abspült (schmierige Mahlung). Wird die Wasserzufuhr verringert, kommt es zu stärkerer Wärmeentwicklung und zu längeren Fasern (rösche Mahlung). Im allgemeinen ergeben kürzere Fasern (bis zu einem bestimmten Punkt) besseres Papier. Die Papiermasse wird mehrfach gesiebt, und größere Klumpen werden erneut vermahlen oder verbrannt. Je nachdem, ob die Papiermasse an Ort und Stelle weiterverarbeitet oder weitertransportiert werden soll, wird das überschüssige Wasser in einem Konzentrador oder in einer

Maschine entfernt, die einer einfachen Papiermaschine ähnlich sieht (siehe unten). Das Ergebnis ist entweder eine lufttrockene (10% Feuchtigkeit) oder eine nasse oder feuchte (45%) Papiermasse. Aus 100 t geschnittenen, trockenen Stämmen können mehr als 90 t lufttrockene Papiermasse gewonnen werden. Allerdings sind die Fasern nicht besonders fest; daher wird mechanisch hergestellte Papiermasse vor der Weiterverarbeitung mit 15% bis 50% chemisch hergestellter Papiermasse vermischt.

Bei der chemischen oder Kochmethode wird ein größerer Anteil der unerwünschten Stoffe entfernt. Das Ergebnis ist dann zwar ein geringerer Ertrag, aber auch eine höherwertige Papiermasse. Es gibt hier zwei verschiedene Verfahren, die mit verschiedenen Flüssigkeiten arbeiten: mit Säure und mit Lauge.

Das Säureverfahren zur Zellulosegewinnung findet hauptsächlich Anwendung bei der Rottanne, dem verbreitetsten vermarktungsfähigen Nutzholz Nordamerikas. Die Flüssigkeit ist im wesentlichen eine schweflige Säure mit einem bestimmten Anteil freien Schwefeldioxid-Gases. Sie läßt sich herstellen, indem man Wasser durch einen kalksteinhaltigen Turm nach unten rinnen läßt und an dessen unterem Ende Schwefeldioxid-Gas einbläst. Da die gewonnene Flüssigkeit stark korrosiv ist, müssen alle mit ihr in Berührung kommenden Teile aus einem säurefesten Werkstoff hergestellt werden. Die Stämme werden geschnitten und die dabei anfallenden Scheiben zu Schnitzern zerhackt, die dann gesiebt werden. Schnitzte mit einer Größe von 0,5 cm bis 2 cm werden in einem mit Dampf beheizten Zellstoffkocher unter Druck gekocht. Die Qualität wird durch Überwachung der Schnitzgröße, der Flüssigkeitskonzentration, des Drucks (520 kN/m² bis 760 kN/m²) und der Kochzeit (normalerweise 7 bis 12 Stunden)

Unten: Stämme werden entrindet und mechanisch zerkleinert oder mit Chemikalien gekocht. Oft wird Altpapier mitverwendet. Die Mischung wird weiter mechanisch behandelt, bis die Fasern die richtige Länge erreicht haben. Die erforderlichen Zusätze werden eingemischt, und der Pulp wird dann auf ein aus dünnem Drahtgewebe bestehendes Transportband gegossen und zur Ausrichtung der Fasern geschüttelt. Der erzeugte Stoffbogen wird durch Walzen gepreßt und getrocknet.



den) kontrolliert. Das nichtverbrauchte Schwefeldioxid und ein Teil der Wärme lassen sich nach dem Kochprozeß zurückgewinnen, jedoch führt die verbrauchte Flüssigkeit zu einer starken Umweltbelastung. Sie kann zwar bei der Lederherstellung als Gerbmittel, zur Staubbindung auf Straßen und auf verschiedene andere Arten genutzt werden; aber es fällt so viel davon an, daß trotz allem eine starke Umweltverschmutzung bleibt.

