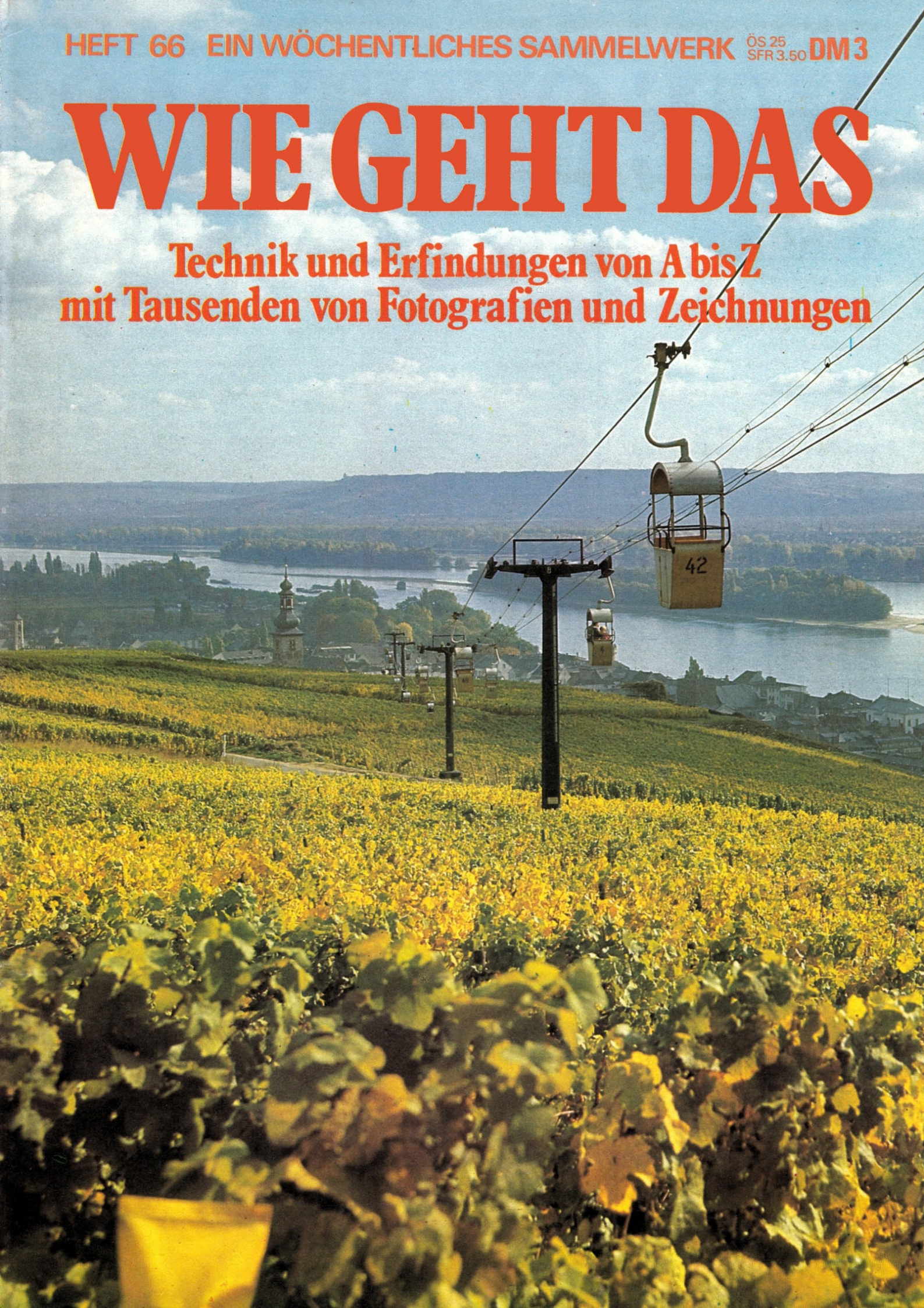


HEFT 66 EIN WÖCHENTLICHES SAMMELWERK ÖS 25 SFR 3.50 DM 3

WIE GEHT DAS

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



scan: **IGDL**

WIE GEHT DAS

Inhalt

Wasserstoff	1821
Wattmeter und Stromzähler	1824
Webstuhl	1828
Wechselstrom und Wechselspannung	1832
Weinherstellung	1837
Weitwinkel- und Zoomobjektive	1842
Werkzeugmaschinen	1845

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.

