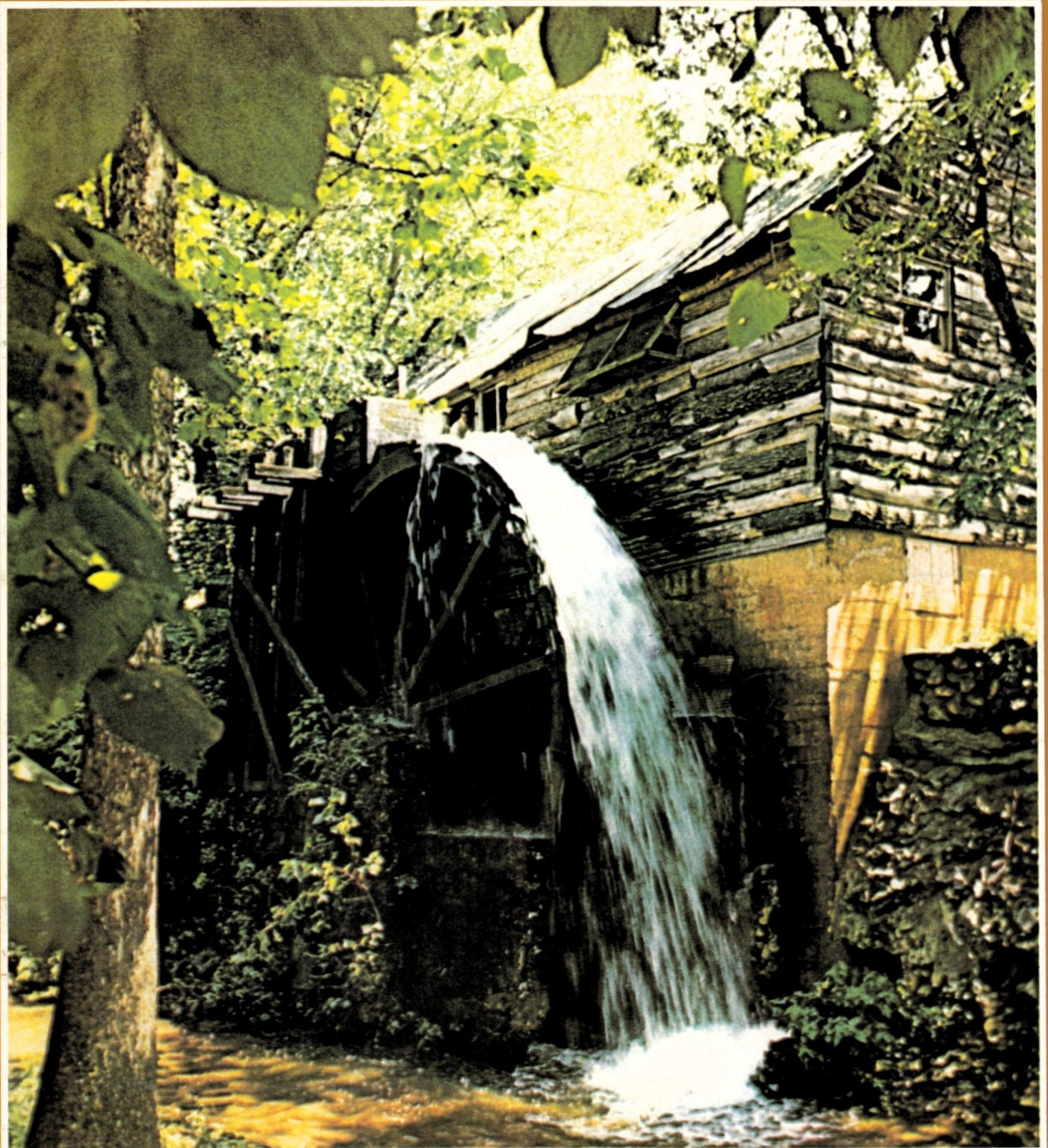


HEFT 65 EIN WÖCHENTLICHES SAMMELWERK ÖS 25
SFR 3.50 DM 3

WIE GEHT DAS

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



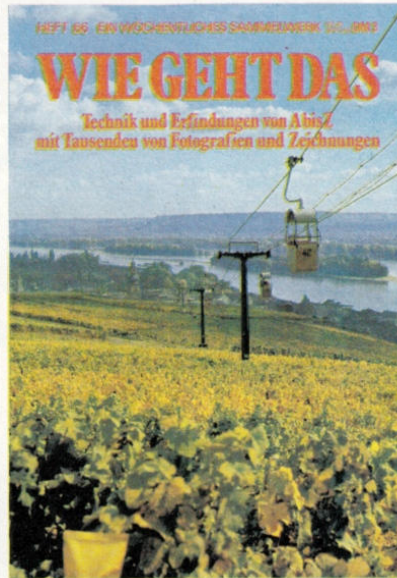
scan: **IGDL**

WIE GEHT DAS

Inhalt

Wankelmotor	1793
Wärme	1798
Wärmebehandlung	1800
Wärmepumpe	1804
Wärmetauscher	1806
Waschmaschine	1808
Waschmittelherstellung	1810
Waschverfahren	1814
Wasser	1816
Wasserklosett	1818
Wassermühle	1820

In Heft 66 von Wie Geht Das



Wein, der durch die Vergärung von Traubensaft entsteht, ist eines der ältesten alkoholischen Getränke. Erfahren Sie aus Heft 66 von Wie Geht Das mehr über die vielen verschiedenen Weinsorten und wie sie hergestellt werden.

Wechselspannungen können mit Hilfe von Transformatoren hoch- oder runtertransformiert werden. Diese Eigenschaft nutzt man bei Wechselstromversorgungsnetzen aus. Lesen Sie in der nächsten Ausgabe von Wie Geht Das, was Wechselstrom und Wechselspannung sind und wie sie erzeugt werden.

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.



WANKELMOTOR

Der Wankelmotor (Rotationskolbenmotor) ist ein leichter, kompakter und schwingungsfrei laufender Verbrennungsmotor. Sein verhältnismäßig hoher Kraftstoffverbrauch und seine Verschleiß-Anfälligkeit haben seiner Einsatzfähigkeit bisher jedoch Grenzen gesetzt.

In einem Kolbenmotor läßt sich das Kammervolumen durch Bewegung des Kolbens ändern. Bei dem nach dem Hubkolbenprinzip arbeitenden VERBRENNUNGSMOTOR wird dies durch Aufwärts- und Abwärtsbewegung eines Kolbens in einem Zylinder erreicht, während das Verbrennungsraum-Volumen eines Rotationskolbenmotors mit Hilfe zweier oder mehrerer umlaufender Bauteile verändert wird. Folglich liegt der wesentliche Unterschied zwischen diesen Motor-Typen darin, daß der Schwerpunkt des für die Abgabe der Leistung erforderlichen beweglichen Teiles bei Hubkolbenmotoren in gerader Linie hin- und herschwingt, während er sich beim Rotationskolbenmotor auf einer zusammenhängenden Bahn kreisförmig bewegt. Da es bei Rotationskolbenmotoren zu keiner Hin- und Herbewegung der arbeitenden Teile kommt, befindet sich der Rotationskolben (Läufer) vollständig im Gleichgewicht. Aus diesem Grunde bietet der in ein Fahrzeug eingebaute Rotationskolbenmotor von seiner Konstruktion her den Vorteil größerer Laufruhe.

Mit Rotationskolben ausgerüstete Wasserpumpen wurden bereits im 16. Jahrhundert benutzt; Rotationskolben- oder Roots-Ladeluftgebläse werden seit Jahren für Hubkolben-

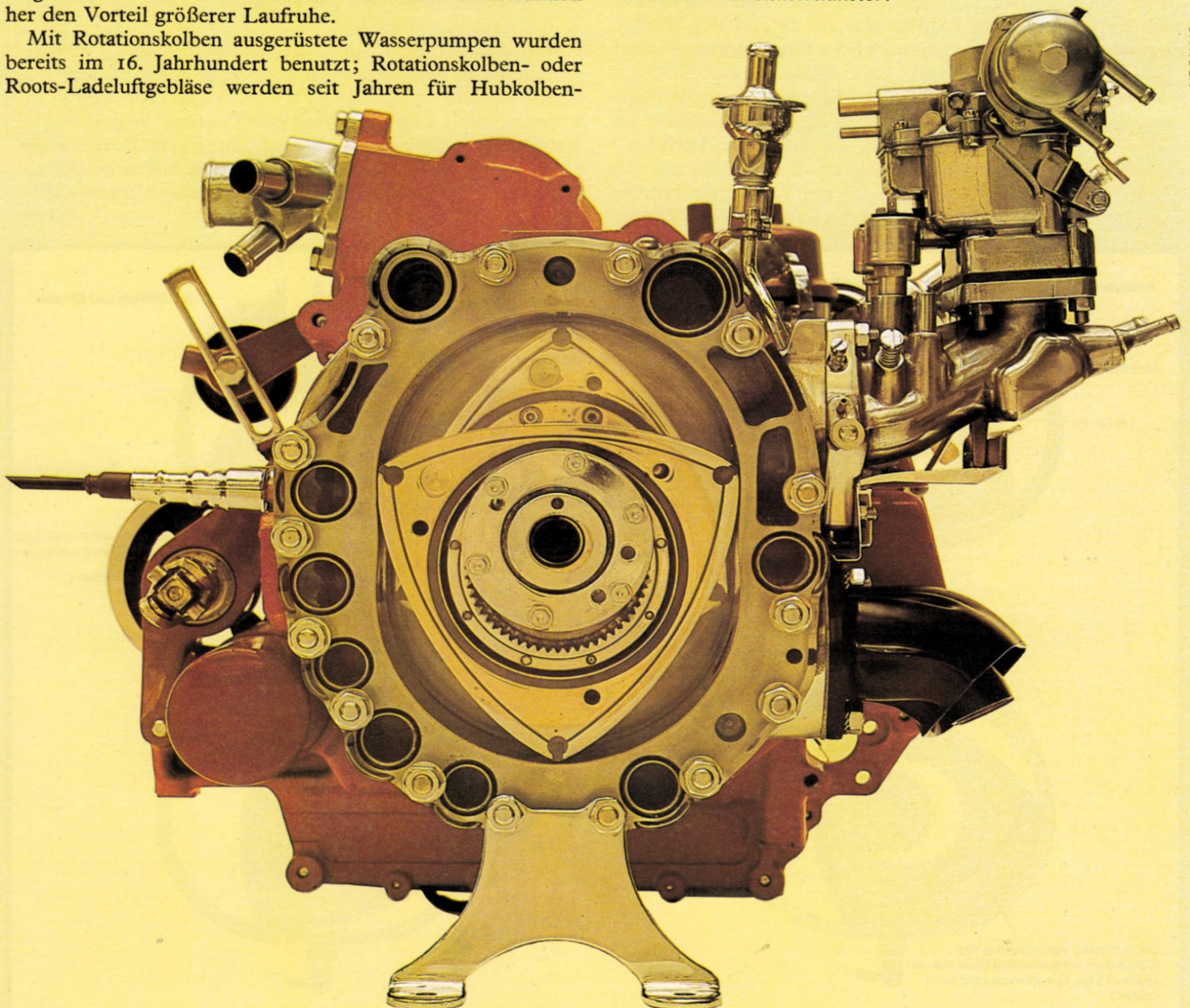
motoren eingesetzt. Dr. Felix Wankel (geb. 1902) begann schon vor dem Zweiten Weltkrieg damit, so viele Rotationskolbenmotoren wie möglich zu klassifizieren. Die Folge dieser Studien war der erfolgreichste bisher entwickelte Rotationskolbenmotor, der nach seinem Erfinder 'Wankelmotor' genannt wurde.

Konstruktion

Der Wankelmotor besitzt einen Rotor (Läufer), dessen Form einem Bogendreieck gleicht, das sich in einem wassergekühlten Gehäuse dreht, dessen Querschnittsform einer Acht ähnlich ist. Die geometrischen Formen von Läufer und Gehäuse sind von einer Reihe von Kurven abgeleitet, die man als Radlinien oder *Trochoide* bezeichnet. Es kommt zu diesen Linien, wenn man einen Kreis um einen anderen dreht und den Weg eines Punktes entweder auf dem Umfang oder auf der Verlängerung des Radius des umlaufenden Kreises abträgt. Das Gehäuse des Wankelmotors zum Beispiel ist wie ein *Epitrochoid* geformt.

In der Mitte des Läufers befindet sich eine Bohrung mit Innenverzahnung. Er dreht sich um ein kleineres Zahnrad, das sich seinerseits um einen festen Mittelpunkt dreht.

Läufer und Gehäuse des Citroen-COMOTORS, einem Zweischeiben-Kreiskolbenmotor.



Hierdurch entsteht der größere Wälzkreis und der kleinere unbewegliche Kreis. Die Form des Gehäuses läßt sich bildlich festhalten, wenn man sich einen am Läufer befestigten Arm der Länge R vorstellt und den Weg verfolgt, den das äußere Ende des Armes beschreibt, während sich der Läufer um das unbewegliche Ritzel dreht. Die Mitte des Läufers selbst beschreibt einen Kreis um das feststehende Ritzel. Der Radius dieses Kreises wird die Exzentrizität e des Läufers genannt. Das Verhältnis von R und e bestimmt die geometrische Grundform des Motors. Weist dieses Verhältnis einen hohen Wert auf, so ist das Hubvolumen (der Hubraum) verhältnismäßig klein in Bezug auf die Gesamtgröße, weshalb das feststehende Ritzel klein sein muß, was wiederum die Größe der durch das Ritzel hindurchzuführenden Abtriebswelle (Exzenterwelle) begrenzt.

Während sich der Läufer dreht, verändert sich der freie Raum zwischen den Seiten des Läufers und der Gehäusewandung in einem bestimmten Zyklus. Es kommt zur Ausdehnung und zur Verringerung des Kammervolumens, was zur Bildung der vier Arbeitstakte — Ansaugen, Verdichten, Arbeiten und Ausstoßen — des normalen Ottomotors, d.h. zum Gleichraumprozeß, führt.

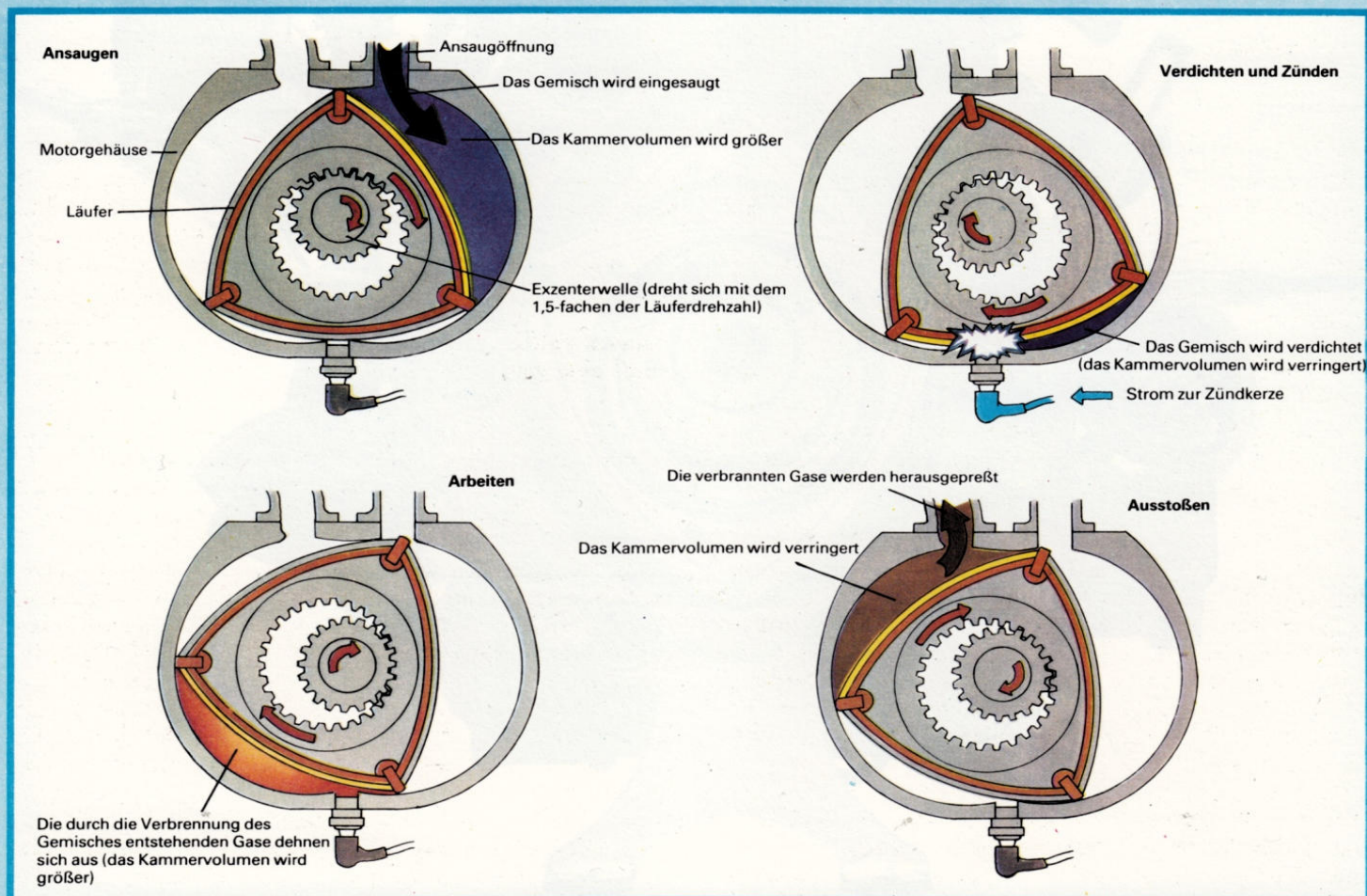
Es sei darauf hingewiesen, daß es bei jeder vollständigen Umdrehung des Läufers zu drei Zündungen kommt (da der Läufer drei Flanken hat), während es andererseits bei jeder Umdrehung der Exzenterwelle nur zu einer Zündung kommt, weil die Drehzahl des Läufers nur ein Drittel der Winkelgeschwindigkeit oder Kreisfrequenz der Exzenterwelle beträgt.

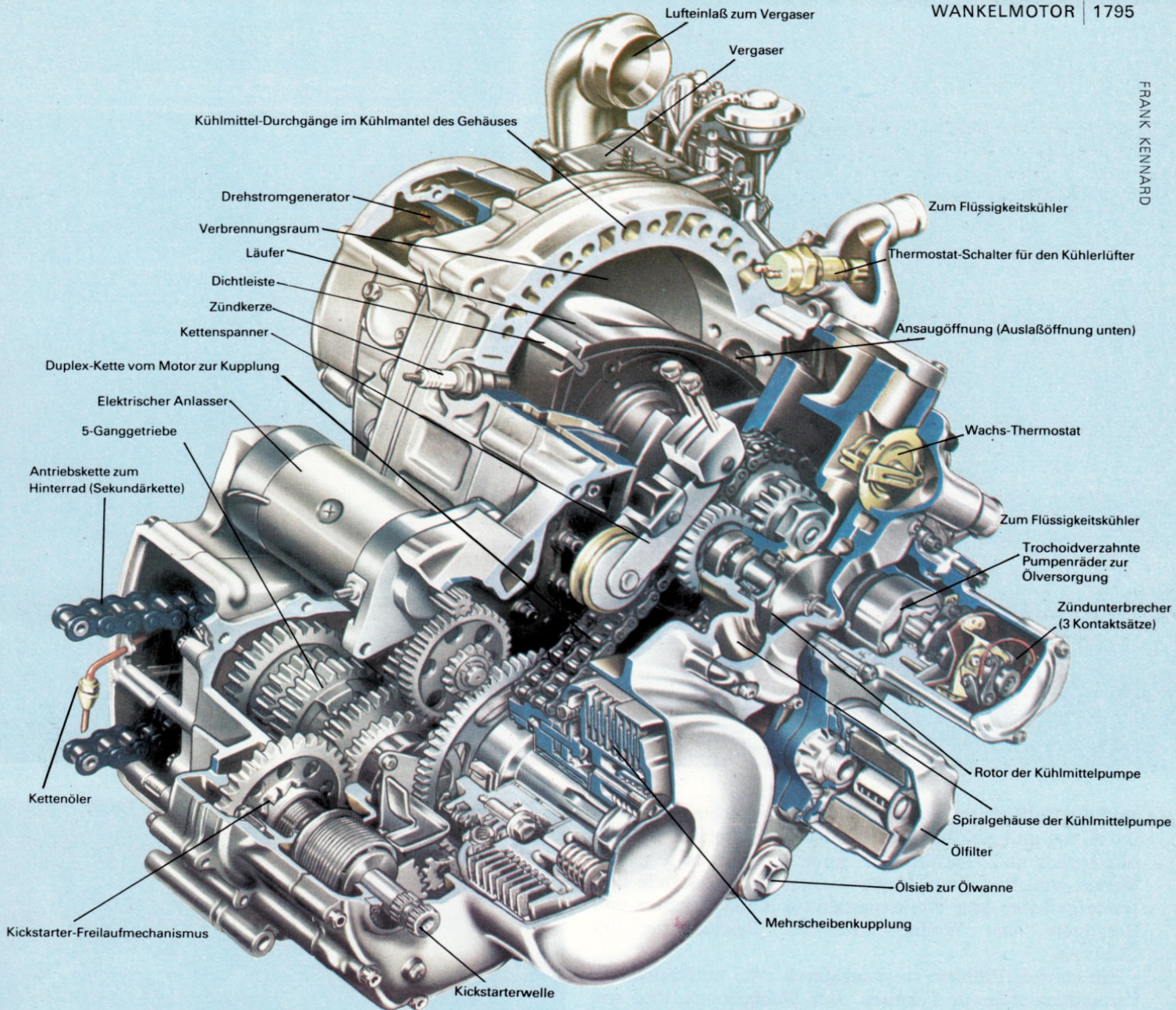
Da jede Flanke des Läufers im Grunde wie ein Kolben in einem Hubkolbenmotor wirkt, braucht man sich zur Betrachtung der Arbeitsfolge nur den Weg einer Läuferflanke vor Augen zu halten. Angenommen, die führende Dichtleiste einer Läuferflanke hat sich soeben am Einlaßkanal des Gehäuses vorbeibewegt: Während sich der Läufer weiterdreht, vergrößert sich der Abstand (Kammer) zwischen der Läufer-

flanke und der Gehäusewandung, und es kommt zum Ansaugen des Kraftstoff/Luft-Gemisches. Bewegt sich die nächste Dichtleiste am Einlaßkanal vorbei, wird das Gemisch in der Kammer eingeschlossen. Im Zuge der Weiterbewegung des Läufers verringert sich das Kammervolumen in immer stärkerem Maße, wodurch das Gemisch verdichtet wird. Hat die Verdichtung mit der größtmöglichen Verringerung des Kammervolumens ihren höchsten Wert erreicht (die Läuferstellung entspricht jetzt der Kolbenstellung im oberen Totpunkt), zündet der von der Zündkerze erzeugte Zündfunken das Gemisch. Als Folge dehnen sich die entstehenden Verbrennungsgase aus. Da der Mittelpunkt der Drehbewegung des Läufers exzentrisch zur Gehäusemitte gelagert ist, wird die betreffende Läuferflanke weitergedrückt und dreht das kleine Ritzel der Exzenterwelle weiter. Abschließend bewegt sich die führende Dichtleiste am Auslaßkanal vorbei und die Gase entweichen.

Rechts: Im Bild ist das aus Motor, Kupplung und Getriebe bestehende einteilige Triebwerk einer Suzuki RE-5 dargestellt. Der mit nur einem Läufer ausgerüstete Motor mit Flüssigkeitskühlung besitzt einen Hubraum von 497 cm^3 (als Gesamthubraum der Kammern gemessen) und entwickelt eine Leistung von etwa 44 kW (60 PS) bei 6500 U/min . Bei diesem Leistungsverhältnis erreicht das 203 kg schwere Motorrad eine Höchstgeschwindigkeit von 185 km/h .

Unten: Obwohl der Wankelmotor nach dem gleichen Viertaktprinzip wie ein Hubkolbenmotor arbeitet, ist er ganz anders aufgebaut. Die drei Kammern des Gehäuses verändern ihr Volumen, das sich bei jeder Umdrehung zweimal vergrößert und verringert. So wird der gleiche Effekt wie bei einem zweimal in einem Zylinder auf- und abwärtsbewegtem Kolben erzielt. Die 4 Darstellungen des Arbeitsspiels zeigen den Vorgang auf einer Seite des Läufers.