Verfahren, die mit Laugen arbeiten, entsprechen im großen und ganzen den oben erwähnten Vorgehensweisen, jedoch sind die zum Kochen benutzten Mittel naturgemäß keine Säuren und belasten die Umwelt mithin weniger stark. Man setzt sie bei Fasern ohne Holzanteil, wie z.B. Gräsern und Lumpen, ein, außerdem bei Laubhölzern (Hartholz) und stark harzhaltigen Nadelhölzern, wie bei der gemeinen Kiefer, da die Lauge das Harz zersetzt. Das Holz wird genauso vorbereitet wie für das Kochen mit Säure, die anderen Stoffe entsprechend ihren Eigenschaften. Zum Beispiel müssen Lumpen aussortiert und Getreidestroh muß gehäckselt werden. Anschließend wird der Staub durch eine Entstaubungsanlage abgesaugt.

Beim Natronverfahren wird Ätznatron (Natriumhydroxid) benutzt. Natronkonzentration, Kochzeit und Druck ändern sich je nach dem zu kochenden Material. Bei Holz lassen sich bis zu 85% des Ätznatrons aus der Ablauge zurückgewinnen, bei anderen Stoffen ist die Rückgewinnungsrate geringer – einmal wegen der Schwierigkeit, die Chemikalien wieder aus den Fasern herauszuwaschen, und zum anderen, weil von vornherein mit einer geringeren Natriumkonzentration gearbeitet wird. Das Kraft- oder Sulfatverfahren ergibt eine kräftigere Faser. In den Zellstoffkocher wird Natriumsulfat (Glaubersalz) gegeben. Dies hat keine Auswirkung auf das Auskochen des Zellstoffes, jedoch wird es während des Verbrennens im Zurückgewinnungsvorgang zu Natriumsulfid umgewandelt. Gibt man dieses erneut in den Zell-



Oben: Entästete und entrindete Stämme in der Mahlmaschine.
Links unten: Das gemahlene Holz wird zum Zellstoffkocher gefördert.



stoffkocher, wird es automatisch in bestimmbar Mengen zu Natronlauge (Natriumhydroxid) umgewandelt, so daß es unter Beibehaltung der Konzentration zum Verkochen beiträgt. Bei diesem Vorgang treten üble Gerüche auf, daher wird er nicht in der Nähe dichtbesiedelter Gebiete durchgeführt. Auf der bei diesem Verfahren anfallenden Ablauge schwimmt ein Tallöl genannter Schaum, aus dem man Seife, Schmierstoffe und Flotationshilfen herstellen kann. Ein moderneres Verfahren bedient sich des beim Neutralisieren einer Lösung von Natriumhydrogensulfid mit Soda unterhalb von 40°C anfallenden Natriumsulfits. Unter Zuhilfenahme von Natronlauge und Schwefeldioxid erzielt man damit eine hohe Ausbeute. Man kann sogar Harthölzer aufschließen, die bis dahin zur Papierherstellung nicht geeignet schienen. Nur hat man noch kein praxistaugliches Wiedergewinnungsverfahren gefunden.