In Heft 67 von Wie Geht Das



Windmühlen und Windpumpen wurden vor über 1300 Jahren in Persien zum Mahlen von Korn und zum Pumpen von Wasser benutzt. Auch heute sind sie in vielen Teilen der Welt noch in Gebrauch. Außerdem erforscht man in zunehmendem Maße die Möglichkeit, aus Wind Elektrizität zu gewinnen. In Heft 67 von Wie Geht Das können Sie alles über die Gewinnung von Windenergie nachlesen.

Während der letzten zehn Jahre hat es auf dem Gebiet der wortverarbeitenden Systeme eine rapide Vorwärtswentwicklung gegeben. Erfahren Sie in der nächsten Ausgabe von Wie Geht Das, woraus diese Systeme bestehen und wie sie funktionieren.

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.

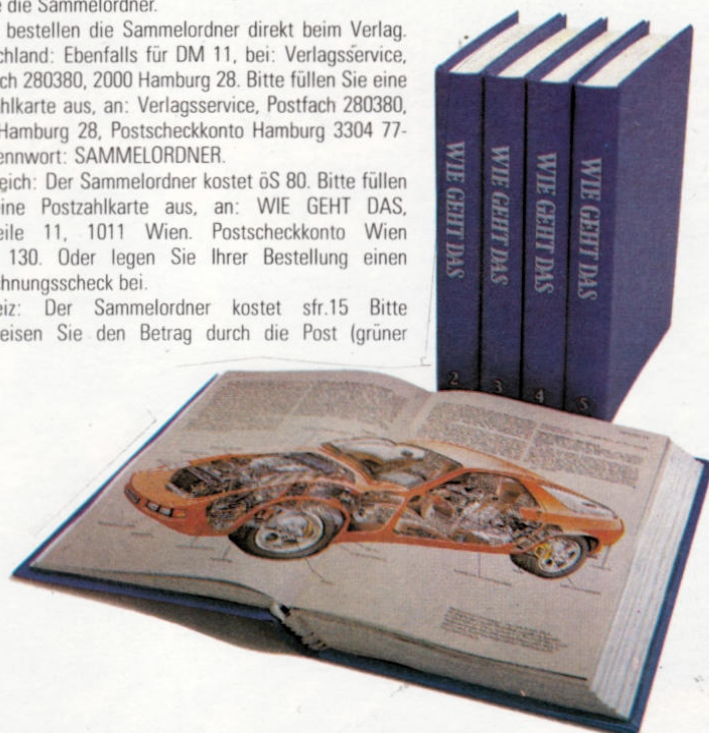
2. Sie bestellen die Sammelordner direkt beim Verlag. Deutschland: Ebenfalls für DM 11, bei: Verlagsservice, Postfach 280380, 2000 Hamburg 28. Bitte füllen Sie eine Postzahlkarte aus, an: Verlagsservice, Postfach 280380, 2000 Hamburg 28, Postscheckkonto Hamburg 3304 77-202 Kennwort: SAMMELORDNER.

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 Überweisungskopie Ihre vollständige Anschrift gut leserlich enthalten.



WASSERSTOFF

Wasserstoff ist das leichteste und eines der bedeutendsten chemischen Elemente. Als einen der zwei Bestandteile von Wasser (H_2O) benötigt man ihn zum Leben; in Zukunft könnte er einer der wichtigsten Brennstoffe werden.

Wasserstoff ist das leichteste chemische Element. Ein Liter Wasserstoff wiegt bei $0^\circ C$ und Atmosphärendruck nur 0,0898 g. Er tritt immer molekular (H_2) auf. Dieses farb- und geruchlose Gas ist leicht entzündbar und verbrennt in Luft oder SAUERSTOFF stürmisch, manchmal sogar explosionsartig zu WASSER, wenn nur ein einziger Funke auftritt. Wegen seiner hohen Reaktionsfähigkeit findet man Wasserstoff in vielen chemischen Verbindungen in der Erdkruste. Man trifft ihn in gebundenem Zustand vorwiegend in Wasser, Felsen, Rohöl und organischen Verbindungen an. Als atomarer Wasserstoff kommt er in geringen Mengen in der Luft (0,00005 Volumenprozent) und in riesigen Mengen in Sonnen vor.