Theoretisch bietet der Wankelmotor eine Anzahl bedeutender Vorteile. Einer von ihnen wurde bereits erwähnt: seine Laufruhe. Damit eine bestmögliche Leistung erzielt wird, muß die Exzenterwelle eine hohe Drehzahl erreichen, was wegen des Fehlens gegenläufiger Teile möglich ist. Die einzigen das Gleichgewicht störenden Belastungen ergeben sich aus der ringförmigen Bewegung des Läufers und lassen sich durch Gegengewichte leicht ausgleichen. Eine Erhöhung der Motorleistung z.B. um das Doppelte erzielt man durch Zusammenbau mehrerer Rotationskolbenmotoren, die in diesem Falle 'Scheiben' genannt werden. So bilden beispielsweise zwei Rotationskolbenmotoren einen 'Zweischeiben-Rotationskolbenmotor' usw.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß der Wankelmotor wenige bewegliche Teile besitzt. Im Gegensatz zum normalen Hubkolbenmotor, dessen bewegliche Teile Kolben, Pleuellstangen, Kurbelwelle(n), Nockenwelle(n) und Ventiltrieb einschließen, besitzt der Wankelmotor nur zwei bewegliche Teile: den Läufer und die Exzenterwelle. Darüber hinaus ist er für seine Leistung ein äußerst kompakter Motor. Von Anfang an stieß er bei den Konstrukteuren auf ein fast ungeteiltes Interesse.

Im Jahre 1954 trug Felix Wankel bei NSU seine Vorstellungen über einen Rotationskolbenmotor vor. Bei seinen anfänglichen Untersuchungen beschäftigte er sich mehr mit einem Kompressor (Verdichter, Lader) als mit einem eigenständigen Motor; aber im Jahre 1957 lief bereits ein Prototyp

seines Motors, bei dem der Läufer und das Gehäuse mit unterschiedlichen Drehzahlen rotierten. Dies bedeutete eine ziemlich komplizierte Konstruktion, die im Jahre 1958 dahingehend geändert wurde, daß sich eine Planeten-Drehbewegung in einem feststehenden Gehäuse ergab (siehe GETRIEBE). Kurz darauf wurde dieser Motor in die Produktion aufgenommen und in das Heck eines kleinen Sportwagens, des NSU Spider, eingebaut.

Herstellungsprobleme

Die erste Schwierigkeit, die bei der Herstellung des Motors auftrat, war der Verschleiß der Dichtleisten. (Wankel selbst hatte seine Karriere als Spezialist für Abdichtungen begonnen.) Die drei Erhebungen des dreieckigen Läufers müssen mit Dichtleisten versehen werden, die die Aufgabe der Kolbenringe eines herkömmlichen Motors übernehmen müssen, nämlich die Aufrechterhaltung des Verdichtungsdruckes durch Verhinderung eines Austretens von Gasen. Die Abdichtung von Rotationskolbenpumpen und anderer Vorrichtungen bietet keine Schwierigkeit. Der hohe Druck und die Betriebstemperatur des Rotationskolbenmotors führten jedoch zu schnellem Verschleiß der Dichtungen, was durch 'Klappern' im Gehäuse gekennzeichnet wurde. Intensive Forschungsarbeiten der Firma NSU und anderer Lizenznehmer führten, wenn auch unter hohen Kosten, zu speziellen Werkstoffen, die das Problem lösten. Bei NSU wird Ferrotic (ein Werkstoff aus Keramik und Metall) für die Dichtleisten benutzt, wäh-



Der 'Fantrainer', von Rhein-Flugzeugbau (VFW) entwickelt, wird jetzt von einem 295 kW Turboprop-Triebwerk angetrieben —der erste Prototyp jedoch war mit zwei gekoppelten Wankeltriebwerken von je 110 kW ausgerüstet.

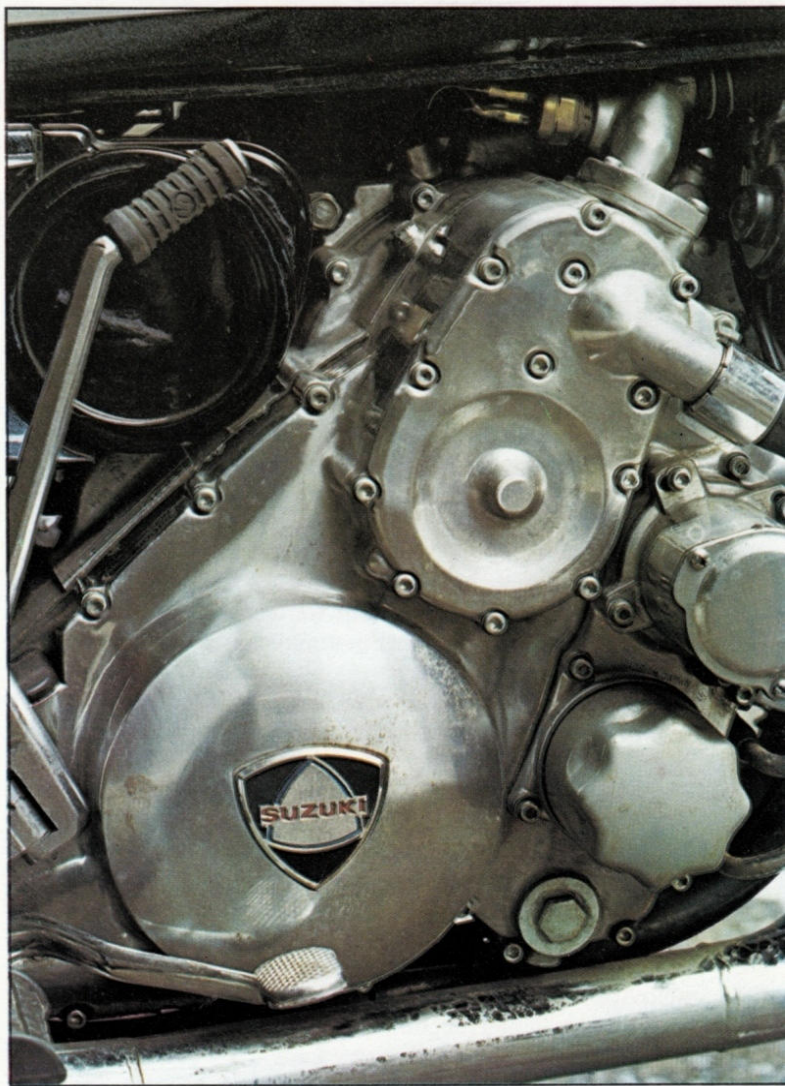
rend die Gehäusewandung mit Elnisil (ein Verbundwerkstoff aus Nickel und Silicium) beschichtet wird. Elnisil wird heiß aufgespritzt und anschließend durch Abschleifen geglättet. Weitere zum Bau dieses Motors verwendete Werkstoffe sind Sondergußeisen oder Werkzeugstahl für die Dichtleisten und Hartchrom oder Wolframcarbid zur Beschichtung des Gehäuses.

Ein anderes Problem entstand durch zwei miteinander in Verbindung stehende Faktoren. Der Wankelmotor wird wie ein herkömmlicher Zweitaktmotor mit einem Kraftstoff/Öl-Gemisch betrieben, damit die Spitzen des durch den Läufer gebildeten Bogendreiecks ausreichend geschmiert werden können. Hierdurch kommt es in der Folge zum Ausstoßen von Rauch aus dem Auspuff. Darüber hinaus ist der Verbrennungsraum lang und schmal und führt zu einer starken 'Abschreckung', wodurch das Gemisch rasch abgekühlt und die Verbrennung frühzeitig beendet wird. Die Folge dieser Erscheinungen war ein sehr hoher Kohlenwasserstoff-Gehalt der Abgase, was für den Wankelmotor bei der Erfüllung von Abgasvorschriften einiger Länder Schwierigkeiten bedeutet hätte.

Dieses Problem ließ sich leicht lösen, da die Abgase konzentriert genug waren, um eine Verbrennung im Auspuffrohr fortzusetzen. Es war lediglich erforderlich, einen thermischen Reaktor und eine Lufteinblaspumpe — wie sie von der japanischen Herstellerfirma Mazda für ihre REAPS-Ausrüstung (Ausrüstungen für KKM-Abgasreinigungsanlagen) benutzt wird — einzubauen, um einen Serienmotor zu erhalten, dessen Abgaswerte zu den günstigsten überhaupt gehören.

Kraftstoffverbrauch

Der Wankelmotor ist bis zu einer Stufe entwickelt worden, auf der mechanische Schwierigkeiten keine größeren Probleme mehr darstellen. Das Problem ist jetzt der hohe Kraftstoffverbrauch. Der Wankelmotor ist im Vergleich zum Hubkolbenmotor verhältnismäßig jung. Letzterer hat eine langjährige

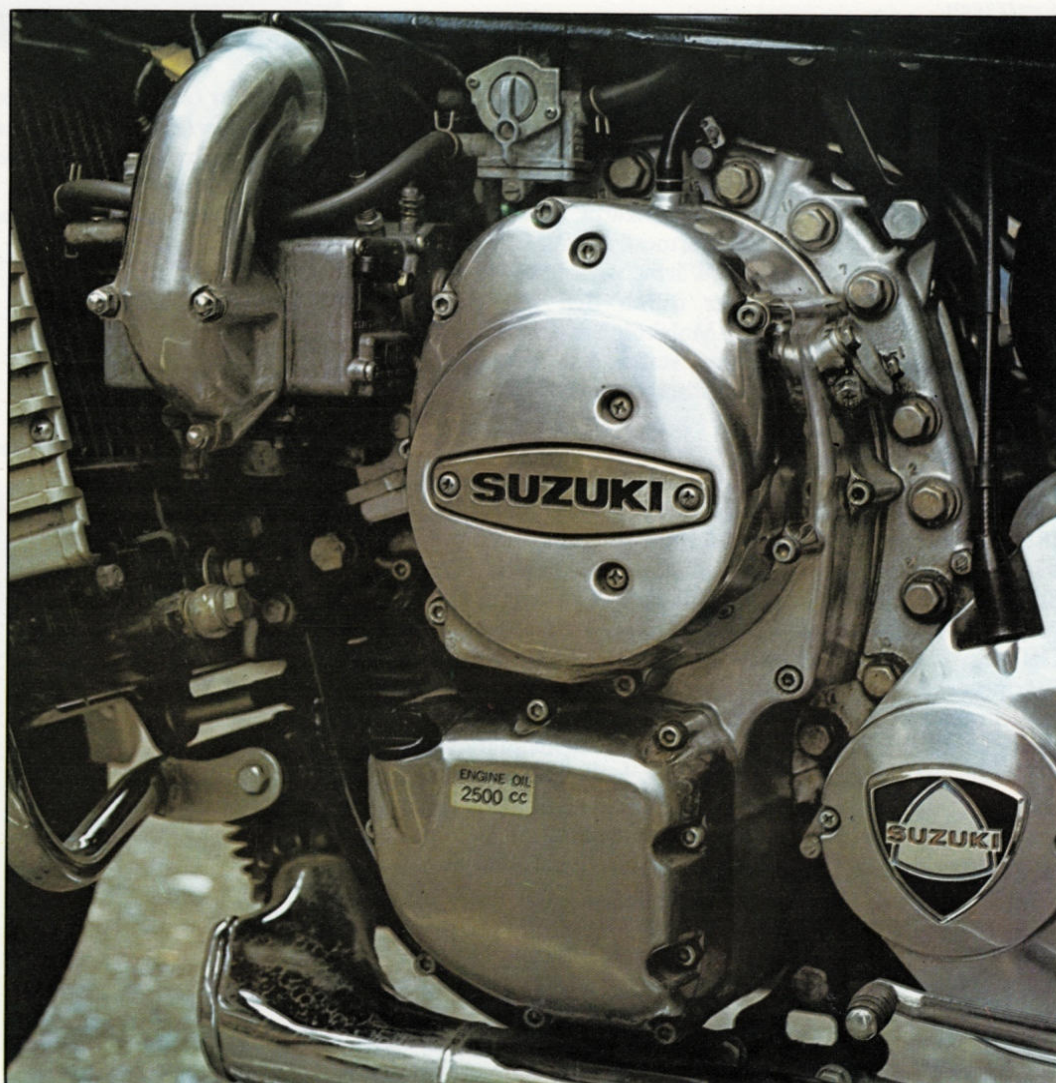
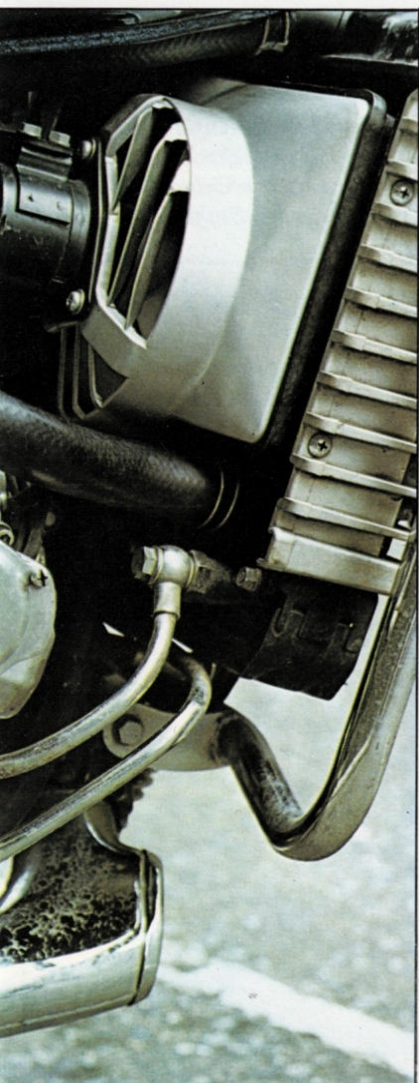




Entwicklung durchlaufen, insbesondere hinsichtlich der Form des Verbrennungsraumes, dessen Konstruktion (nach Berücksichtigung der Verdichtungsverhältnisse, des Zündzeitpunktes und der Einlaß- und Auslaßsysteme) wahrscheinlich eine größere Auswirkung als jedes andere Einzelteil des Motors auf die Leistung hat. Die Verbrennungsraumgestaltung des Wankelmotors wird noch lange Gegenstand intensiver Untersuchungen sein, ehe sich der spezifische Kraftstoffverbrauch, d.h. der Verbrauch für 1 kWh (Kilowattstunde), den Werten eines Hubkolbenmotors nähert. In Verbindung hiermit werden die einfachen Wirbelwannen in den Läuferflanken ebenfalls irgendwie abgeändert werden müssen, um eine Verbesserung zu erreichen. Andere Vorstellungen, die möglicherweise zu Erfolgen führen können, schließen den Gedanken der Schichtladung ein.

Ein gut zündendes, 'fettes' Kraftstoffgemisch wird dabei so dicht wie möglich neben der Zündkerze direkt in den Verbrennungsraum einspritzt, so daß der 'magere' Rest ebenfalls entflammt wird. Hier müssen jedoch Untersuchungen über die beste Einbaulage der Zündkerze durchgeführt werden.

Unten: Die rechte bzw. linke Seite des für eine Suzuki verwendeten Wankelmotors. Es sind zwei Kühler vorhanden: einer für die Flüssigkeitskühlung und der andere für die Ölkühlung des Motors. Der Hubraum beträgt 497 cm³; die Fahrgeschwindigkeit des Motorrades liegt bei 185 km/h. Das einzigartige Doppelauspuff-System saugt Frischluft zur Kühlung der Auspuffgase und zur Verringerung der Auspuffgeräusche an. Das Motorgehäuse hat einen galvanischen Überzug.



WÄRME

Ende des 18. Jahrhunderts erkannten Wissenschaftler, daß Wärme keine rätselhafte Flüssigkeit ist, sondern daß es sich einfach um die Energie sich bewegender Moleküle handelt.

Im Jahre 1798 entdeckte Graf Rumford (1753 bis 1814), der zu dieser Zeit Kriegsminister in Bayern war, daß beim Aufbohren von Kanonenrohren Wärme erzeugt wurde. Die dabei entstandene Wärme mußte im Zusammenhang mit der geleisteten Arbeit stehen, die zum Aufbohren der Rohre notwendig war. Rumford schloß daraus, daß die Wärme eine Energieform sei. Er war der Meinung, daß dies auf der Bewegung der Moleküle beruhe. Viele Wissenschaftler stimmten dieser Theorie nicht zu, bis im Jahre 1842 J. P. Joule (1818 bis 1889) zeigen konnte, daß sich Wasser erwärmt, wenn man Schaufelräder durch herabfallende Gewichte im Wasser in Bewegung versetzt. Der Temperaturanstieg des Wassers war direkt proportional zur Zahl der fallenden Gewichte.

Wärmebewegung

Wärme kann auf drei Arten übertragen werden: Wärmeleitung, Konvektion und Wärmestrahlung. Bei der Wärmeleitung wird Wärme von einem Material übertragen. Ein Kupferrohr z.B. erwärmt sich, wenn man warmes Wasser durch das Rohr fließen läßt. Die Wärme wird durch die Kupferwand abgeleitet. Die Wärmeleitung beruht darauf, daß die Atome oder Moleküle in einem Festkörper zum Schwingen angeregt werden. Die Schwingungen werden z.B. beim Kupferrohr an die Kupferatome, die sich auf der Außenhülle der Schale befinden, übertragen.

Die Konvektion hingegen beruht auf einer Art Umwälzprozeß. Ein elektrischer Heizofen wärmt einen Raum hauptsächlich dadurch, daß er in seiner Umgebung die Luft durch Wärmeleitung erwärmt. Die wärmere Luft steigt auf, weil sie eine geringere Dichte als kalte Luft hat, d.h. kalte Luft kommt an den Heizofen. Insgesamt tritt im Raum eine Luftzirkulation auf, wodurch die Durchschnittstemperatur ansteigt.

Das wohl beste Beispiel für Wärmestrahlung ist die von der Sonne kommende Wärme. Die Wärme wird über eine Strecke von 150 Millionen Kilometer durch den interplanetaren Raum, in dem sich so wenige Moleküle aufhalten, daß keine Wärmeleitung oder Konvektion stattfinden kann, in Form elektromagnetischer Strahlung übertragen.

Begriffe

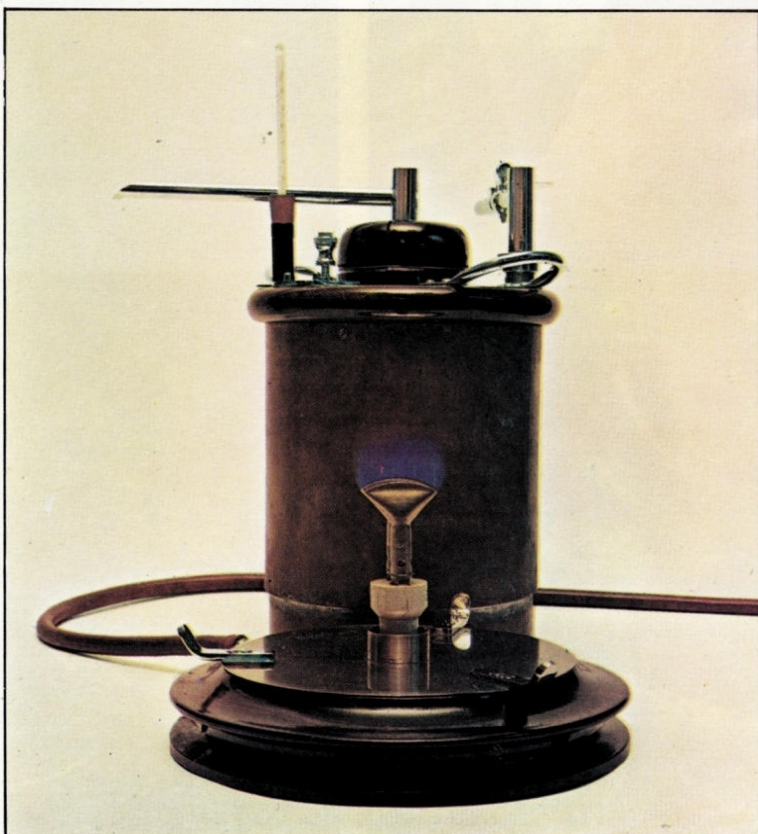
Der erste experimentelle Nachweis, daß sich aus mechanischer Energie Wärmeenergie erzeugen läßt, gelang Joule im Jahre 1842. Ein Schaufelrad, so stellte Joule fest, kann sich in einem mit Flüssigkeit gefüllten Kalorimetergefäß drehen. Wird das Schaufelrad durch ein langsam sinkendes Gewicht in Drehung versetzt, kann man eine Erhöhung der Temperatur des Gefäßes messen. Mechanische Energie läßt sich also in Wärmeenergie umwandeln. Dieser Vorgang läßt sich auch umkehren, z.B. durch Umwandlung des Wärmeinhaltes eines Dampfes in die Bewegungsenergie eines Schwungrades. Die physikalische Einheit der mechanischen und der Wärmeenergie ist das Joule (J). Früher war die Einheit der mechanischen Energie das Kilopondmeter (kpm) und die Einheit der Wärmeenergie die Kalorie (cal). Man benötigte also zur Umrechnung der einen Energiemenge in die andere eine Konstante, die man mechanisches Wärmeäquivalent nannte.

Eine weitere Größe ist die spezifische Wärme einer Substanz. Man stellte fest, daß sich eine Substanz wie Kupfer (unter der Annahme gleicher Masse) schneller erwärmt als Wasser. Dies rührt von der unterschiedlichen spezifischen Wärme der beiden Substanzen her. Sie wird definiert als der



Ohne die Wärmeausstrahlung der Sonne wäre das Leben auf der Erde nicht möglich.

Unten: Das Gaskalorimeter von Boys dient zur Bestimmung des Wärmewertes von Gasen. Das Gas wird in einem Kupfergefäß, in dessen Inneren sich mit Wasser gefüllte Röhren befinden, verbrannt. Das rechte Bild zeigt das Kalorimeter in Gebrauch. Es ist von einem chromüberzogenen, nichtrostenden Stahl





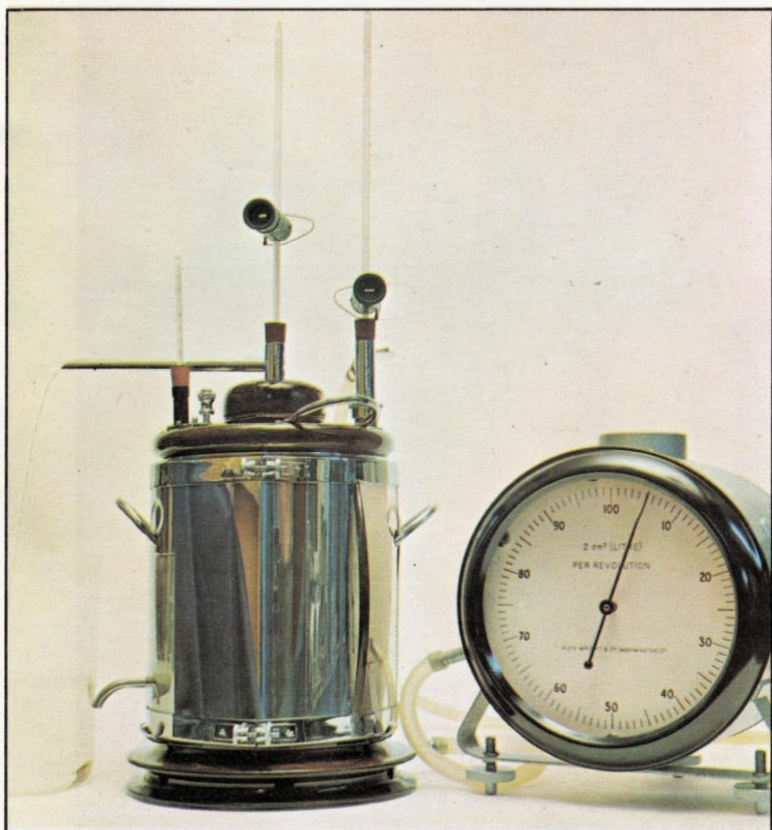
umgeben, der einen Wärmeaustausch zwischen dem Kupfergefäß und der Umgebung aufgrund von Konvektion und Wärmestrahlung verhindert. Der Gasmesser rechts zeigt den Gasstrom an, das Thermometer links oben die Änderung der Wassertemperatur beim Verbrennen des Gases.

Wärmebetrag (in Joule), der notwendig ist, um die Temperatur der Masse 1 g um 1°C zu erhöhen. Kennt man den Wert der spezifischen Wärme eines Stoffes, so kann man sehr einfach berechnen, welche Wärmemenge benötigt wird, um den Stoff mit einer beliebigen Masse um beliebig viele Temperaturgrade zu erhöhen.

Kalorimeter

Ein Kalorimeter ist ein Gerät zur Bestimmung der Wärmemenge oder auch der spezifischen Wärme. Es ist ein Gefäß, das an seine Umgebung so wenig Wärme wie möglich abgeben soll. Um die spezifische Wärme von Kupfer zu finden, wird das Metall auf eine vorgegebene Temperatur erwärmt und anschließend in ein mit Wasser gefülltes Kalorimeter gebracht. Nach einer Weile haben das Kupfer und das Wasser die gleiche Temperatur angenommen. Die Wärmemenge, die von dem Kupfer abgegeben wurde, wurde von dem Kalorimeter und dem Wasser aufgenommen. Aus der Kenntnis der Massen des Wassers und des Kupfers, der Temperaturerhöhung und der spezifischen Wärme des Wassers kann dann auf die spezifische Wärme des Kupfers geschlossen werden.