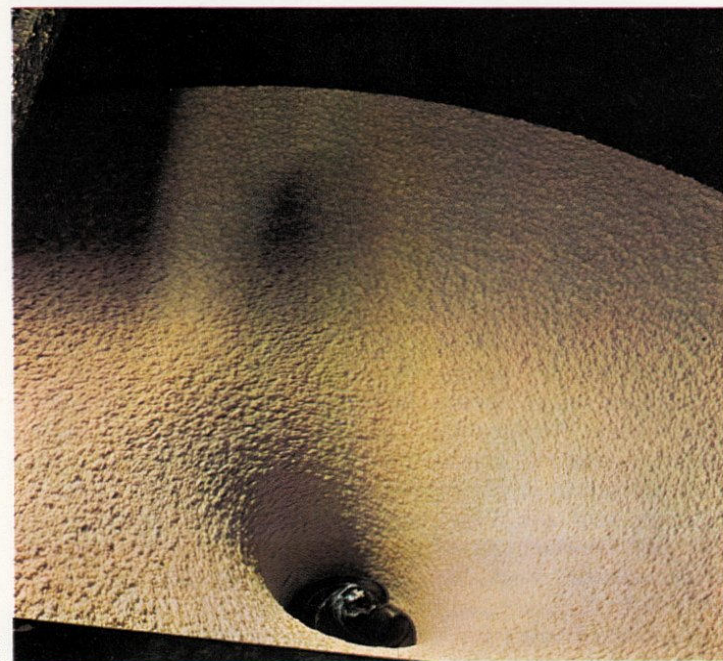
Vorbereitung des Papierbreis

Nach dem Kochen muß der Papierbrei (Zellstoff) gewaschen und häufig auch gebleicht werden. Das Waschen dient zur Beseitigung von Unreinheiten. Einige Zellstoffe lassen sich bereits im Zellstoffkocher reinigen; in diesem Stadium beginnt die Abfall-Rückgewinnung. Die erste Wäsche ergibt eine starke Ablauge, die in einigen Fällen wieder aufbereitet werden kann; die nächste eine schwächere, mit der man die nächste Charge vorwaschen kann, und so weiter.

Nach der Herstellung eines Holzbreis und in Fällen, in denen große Mengen verarbeitet worden sind, wird der Zellstoffkocher zur erneuten Benutzung sofort entleert. Verunreinigungen werden auf hintereinander angeordneten

Sieben – flachen, tablettähnlichen (Langsiebe) und umlaufenden (Rundsiebe) Sieben – ausgeschieden. Allerdings sind Zentrifugen- oder Wirbel-Reiniger inzwischen so leistungsfähig, daß sie die Verwendung von Sieben vollständig überflüssig machen. In einem Wirbel-Reiniger fallen durch die hohe Umdrehungszahl die schwereren Verunreinigungen zu Boden, während die leichten, gereinigten Zellstoffe durch Öffnungen nahe der Oberkante ausgeworfen werden. Eine häufig verwendete Zentrifuge ist der sogenannte Oliverfilter, der aus einer in einen großen Trog eintauchenden Drahtgeflechtstrommel besteht. Eine von der Trommelwelle aus wirkende Saugkraft zieht eine Schicht der Papiermasse auf das Drahtnetz und saugt die Flüssigkeit heraus. Danach wird die Zellstoffmasse durch aufgespritztes Heißwasser gewaschen und mit Schälmessern vom Drahtnetz abgeschabt.

Als nächstes wird – falls notwendig – der Zellstoff gebleicht; dies hängt von seiner Art und dem vorgesehenen Verwendungszweck ab. Dazu gibt es unterschiedliche Verfahren; sie reichen von der einfachen Anwendung einer Bleichflüssigkeit bis zu einer Reihe chemischer Verarbeitungsstufen, die sorgfältig überwacht werden müssen, um eine Beschädigung der Fasern zu vermeiden. Gegenwärtig findet das Bleichen immer häufiger am Ende des Kochvorganges statt. Dabei ist der tatsächliche Vorgang eine Kombination ausgewählter Verfahrensweisen, damit ein Höchstmaß an Ausbeute, Faserstärke und Weiß erreicht wird.



Oben: Holzbrei wird für die Papiermaschine vorbereitet.

Stampfen

Meist geht der Zellstoff in Form feuchter Ballen in die Papierfabrik, wo er wieder zerkleinert werden muß. Dazu dient eine Hydrapulper genannte Maschine, ein bottichartiges Gefäß mit einem Flügelrad, das den Zellstoff im Wasser 'zerlegt'. Ähnlich wird mit Altpapier verfahren, das angesichts der in jüngster Vergangenheit erheblich gestiegenen Preise für Zellstoff zu einem immer wichtigeren Ausgangsmaterial für die Papiererzeugung wird.