Neben dem Wasserstoff mit der Atommasse 1 kennt man noch zwei ISOTOPE: Deuterium (D) und Tritium (T). Deute-

rium hat in seinem Kern ein Proton und ein Neutron—ein normales Wasserstoffatom hat in seinem Kern nur ein Proton. Es wird schwerer Wasserstoff genannt, weil seine Atommasse doppelt so groß wie normaler Wasserstoff ist. Tritium ist dreimal so schwer wie normaler Wasserstoff. Es ist radioaktiv mit einer Halbwertszeit von 12,5 Jahren. Wegen seiner Radioaktivität ist Tritium leicht zu erkennen. Deshalb verwendet man tritiummarkierte Wasserstoffverbindungen z.B. zur Untersuchung von Reaktionsmechanismen. Deuterium ist in Form von Lithiumdeuterid ein wesentlicher Bestandteil der Wasserstoffbombe.

Herstellung

In den USA wird etwa 75% des Wasserstoffs aus Naturgas gewonnen, das vorwiegend aus Methan (CH_4) besteht. Ebenso kann Raffineriegas, das bei der Ölraffination abfällt und aus einem Gemisch von Methan, Propan (C_3H_8) und Butan

Unten: Eine Lockheed-L-1011-Tristar. Ein internationales Gremium plant zur Zeit eine mit flüssigem Wasserstoff angetriebene Ausführung der Maschine zur Frachtbeförderung.



(C_4H_{10}) besteht, zur Wasserstoffgewinnung herangezogen werden. Die Gase werden mit Wasserdampf bei etwa $700^\circ C$ bis $800^\circ C$ in Anwesenheit eines Nickelkatalysators behandelt. Die Gase reagieren mit dem Wasser unter Bildung von Kohlenstoffmonoxid und Wasserstoff:



Methan Wasser Kohlenstoffmonoxid Wasserstoff
Das Kohlenstoffmonoxid wird durch Weiterbehandlung mit Wasserdampf bei Anwesenheit eines Katalysators bei erhöhten Temperaturen in Kohlenstoffdioxid und Wasserstoff umgewandelt. Kohlenstoffdioxid läßt sich dann z.B. durch Tiefkühlung abtrennen. In gleicher Weise kann Wasserstoff großtechnisch aus Kohle gewonnen werden.

Eine andere großtechnische Methode zur Gewinnung von Wasserstoff ist die ELEKTROLYSE, bei der reiner Wasserstoff gewonnen wird. Bei der elektrolytischen Zersetzung einer Kochsalzlösung während der Herstellung von Natronlauge entsteht als Nebenprodukt Wasserstoff. In Gegenden, wo Elektrizität teuer ist, elektrolysiert man Wasser zur Wasserstoffgewinnung. Ein derartiges Werk besteht aus hintereinandergeschalteten Zellen. In jeder Zelle befindet sich Wasser, dem Natriumhydroxid zur Erhöhung der Leitfähigkeit zugesetzt ist. Die linke Elektrode (Anode) besteht aus Nickel, die rechte Elektrode (Katode) aus Eisen. Die mittleren Elektroden bestehen aus vernickeltem Eisenblech. Eine Scheidewand (Diaphragma) in den einzelnen Zellen verhindert das Vermischen von Wasserstoff- und Sauerstoffgas zu dem gefährlichen Knallgas.

Bei einem anderen Verfahren wird Wasserstoff aus Wassergas, einem Gemisch aus Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid, gewonnen. Man erhält Wassergas, wenn man Wasserdampf bei begrenztem Sauerstoffanteil über rot glühende Kohle leitet. Hierbei entsteht ein Gasgemisch aus Wasserstoff, Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid, Stickstoff und Spuren von Verunreinigungen. Der Wasserstoff muß dann noch gereinigt werden (z.B. durch Ausfrieren).

Anwendung von Wasserstoff

Die Hauptanwendungsgebiete für Wasserstoff sind die Ammoniakherstellung, die Entschwefelung von Mitteldestillaten und Hydrocracken in der Erdölindustrie (Cracken = Aufbrechen von Bindungen), die Methanolherstellung aus Wasserstoff und Kohlenstoffmonoxid, das Härten pflanzlicher Öle und Fette sowie die Herstellung von Salzsäure (HCl). Beim Hydrocracken werden aus Wachsdestillaten durch Zufuhr von Wasserstoff leichtere Kohlenwasserstoffe gewonnen.