Der Begriff Kalorimeter wird auch verwendet, um den Energieinhalt anderer Energieformen als die Wärmeenergie zu bestimmen. Das Meßprinzip ist das gleiche wie bei dem oben beschriebenen Kalorimeter. Ein Beispiel ist das sogenannte Ionisations-Kalorimeter. Es dient zur Messung des Energieinhaltes geladener Teilchen in der kosmischen Strahlung. Durchdringt ein solches Teilchen einen Stapel Stahlplatten, zwischen denen sich Teilchendetektoren befinden, gibt das Teilchen seine Energie an die Elektronen der Atome in dem Stahl ab. Durch diesen Ionisationsvorgang verliert das Teilchen seine Energie. Bestimmt man die Summe der Energiebeträge, die zum Freisetzen der Elektronen benötigt werden, kennt man die ursprüngliche Energie des kosmischen Teilchens.



WÄRMEBEHANDLUNG

Durch Erwärmung auf bestimmte Temperaturen und nachfolgende gesteuerte Abkühlung lassen sich die mechanischen Eigenschaften von Metallen und Legierungen wie Härte, Zähigkeit, Dehnbarkeit und Festigkeit verändern sowie die allgemeine Verformbarkeit und Zerspanbarkeit des jeweiligen Werkstoffes verbessern.

Der Begriff 'Wärmebehandlung' umfaßt eine breite Palette ganz unterschiedlicher Verfahren, bei denen durch Erwärmen die Eigenschaften von Metallen und Legierungen verändert werden, um die Weiterverarbeitung zu erleichtern oder bestimmte Gebrauchseigenschaften zu erzielen. Da jedes metallische Werkstück im Laufe seiner Herstellung zumindest eine Wärmebehandlung durchläuft, bilden diese Verfahren einen wesentlichen Bestandteil moderner Fertigungstechnologie.

Die einzelnen Atome eines metallischen Werkstoffes bilden ein regelmäßiges kristallines Gefüge, das 'Gitter'. Betrachtet man die Struktur einer Legierung unter dem Mikroskop, so wird deutlich, daß es sich dabei in der Regel um ein Nebeneinander von zwei oder mehr 'Phasen', d.h. Bestandteilen verschiedener Gittertypen, handelt. Die Wärmebehandlung basiert auf der Tatsache, daß sich diese Mikrostruktur durch kontrolliertes Erwärmen und nachfolgendes Abkühlen — und damit auch die mechanischen und andere Gebrauchseigenschaften des jeweiligen Werkstoffes — verändern läßt. Das Feingefüge eines Werkstoffes bestimmt neben seiner Härte,

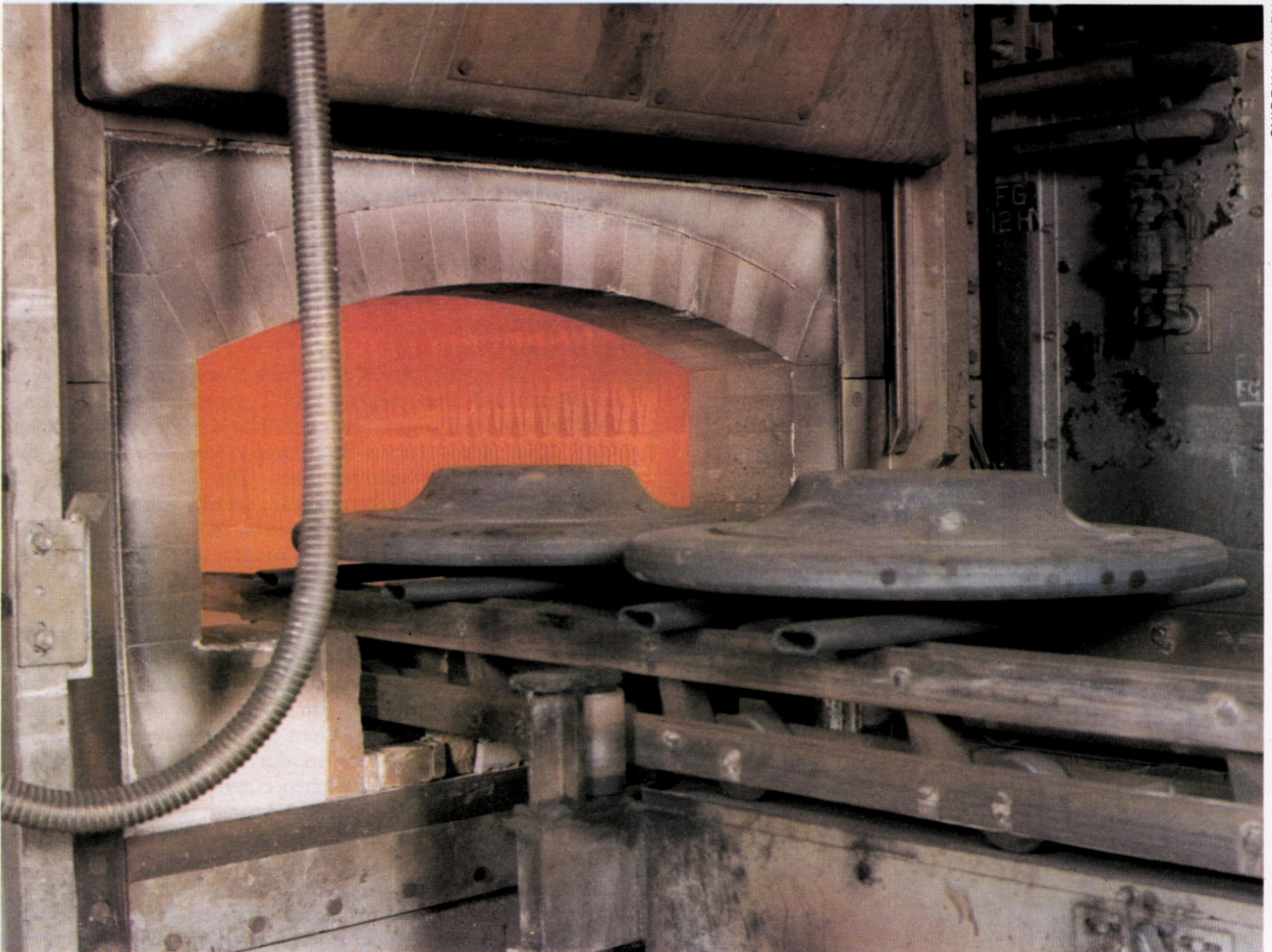
Festigkeit, Zähigkeit und Dehnbarkeit auch seine allgemeine Verformbarkeit und Zerspanbarkeit. Auch die elektrischen und magnetischen Eigenschaften eines Materials sowie seine Verschleißfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit stehen in direktem Zusammenhang mit seinem inneren Aufbau.

Zu den wesentlichen Faktoren, die das aus einer Wärmebehandlung resultierende kristalline Gefüge direkt beeinflussen und deshalb kontrolliert werden müssen, zählen die Zusammensetzung des Werkstoffes, Erwärmungsgeschwindigkeit, Temperatur und Dauer der Behandlung, Abkühlungsgeschwindigkeit und das Medium, in dem die Wärmebehandlung vorgenommen wird. Nahezu alle Wärmebehandlungsverfahren finden in speziell dafür konstruierten Öfen statt, und zwar entweder in Durchlauföfen, bei denen die Werkstücke innerhalb eines Ofens verschiedene Temperaturzonen durchlaufen, oder in sogenannten Kammeröfen. Die Abkühlung erfolgt entweder im Ofen selbst oder außerhalb.

Eisenlegierungen

Technisch am wichtigsten ist die Wärmebehandlung von Stahl, der sehr unterschiedliche chemische Zusammensetzungen und entsprechend unterschiedliche Eigenschaften aufweisen kann. Dabei unterscheidet man grundsätzlich zwischen Verfahren, die eine durchgreifende Gefügewandlung bewirken ('Glühen', 'Härten', 'Vergüten'), und solchen, die

***Unten:** Mit Nickel hochlegierte Scheiben, die für Rotoren in Flugzeug-Gasturbinen bestimmt sind, werden zum Glühen in den Ofen geschoben.*



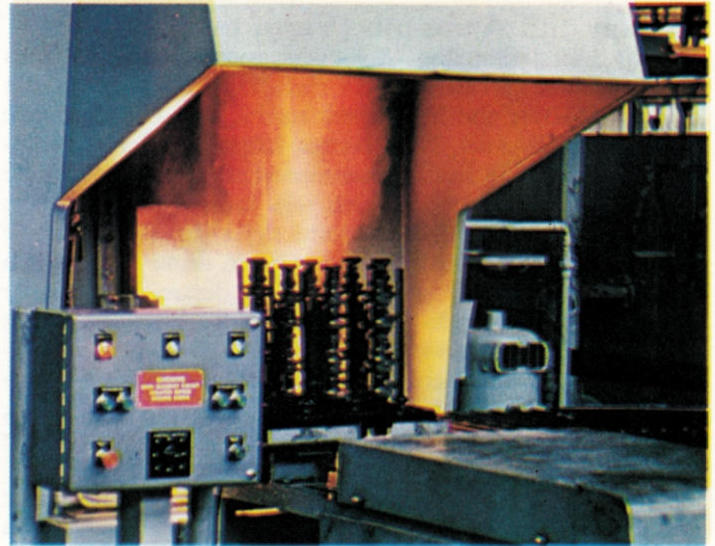
HENRY WIGGINS

lediglich eine Umwandlung an der Oberfläche des Werkstoffes verursachen ('Oberflächenhärten').

Glühen

Das Wort 'Glühen' dient zur Kennzeichnung mehrerer Wärmebehandlungen z.T. sehr unterschiedlicher Durchführung zwecks Erzielung eines weichen Zustandes des Stahls, um ein nachfolgendes Verformen oder Zerspanen zu erleichtern. Weitere Gründe für die Vornahme einer Glühbehandlung können die Homogenisierung des Werkstoffgefüges, die Kornverfeinerung und die Beseitigung von Spannungen sein. Schmiedestücke, Gußteile und kaltverformte Erzeugnisse wie Stahlblech, Band und Draht werden häufig einer Glühbehandlung unterzogen.

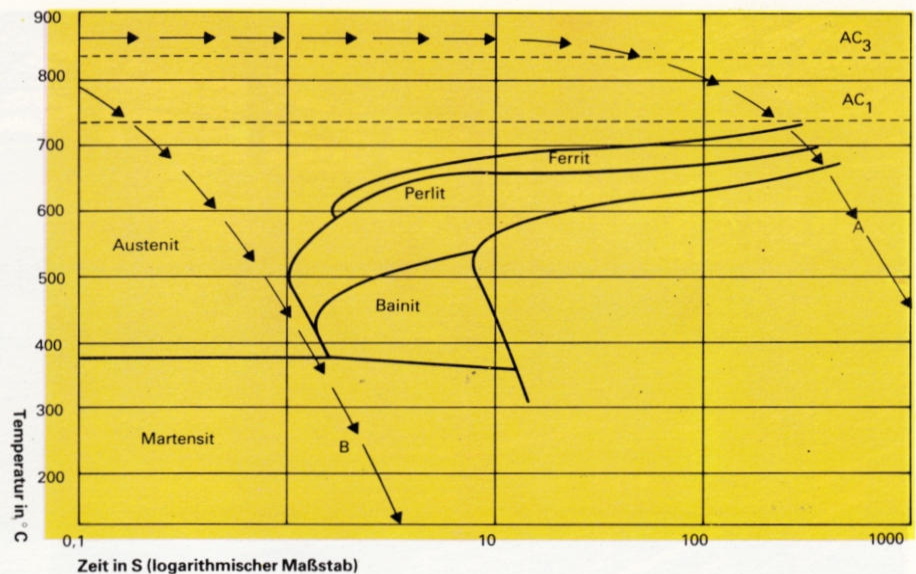
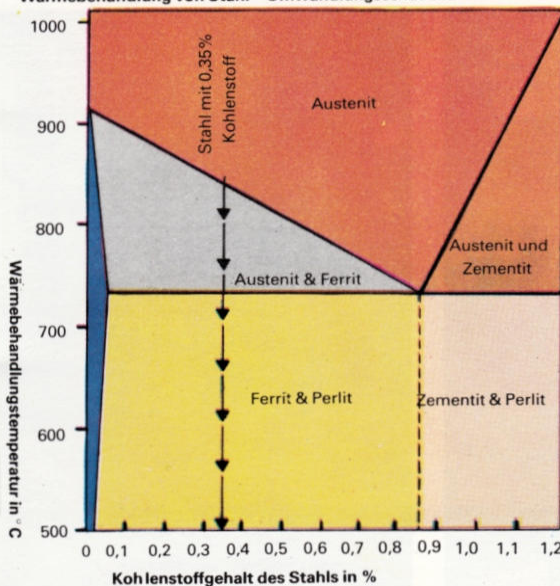
Unter 'Hochglühen' ('Grobkornglühen') versteht man das Erhitzen von Stählen mit Kohlenstoffgehalten bis 0,85% auf Temperaturen oberhalb A_{c3} (siehe Diagramm) mit dem Ziel einer völligen Umwandlung des Gefüges in Austenit mit kubisch-flächenzentriertem Gitter und einem Kohlenstoffgehalt von 1,7%. Durch langsames Abkühlen im Ofen erhält man eine Mischung aus Ferrit, einer Gefügeart mit kubisch-raumzentriertem Gitter und nur geringer Kohlenstofflöslichkeit, und körnigem Perlit, der aus nebeneinanderliegendem lamellenförmigem Ferrit und Zementit (Eisencarbid) besteht. Eine derartige Struktur verbessert die Zerspanbarkeit von Stählen mit niedrigem und mittlerem C-Gehalt. Hochgekohlte und legierte Stähle werden häufig 'weichgeglüht'. Darunter versteht man ein mehrere Stunden dauerndes Glühen bei einer Temperatur direkt unterhalb A_{c1} . In diesem Falle bildet sich kein Austenit, sondern ein Gefüge aus Ferrit und



Oben: Einsatzhärten von Automatikgetrieben in einem Durchlauf-Einsatzofen. Gas dient dabei als Aufkohlungsmittel.

Unten: Die Mikrostruktur eines unlegierten Kohlenstoffstahls ist abhängig von seinem Kohlenstoffgehalt und der Temperatur. Das Diagramm links zeigt die Gefügeumwandlungen bei langsamem Erwärmen und Abkühlen, durch das man bei Raumtemperatur ein Ferrit- und Perlit-Gefüge erhalten müßte. In der Praxis aber besteht ein Ungleichgewicht, so daß das Schaubild rechts (kontinuierliche Kühlung) korrekter ist.

Wärmebehandlung von Stahl – Umwandlungsschaubild



kugeligem Zementit, wodurch der Werkstoff besser bearbeitet werden kann, als dies durch Hochglühen möglich wäre. Durch 'isotherme Glühung' lassen sich dem Grobkornglühen ähnliche Strukturen erzielen, doch ist bei diesem Verfahren eine bessere Kontrolle der Art des hergestellten Perlits möglich. Auch hier wird der Stahl auf eine Temperatur oberhalb A_{c3} erhitzt, jedoch schnell auf eine mittlere Temperatur abgekühlt (600°C bis 700°C) und auf dieser gehalten, bis die Umwandlung abgeschlossen ist.

Kaltverformte Werkstücke wie kohlenstoffarmes Stahlblech und Band werden mit zunehmender Bearbeitung härter. Hier ist eine Glühbehandlung erforderlich, um das durch die Kaltverformung verzerrte Korngefüge durch ein nicht deformiertes zu ersetzen ('Rekristallisationsglühen'). 'Zwischenglühen' ist eine zwischen zwei Verformungsvorgängen vor-

genommene Rekristallisationsglühung bei Temperaturen direkt unterhalb A_{c1} .

Bei dem auch als 'Normalisieren' bezeichneten 'Normalglühen' erfolgt die Erwärmung ähnlich wie beim Hochglühen; die anschließende Abkühlung in ruhiger Luft geht jedoch etwas schneller vonstatten. Außerdem erhält man ein feineres Gefüge. Die Normalglühung dient gewöhnlich der Kornverfeinerung bei Schmiedestücken wie beispielsweise Zahnradrohlingsen, der Verbesserung der Zerspanbarkeit und, wenn der spanabhebenden Bearbeitung eine weitere Wärmebehandlung folgt, der Einstellung des Werkstückes auf das anschließende Härten mit möglichst geringem Verzug. Durch Normalglühen lassen sich niedriglegierte und kohlenstoffarme Stähle geschmeidig machen; bei hochgekohnten oder hochlegierten Stählen hat dieses Verfahren eine Härtesteigerung zur Folge.

Härten und Anlassen (Vergüten)

Durch sehr schnelles Abkühlen austenitischen Stahls ('Abschrecken') erhält man ein martensitisches Gefüge, das sich durch Härte und Sprödigkeit auszeichnet. Die Härtetiefe eines abgeschreckten Werkstückes hängt von seiner Härtbarkeit ab, die, je nach Zusammensetzung und Korngröße des Stahls, sehr unterschiedlich sein kann. Außerdem gilt: Je schneller die Abkühlung, desto tiefer die Härtung. Die Abkühlgeschwindigkeit wiederum wird in erster Linie durch das Abschreck- oder Härtemittel und dessen Temperatur geregelt. Als Abschreck- oder Abkühlmittel dienen, geordnet nach ihrer Abschreckwirkung, Luft, Öl, Wasser oder Salzwasser. Erhöht man den Gehalt an Kohlenstoff oder Legierungszusätzen wie Mangan, Chrom, Nickel, Molybdän, Vanadium und Wolfram, so nimmt auch die individuelle Härtbarkeit des Stahls zu.

Da das durch Härten gebildete Martensitgefüge sehr spröde ist, werden manche Stähle anschließend noch 'angelassen', um auf Kosten der Härte die Zähigkeit zu steigern, da diese Eigenschaft für das fertige Produkt von größerer Bedeutung ist. Dazu wird das Werkstück erneut auf eine Temperatur zwischen 400°C und 700°C erhitzt und auf dieser Temperatur gehalten, während sich weitere Gefügeveränderungen abspielen.

Unten: Anlage zum kontinuierlichen Glühen von Kupfer- oder Messingband.

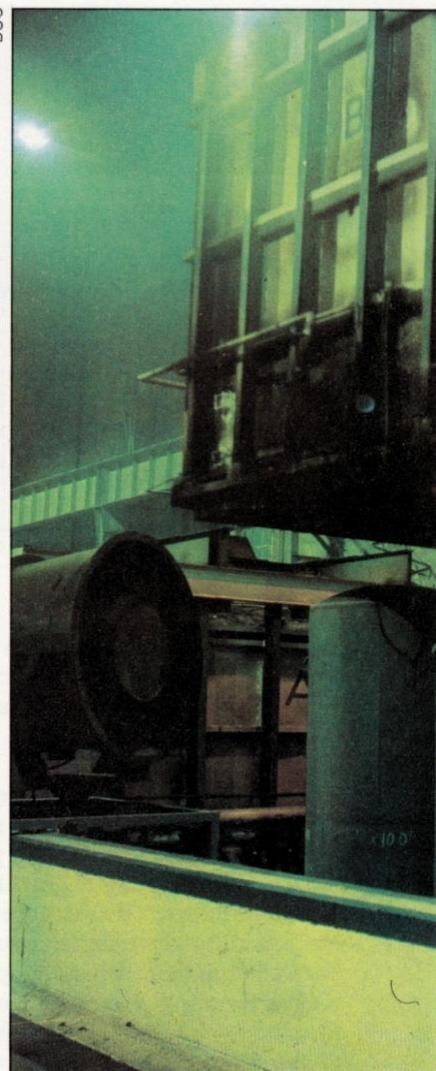
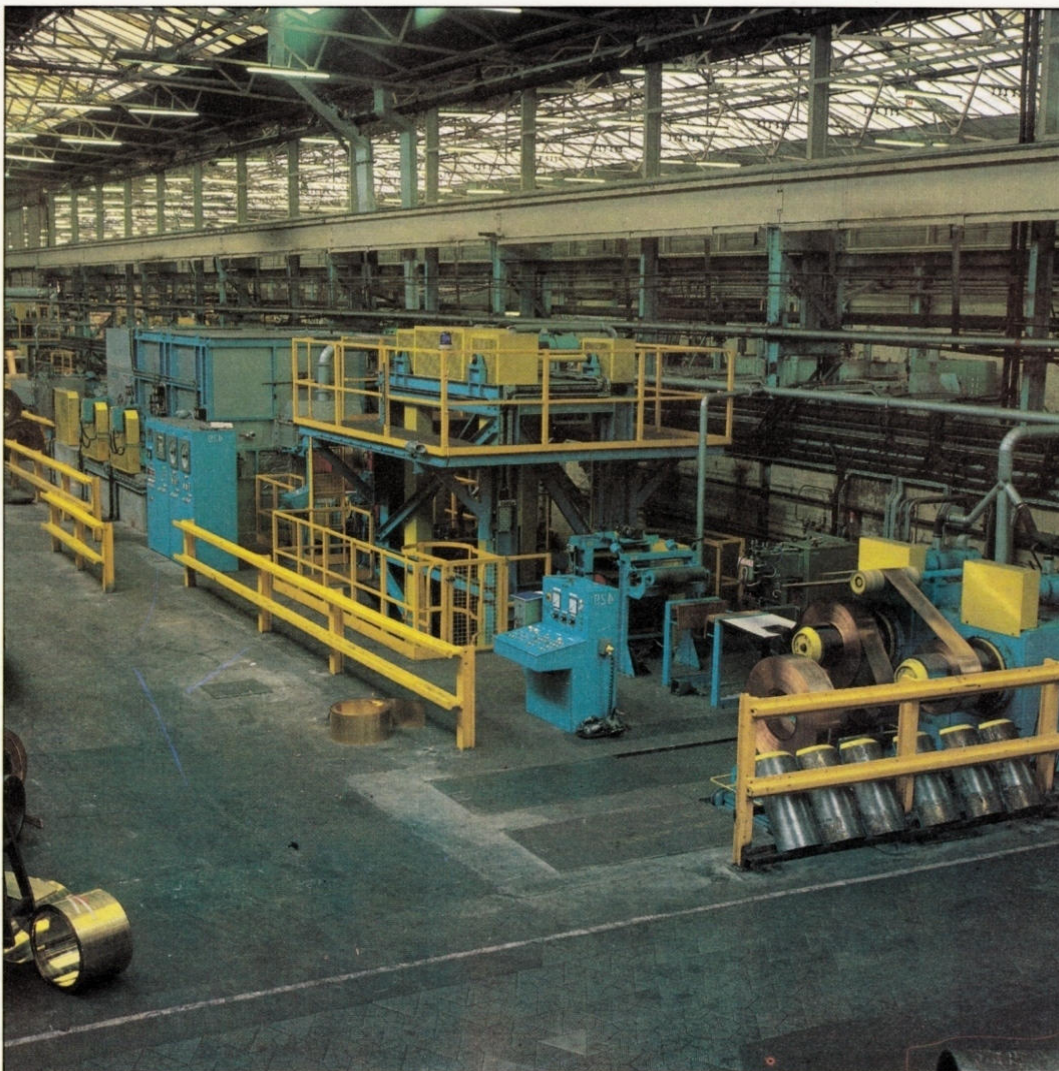
Unten rechts: Die Glühanlage eines Stahlwalzwerkes. Die Stahlbandrollen müssen mehrere Stunden geblüht werden.