Als nächstes folgt der Vorgang des Aufschlagens. Längeres Aufschlagens mit herkömmlichen Maschinen ist noch üblich, vor allem bei handgeschöpftem Papier, doch erfüllt eine genaue Qualitätskontrolle und eine anschließende Behandlung in Refinern in immer stärkerem Maße die Aufgabe des

Aufschlagens. Auf jeden Fall ist insbesondere diese Phase des Herstellungsverfahrens für die Qualität des Fertigproduktes entscheidend. Die physikalische Arbeit des Schlagens hat einen Einfluß auf die Länge der Fasern, ihre Formbarkeit und ihre Fähigkeit, sich in der Papiermaschine miteinander zu verbinden. Daher hängen vom Aufschlagens auch Eigenschaften des fertigen Papiers wie Gewicht, Opazität (Lichtdurchlässigkeit) und Reißfestigkeit ab.

Die bekannteste Schlagmaschine ist der im 18. Jahrhundert in Holland entwickelte Holländer. Er besteht aus einer trogähnlichen Wanne, in deren Mitte eine Trennwand einen gewissen Durchlaß an den Seiten offenläßt, so daß der Zellulosebrei umlaufen kann. Am anderen Ende der Mittelwand läuft eine Mahlwalze auf einer Welle. Sie kann bis zu 10 t wiegen. Die Füllmenge der Wanne reicht von ungefähr 90 kg Lumpen bis zu 1,5 t Zellstoff, wobei ungefähr fünf Teile Zellstoff auf fünfundneunzig Teile Wasser kommen. Über den äußeren Umfang liegen parallel zur Welle Metallstäbe. Der jetzt Holländereintrag oder Papierstoff genannte Zellstoff wird gegen auf den Wannenboden unmittelbar unter der Walze angebrachte Metallstäbe gequetscht (gemahlen).

Der Refiner, der den Ganzstoff holländer beispielsweise bei der Herstellung von Zeitungspapier vollständig abgelöst hat, besteht aus einem feststehenden, mit Messern besetzten, kegeligen Gehäuse, in dem sich ein bemesserter Kegelstumpf dreht. Auch hier ist der Abstand einstellbar. Die Messer im

Geschichte der Papierherstellung

100 v. Chr. Papier wird bereits in China hergestellt
AD

105	Ts'ai Lun 'erfand' das Papier
610	Papierbenutzung in Japan
794	Papierherstellung in Bagdad
875	Toilettenpapierbenutzung in China
900	Papierherstellung in Ägypten
1150	Papierherstellung in Spanien
1269	Papierherstellung in Frankreich
1276	Papierherstellung in Italien
1390	Papierherstellung in Deutschland
1465	Löschpapier in Gebrauch
1494	Papierherstellung in England
1576	Papierherstellung in Rußland
1692	Papierherstellung in Amerika
1804	Erstes auf maschinell hergestelltem Papier gedrucktes Buch
1806	Kohlepapier wird patentiert
1824	Zigarettenpapier wird hergestellt
1827	Transparentpapier wird patentiert
1830	Sandpapier in Gebrauch
1840	Erste selbstklebende Briefmarken
1846	Papierherstellung aus Holzstoff
1851	Zeichenpapier in Gebrauch
1856	Wellpappe wird patentiert
1862	Pauspapierherstellung
1871	Aufgerolltes Toilettenpapier wird patentiert
1873	Asbestpapier wird patentiert
1876	Erste Papiertütenmaschine hergestellt
1889	1 Million Tonnen Papier in den USA hergestellt
1891	Papier als Elektro-Isoliermaterial
1906	Fotokopiermaschine wird patentiert
1919	Erste Flugpost
1933	Einführung der Luftpostleichtbriefe
1939-45	Vielfach Strohbenutzung in der Papierherstellung
1974	8 ½ Millionen Tonnen Papierherstellung auf der Welt

Rechts: Gestapelte Papprollen, ein Packmaterial, das aus Faserschichten oder -lagen hergestellt wird. Pappe wird größtenteils mit Kartonrundsiebmaschinen, einer erstmals im Jahre 1809 hergestellten, weiterentwickelten Maschine, angefertigt. Diese Maschinen benutzen anstelle des ursprünglichen Drahtbandes der Fourdrinier-Maschine einen mit einem Drahtsieb bespannten Zylinder.