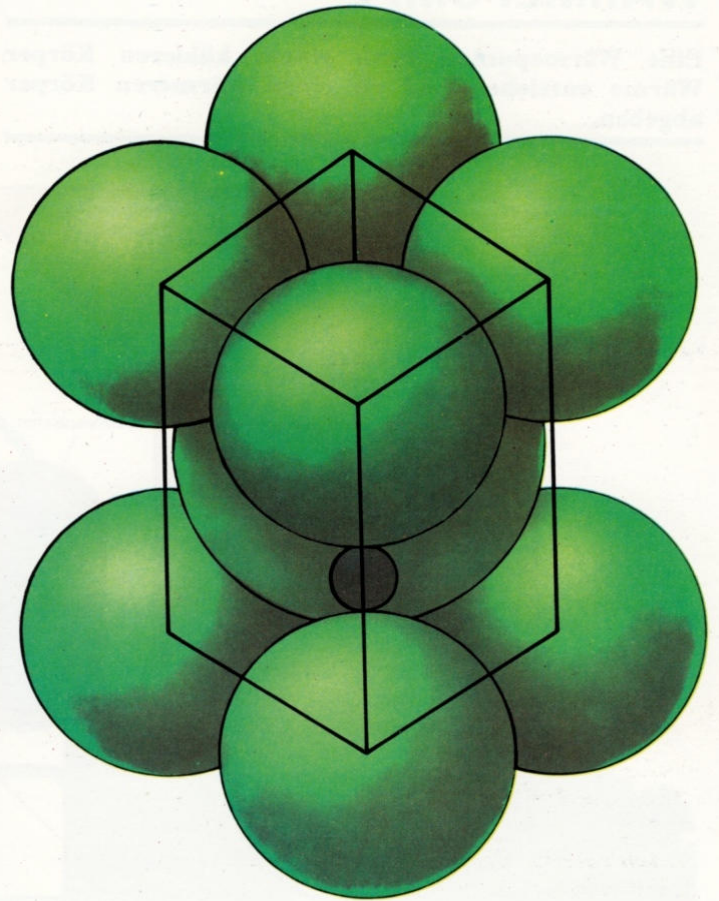
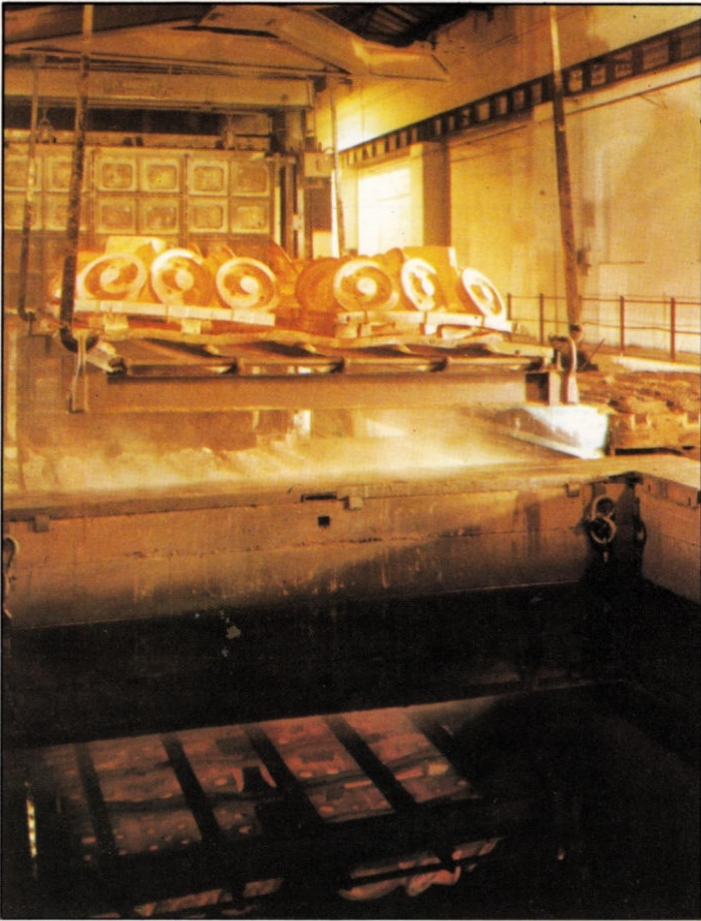
Oberflächenhärten

Bei vielen Werkstücken ist eine harte, verschleißfeste Oberfläche bei gleichzeitig guter Gesamtzähigkeit erwünscht, eine Kombination von Eigenschaften, die bei Verwendung hochgeholter oder hochlegierter Stähle nicht möglich wäre. Die Verfahren, bei denen die Wirkung der Wärmebehandlung auf die Werkstoffoberfläche beschränkt bleibt, lassen sich in zwei Kategorien unterteilen: Verfahren, bei denen die Oberfläche chemisch unverändert bleibt, wie das 'Flammenhärten' und das 'Induktionshärten', bei denen nur die obersten Schichten eines Stahls mit mittlerem C-Gehalt auf austenitisierende Temperaturen erwärmt werden und beim nachfolgenden Abschrecken eine gehärtete Randzone zurückbleibt, und zweitens Verfahren, die sich unter dem Sammelbegriff 'Einsatzhärten' zusammenfassen lassen, bei denen kohlenstoffarme Stähle (C-Gehalt unter 0,3%) durch Aufkohlung oder Aufstickung an ihrer Oberfläche eine sehr harte Einsatzschicht erhalten, während der Kern zäh bleibt. Da das Erwärmen auf höhere Temperaturen an der Luft Oxidations- und Entkohlungsvorgänge an der Werkstoffoberfläche zur Folge hat, werden die unter 'Glühen' und 'Härten' beschriebenen Wärmebehandlungen häufig unter Schutzgas, im Vakuum oder auch durch Eintauchen in Salzschmelzen durchgeführt.

Das wohl gängigste Verfahren dieser Gruppe ist das 'Zementieren' oder 'Aufkohlen', das z.B. bei der Herstellung von Kfz-Getrieben Verwendung findet. Dabei wird das Werkstück auf etwa 925°C erwärmt, wobei der Kohlenstoff an der Stahloberfläche in das Austenitgitter eindringt. Die Tiefe der Einsatzschicht nach der Härtung beträgt etwa 1 mm.

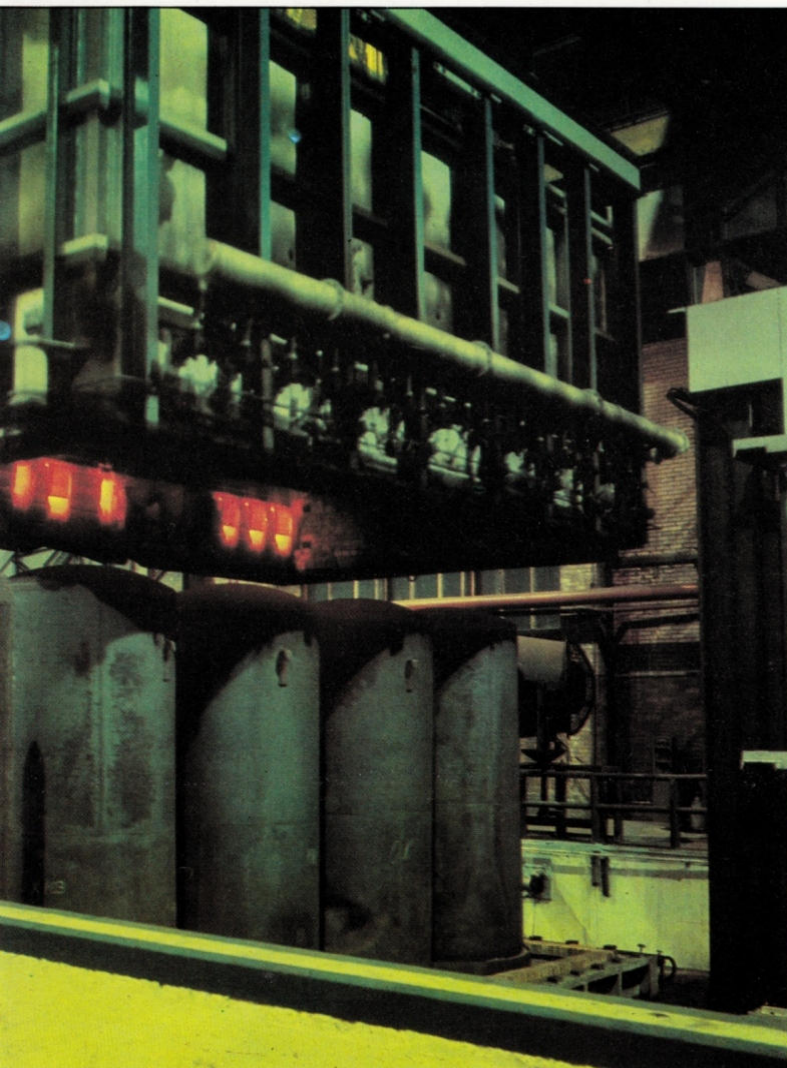
Bei gleichzeitiger Kohlenstoff- und Stickstoffanreicherung an der Werkstoffoberfläche bei einer Glühtemperatur von





Oben: Bei hohen Temperaturen hat Eisen eine kubisch-flächenzentrierte Gitterstruktur und kann mehr Kohlenstoff aufnehmen. Schnelle Abkühlung hat eine Rückumwandlung in ein kubisch-raumzentriertes Gefüge und Martensitbildung zur Folge.

Oben links: Eine aus dem Ofen kommende Palette mit Gußteilen spiegelt sich im Ölabschreckbad (unten) wider.



850°C bis 900°C spricht man von 'Karbonitrieren'.

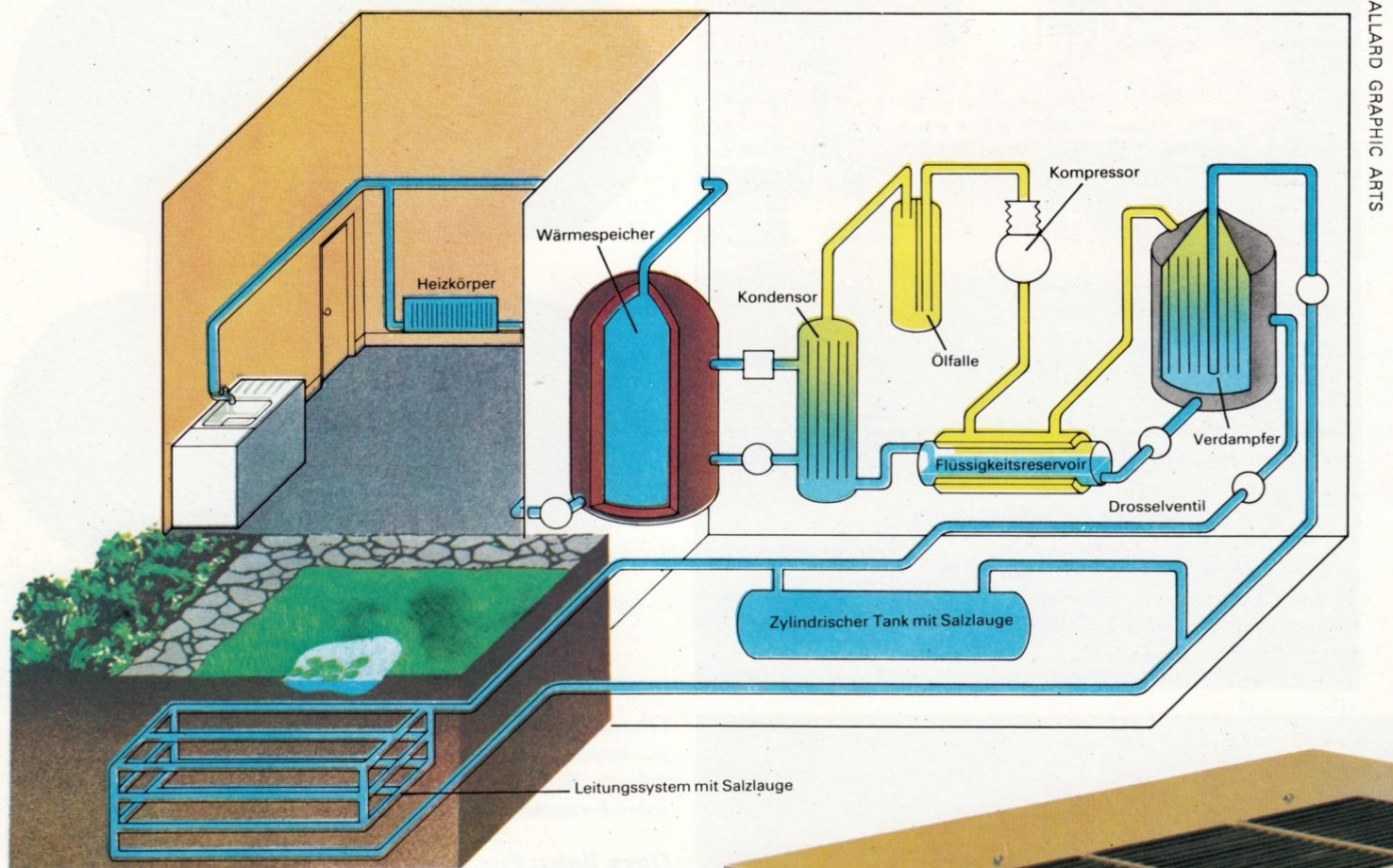
Unter 'Nitrieren', auch 'Nitrierhärten', versteht man das Härten der Oberfläche von legiertem Stahl mit mittlerem Kohlenstoffgehalt in einem stickstoffabgebenden Mittel bei relativ niedrigen Temperaturen (etwa 500°C). Ein Abschrecken ist nicht erforderlich und der Verzug bleibt gering.

NE-Legierungen

Wenn auch zahlreiche Buntmetalle und Nichteisenlegierungen einer Glühbehandlung unterzogen werden, um nach der Kaltverformung die Weichheit wiederherzustellen, eignen sich doch nur wenige zur Wärmebehandlung zwecks Verbesserung der Härte und Festigkeit. Zu diesen Ausnahmen zählen bestimmte Aluminium/Kupfer-, Kupfer/Chrom- und Kupfer/Beryllium-Legierungen, die auf Aushärtungsverfahren ansprechen. So werden z.B. die Aluminium/Kupfer-Legierungen vom Duralumintyp, wie sie im Flugzeugbau Verwendung finden, nach dem Lösungshärten bei etwa 500°C mit kaltem Wasser abgeschreckt. Der abgeschreckte Werkstoff ist nur geringfügig härter als eine langsam abgekühlte Legierung und kann anschließend kaltverformt werden. Beim Verbleib bei Zimmertemperatur nimmt die Härte jedoch selbsttätig zu und erreicht nach 4 bis 5 Tagen ihren Höchstwert — man spricht dann von 'natürlicher Alterung'. Wird das Aushärten hingegen durch Erwärmen des Werkstoffes auf etwa 150°C beschleunigt, so handelt es sich um 'künstliche Alterung'.

WÄRMEPUMPE

Eine Wärmepumpe kann einem kühleren Körper Wärme entziehen und an einen wärmeren Körper abgeben.



Der Wärmeübergang von einem kälteren zu einem wärmeren Körper wäre mit den Naturgesetzen nicht zu vereinbaren, wenn dabei nicht Energie aufgewendet würde. Tatsächlich arbeitet eine Wärmepumpe wie eine Wärmekraftmaschine, deren Laufrichtung umgekehrt wurde. Man muß ihr also Energie zuführen.

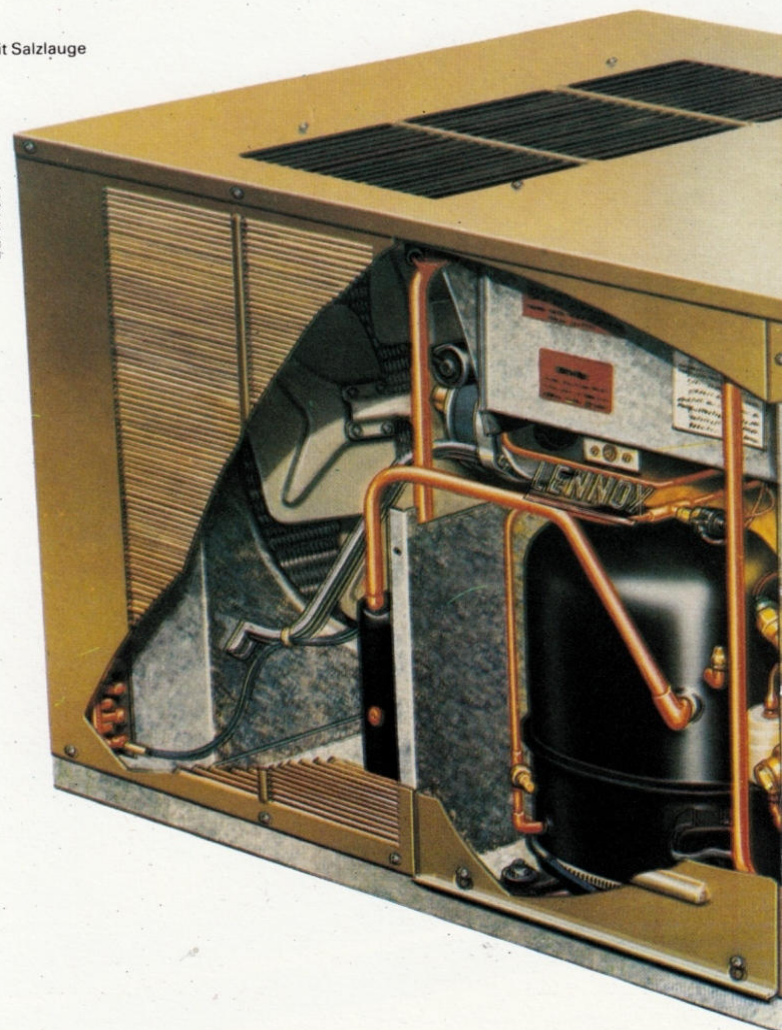
Eine Wärmekraftmaschine arbeitet zwischen einem heißen und einem kalten Körper (den beiden 'Reservoirs'). Sie wandelt einen Teil der Wärme auf ihrem Weg vom heißen Reservoir zum kalten Reservoir in mechanische Arbeit um. Führt man stattdessen der Maschine mechanische Energie zu (statt sie mechanische Arbeit verrichten zu lassen), so kehrt sich die Richtung des Wärmestroms um. Auf diesem Prinzip beruht die Arbeitsweise einer Wärmepumpe.

Eine Wärmepumpe arbeitet also genauso wie eine Kältemaschine; nur die Aufgaben sind verschieden. Ein Kühlschrank hat die spezielle Aufgabe, einen kühlen Gegenstand durch Entzug von Wärme weiter abzukühlen. Die Wärmepumpe dagegen soll, wie der Name ausdrückt, einem bereits warmen Gegenstand weitere Wärme zuführen.

Funktionsweise

Das Wort 'Wärmepumpe' ist etwas irreführend, da man Wärme nicht wie eine Flüssigkeit, z.B. Wasser, tatsächlich pumpen kann. Zum 'Pumpen' von Wärme braucht man eine Arbeitssubstanz, die den Wärmetransport erlaubt.

Bei einer DAMPFMASCHINE, einer typischen Wärmekraftmaschine, ist Wasserdampf das Arbeitsmedium. Bei den umgekehrt laufenden Wärmepumpen wird meistens eine

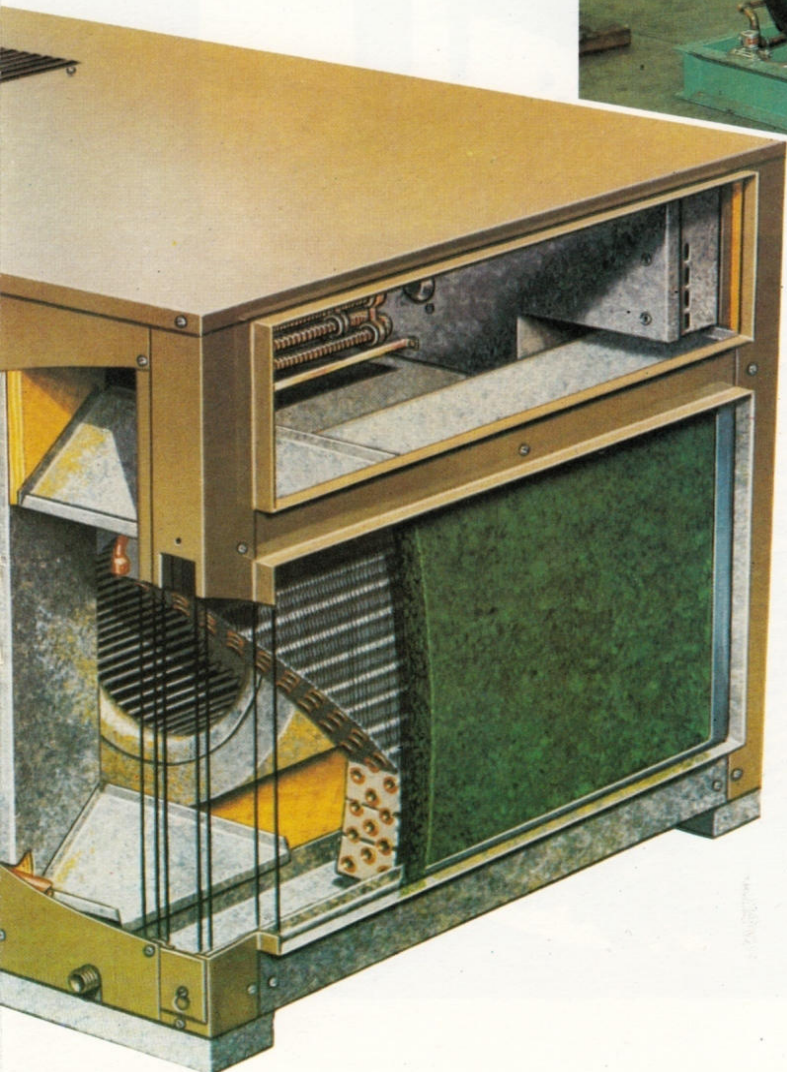


'Kondensor' (ein Wärmetauscher), wo er kondensiert und Wärme an das 'warme Reservoir' abgibt. Die Temperatur dieses Reservoirs ist niedriger als die des Arbeitsmediums vor der Kondensation. Das flüssige Kondensat verläßt den Kondensor und wird dann durch ein 'Drosselventil' gepreßt.

Dieses Ventil ist eine enge Öffnung, durch die die Flüssigkeit in eine Zone niedrigen Drucks schießt. Dabei verdampft sie teilweise, und die Temperatur sinkt. Das Flüssigkeits-Gas-Gemisch gelangt nun zum 'Verdampfer', der sich in Wärmekontakt mit dem 'kalten Reservoir' des Systems befindet. (Hier finden wir also den zweiten Wärmetauscher des Kreislaufs.) Da das Gemisch nun kälter als das kalte Reservoir ist, wird dem Reservoir Wärme entzogen. Die Arbeitssubstanz verdampft und erwärmt sich. Sie wird wieder der Pumpe zugeführt, und der Kreislauf ist geschlossen.

Links: Schema eines Wärmepumpensystems zur Beheizung eines Gebäudes. Bodewärme wird von einer Salzlauge aufgenommen, die durch ein unterirdisches Netz von Röhren zirkuliert. Die gewonnene Wärme wird dem Inneren des Gebäudes zugeführt. Bei Kältemaschinen wird innen gekühlt und außen erwärmt.

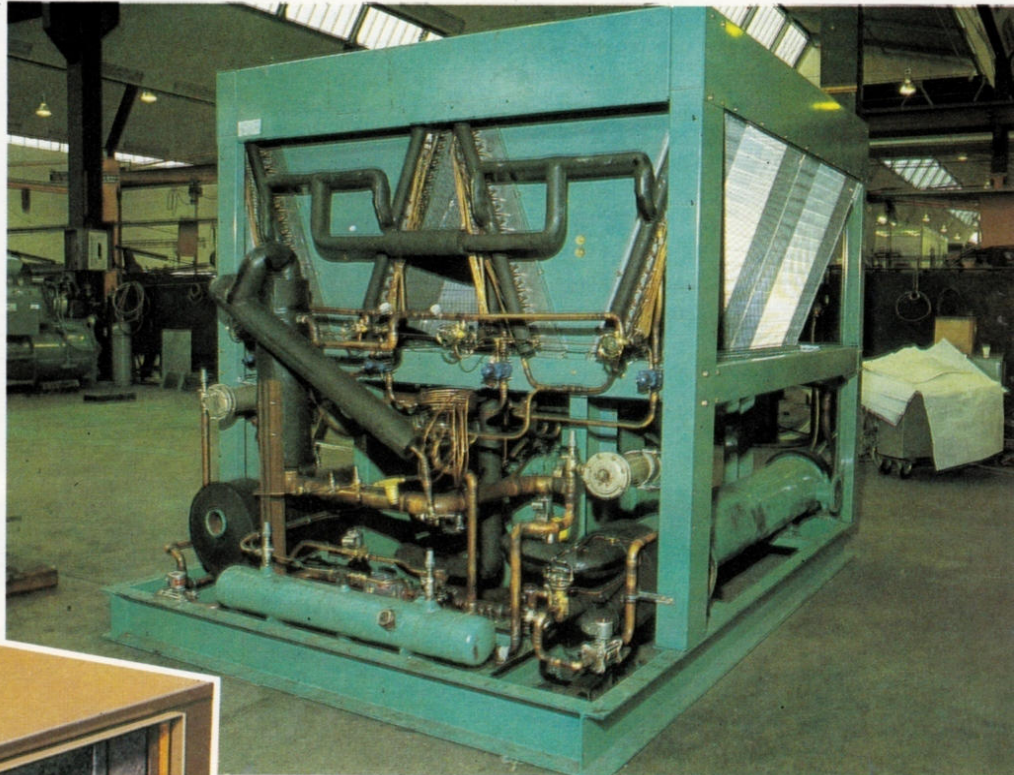
Rechts und unten: Zwei Arten von Wärmepumpen, wie sie in Klimaanlage verwendet werden. Bei warmem Wetter dienen sie als Kühlmittel. Im Winter, wenn Heizung erforderlich ist, können sie sich umstellen, von der Außenluft Wärme aufnehmen und diese der Klimaanlage zuführen.



Wirkungsgrad

Eine typische Aufgabe für eine Wärmepumpe ist die Heizung eines Gebäudes. Das Gebäude spielt im Kreislauf die Rolle des warmen Reservoirs. Das kalte Reservoir kann beispielsweise ein Fluß sein, dem die Wärme entzogen werden soll. Um den beschriebenen Zyklus ablaufen zu lassen, muß der Pumpe Energie (mechanische oder elektrische Arbeit) zugeführt werden. Als Beispiel möge die Wärmepumpe 400 kJ zum Antrieb benötigen, dem Fluß 1 000 kJ entziehen und dem Gebäude 1 400 kJ liefern.