IMPERIAL GROUP

Unten: Papierherstellung durch Schöpfen aus der Bütte. Das Schöpfsieb ist gerade aus dem Papierbrei herausgenommen worden. Das Bild stammt aus Thailand.



ZEFA

Refiner rotieren bis zu 1500mal in der Minute. Der Stoff geht nur einmal durch den Refiner, doch sind Refiner in Reihe angeordnet, damit gegebenenfalls weitere Quetscharbeit erfolgen kann. Es gibt auch Scheiben-Refiner, bei denen sich eine Scheibe dreht und die andere feststeht, sowie eine Kombination aus Kegel- und Scheiben-Modellen.

Während des Mahlens kann dem Stoff Füllmaterial (Kaolin, Talkum, Kieselrden) zugegeben, und gegebenenfalls kann er geleimt und mit Farbstoffen versetzt werden. Diese Füllstoffe sollen die Opazität verbessern, das Papier maßhaltiger machen, die Glätte der Oberfläche und das Aussehen verbessern. Dies geschieht mit Weißmachern, von denen die häufigsten Brillantweiß und Titanweiß sind. Zum Beispiel gibt man dem Zigarettenpapier Kalk bei, damit es gleichmäßig brennt. Andere Mittel, meist Kunstharze steigern die Naßfestigkeit von Papier (machen es jedoch nicht wasserfest), so daß es mit Tinten auf Wassergrundlage beschrieben werden kann. Druckfarben werden auf der Grundlage von Öl oder Alkohol hergestellt, so daß Druckpapier nicht geleimt zu werden braucht. Doch ist vollständig ungeleimtes Papier, sogenanntes Wasserpapier, nicht üblich. Auf Packpapier muß man zum Beispiel eventuell auch schreiben können, und einige Papiersorten, wie z.B. für Lithographien benutztes Papier, müssen ein gewisses Maß an Naßfestigkeit aufweisen.

Maschinen zur Papierherstellung

Die eigentliche Papierherstellung erfolgt in einem kontinuierlichen Prozeß. Die nach den Brüdern Fourdrinier, zwei Papierwarenhändlern, benannte Papiermaschine war die erste Maschine dieser Art. Sie wurde im Jahre 1803 in England gebaut. Sie legte das Papier auf Trockenfilze, worauf es von

Hand weiterbearbeitet wurde. Moderne Maschinen (Langsiebmaschinen) beginnen mit der Naßpartie (Siebpartie, Preßpartie) und beenden den Produktionsgang mit den fertigen Papierrollen der Trockenpartie. Die Zuschläge (mineralische Stoffe usw.) können, falls gewünscht, bei der Naßpartie statt während des Mahlens in den Stoffbrei gegeben werden.

Der verdünnte Stoffbrei fließt durch den Stofflaufkasten auf ein endloses, waagrecht laufendes, feines Metall- oder Kunststoffsieb, das um zwei parallel zueinander liegende Walzen, die Brustwalze und die Gautschwalze, gespannt ist. Beim Auftreffen des Papierbreis auf das Sieb wird durch eine seitliche Schüttelbewegung dafür gesorgt, daß das Papiervlies eine gleichmäßige Dicke bekommt. Dann wird auf dem Sieb das Papierblatt gebildet. In Sieblaufrichtung, etwa bis zur Mitte der Siebpartie, läuft das Sieb über Tragwalzen (Registerwalzen). Dabei findet die erste Entwässerung statt. Anschließend saugen unter der Siebpartie befindliche Unterdruckkästen (Saugkästen) das Wasser ab. Auf dem Sieb läuft zwischen den Saugkästen der Egoutteur (Dandyroller) mit. Er wird von der Siebpartie angetrieben (in manchen Fällen auch über einen eigenen Antrieb) und drückt leicht auf die Papierbahn. An ihm kann ein aus Draht gebildetes Muster befestigt oder mit ihm verlötet sein, womit das Wasserzeichen des Herstellers in die Papierbahn eingedrückt wird.