Die Leistungsfähigkeit der Wärmepumpe ergibt sich durch das Verhältnis der Wärmemenge, die an das warme Reservoir abgegeben wird, zu der zum Antrieb der Pumpe benötigten Energie. Im obigen Beispiel ist dieses Verhältnis 1 400/400, also 3,5. Diese Zahl heißt 'Wirkungsgrad'.



Der maximale Wirkungsgrad, den man überhaupt erreichen kann, ist durch die Temperaturen der beiden Reservoirs bestimmt. Wenn das warme Reservoir die Temperatur T_1 besitzt und das kalte Reservoir sich auf der Temperatur T_2 befindet, ergibt sich der maximal mögliche Wirkungsgrad zu $T_1/(T_1 - T_2)$. Diese Beziehung folgt aus thermodynamischen Prinzipien und ähnelt dem Ausdruck für den Wirkungsgrad von Wärmekraftmaschinen.

Auf den ersten Blick ist eine Wärmepumpe ein sehr vorteilhaftes System. Anscheinend gewinnt man mit ihr Energie, ohne dafür bezahlen zu müssen. Bei einem Wirkungsgrad von 3,5 erhält man beispielsweise eine Heizleistung von 3,5 kW für eine aufgewandte Leistung von 1 kW zum Antrieb der Pumpe. Die zusätzliche Wärme wird dem Fluß entzogen, der diesen Verlust verkraften kann. Aber auch die Wärmepumpe hat ihre schwachen Punkte. Aus der Beziehung für den maximalen Wirkungsgrad sieht man, daß bei zunehmendem Temperaturunterschied der beiden Reservoirs, also bei der (erwünschten) Aufheizung des warmen Reservoirs, der Wirkungsgrad abnehmen muß. Außerdem sind Wärmepumpen teure Anlagen. Deshalb sind sie bisher noch nicht hinreichend wirtschaftlich, um sich allgemein durchzusetzen. Bei weiter steigenden Preisen für Heizöl werden sie als 'Alternativheizsystem' jedoch wahrscheinlich immer häufiger anzutreffen sein.

WÄRMETAUSCHER

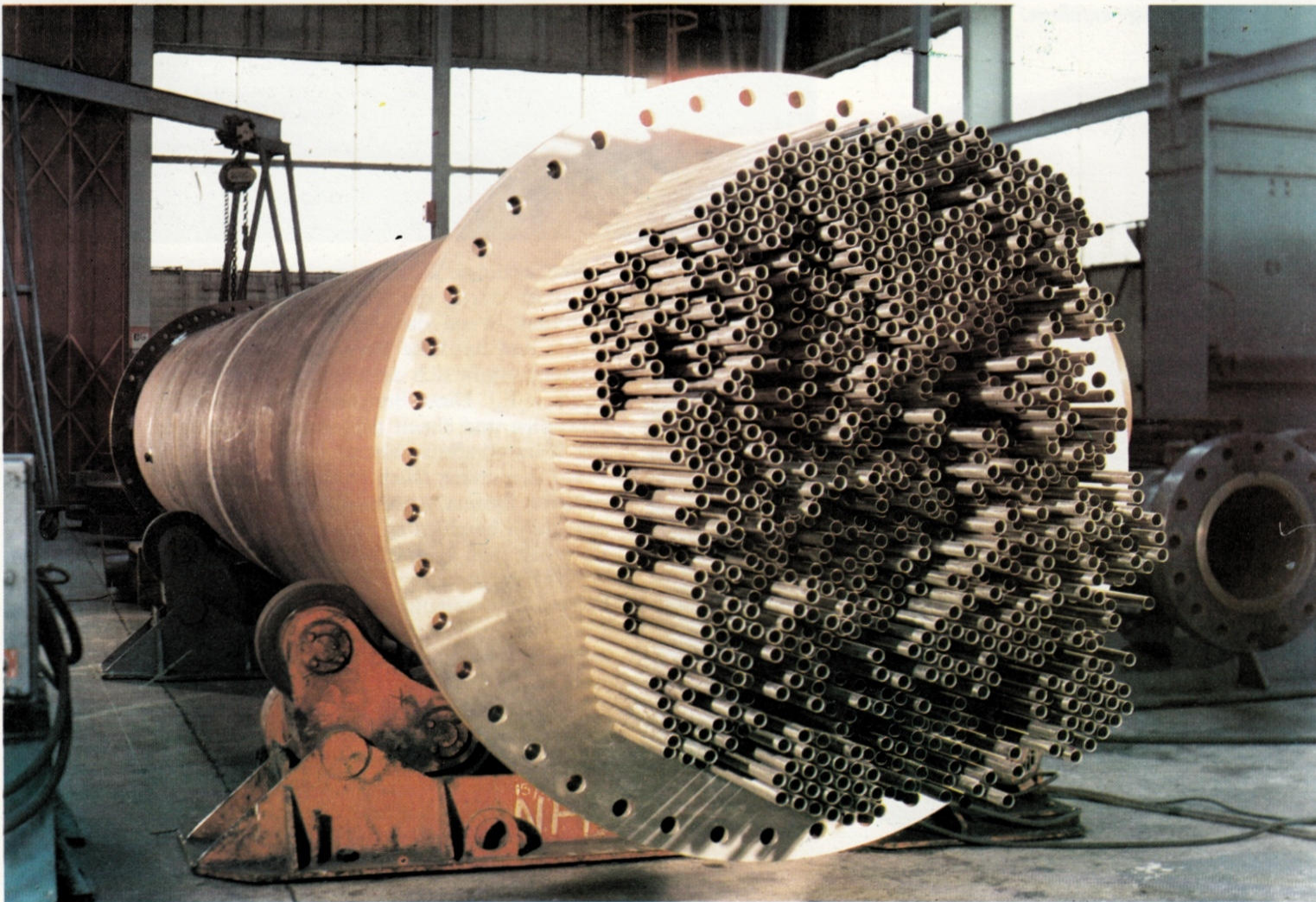
Der weitverbreitete Autokühler ist ein typisches Beispiel für einen Wärmetauscher: Kühleres Wasser nimmt vom Motor Wärme auf. Das erwärmte Wasser wird im 'Kühler' wieder abgekühlt, indem es seine Wärme an die Luft abgibt, die die Oberfläche des Kühlers umströmt.

Ein Wärmetauscher ist ein Gerät, in dem Wärme von einem strömenden Medium (Gas oder Flüssigkeit) hoher Temperatur auf ein strömendes Medium niedrigerer Temperatur übertragen wird, ohne daß die beiden Ströme sich vermischen.

Wärme ist eine Form von Energie, die man beispielsweise in Joule (das 'Joule' ist die international vereinbarte Energieeinheit) messen kann. Bringt man zwei Körper unterschiedlicher Temperatur in Kontakt miteinander, so erfolgt eine Wärmeübertragung (also ein Energietransfer) vom wärmeren zum kälteren Körper. Der wärmere Körper kühlt sich dabei ab, da ihm Energie entzogen wird, und die Temperatur des kälteren Körpers steigt. Dieser Vorgang dauert an, bis alle Teile die gleiche Temperatur besitzen. Ohne Temperaturunterschiede gibt es auch keine Wärmeübertragung.

Rechts: Diese Wärmetauscher in einem Kernkraftwerk werden zum Kühlen des Wassers eingesetzt, das zur Dampfbildung benutzt wurde.

Unten: Ein großer Röhrenkessel-Wärmetauscher ('Rohrbündel-Wärmetauscher') unter Konstruktion. Er ist zum Einsatz in einem Kernkraftwerk bestimmt.



Ein Ingenieur, der den Wärmeübergang zwischen einem heißen und einem kühleren Medium günstig gestalten will, wird sich eines Wärmetauschers bedienen. Bei der Konstruktion eines solchen Gerätes mit der Aufgabe maximaler Wärmeübertragung spielen die Temperaturunterschiede zwischen den beiden Medien und die Größe der Kontaktflächen, über die eine Wärmeübertragung stattfinden kann, eine entscheidende Rolle. Die Temperaturunterschiede sind oft durch die Natur des zu lösenden Problems fest vorgegeben, so daß in jedem Falle eine möglichst große Kontaktfläche angestrebt werden muß.

Die Kühlrippen eines luftgekühlten Motorradmotors bilden eine mit Absicht groß gestaltete Oberfläche, über die die unerwünschte Wärme abgegeben werden kann. In elektronischen Schaltungen werden Hochleistungstransistoren an Kühlblöcken mit Leitblechen befestigt, damit die bei normalem Betrieb anfallende Wärme schnell abgegeben werden kann. In diesen beiden Beispielen geht es um die Abführung der erzeugten Wärme und nicht so sehr um einen Wärmeaustausch zwischen zwei Medien. Das Prinzip der großen Kontaktfläche wird hier jedoch besonders deutlich.

Doppelrohr-Wärmetauscher

Diese Art von Wärmetauscher besteht aus einem Rohr, das konzentrisch im Innern eines größeren Rohres verläuft. Um Wärme von einem heißen Medium, z.B. Motorenöl, auf ein

kaltes Medium, z.B. Wasser, zu übertragen, wird die eine Flüssigkeit durch das innere Rohr geschickt, während die andere durch den Zwischenraum mit ringförmigem Querschnitt strömt. Aufgrund des Temperaturunterschiedes zwischen den beiden Medien wird über die trennende Wand des inneren Rohres hinweg eine Wärmeübertragung stattfinden. In dem genannten Beispiel, der Kühlung von Öl, würde man das Öl sehr wahrscheinlich durch das innere Rohr schicken, weil dieses Rohr dem hohen Öldruck besser standhalten kann. In anderen Anwendungen kann aber das heißere Medium auch das äußere Rohr durchfließen.

Gleichstrom- und Gegenstrom-Wärmetauscher

Wenn die beiden Medien einen Doppelrohr-Wärmetauscher in derselben Richtung durchströmen, spricht man von einem 'Gleichstrom-Wärmetauscher'. Im 'Gegenstrom-Wärmetauscher' ('Gegenströmer') fließen die beiden Medien in entgegengesetzte Richtungen. Gegenstrom-Wärmetauscher haben prinzipiell einen besseren Wirkungsgrad. Man wird sie immer dann einsetzen, wenn es um maximale Wärmeübertragung geht.

Um die Überlegenheit des Gegenstromprinzips zu veranschaulichen, betrachten wir eine heiße Flüssigkeit, z.B. Öl, bei einer Temperatur von 90°C und eine kalte Flüssigkeit, z.B. Wasser, bei 10°C . Die maximale Wärmeübertragung erhält man, wenn entweder die Temperatur des Öls auf 10°C fällt oder die Wassertemperatur auf 90°C steigt. Das Verhältnis der beiden Strömungsgeschwindigkeiten entscheidet darüber, welcher Fall tatsächlich eintritt. Wenn die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers erheblich höher als diejenige des Öls ist, wird sich das Wasser kaum erwärmen, während sich das Öl stark abkühlt.

In einem Gleichstrom-Wärmetauscher verlassen die beiden Flüssigkeiten (oder Gase) das System am selben Ende. Wie im Gegenstrom-Wärmetauscher wird auch hier durch Wärmeübertragung eine Kühlung der heißen und eine Erwärmung der kalten Flüssigkeit erfolgen. Das beste Resultat, das man mit dem Gleichstrom-Wärmetauscher erreichen kann, ergibt sich jedoch dann, wenn die beiden Flüssigkeiten mit derselben Temperatur aus dem Wärmetauscher austreten. Je nach den Strömungsgeschwindigkeiten wird diese Temperatur irgendwo zwischen den beiden Anfangswerten liegen.

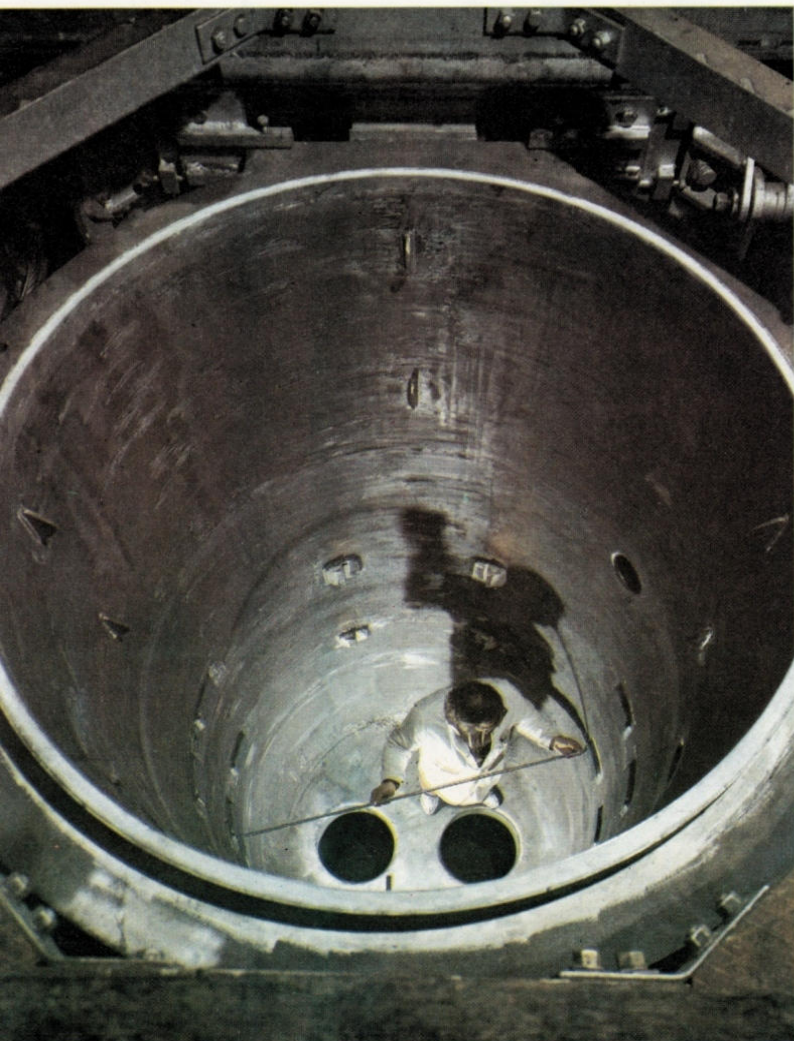
Andere Wärmetauscher

Der Doppelrohr-Wärmetauscher besticht durch seine einfache Konstruktion. Er läßt aber deshalb kaum Möglichkeiten für weitere Verbesserungen zu, weil die Größe der Grenzfläche, über die die Wärmeübertragung stattfindet, durch die Abmessungen des inneren Rohres festgelegt ist. Zur Erzielung größerer Kontaktflächen sind aufwendigere Konstruktionen nötig.

Ein Beispiel für ein System mit besseren Wärmeübertragungseigenschaften ist der 'Röhrenkessel-Wärmetauscher'. Hier durchläuft eine ganze Schar von Rohren den Innenraum eines größeren, zylindrischen Gehäuses oder Mantels. Das eine Medium fließt durch die Rohre, während das andere durch den Mantelraum strömt. Wärmetauscher dieser Art sind mit verschiedenen Abwandlungen in der chemischen Verfahrenstechnik verbreitet.

Eine andere wichtige Konstruktion ist die des 'Platten-Wärmetauschers'. Er besteht aus vielen übereinanderliegenden Schichten ('Sandwich'-Prinzip). Jede zweite Schicht wird von der einen Flüssigkeit und die jeweils dazwischenliegende Schicht von der anderen Flüssigkeit durchströmt. Das gleiche Prinzip wird auch für die Luftheizung in Kraftfahrzeugen verwendet. Als Wärmequelle dient das heiße Wasser des Kühlsystems für den Motor.

Unten: Überprüfen der inneren Ausmessungen des Gehäuses für einen großen Röhrenkessel-Wärmetauscher. In Kernkraftwerken werden Wärmetauscher dazu benutzt, um Wärme aus dem Kühlmittel in Wasser zu übertragen, wodurch letzteres zu Dampf wird.



WASCHMASCHINE

Waschmaschinen dienen der mühelosen und zeitsparenden Reinigung verschmutzter Wäsche und Kleidung. In einer Zeit, da viele Hausfrauen berufstätig und ohne Haushaltshilfe sind, stellen sie deshalb eine nicht zu unterschätzende Arbeitserleichterung dar.

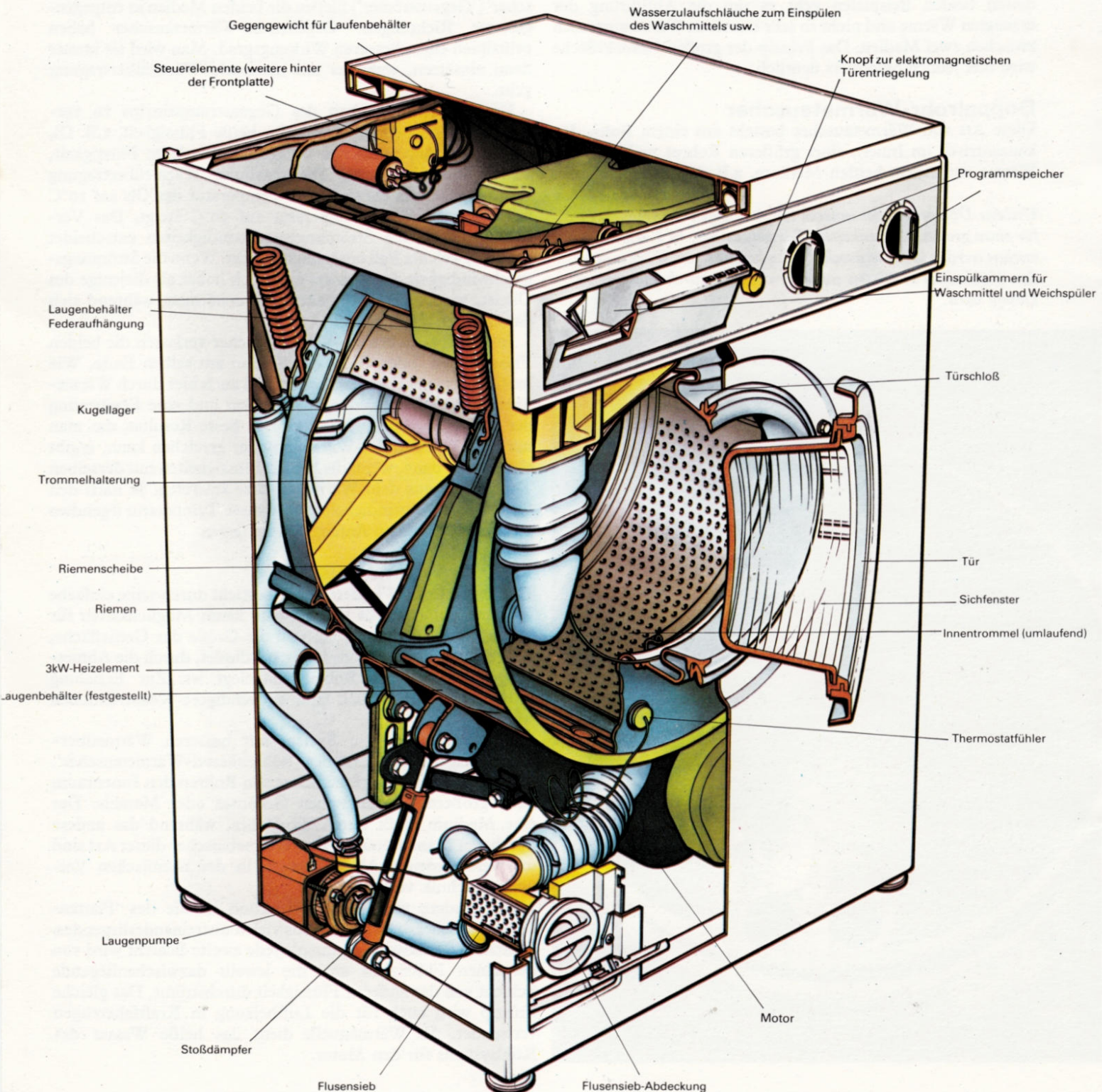
Ein Vorläufer der modernen Waschmaschine kam in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in Form eines achteckigen Waschbottichs aus Holz auf, häufig in Kombination mit einer Mangel, um die Wäschestücke nach dem Waschen auszuwringen. Der Bottich wurde mit heißer Seifenlauge gefüllt, die Wäsche eingelegt und der Bottich sodann über einen Griff in Umdrehungen versetzt, wodurch die Wäsche in der Lauge bewegt wurde. Auf diesem Prinzip der Bewegung der Wäsche in einem Zylinder basieren alle modernen Waschmaschinen,

sowohl Haushaltsgeräte als auch Industrie-Waschmaschinen, wenn sich ihre Konstruktionsmerkmale auch im Laufe der Zeit geändert haben.

Waschvollautomaten

Der am häufigsten verkaufte Waschmaschinentyp ist der sogenannte Frontlader mit einem Fassungsvermögen von etwa 4 kg Trockenwäsche. Die Wäsche wird in eine gelochte Stahltrommel, die im Laugenbehälter während des Waschgangs

***Unten:** Schnittzeichnung eines Frontladers. Trommel und Laugenbehälter haben Gegengewichte und sind an Federn und Stoßdämpfern im Gehäuse aufgehängt, um Erschütterungen beim Schleudern zu vermindern. 10 Waschprogramme stehen zur Verfügung; Waschmittel und Weichspüler werden automatisch in die Trommel eingespült.*



abwechselnd nach beiden Seiten gedreht wird, eingelegt. Die Einfüllöffnung wird geschlossen und das gewünschte Waschverfahren an einem elektromechanischen Programmspeicher eingestellt. Die Programmwahl erfolgt mittels Wählscheibe oder Drucktasten. Über den Programmwähler lassen sich einzelne Faktoren wie Einweichen, Wassertemperatur, Anzahl und Länge der Wasch- und Spülgänge, Schleuderzeiten usw. nach dem Verschmutzungsgrad und der Art der Wäsche (z.B. Baumwolle, Wolle, synthetische Stoffe) oder auch nach ihrer Farbechtheit individuell einstellen. Nach der Programmwahl wird die Maschine eingeschaltet. Durch ein automatisches Einlaßventil, das selbsttätig schließt, wenn es vom Druckwächter ein entsprechendes Signal erhält, läuft Wasser zu. Der Druckwächter oder Wasserstandsregler besteht aus einer Membran, die bei steigendem Druck nach oben durchgebogen wird, einen darüber befindlichen Mikroschalter betätigt und so den Stromkreis und damit auch das Ventil schließt.

Je nach der gewünschten Schalthöhe (in mm Wassersäule) lassen sich auf diese Weise verschiedene Vorgänge wie Wassereinlauf, Wasserstopp u.ä. elektrisch auslösen. Das Wasserniveau, niedrig bei robuster Wäsche und höher bei empfindlicher Feinwäsche und beim Spülen, wird für jeden Waschgang am Programmwähler eingestellt. Für die beiden verschiedenen hohen Wasserniveaus sind auch zwei getrennte Mikroschalter am Druckwächter erforderlich.

Die Steuerung des Programmablaufs erfolgt entweder über eine einzige Planscheibe oder über 15 bis 20 Nockenscheiben, die von einem Synchronmotor bewegt werden. Jeder dieser 15 bis 20 Nockenscheiben wird durch die äußeren Segmente ein bestimmtes Programm zugeordnet. Federkontakte tasten diese Segmente ab und bewirken so beispielsweise die Steuerung der Länge des Wasch- oder Spülganges, das Umschalten auf den Schleudergang oder auch das Öffnen des Wassereinlaßventils. Dabei können jedoch verschiedene Vorgänge wie etwa das Zulaufen von Wasser oder das Drehen der Waschtrommel gleichzeitig ablaufen.

Neben dem Synchronmotor als Antrieb für das gesamte Programmsteuergerät gibt es noch den Waschmotor, der während der Wasch- und Spülvorgänge ständig die Drehrichtung der Trommel umkehrt. Daneben sorgt dieser Motor auch für das Ausschleudern der Wäsche mit bis zu 1 100 Trommelumdrehungen pro Minute. Das beim Waschen, Spülen und Schleudern anfallende Wasser wird von der Laugenpumpe abgepumpt.

Die meisten Waschvollautomaten europäischer Herkunft arbeiten mit Kaltwasseranschluß; die erforderliche Erwärmung des Wassers erfolgt über Heizstäbe im Laugenbehälter. Es gibt allerdings auch Maschinen, die sich ebenso gut an warmes Wasser anschließen lassen. In jedem Falle überwacht ein eingebauter Thermostat die dem jeweils eingestellten



Qualitativ hochwertiger Waschvollautomat mit Frontlader und 20 Wasch/Trockenprogrammen. Jedes Wäschestück kommt knitterfrei und schrankfertig aus der Maschine.

Programm entsprechende tatsächliche Wassertemperatur.

In den meisten Ländern müssen Waschmaschinen gewissen festgelegten elektrischen und mechanischen Sicherheitsnormen entsprechen. So muß z.B. während des Betriebs die Tür automatisch verriegelt sein.

Sonstige Waschmaschinentypen

Manche Waschvollautomaten werden von oben beschickt und haben ein zentrales Rührwerk, das die Wäsche im Wasser bewegt.

Andere gängige Modelle arbeiten halbautomatisch, so z.B. die Doppeltrommelmaschine, die nicht in der Waschtrommel schleudert, so daß die Wäsche zum Schleudern in die zweite Trommel umgeladen werden muß. Auch dieser Maschinentyp hat eine Laugenpumpe; die Wasch- und Spülgänge lassen sich an einem Wahlschalter einstellen. Die Waschtrommel muß für jeden Wasch- oder Spülgang auf das erforderliche Niveau mit Wasser gefüllt werden — bei diesen Geräten liegt die Wäsche ständig völlig im Wasser. Die Wäsche wird im Wasser schwimmend durch einen um eine zentrale Achse schwenkenden Wäschebeweger, durch eine schnell rotierende, mit Rippen versehene Scheibe oder auch durch einen Rührflügel bewegt. Die Zentrifugalkraft der Schleuder in einer Doppeltrommelmaschine ist beträchtlich, da sie mit einer Geschwindigkeit bis zu 3 000 U/min. arbeitet.

WASCHMITTELHERSTELLUNG

Waschmittel können ganz gezielt für einen bestimmten Verwendungszweck hergestellt werden, sei es zum Waschen von empfindlicher Haut oder von feinen Stoffen, sei es zum Waschen und Reinigen von stark verschmutzten Metall- und Keramikerzeugnissen.

Der Begriff Waschmittel dient als allgemeine Beschreibung sowohl für die herkömmliche SEIFE als auch für die neueren, seifenfreien synthetischen Materialien. Es gibt verschiedene Arten von Waschmittelerzeugnissen, angefangen von einfachen Seifenstücken und Seifenflocken bis zu komplizierten Pulvern und Flüssigkeiten, die so zusammengesetzt sind, daß sie für verschiedene Waschsyste me geeignet sind.

Beim Waschen von Haut ist beispielsweise ein dichter Schaum erforderlich, damit jeglicher Schmutz eingehüllt und entfernt werden kann. Das Produkt muß also einen guten Schaum erzeugen, ohne im Gebrauch breiig zu werden. Außerdem sollte es die Haut nicht schädigen. Zum Waschen von Textilgeweben ist jedoch ein komplizierteres Erzeugnis erforderlich. Es muß Calcium und andere im natürlich vorkommenden Wasser vorhandene Substanzen eliminieren, da diese sonst die Entfernung des Schmutzes behindern würden. Außerdem muß der Schmutz mit einem Minimum an mechanischer Kraftanwendung entfernt und in Suspension gehalten werden, damit er sich nicht wieder auf dem Gewebe absetzen kann. Flecke müssen entfernt und die mit der Zeit entstehenden Farbveränderungen verhindert werden. Bei der

Diese Abbildungsfolge zeigt, wie Öl in einer Waschmittellösung von einem Faserbündel fortgeschwemmt wird. Zur Entfernung der stärker anhaftenden Bestandteile des Öls muß dieser zwar sehr wirksame Vorgang jedoch durch eine gewisse chemische Wirkung sowie mechanische Energie (z.B. Schleuderbewegungen in der Trommel) vervollständigt werden.



Ausübung all dieser Funktionen darf das Produkt natürlich das Gewebe nicht beschädigen.

Es ist auch wichtig, daß Waschmittel biologisch abbaubar sind — sie sollten nach ihrer Verwendung auf natürliche Weise durch Bakterien abgebaut werden. Bei Seife ist dies der Fall, aber auch seifenfreie Waschmittel müssen die biologische Abbaubarkeit gewährleisten, um Umweltverschmutzung zu vermeiden.

Waschmittelbestandteile und ihre Wirkungsweise

Der maßgebende Bestandteil aller Waschmittel ist die grenzflächenaktive Substanz. Sie wird so genannt, weil sie durch Abschwächen der Kräfte zwischen den Wassermolekülen die Oberflächenbeschaffenheit des Wassers verändert. Einfach ausgedrückt trägt dies dazu bei, daß das Wasser den zu waschenden Gegenstand leichter benetzen kann. Die Ursache dafür liegt in der Eigenart der Moleküle der grenzflächenaktiven Substanz. Diese sind zwar so klein, daß man sie nicht wahrnehmen kann, aber man weiß, daß sie einen hydrophilen (wasseranziehenden) Kopf haben, der sich in der Oberfläche verankert und mit einem hydrophoben (wasserabstoßenden) Schwanz verbunden ist, der von der Oberfläche absteht, wodurch die starken elektrostatischen Kräfte zwischen den Wassermolekülen in der Oberfläche abgebaut werden. Es gibt zwei Arten von grenzflächenaktiven Substanzen: die aus Fetten hergestellte Seife und seifenfreie Waschmittel (non-soapy detergents=NSD), die heute meist aus Erdölnebenprodukten wie Alkylarylsulfonat hergestellt werden. Die seifenfreien Detergentien selbst sind kein so gutes Waschmittel wie Seife, denn sie schäumen nicht so gut. Untersuchungen, die durchgeführt wurden, um festzustellen, warum dies so ist, führten nicht nur zu einem besseren Verständnis des Vorgangs der Schmutzentfernung, sondern auch zu einer umfassenden Verbesserung der Waschmittelerzeugnisse. Um beispielsweise die Forderung zu erfüllen, daß in Waschmaschinen, die von vorn zu beschicken sind, nur minimaler Schaum entsteht,

mußte ein nichtschäumendes seifenfreies Waschmittel entwickelt werden. Alkylphenolpolyethylenoxid ist das für diesen Zweck am häufigsten verwendete Waschmittel. Andererseits muß zur Verbesserung der Schäumkraft eines seifenfreien Mehrzweckwaschmittels ein Schaumverbesserer eingearbeitet werden. Dieser Schaumverbesserer hat einen Molekülaufbau, der dem einer grenzflächenaktiven Substanz ähnlich ist, und er befindet sich mit dieser im Wettstreit um einen Platz an der Grenzfläche.

Die meisten Erzeugnisse enthalten bis zu etwa zwölf Bestandteile, die alle einen speziellen Zweck haben, wenn auch nicht jeder einzelne in die Waschmittelwirkung einbezogen ist. Waschpulver enthalten beispielsweise ein Korrosionsschutzmittel, um die Waschmaschinenbottiche zu schützen. Seifenstücke und Seifenflocken sind die einzigen Erzeugnisse, die im wesentlichen einzig und allein von der grenzflächenaktiven Substanz abhängig sind. Bei beiden stellt Seife die Grundlage dar und bei beiden sind die Produkteigenschaften von der Auswahl und der Behandlung der für die Umwandlung in Seife verwendeten Fette sowie von der anschließenden Verarbeitung der Seife abhängig. Bei allen anderen Produkten beruht die Waschmittelwirkung zum größten Teil auf der grenzflächenaktiven Substanz sowie einer Gerüstsubstanz, die so genannt wird, weil sie die grenzflächenaktive Substanz zu einem kompletten Waschmittel aufbaut. Als Gerüstsubstanz dient gewöhnlich Natriumtripolyphosphat. Allgemein kann man sagen, daß die grenzflächenaktive Substanz, die entweder aus Seife oder einem seifenfreien Waschmittel bestehen kann, für den fetthaltigen Schmutz verantwortlich ist und die Gerüstsubstanz für den aus festen Teilchen bestehenden Schmutz. In gewisser Weise unterstützen sie sich jedoch gegenseitig.

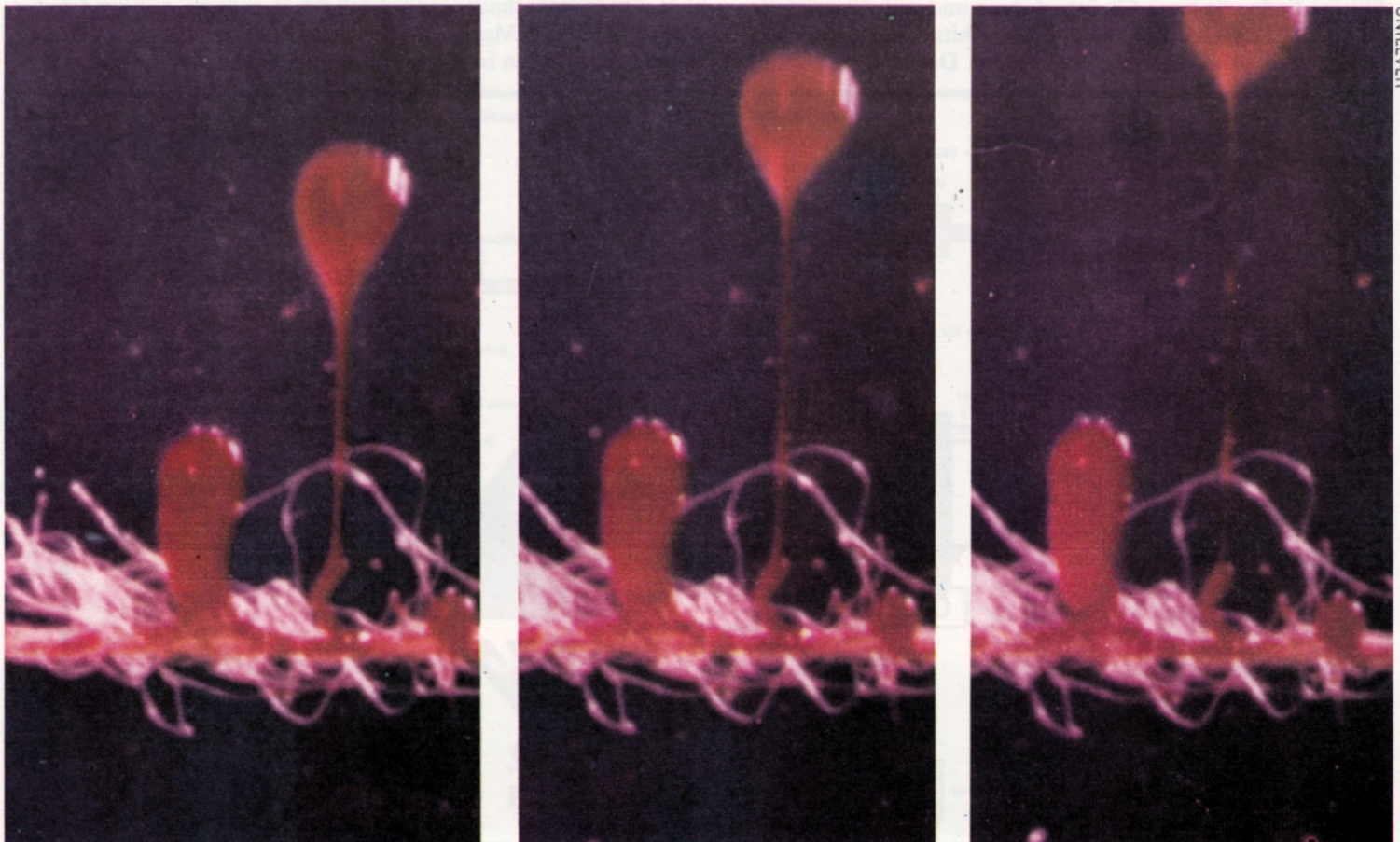
Beim Waschen von Textilgeweben sind die beiden Bestandteile etwa in gleichen Anteilen erforderlich. Beim Geschirrspülen, wenn wenig anorganischer Schmutz auftritt, überwiegt die grenzflächenaktive Substanz. Wenn die Schmutzteile eine harte Oberfläche haben, ist das Verhältnis umgekehrt.

Fetthaltiger Schmutz wird entfernt und in der Waschlauge als winzige, negativ geladene Kügelchen dispergiert. Bei festen Schmutzteilen geschieht dies in Form von eingeschlossenen Teilchen in negativ geladenen Molekülkäfigen, die durch Verbindungen in dem Reinigungserzeugnis gebildet werden. Um zu vermeiden, daß sich die Schmutzteile wieder auf dem Gewebe absetzen, erhalten sie eine Abstoßaufladung, indem das Reinigungserzeugnis mit mehrfach geladenen Antivergrauungsmitteln versehen wird, die jeweils von einer speziellen Gewebeart bevorzugt angezogen werden. Das Entfernen von Flecken übernimmt im allgemeinen ein chemisches Bleichmittel, und zwar Natriumperborat, das bei erhöhten Temperaturen und in der alkalischen Umgebung der Waschlauge eine gute Wirkung erzielt. Verfärbungen werden durch ein optisches Aufhellungsmittel korrigiert, eine fluoreszierende Substanz, die so beschaffen ist, daß sie gut an dem Gewebe haftet und ein bläulich-weißes Aussehen verleiht. Auch Enzyme können in einem Waschmittel vorhanden sein. Sie wirken beim Abbau von eiweißhaltigen Flecken wie z.B. Blutflecken als Katalysator.

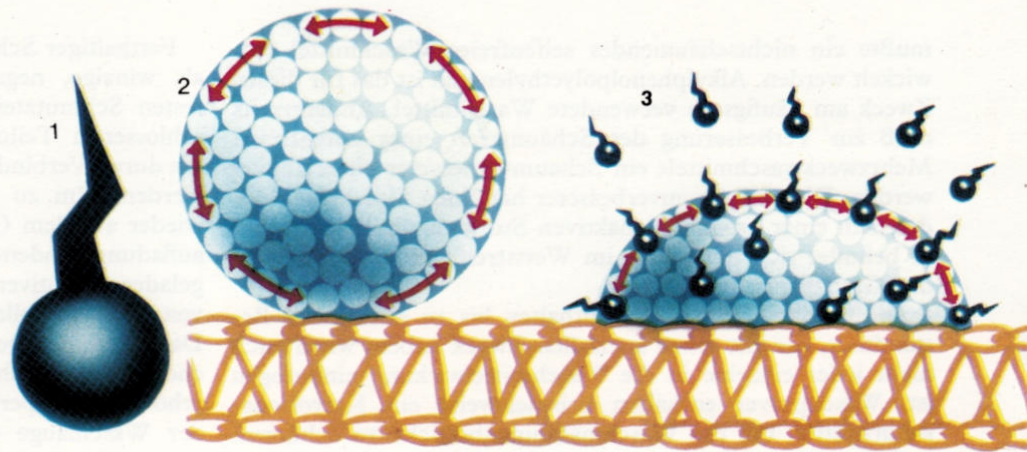
Waschpulver müssen Zusatzstoffe enthalten, d.h. Substanzen, die zur Herstellung eines leicht schüttbaren und leicht löslichen Erzeugnisses beitragen, ohne die Wirkung des Waschmittels zu beeinträchtigen. Der geeignetste Zusatzstoff für Seifenpulver ist ein Gemisch aus Natriumsilicat und Natriumsulfat. Flüssige Erzeugnisse enthalten hochkonzentrierte Bestandteile, die meist nicht miteinander mischbar sind. Ein Hydrotrop, d.h. ein Löslichkeitsvermittler wie z.B. Natriumxyloisulfonat, wird zur Herbeiführung der Mischbarkeit hinzugegeben.

Herstellungsverfahren

Die Herstellung von herkömmlicher Seife wird an anderer Stelle ausführlich beschrieben. Sie beruht auf einem Gemisch von Fetten, das in einem entsprechenden Verhältnis mit einer Alkalilösung in ein Reaktionsgefäß gegeben wird, wo die Verseifung stattfindet. Nach der Verseifung wird die Seifen-



Ein typisches Molekül (1) einer grenzflächenaktiven Substanz hat die Form einer Kaulquappe. Es ist mit einem hydrophilen Kopf und einem hydrophoben Schwanz versehen. Durch die Oberflächenspannung hat ein Wassertropfen fast die Form einer Kugel (2). Wenn aber ein Waschmittel hinzugegeben wird, reduzieren die Moleküle der grenzflächenaktiven Substanz die Oberflächenspannung des Tropfens, so daß er zusammenfällt und sich auf der Oberfläche, mit der er in Berührung ist, verteilt (3). Waschmittel entfernen Fett aus Textilgeweben, indem sie es in Tröpfchen aufspalten, die mit Molekülen der grenzflächenaktiven Substanz bedeckt sind (4). Andere Schmutzarten, wie z.B. Rostteilchen, ziehen die Köpfe der Moleküle von grenzflächenaktiven Substanzen an und werden mit einer doppelten Schicht dieser Moleküle bedeckt, die jeweils an den Schwänzen miteinander verbunden sind (5).



masse gereinigt. In diesem Zustand ist sie als 'Seifenkern' bekannt. Dieser Seifenkern kann dann weiterverarbeitet werden.

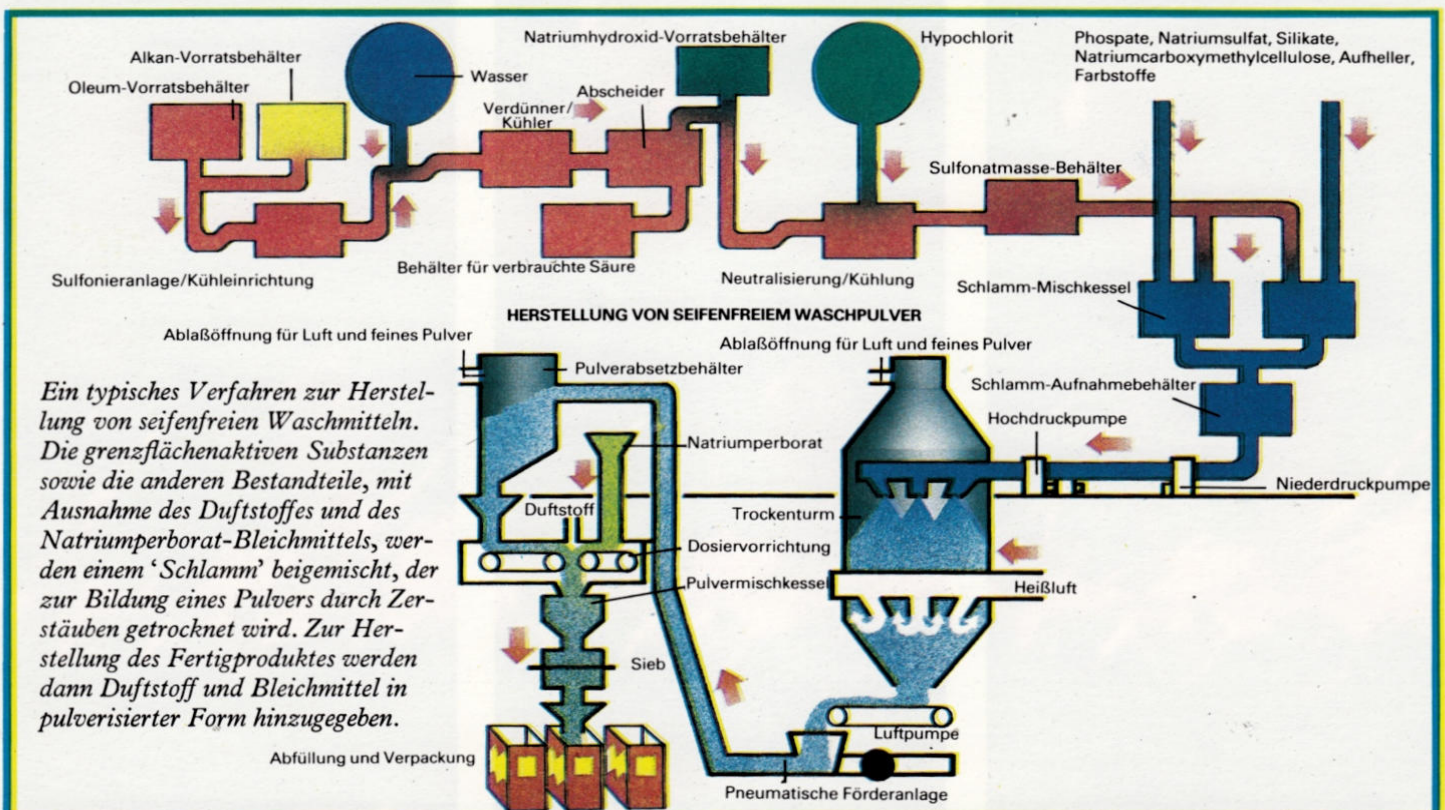
Zur Herstellung von Toilettenseifen (Feinseifen) wird die schmelzflüssige Seife gekühlt und in splitterförmige Stücke zerkleinert, bis zu einem Seifengehalt von 96% getrocknet, mit geringen Mengen von Bestandteilen wie etwa Duftstoff gemischt, zwischen Stahlwalzen dreifach gemahlen, 'stranggepreßt' (gepreßt und in Stangenform gebracht), geschnitten und geprägt. Wenn Seifenflocken hergestellt werden sollen, wird die schmelzflüssige Seife gekühlt und in splitterförmige Stücke zerkleinert, mit geringen Bestandteilmengen gemischt und zwischen Stahlwalzen, die die Seifenmasse auch in die entsprechende Form schneiden, auf die erforderliche Dicke ausgewalzt.

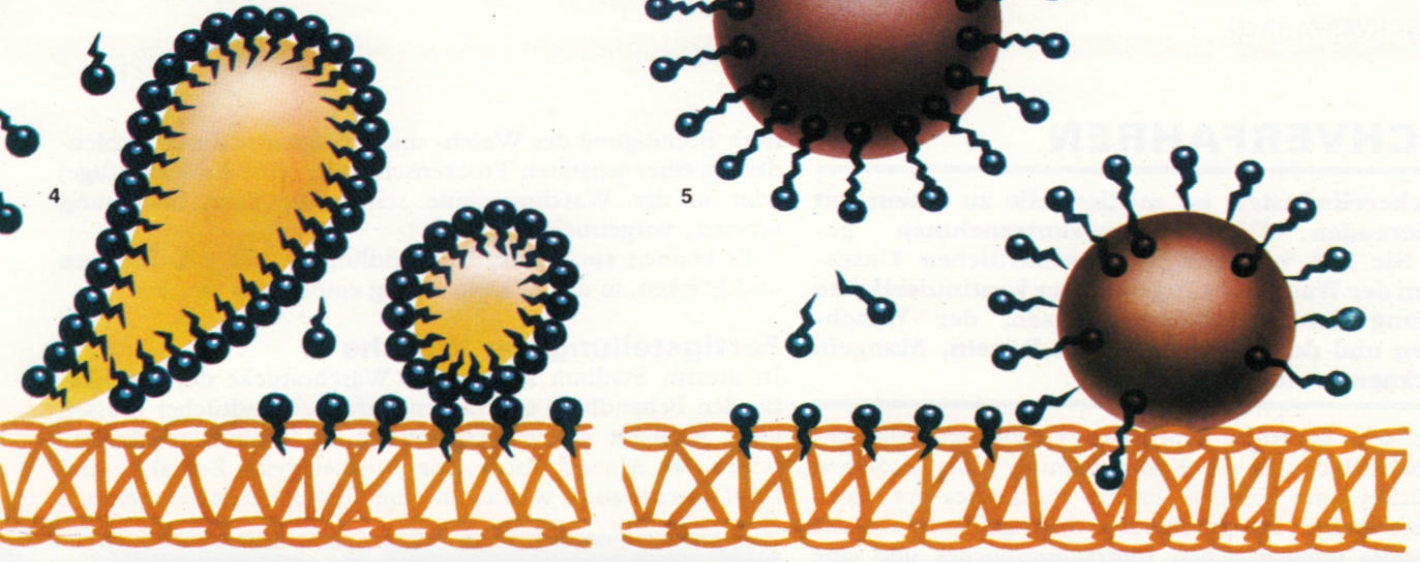
Bei Waschpulvern auf Seifengrundlage wird die schmelzflüssige Seife mit einer Gerüstsubstanz und mit Zusatzstoffen gemischt. Das Gemisch wird dann erhitzt und durch Zerstäubung gekühlt, indem es bei hohem Druck durch Düsen

im oberen Teil einer Kühlkammer gespritzt wird. Es fällt in Form von Körnchen durch einen aufsteigenden Kaltluftstrom auf ein Förderband.

Bei der Herstellung von seifenfreien Waschpulvern wird aus dem seifenfreien Waschmittel, dem Schaumverbesserer (wenn erforderlich), der Gerüstsubstanz und den Zusatzstoffen eine breiige Masse gebildet. Das Gemisch wird im Sprühverfahren getrocknet, indem es durch Düsen im oberen Teil eines Trockenturms gepumpt wird. Der Sprühnebel fällt durch einen aufsteigenden Heißluftstrom, der die Tropfen trocknet und in hohle Körnchen umwandelt. Das Pulver wird auf die gleiche Weise wie Seifenpulver gesammelt, und hitzeempfindliche (bei Erhitzung unbeständige) Bestandteile werden hinzugegeben, während das Pulver auf einem Förderband fortbewegt wird.