Nun wird die Papierbahn mit Hilfe von Rollen oder, bei den neuesten Maschinen, durch eine einzige Saugrolle (Gautschrolle) vom Sieb abgehoben. Das bis hierher abgeschiedene Wasser enthält einen großen Anteil an Fasern, Chemikalien usw., die weitgehend zurückgewonnen werden. Nun läuft die ganze Papierbahn auf einem Filzband weiter und wird zur weiteren Entwässerung zwischen paarweise angeordneten Druckrollen (Naßpressen, Pressenpartie) hindurchgeführt. Dabei verstopfen häufig die Filze (Naßfilze), so daß sie gereinigt werden müssen.

Nach dem Gautschen durchläuft die noch sehr feuchte Papierbahn (bis 80% Wassergehalt) zur weiteren Entwässerung zwei bis vier Naßpressen (Pressenpartie), wobei sie durch Filze (Naßfilze) getragen wird. Jetzt beträgt der Wassergehalt etwa 65%. Danach läuft die Papierbahn über eine Vielzahl metallener, dampfbeheizter Hohlzylinder mit ganz glatter Oberfläche (Trockenpartie). Die Papierbahn muß langsam trocknen, um ein Schrumpfen möglichst zu verhindern. Durch mitlaufende endlose Filze (Trockenfilze) wird sie abwechselnd auf beiden Seiten fest an die Oberfläche der Trockenzyylinder angepreßt, damit das Papier möglichst gleichmäßig wird. Am Ende der Trockenpartie wird sie durch einen oder zwei Kühlzylinder getrocknet und in einem Glättwerk geglättet.

Erfindungen 35: DESTILLATION

Der Destillationsprozeß wurde von griechischen Wissenschaftlern etwa zur Zeit Christi Geburt entwickelt. In den folgenden Jahrhunderten war die Destillation ein wichtiger Vorgang bei der Arbeit der Alchimisten. Im großen und ganzen waren die Alchimisten der Meinung, daß alle Metalle aus einer Kombination von 'reinem' Metall (d.h. Gold) und 'Verunreinigungen' bestehen. Durch eine genügende Anzahl von 'Reinigungsvorgängen' glaubte man, jedes Metall in Gold überführen zu können. Besonders den Metallen Blei, Quecksilber und Antimon wurde große Aufmerksamkeit geschenkt, weil diese Metalle sich bei relativ geringer Temperatur verdampfen ließen und mit Schwefel oder Sauerstoff farbige Verbindungen eingingen, die man als verschiedene Grade der 'Reinigung' deutete.

Der Destillierapparat

Die Theorie erforderte zur praktischen Durchführung eine Reihe von Geräten, mit denen man die Metalle und ihre Verbindungen schmelzen und kondensieren lassen konnte. Die Geräte wurden in den Werkstätten

zeitgenössischer Goldschmiede, Glasarbeiter und anderer Handwerker entwickelt. Die gebräuchlichste Apparatur – sie wurde im ausgehenden Mittelalter als Destillierapparat bezeichnet – setzte sich aus dem Heizer, dem Destillierkolben, dem Kühlgefäß und der Vorlage (Sammelgefäß) zusammen.

'Bain-marie'

Im Mittelalter konnten Öfen nur mit Holz oder Holzkohle beheizt werden. Für viele Zwecke war das Feuer zu heftig, so daß Sand- oder Wasserbäder allgemein dazu benutzt wurden, den Destillierkolben zu erhitzen. Der Glaskolben ist noch heute in französischen Küchen zu sehen und wird als 'bain-marie' (Marienbad) bezeichnet. Die Bezeichnung wird zurückgeführt auf Maria, die Schwester von Moses, die diese Erfindung machte. Vermutlich war der Destillierkolben schon lange Zeit in Gebrauch, bevor er von den Alchimisten übernommen wurde, um Wachs, Harz oder Kleister in geschmolzenem Zustand zu halten. In gleicher Weise war das Sandbad weit verbreitet, um

Metalle während eines Lötvorganges heiß zu halten.