Die Herstellung von flüssigen seifenfreien Waschmittel-erzeugnissen ist im wesentlichen recht einfach. Das Verfahren besteht darin, durch Mischen eine stabile Lösung oder Suspension zu erhalten. Dazu sind keine komplizierten technischen Verfahren erforderlich. Die Erzeugnisse basieren auf seifenfreien Waschmitteln, die entweder fast flüssig oder außerordentlich löslich sein müssen. Auch Schaumverbesserer mit einer überdurchschnittlichen Löslichkeit müssen verwendet werden. Geringe Mengen vieler ausgefallener Waschmittelbestandteile werden in diese Erzeugnisse hineingemischt.





In diesem Trockenturm, einem der größten seiner Art in Europa (Whitehaven, England), wird im Sprühverfahren Natriumtripolyphosphat hergestellt, — ein Grundbestandteil von Waschpulver.

WASCHVERFAHREN

Die Wäschereiindustrie ist mittlerweile zu einem gut funktionierenden Dienstleistungsunternehmen geworden. Sie hat von den wissenschaftlichen Untersuchungen der Waschvorgänge und der kontinuierlichen Entwicklung der Etikettiermaschinen, der Waschmaschinen und der Maschinen zum Bügeln, Mangeln und Trocknen profitiert.

Ein erster, sehr wichtiger Schritt des Großwaschverfahrens für Haushaltswäsche ist die Kennzeichnung jedes einzelnen Wäschestückes eines Kunden. Früher wurde dies mit einem System dauerhafter Kennzeichnung durchgeführt, was die Führung eines umfangreichen Eintragungsbuches und eine ständige Neuordnung des Sortimentbereichs erforderte, wenn die Behandlung der Wäsche beendet war. Heute werden Kennzeichnungsmaschinen verwendet, die Einweg-Etiketten liefern. Der Mechanismus erlaubt die Auswahl einer Kombination von Buchstaben und Zahlen für jeden Kunden, und jedes seiner Wäschestücke erhält die für ihn ausgewählte Kennzeichnung. Die Etiketten werden von einer Bandrolle abgeschnitten, während das Band in die Maschine eingeführt wird. Es werden Wärme, Druck und ein Lösungsmittel angewendet, damit das Band an dem Wäschestück haftet. Zur gleichen Zeit wird das Kennzeichen aufgedruckt. Ein Teil des Bandes wird nicht mit Klebstoff versehen, so daß an einem kleinen Streifen das Etikett entfernt werden kann, bevor die Wäsche dann zum Schluß zur Auslieferung fertig gemacht wird. Auch Farbmarkierung wird angewendet, wobei verschiedenfarbige Bänder zur Verfügung stehen.

Die gekennzeichneten Wäschestücke werden dann in Behälter einsortiert, die entsprechend dem vorzunehmenden Waschvorgang eingeteilt sind — z.B. Behälter für Bettdecken, Bettlaken, Kopfkissenbezüge, weiße Hemden, Kunstseidenartikel, Seidenwaren, weiße Kittel, Buntwäsche, Handtücher usw.

Waschen

Die Kapazität der in den Wäschereien verwendeten Waschmaschinen liegt zwischen 10 kg und 500 kg Trockengewicht der Wäsche. Sie sind im allgemeinen mit einer beweglichen Trommel versehen — die Innentrommel dreht sich während der gesamten Wasch- und Spülgänge erst in der einen und dann in der anderen Richtung. Gewöhnlich werden die Waschbedingungen für eine bestimmte Charge vorher eingestellt. Dazu gehören die zu verwendende Wassermenge (mit Weichmacher, wenn erforderlich), die Menge der Seifenlösung (in den Wäschereien verwendet man meist Seife statt synthetischer Waschmittel) und die Alkalimenge (Natriumcarbonat oder Natriummetasilicat), die Anzahl der Wasch- und Spülgänge und die Menge des Dampfes, der zur Erhöhung der Temperatur erforderlich sein kann. Es gibt jedoch noch zahlreiche manuell gesteuerte Maschinen, bei denen Seife, Alkalilösungen und anderes noch mit der Hand in die Maschine gegeben werden und der Wasserdampfzufluß durch Ein- und Abschalten geregelt wird.

Eine neuere Entwicklung ist die kontinuierlich arbeitende Tunnelwaschmaschine, die etwa 6 m lang und an beiden Enden offen ist. Das Waschgut wird an dem einen Ende hineingegeben und in dem etwas schräg nach unten verlaufenden Tunnel weiterbewegt, was noch durch Rippen in dem Tunnel, die nach dem Prinzip einer Archimedischen Schraube (Förderschnecke) funktionieren, unterstützt wird. Sie wäscht durch Schleuderbewegungen. Überschüssige Feuchtigkeit wird entfernt, indem die Wäschestücke durch eine Mangel geleitet werden, wenn dies auch nicht so effektiv ist wie das Zentrifugalschleudern. Normalerweise wird das Waschgut

nach Beendigung des Wasch- und Spülganges durch Schleudern in einer separaten Trockenschleuder (eine Art Zentrifuge) oder in der Waschmaschine selbst, die dann hochtourig arbeitet, vorgetrocknet.

Es können auch andere Behandlungen, wie z.B. Bleichen und Stärken, in den Waschvorgang einbezogen werden.

Fertigstellung der Wäsche

In diesem Stadium können die Wäschestücke der abschließenden Behandlung unterzogen werden. Handtücher müssen nicht gebügelt werden, sie werden in Heißluft trockengeschleudert. Mangelwäsche, wie beispielsweise Bettlaken und Kopfkissenbezüge, werden in eine Glättmaschine eingeführt.

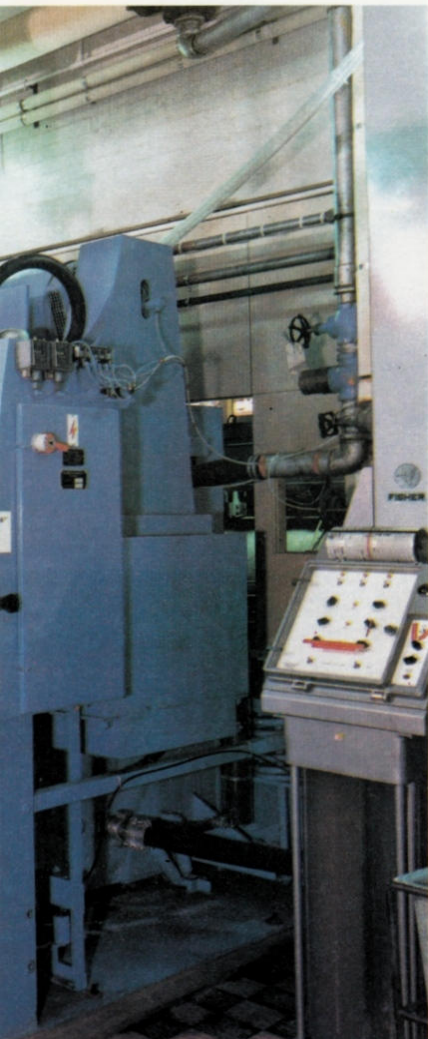


Diese besteht aus glatten, erhitzten Metallflächen, auf denen die Wäschestücke durch Berührung mit rotierenden, stoffüberzogenen Walzen weitertransportiert werden. Die Wäschestücke werden durch eine bestimmte Anordnung darüberliegender Bänder gelenkt; sie unterstützen den Weitertransport der Wäschestücke und ziehen sie auch von der letzten Walze. Die gebügelten Teile werden dann manuell oder maschinell zusammengelegt.

Zur abschließenden Behandlung von Wäschestücken, die nicht in der Mangel behandelt werden können, ist eine Reihe von Bügelmaschinen entwickelt worden. Sie bestehen im wesentlichen alle aus einer erhitzten, glatten Metallfläche, mit der alle Stellen des Wäschestücks, die gebügelt werden müssen, behandelt werden, wobei das Wäschestück selbst auf eine gepolsterte, mit Stoff überzogene Fläche gelegt wird. In gewisser Weise entspricht dies der erhitzten Fläche eines Haushaltsbügeleisens, das mit einem Wäschestück auf einem Haushaltsbügelbrett in Berührung gebracht wird; bei den

Rechts: Ohne moderne Hilfsmittel wie Waschmittel und Waschmaschinen ist Waschen harte Arbeit — wie hier in einer öffentlichen Anlage in Bombay, Indien.

Unten: Waschmaschinen in einem Krankenhaus. Unge-
wöhnlich bei dieser Anlage ist die Beschickung der Maschinen durch Beutel von oben.



CHERRY TREE MACHINE



BARNABYS

Bügelmaschinen werden jedoch keine Gleitbewegungen vollzogen. Manchmal bügelt man Hemden, indem man sie über eine Form stülpt und Wasserdampf oder Druckluft hineinleitet, so daß sie sich straffen und ohne Knitter trocknen.

Der Bedarf an intensiv gestärkten Wäschestücken wird zwar immer geringer, aber in vielen Wäschereien wird auch dieser Service geboten. Da in den zum Bügeln der Wäschestücke verwendeten Maschinen auch die Stärke gekocht werden muß, müssen diese mit überdurchschnittlichen Temperaturen betrieben werden, die gewöhnlich bei etwa 232°C liegen. Sie werden daher mit Elektrizität oder Gas beheizt. Im allgemeinen liegt der Dampfdruck der Wäschereien bei 7 bar bis 10 bar, mit dem Temperaturen von etwa 170°C bis 186°C erreicht werden.

Spezialwäschereien

Es gibt Wäschereien, die nur Wäsche für Betriebe und Institutionen waschen, wie beispielsweise Wäschereien von Firmen,

die Berufsbekleidung ausleihen, oder Wäschereien von Krankenhäusern. Eine Krankenhauswäscherei verfügt über ähnliche Maschinen, wie sie bereits beschrieben wurden; allerdings ist dort ein Etikettieren nicht erforderlich, da alle Wäschestücke in ein Zentrallager zurückgeliefert werden. Die Desinfektion ist jedoch wichtig; sie wird durch Hitzeanwendung bewirkt. In einem bestimmten Stadium des Waschvorganges wird über einen ausreichend langen Zeitraum eine hohe Temperatur gehalten.

Ein weiteres Behandlungsverfahren, das sich von den üblichen unterscheidet, ergibt sich beim Umgang mit stark verschmutzter (übelriechender) Wäsche. Diese wird in den Krankenhausstationen oder Operationssälen in Plastiksäcke gepackt. Die Säcke werden mit Alginatseide zugenäht, zur Wäscherei gebracht und in die Waschmaschine gekippt, wo sich die Alginatnähte lösen und der Inhalt des Sackes herausfällt. Manchmal bestehen auch die Säcke selbst vollständig aus dem löslichen Alginatmaterial.

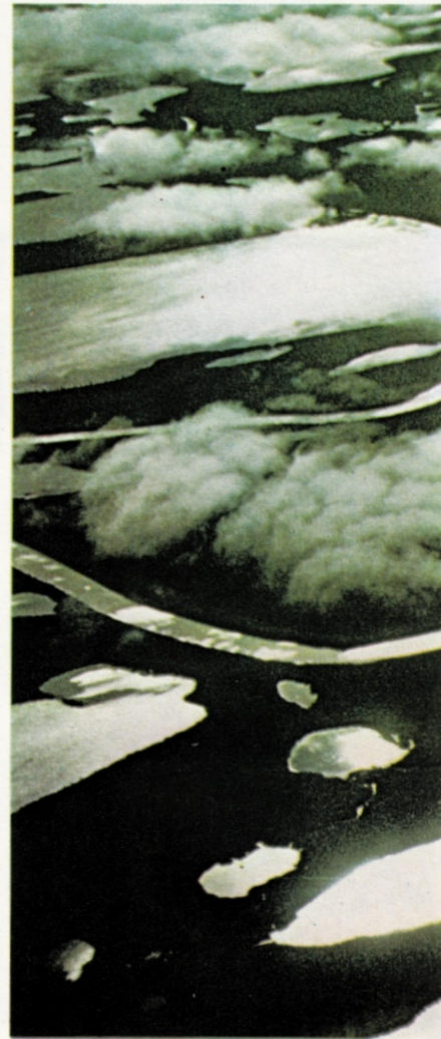
WASSER

Wasser ist die wohl am weitesten verbreitete chemische Verbindung. Es bedeckt 70 % der Oberfläche der Erde und ist lebensnotwendig für die Pflanzen- und Tierwelt.

Unten links: Rauhreif, der sich um einen Tannenzweig gebildet hat, in Nahaufnahme. Rauhreif entsteht durch Wasserdampf in der Atmosphäre, der kondensiert und gefriert. Die hexagonale Symmetrie eines Eiskristalls ist auch bei größeren Kristallen wiederzufinden.



ZEFA



Wasser (H_2O) ist eine farb- und geruchlose Flüssigkeit. Man begegnet ihm als Meerwasser, als Süßwasser in Flüssen und Seen, als Regenwasser, als Grundwasser und als Leitungswasser. Auch am Aufbau der Pflanzen- und Tierwelt ist Wasser in bedeutendem Maße beteiligt. Der menschliche Körper besteht aus 60 % bis 70 % Wasser. Manche Gemüse wie z.B. Blumenkohl oder Kopfsalat enthalten mehr als 90 % Wasser.

Es ist etwas verblüffend, daß Wasser eine Flüssigkeit ist, denn im allgemeinen sind Moleküle dieser Größenordnung Gase. Daneben hat es — im Unterschied zu den meisten anderen Flüssigkeiten — noch andere überraschende Eigenschaften.

Reines Wasser besitzt bei 18°C eine spezifische Leitfähigkeit von nur $4 \cdot 10^{-8} \text{ S/cm}$ ($10^{-8} = 1$ Hundertmillionstel, S = Einheit Siemens). Bei gleicher Temperatur hat z.B. Kupfer eine spezifische Leitfähigkeit von $6 \cdot 10^5 \text{ S/cm}$ ($10^5 =$ Zehntausend). Man kann durch eine einfache Rechnung zeigen, daß 1 Kubikmillimeter Wasser den gleichen elektrischen Widerstand hat wie ein Kupferdraht von 1 mm^2 Querschnitt und 15 Millionen Kilometer Länge. Dies bedeutet, daß reines Wasser ein ausgezeichneter Isolator ist. Schon geringste Verunreinigungen von Salzen oder die Aufnahme von Kohlenstoffdioxid lassen den Wert der spezifischen Leitfähigkeit erheblich ansteigen.

Kühlt man Wasser ab, so geht es in den festen Aggre-

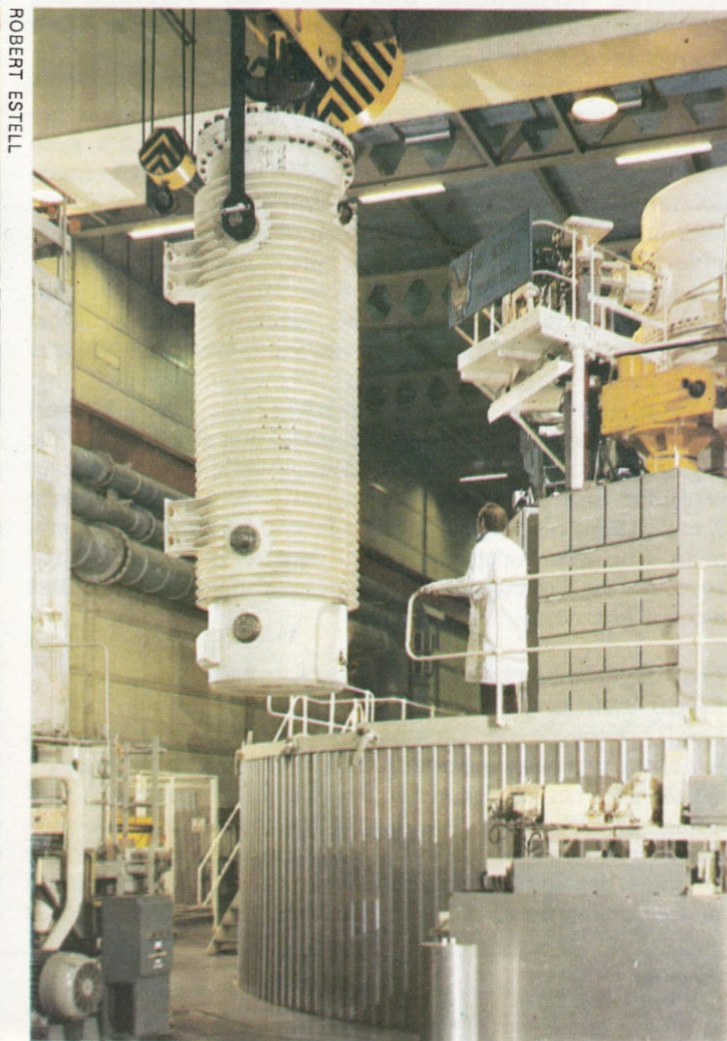
gatzustand über; man spricht von Eis. Die Dichte von Eis bei 0°C beträgt $0,9168 \text{ g/cm}^3$, die von Wasser bei derselben Temperatur $0,9999 \text{ g/cm}^3$. Dies bedeutet, daß sich Wasser beim Erstarren um 9 % oder $1/11$ ausdehnt. Eis taucht dementsprechend in Wasser zu $11/12$ ein. Eisberge im Meerwasser tauchen nur zu etwa $9/10$ ein, weil Meerwasser wegen des Salzgehaltes eine höhere Dichte hat. Da Eis ein größeres Volumen als Wasser hat, verwittern Gesteine und Gebirge. Die im Verlaufe von Jahrtausenden erfolgte Veränderung der Erdoberfläche beruht darauf, daß im Herbst in die Spalten und Risse der Felsen Wasser eindringt. Im Winter gefriert das Wasser und erweitert die Zwischenräume im Gestein so lange, bis sie schließlich zerbröckeln und beispielsweise zu Sand werden. Die ungeheure Krafteinwirkung, die Eis auszuüben vermag, kann man erkennen, wenn man eine geschlossene Flasche Bier in das Tiefkühlfach eines Kühlschranks legt. Wenn das Bier gefroren ist, zerbricht die Flasche. In gleicher Weise zerbersten Wasserleitungen, in denen das Wasser gefriert.

Setzt man Wasser Salze zu oder übt man auf Wasser einen Druck aus, so gefriert das Wasser bei sehr viel niedrigeren Temperaturen; bei einem Druck von 2 000 bar z.B. bei -20°C . Bekannt ist das Beispiel, daß Landstraßen und Autobahnen im Winter schnee- und eisfrei sind, wenn Salz gestreut wurde. Sinken die Temperaturen jedoch unter -18°C , so kann das Salz Eis und Schnee nicht mehr auflösen.

Unten: Wolken, ein Fluß und Seen. Jährlich verdunsten 420 Tm^3 (Millionen Millionen Kubikmeter) Wasser vom Meer und 80 Tm^3 vom Land. Davon fallen 120 Tm^3 als Regen oder Schnee zurück aufs Land. Eine Sonnenenergie von jährlich $400\,000 \text{ TW}$ (Millionen Millionen Watt) erhält den Kreislauf.



Unten: Der obere Teil eines Standard-Kernreaktors, der normales Wasser als Kühlmittel und schweres Wasser (D_2O) als Moderator benutzt. Ein anderer Reaktortyp kanadischer Bauart benutzt schweres Wasser sowohl als Moderator als auch — unter Druck — als Kühlmittel.



ROBERT ESTELL

UKAEA

Erhöht man die Temperatur des Wassers (von 0°C beginnend), so nimmt die Dichte des Wassers bis zu 4°C zu und sinkt bei weiterer Temperaturerhöhung wieder ab. Bei 4°C hat Wasser die Dichte $1,000 \text{ g/cm}^3$, d.h. $1\,000 \text{ cm}^3$ dieses Wassers wiegen genau 1 kg . Bedeutender aber ist dieser Dichteunterschied in der Natur. Bei Frost kühlt sich das Wasser z.B. in Seen auf 4°C ab. Da es hier seine größte Dichte hat, sinkt es nach unten, so daß das wärmere (leichtere) Wasser an die Oberfläche kommt und dort wieder auf 4°C abgekühlt wird. Erst wenn die gesamte Wassermenge eine Temperatur von 4°C erreicht hat, kann das Wasser zu Eis erstarren, das aber wegen seiner geringeren Dichte an der Oberfläche bleibt. D.h. der See friert von oben nach unten zu. Tiefere Seen frieren nie bis zum Grund zu, weshalb Fische überleben können.

Wasser ist ein ausgezeichnetes Lösungsmittel. Viele chemische Verbindungen haben eine sogenannte ionische Bindungsstruktur, bei der die Bindungskräfte auf dem Coulombschen Gesetz beruhen. (Das Coulombsche Gesetz lautet: Die Kraft zwischen zwei im Vakuum befindlichen elektrischen Ladungen ist den Ladungen proportional und dem Quadrat ihres Abstandes umgekehrt proportional.) In einem Medium ist die Kraft um die sogenannte Dielektrizitätskonstante geringer. Sie hat für Luft annähernd den Wert 1 (genau: $1,00059$). Wasser hingegen hat die außergewöhnlich hohe Dielektrizitätskonstante 81 , d.h. die Anziehungs-

kraft zwischen Ladungen in Wasser beträgt nur $1/81$ der Anziehungskraft in Luft.

Eine weitere Eigenschaft des Wassers nutzt man in Schnellkochtöpfen aus. Bei 100°C beträgt der Druck des Wasserdampfes 1 bar , bei 200°C 20 bar und bei 365°C sogar 200 bar . Durch den erhöhten Druck in einem abgeschlossenen Raum siedet das Wasser bei einer höheren Temperatur (bei $1,3 \text{ bar}$ z.B. bei 108°C), d.h. das sich im Topf befindende Gericht wird schneller gar.

Bekannt ist auch der sogenannte Kreislauf des Wassers. Wasser verdunstet aus Seen und Ozeanen. In der Atmosphäre kondensiert es sich (Wolkenbildung) und gelangt in flüssiger oder fester Form zur Erdoberfläche zurück. Von hier fließt es wieder zu den Seen oder zum Ozean ab.

Schweres Wasser

Etwa $0,02\%$ des in der Natur vorkommenden Wassers hat die Atomzahl 1 und die Atommasse 2 . Dieses Wasserstoffisotop wird Deuterium genannt; es hat das chemische Symbol D . Schweres Wasser hat die Formel D_2O . Seine physikalischen Eigenschaften unterscheiden sich von denen normalen Wassers (Siedepunkt: $101,42^\circ\text{C}$; Schmelzpunkt: $3,82^\circ\text{C}$). Außerdem hat schweres Wasser eine maximale Dichte von $1,1073 \text{ g/ml}$ bei $11,6^\circ\text{C}$ verglichen mit $1,0000 \text{ g/ml}$ bei 4°C von normalem Wasser. Schweres Wasser wird als Moderator zur Geschwindigkeitskontrolle von Neutronen in Uranstäben verwendet.

WASSERKLOSETT

Das Wasserklosett (Spülklosett) hat in Verbindung mit einem wirksamen Wasserversorgungs- und Abwasserentsorgungssystem wesentlich zur Verbesserung der sanitären Verhältnisse und somit zur Verringerung von Seuchen sowie zu allgemein besserer Gesundheit beigetragen.

Das aus einem Sitzbecken und einem Spülmechanismus bestehende Wasserklosett (WC) hat eine lange Geschichte, auch wenn sie nicht durch besondere schriftliche Überlieferungen dokumentiert sein mag. Die Steinzeitmenschen scheinen über in die Wände ihrer Steinhütten eingelassene Aborte mit einfachen Ablaufrinnen verfügt zu haben. In den alten Städten des Indusales aus der Zeit von etwa 2500 bis 1500 v. Chr. sind Aborte mit Wasserspülung entdeckt worden; Rom besaß solche Vorrichtungen im vierten Jahrhundert unserer Zeit.

Spülaborte jedoch sind gleichzeitig von einer Wasserversorgung und einer Abwasser-Kanalisation abhängig, da die abgesetzten menschlichen Verdauungsabfälle mit Wasser verdünnt und abgeführt werden müssen. Da aber solche Kanalsysteme bis etwa zur zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts nicht sehr weit verbreitet waren, dauerte es noch bis nach 1900, ehe die Toilette mit Wasserspülung allgemein eingeführt werden konnte.