Destillierkolben und Kühlgefäß

Der Destillierkolben wurde im Mittelalter 'cucurbita' (aus dem Lateinischen: Kürbis) genannt und bestand aus Steingut. Glasgefäße, die widerstandsfähig genug waren, diese Arbeit durchzuführen, gehörten noch der Zukunft an. Das Kühlgefäß wurde aus Metall oder Tonware hergestellt. Es war im wesentlichen eine Kuppel, die über den Hals des Destillierkolbens gestülpt wurde. Aus der Kuppel führten ein Rohr oder mehrere Röhren zu der Vorlage. In den Röhren, die relativ kalt waren, kondensierte sich das heiße Material.

Eine Handschrift von 400 n. Chr. erteilt eingehende Unterweisungen, wie ein Kühlrohr aus Kupferplatten zu bauen ist. Etwa aus der gleichen Zeit stammt ein Kühlrohr, das in den

Das Bild zeigt einen Destillierapparat aus dem 14. Jahrh. Es ist im Palazzo della Ragione in Padua/ Italien zu sehen.



Ruinen von Taxila ausgegraben wurde. Taxila ist eine Stadt, die unweit der Hauptstadt Pakistans (Islamabad) liegt. Aus gleicher Quelle stammt auch die Vorlage, die zeigt, daß zu dieser Zeit schon Destillationen durchgeführt wurden. Die Steintöpfe hatten einen flachen Boden, senkrecht aufragende Wände und eine darüber befindliche Kuppel, an der sich ein Rohr befand. Feststoffe konnten daher nicht zurückgewonnen werden, denn es bestand keine andere Möglichkeit, als den Inhalt über das Ausflußrohr zu erhalten.

Man kann nur schwer sagen, was die frühen Alchimisten destilliert haben. Ihre veröffentlichten Texte waren sehr geheimnisvoll. Es ist jedoch sicher, daß der islamische Gelehrte Dschabir ibn Hayyan (deutsch: Geber) Essig überdestillierte, um Essigsäure zu erhalten (etwa 800 n. Chr.). Dies war vermutlich die einzige Säure, die man im Altertum kannte. Salpetersäure z.B. dürfte nicht vor der belegten Produktion um 1300 n. Chr. entdeckt worden sein. Sie wurde hergestellt, indem man eine Lösung

Rechts: Destillierapparat zur Herstellung von Chartreuse, der aus 130 Kräutern nach einem Geheimrezept aus dem 17. Jahrh. im Kloster La Grande Chartreuse hergestellt wird.

Unten: Bei der Parfümherstellung wird häufig destilliert. Das Foto wurde um 1900 in Grasse (Südfrankreich) aufgenommen. Grasse ist ein Zentrum der Parfümindustrie. Lavendelöl wird am Berghang, kurz nachdem die Pflanzen geerntet wurden, destilliert.



aus Natriumnitrat (Salpeter) und Eisensulfat überdestillierte. Die Destillation von Duftstoffen aus Pflanzenextrakten, die speziell in

islamischen Ländern verbreitet war, hat wahrscheinlich vor der Herstellung von Essigsäure stattgefunden. Hieraus ersieht man den engen Zusammenhang zwischen einer Werkstätte und dem Laboratorium des Alchimisten.

Schnaps

Es ist bekannt, daß Schnaps in Europa durch Überdestillieren von Wein seit etwa 1150 n. Chr. bekannt ist. Etwa 1260 n. Chr. lernten die Mongolen, die viele von Christen besiedelte Länder eroberten, den Branntwein kennen. Sie nahmen die Kenntnis der Branntweinherstellung nach China mit. Fast zur gleichen Zeit wurde durch europäische Alchimisten wasserfreier Alkohol hergestellt, indem sie Wein, dem Calciumoxid beigemengt war, überdestillierten. Fast jedes Bild, das einen Alchimisten bei der Arbeit darstellt, zeigt den Destillierapparat in seinem Laboratorium.