Der Spülabort mit Wasserkasten (Spülkasten)

Die Technologie der meisten Spülaborte beginnt mit dem mit einem Spülkasten ausgerüsteten WC, bei dem die Wasserzufuhr über ein im Boden des Spülkastens eingesetztes Ventil erfolgt. Die Wirkungsweise des Spülmechanismus ist insofern ziemlich einfach, als lediglich ein Stopfen (Ventil) aus der im Boden des Spülkastens befindlichen Öffnung herausgezogen zu werden braucht, um ungefähr acht Liter Wasser in das

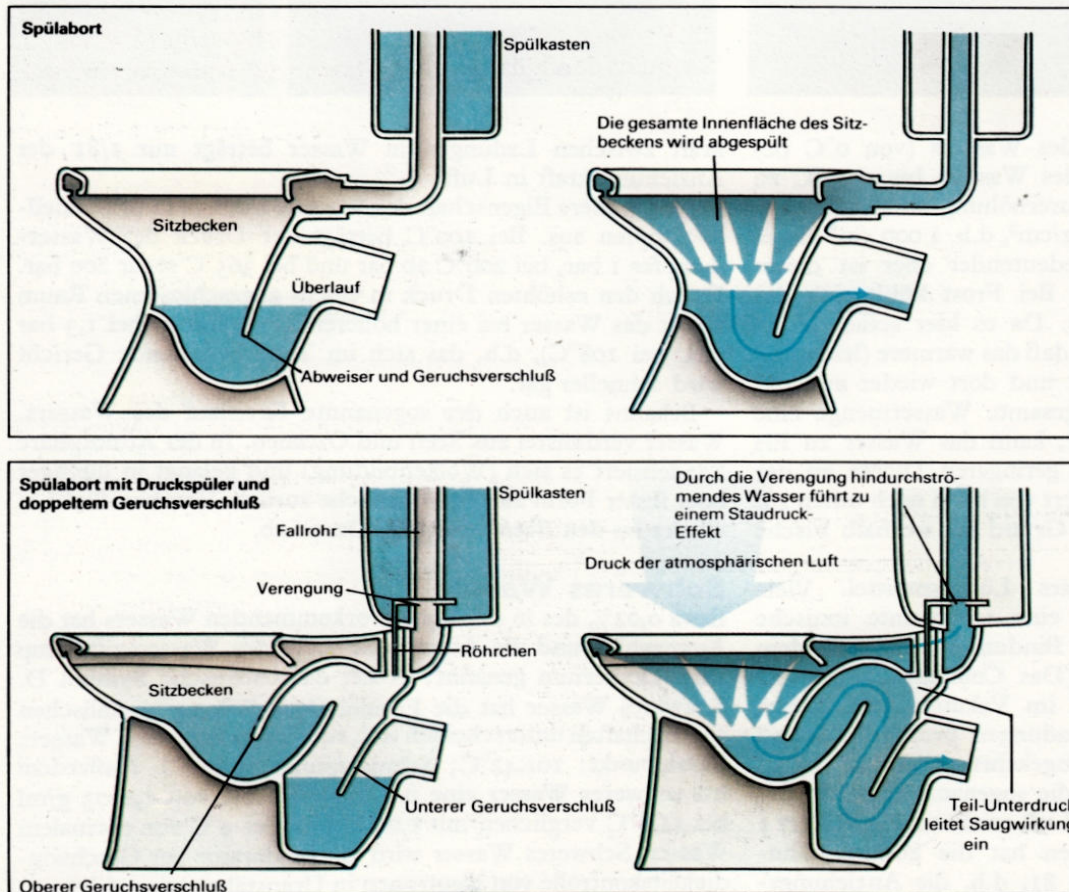
Sitzbecken einströmen zu lassen. Der Abfluß des Beckeninhaltes erfolgt durch das Abflußrohr. Das Ventil steht mit einem Gewicht in Verbindung, das auf seinem Hebelarm so eingehängt ist, daß das Ventil nach dem Loslassen der Zugkette wieder in die Abflußöffnung zurückfällt und ein weiteres Ausfließen von Wasser aus dem Spülkasten verhindert. Nach dem Spülvorgang wird der Spülkasten selbsttätig wieder gefüllt, und der mit dem Wasserstand aufsteigende Schwimmer stellt die Wasserzufuhr in entsprechender Höhe ab (Zulaufsperr), damit der Spülkasten nicht überläuft.

In den meisten Gemeinden wird jedoch die höchstzulässige Wassermenge für jeden Spülvorgang auf etwa 8 bis 9 Liter begrenzt, weshalb der Spülkasten nicht unbedingt die beste Lösung ist, da das mit einer Lederscheibe abgedichtete Ventil undicht werden und ein Ausfließen unterschiedlicher Wassermengen bewirken kann.

Spülaborte mit Druckspüler

Moderne, nach dem Druckspülsystem arbeitende Spülvorrichtungen haben das alte System — zumindest in öffentlich zugänglichen und in Betrieben installierten Toiletten — abgelöst.

Beim Druckspüler ist im Ruhezustand die Druckkammer mit unter Leitungsdruck stehendem Wasser gefüllt. Der Wasserdruck und die Gegendruckfeder drücken das obere Ventil und den Sperrkolben auf die Durchflußöffnung im Druckspüler-Gehäuse. Bei Benutzung der Wasserspülung wird ein Hebel (mitunter auch ein hand- oder fußbetätigter Druckknopf) gedrückt. Durch diese Bewegung hebt sich zunächst das obere Ventil, so daß sich die Druckkammer entleeren kann. Dadurch hebt sich der entlastete Sperrkolben von der Dichtfläche ab und gibt den Hauptabfluß zum Sitzbecken frei. Wird nun der Hebel losgelassen, dringt durch die untere Düse Wasser in die Druckkammer ein und drückt gemeinsam mit der Feder das Ventil und den Sperrkolben wieder in ihre Ausgangsstellung. Die Geräuschdämpfung erfolgt auf der Zulaufseite des Druckspülers durch



Rechts: Eine moderne Tiefspülklosettkombination aus Badkeramik. Das Modell gibt es sowohl mit waagrecht als auch senkrechtem Abgang.

Links: Zwei Arten des W.C. Bei der Wirkungsweise des Spülabortes geht man davon aus, daß das Wasser ein Mitströmen des Beckeninhalts am Abweiser des Geruchsverschlusses vorbei und in das Abwasserrohr hinein bewirkt. Bei dem Spülabort mit Siphon und doppeltem Geruchsverschluß wird die Staudruckwirkung der im Rohr befindlichen Luft zur Erzeugung eines Teil-Unterdrucks benutzt, durch den wiederum die Saugwirkung entsteht. Eine größere Sitzbeckenfläche gestattet den Zutritt eines höheren atmosphärischen Druckes und frisches Wasser ersetzt das alte.

PUMPE UND FILTER

Der Filter ist fest eingebaut, perforiert und gegen Korrosion mit Teflon umgeben. Die Pumpe ist mit einem Sprühsystem versehen, das den Filter von innen säubert.

BECKENFUNKTION

Die Reinigung des Beckens erfolgt durch hochwirksame Wirbelspülung. Versiegelung und Geruchsverschluß erfolgt durch eine mit Gegengewicht versehene Klappe.

DROSSELVENTIL UND SPÜLSCHLAUCH

Das Wasserversorgungssystem ist mit einem Schlauch ausgerüstet, der Wasser auf den Tankboden spritzt, wenn der Tankabfluß zur Reinigung nach der Landung geöffnet wird.

TANKKONSTRUKTION

Unter Druck geformter Plastiktank aus einem Stück. Feuerabweisendes Polyethylen sorgt für Haltbarkeit und Resistenz gegen Chemikalien.

Oben: Querschnitt durch eine Toilettenanlage, wie sie in Flugzeugen wie z.B. der Boeing 727 verwendet wird. Die Spülung und Reinigung des Tanks erfolgt durch eine auf einen Filter (rot) aufgesetzte Pumpe (hellrot).

einen gefederten Stoßdämpfer und auf der Abflußseite durch einen in einem Gummirohr befindlichen Abflußkegel. Sowohl der Stoßdämpfer als auch der Abflußkegel sind aus einem schalldämpfenden Kunststoff hergestellt. Zwischen dem Druckspüler und dem Sitzbecken muß ein Rohrunterbrecher eingesetzt sein, der verhindern soll, daß es bei in der Frischwasserzuleitung entstehender Saugwirkung zu einem Aufsteigen der Schmutzwassersäule kommt.

Im Sitzbecken wird durch S-förmige Rohrführung ein Wasserverschluß gegen Geruch erzeugt. Damit nun das nach jedem Vorgang in diesem Rohr zurückbleibende Wasser (der 'Wasserverschluß') nicht mit abgesaugt werden kann, muß das in die Kanalisation führende Rohr in Aufwärtsrichtung entlüftet werden. Dies geschieht in der Regel durch ein Rohr, das meist durch das Dach des betreffenden Hauses hindurchgeführt wird.

In der Regel werden das Sitzbecken und das S-Rohr aus Keramik und nicht in das Becken integrierte Rohre aus Keramik, Kupfer oder Polyethylen hoher Dichte hergestellt. Die Werkstoffe und die Formgebung aller mit den Schmutzstoffen in Berührung kommenden Konstruktionsteile müssen bestimmten Normen entsprechen. Alle Teile eines Spülabortes müssen haltbar, wasserfest und korrosionsfest sein; die Form muß eine glatte Oberfläche ohne Erhebungen oder Nischen, in denen sich Schmutz absetzen könnte, zur leichteren Reinigung und Selbstreinigung durch die Wasserspülung besitzen. Das Innere von Sitzbecken und Abfluß muß das Wasser auf einfache Weise ablaufen lassen. Die fertigen Sitzbecken und Rohre werden abschließend zur Erzielung eines porenfreien, glänzenden Überzuges von etwa 1 mm Dicke glasiert. Teilweise oder gänzlich aus Metall hergestellte Spülwände für Pissiors werden entweder aus hochwertigen Metalllegierungen hergestellt oder emailliert. Häufig sind sie mit einer Zentralspülung ausgerüstet.

Der Spülabort bietet insofern Vorteile, als durch seine Benutzung menschliche Verdauungsabfälle schnell und unauffällig beseitigt werden. Seine Wirksamkeit wird durch moderne Installationsverfahren gesteigert, die ein Austreten von Luft aus den Toilettenrohren in die Wohnung verhindern. So wird z.B. das in den Rohrbiegungen verbleibende Wasser zur Verhinderung des Austretens von Dünsten aus dem Fallrohr (Wasserverschluß) benutzt und für eine Ablüftung ins Freie, die meist über das Dach geführt wird, gesorgt.

TREVOR LAWRENCE

KERAMAG



WASSERMÜHLE

Europa verdankt den Beginn seiner industriellen Vormachtstellung der weit verbreiteten Nutzung der Wassermühle als Energiequelle.

Bei den ältesten Wassermühlen, die schon den Römern im 1. Jahrhundert v. Chr. bekannt waren, handelte es sich um zwei verschiedene Typen. Bei dem einen war das Wasserrad horizontal unter den Mühlsteinen angeordnet und wurde von einem auf seine Schaufeln gerichteten Wasserstrom angetrieben.

Der andere Mühlentyp hatte ein vertikales Wasserrad. Das fließende Wasser wurde entweder unter den Schaufeln entlang (unterschlächtiges Wasserrad), durch ein Gerinne von oben über das Rad (oberschlächtiges Wasserrad) oder auch auf

***Rechts:** Innenansicht einer englischen Schmiede aus dem 18. Jahrhundert. Die Schmiede hat zwei Hämmer und ein Hebezeug, die alle mit Wasserkraft betrieben wurden. Im Mittelalter und während der Renaissance waren Handwerksbetriebe auf Wasser als Energieform angewiesen. Wasser als Antriebskraft behielt seine Bedeutung bis ins Zeitalter der frühen Industrialisierung. Noch heute heißen englische Stahlwerke und Textilfabriken 'mills' (= Mühlen).*

***Unten:** Oberschlächtiges Wasserrad einer Mühle in Arkansas, USA.*



BRIAN BRACEGIRDLE



PHOTRI

etwa halber Höhe des Rades in an seinem Umfang angebrachte Eimer (mittelschlächtiges Wasserrad) geleitet. Man schätzt, daß römische Wassermühlen bei einem Raddurchmesser von ungefähr 2,5 m und einer Geschwindigkeit von 30 U/min bis 40 U/min eine Leistung von 2 kW bis 5 kW erbringen konnten, was wiederum einer Produktion von etwa 300 kg Mehl pro Stunde entsprach.

Erst im 11. Jahrhundert wurde die Wassermühle auch für andere Zwecke als nur zum Getreidemahlen eingesetzt. Bereits im 12. Jahrhundert war diese Mühlenform jedoch so weit weiterentwickelt, daß auf ihr auch Eichenrinde für die Gerbereien und Maische für die Brauereien gemahlen werden konnten. Daneben ließ sich die Wassermühle auch als Antrieb für Hämmer, Blasebälge, Stanzen und Sägen verwenden. So gingen im Laufe des Mittelalters immer mehr Industriezweige auf die Nutzung der Wasserkraft über. Die mittelalterliche

Eisenindustrie etwa hätte ohne ihre wasserkraftbetriebenen Öfen und Schmieden kaum überleben, geschweige denn sich weiterentwickeln können. Auch zur Zeit der Renaissance war man auf die Wasserkraft angewiesen — z.B. um Stoffreste zu zerkleinern, die für die Papierherstellung benutzt wurden.

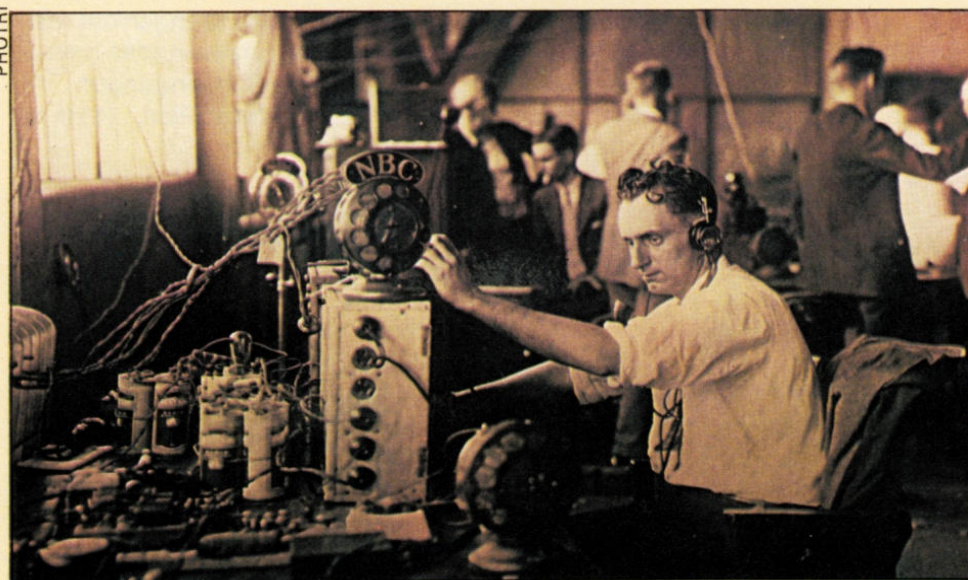
Trotz des ständig wachsenden Einsatzes der Wasserkraft in der Industrie machte die Entwicklung der Größe und des Wirkungsgrads des Wasserrades kaum Fortschritte. So bestand es weiterhin vornehmlich aus Holz und übertrug seine Energie über ein ebenfalls hölzernes Räderwerk. Berechnungen haben ergeben, daß ein Wasserrad von 4 m Durchmesser bei einer Arbeitsgeschwindigkeit von 30 U/min. bestenfalls eine Leistung von 7,5 kW erbringen konnte.

Die Nutzung der Wasserkraft schien Industrieansiedlungen lange Zeit auf die Flußtäler zu beschränken. Erst nachdem die Dampfmaschine ihre Zuverlässigkeit bewiesen hatte, rückte die Industrie näher an ihre neue Energiequelle — die Kohle — heran. Die Wassermühle verlor mehr und mehr an Bedeutung und blieb nur in abgelegenen ländlichen Gegenden in ihrer ursprünglichen Form als Getreidemühle erhalten. Heute haben die mit der Erhaltung der Mühlteiche, Gerinne und Schleusen sowie der Mühlengebäude selbst verbundenen hohen Kosten die Wassermühle als Energiequelle unwirtschaftlich werden lassen.

Erfindungen 6: RADIO UND FERNSEHEN



RADIO TIMES HULTON PICTURE LIBRARY



Oben: Vor etwa 40 Jahren besaß längst nicht jeder ein Radio. Zum Zuhören ging man z.B. in ein Lokal.

Links: Aus der Pionierzeit des Rundfunks: ein amerikanischer Sender, der 'drahtlos' ausstrahlt. Zur Stromversorgung dienen Trockenbatterien. Der Sender arbeitete mit einer einzigen Senderöhre.

Die ersten drahtlosen Funkübertragungen führte Heinrich Hertz (1857 bis 1894) im Jahre 1886 vor. Die Übertragungsstrecke war knapp einen Meter lang; die übermittelte Nachricht bestand in einem einfachen Energietransport, der als Funke im Luftspalt einer Drahtschleife auftrat. Als der zwanzigjährige Marconi (1874 bis 1937) acht Jahre danach den Vorgang überprüfte, hatten schon

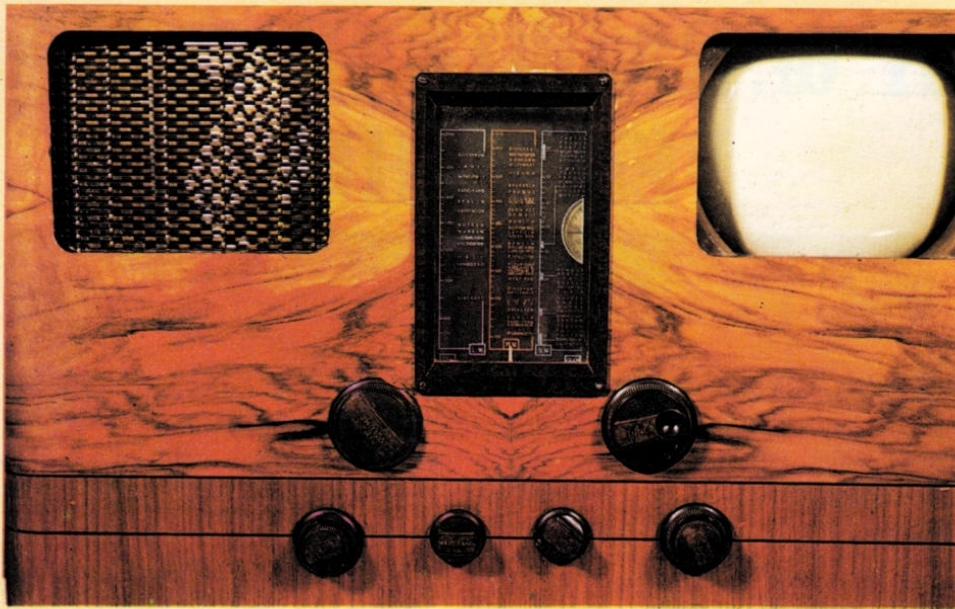
einige Männer wie Oliver Lodge (1851 bis 1940) und der von den Sowjets als Erfinder des Radios angegebene A. S. Popov (1859 bis 1906) die Eigenschaften der neuartigen 'Hertzschen Wellen' studiert.

Die frühen Rundfunkgeräte

Es war Marconis Verdienst und seinem Einsatz zu verdanken, daß die Radiowellen aus dem Stadium

der Universitäts-Forschungslaboratorien herausgebracht und sich einschlägige Industriebetriebe mit ihnen vertraut machen konnten. Als erster hauptsächlicher Anwendungszweck boten sich Nachrichtenverbindungen über Gewässer an, bei denen die schon bewährten Telegrafien- und Telefonverbindungen versagten. Im Jahre 1897 glückte Marconi das Senden von Signalen zu einem Schleppkahn in etwa 30 km Entfernung. Innerhalb von wenigen Jahren war es für Schiffsbesatzungen selbstverständlich, mit den neuen 'drahtlosen' Geräten Funkverbindungen zu Landstationen aufzunehmen.

Die ersten Empfänger waren mit



Eine Rundfunk/Fernsehkombination aus der Zeit vor dem 2. Weltkrieg. Diese Kombination mit 18 cm Bildschirmdiagonale konnte man schon 1938 kaufen.

Gegen Mitte der zwanziger Jahre erfanden Rice und Kellogg in den USA den Schwingspulenlautsprecher, dessen grundlegende Konstruktion bis heute unverändert geblieben ist.

Beginn des Fernsehens

Das Fernsehen war zwar eine logische Weiterentwicklung des Radios, doch mußte eine Reihe von Problemen gelöst werden. John Logie Baird (1888 bis 1946) war der erste, der eine Methode zur Umwandlung von wechselnden Bildern in elektrische Signale vorführen konnte. Er stellte im Jahre 1926 ein elektromechanisches Verfahren zur Fernsehübertragung vor, das jedoch in vielerlei Hinsicht unbrauchbar war. Vladimir Zworykin (geb. 1889) erfand in den USA ein elektronisches System, das von einer Mitarbeitergruppe bei EMI in Großbritannien perfektioniert und schließlich angenommen wurde.

Die ersten öffentlichen Fernsehsendungen fanden in Deutschland im Jahre 1934 statt; anfangs löste man die Bilder in 180 Zeilen, später in 441 Zeilen auf. In England begann man im Jahre 1936 mit der Aussendung von Fernsehsendungen mit 405 Zeilen. Die Bildsignale wurden immer hochfrequenten Schwingungen im VHF-Bereich aufmoduliert (VHF = Very High Frequency).

Fernsehbildröhren

Die ersten Fernsehempfänger besaßen Bildröhren mit einem Durchmesser von 12,5 cm. Kurz vor dem Zweiten Weltkrieg führte man Rechteckbildröhren mit einer Diagonalen von 23 cm ein. Sie benötigten hohe Leistungen. Nach dem Kriege war man bemüht, den Bildschirm größer zu gestalten und die Elektronik im Gerät stärker zusammenzufassen. Im Verlaufe der fünfziger Jahre galten die neuen Geräte mit einem Schirmdurchmesser von 53 cm als großer Luxus.

Die Erfindung des Transistors im Jahre 1948 wurde von der Fachwelt nicht sofort als Beginn einer revolutionären Entwicklung in der Elektronik erkannt. Heute lassen sich die elektrischen Schaltkreise im Fernsehapparat sehr kompakt aufbauen. Lediglich das Volumen der Bildröhre ist für die Größe des Gerätes bestimmend geblieben.

einem Gerät gekoppelt, das einem Telegrafenapparat ähnelte. Es schrieb die empfangenen Morsesignale auf Papierstreifen. Fielen die Signale mit großen Feldstärken ein und besaß der Empfänger ausreichende Empfindlichkeit, so konnten Kopfhörer angeschlossen werden. Der Funker notierte die im Morsealphabet übermittelten Botschaften auf diese Weise schneller als das druckende Anschlußgerät.

Man erfand verschiedene Anschlußgerätetypen; das kritischste Bauelement blieb dabei immer der Detektor, der die Nachricht vom hochfrequenten Träger trennt. Marconis erste Empfänger arbeiteten mit einem sogenannten Fritter oder Kohärer. Der Fritter bestand aus einem mit Metallpulver gefülltem Glasröhrchen. An beiden Enden des Glasröhrchens waren Elektroden angebracht, an die man die Antenne anschließen mußte. Unter dem Einfluß der Radiowellen änderte sich der Abstand der Metallteilchen und damit der Gesamt Widerstand der Anordnung. Der Fritter mußte sowohl gleichmäßig schwingen als auch bei konstantem Empfang die Feilspäne trennen. Durch Klopfen auf das Glasröhrchen ließ sich neue Empfangsbereitschaft herstellen.

Bald erschienen verbesserte Detektoren. Kristalle auf der Grundlage von Magneteisenstein oder Silicium, die man mit einem dünnen Draht abtasten mußte, fanden weite Verbreitung. Detektorempfänger waren bis zur Einführung der Glühkathodenröhre (Vakuumröhre) nach dem Ersten Weltkrieg weit verbreitet und blieben wegen ihrer Einfachheit und ihres geringen Preises unter jungen Hobbybastlern bis zur Erfindung der Transistoren sehr populär.

Rundfunkübertragung von Sprache und Musik

Erste Funkübertragungen gesprochener Worte im Weitverkehr fanden in Deutschland und Amerika im Jahre 1906 statt, jedoch schien niemand die große Bedeutung dieser Experimente zu erkennen. Die Schiffsbesatzungen konnten große Entfernungen mit Hilfe von Morsegeräten überbrücken; eine Sprechverbindung, die kompliziertere Geräte erforderte, brachte keine großen Vorteile. Die Ablehnung hielt bis zur Erfindung der Triodenröhre durch den Amerikaner de Forest (1873 bis 1961) an. Jetzt wurden auch Sprach- und Musikübertragungen erleichtert.

Die ersten regulären Rundfunksender nahmen im Jahre 1921 allmählich ihren Dienst auf; das erste große Konzert wurde in Deutschland im Jahre 1920 vom Sender Königswusterhausen versuchsweise ausgestrahlt.

Die Entwicklung der Lautsprecher

Das Betreiben eines Rundfunkempfängers war in den zwanziger Jahren ein waghalsiges Unterfangen. Die Empfangssignale waren so schwach und die Verstärkung der Empfänger derartig gering, daß ein Antennen draht zehn Meter über dem Erdboden gut isoliert, gewöhnlich quer durch den Garten wie eine überhohe Wäscheleine, geführt werden mußte. Wegen der schlechten Verstärkereigenschaften konnten solche Geräte nur mit Kopfhörern betrieben werden. Die ersten Lautsprecher waren nichts anderes als Kopfhörer, an die Megaphontrichter befestigt wurden, deren Ausgangssprechleistung so lange verständlich blieb, wie sich alle Zuhörer im Raum ruhig verhielten.