Durch die große, beim Verbrennen auftretende Wärmeenergie wird Wasserstoff auch beim Schneiden und Schweißen von Metallen verwendet. Eine Sauerstoff/Wasserstoff-Flamme erreicht Temperaturen von über $2000^\circ C$. Beim elektrischen Lichtbogenschweißen wird atomarer Wasserstoff gebildet, mit dem Verbrennungstemperaturen von etwa $4000^\circ C$ erzielt werden können. Wasserstoff ist ein starkes Reduktionsmittel, so daß sich oxidische Metallgesteine zu reinem Metall reduzieren lassen. Komprimierter Wasserstoff wird zum Kühlen von Dynamos herangezogen. Seine Vorteile sind die geringe



Links: Ein Elektrolysegerät zur Gewinnung von Wasserstoff. Der hier gewonnene Wasserstoff wird zur Herstellung von Fettalkoholen verwendet.

Rechts: Ein Elektrolysegerät. Der Wasserstoff wird aus Wasser gewonnen. Das Gerät besteht aus 100 bis 556 engen Druckzellen, die alle eine Katode und Anode haben und durch ein Diaphragma abgeteilt werden. Der Elektrolyt (Ätzkali) wird zusammen mit dem Wasser von unten eingepumpt. Die entstandenen Gase bilden ein Emulsionsgemisch mit dem Elektrolyten. Sie werden über getrennte Kanäle den beiden oberen Rohren zugeführt. Die Gase werden hier vom Elektrolyten, der wiederverwendet wird, getrennt.

Dichte und die hohe Wärmeleitfähigkeit. Außerdem kann bei Funkenentladungen kein Ozon entstehen, der das Isolationsmaterial zerstören würde. Wasserstoff kühlt besser als Luft, wodurch der Widerstand und die Verluste der Dynamowicklungen herabgesetzt werden. Dies bewirkt eine Verbesserung der Ausgangsleistung der Dynamos.

Wasserstoffverbindungen

Wasser (H_2O) ist wohl die bekannteste Wasserstoffverbindung. Bekannt sind jedoch auch die SÄUREN und Laugen: Salzsäure (HCl), Schwefelsäure (H_2SO_4), Salpetersäure (HNO_3), Essigsäure (CH_3COOH), Natriumhydroxid (NaOH), Kaliumhydroxid (KOH) und Ammoniumhydroxid (NH_4OH). Wasserstoffperoxid (H_2O_2) ist dickflüssig und hat hervorragende Oxidationseigenschaften. Im Handel wird H_2O_2 als 3%ige Lösung zum Bleichen und Desinfizieren angegeben. 30%ige Wasserstoffperoxidlösung wird in der Industrie verwendet. Reines Wasserstoffperoxid zersetzt sich leicht in Wasser und Sauerstoff. 90%iges H_2O_2 wird als Oxidationsmittel bei Raketentreibstoffen verwendet.

Hydrosulfid (H_2S) ist ein giftiges Gas, das nach verfaulten Eiern riecht. Es tritt als Nebenprodukt bei vielen industriellen Verfahren, wie z.B. der Entschwefelung von organischen Verbindungen, auf. Man trifft Hydrosulfid in manchen Mineralquellen und speziell in vulkanischen Bereichen an. Ein anderes giftiges und sehr unangenehm riechendes Wasserstoffgas ist Hydrogenphosphid (PH_3). Beide Wasserstoffgase sind brennbar.

Das beißende, farblose Gas Hydrogenchlorid (HCl) löst sich leicht in Wasser unter Bildung der sogenannten Salzsäure (HCl). Hydrogenbromid (HBr) ist ebenfalls wasserlöslich. Diese Säure ist schwächer als Salzsäure. Hydrogeniodid (HI) löst sich in Wasser, um Ausgangspunkt vieler Iodsalze zu sein. Hydrogenfluorid (HF) ist eine Flüssigkeit, die sich ebenfalls in Wasser löst. Diese Säure wird als Katalysator bei organi-

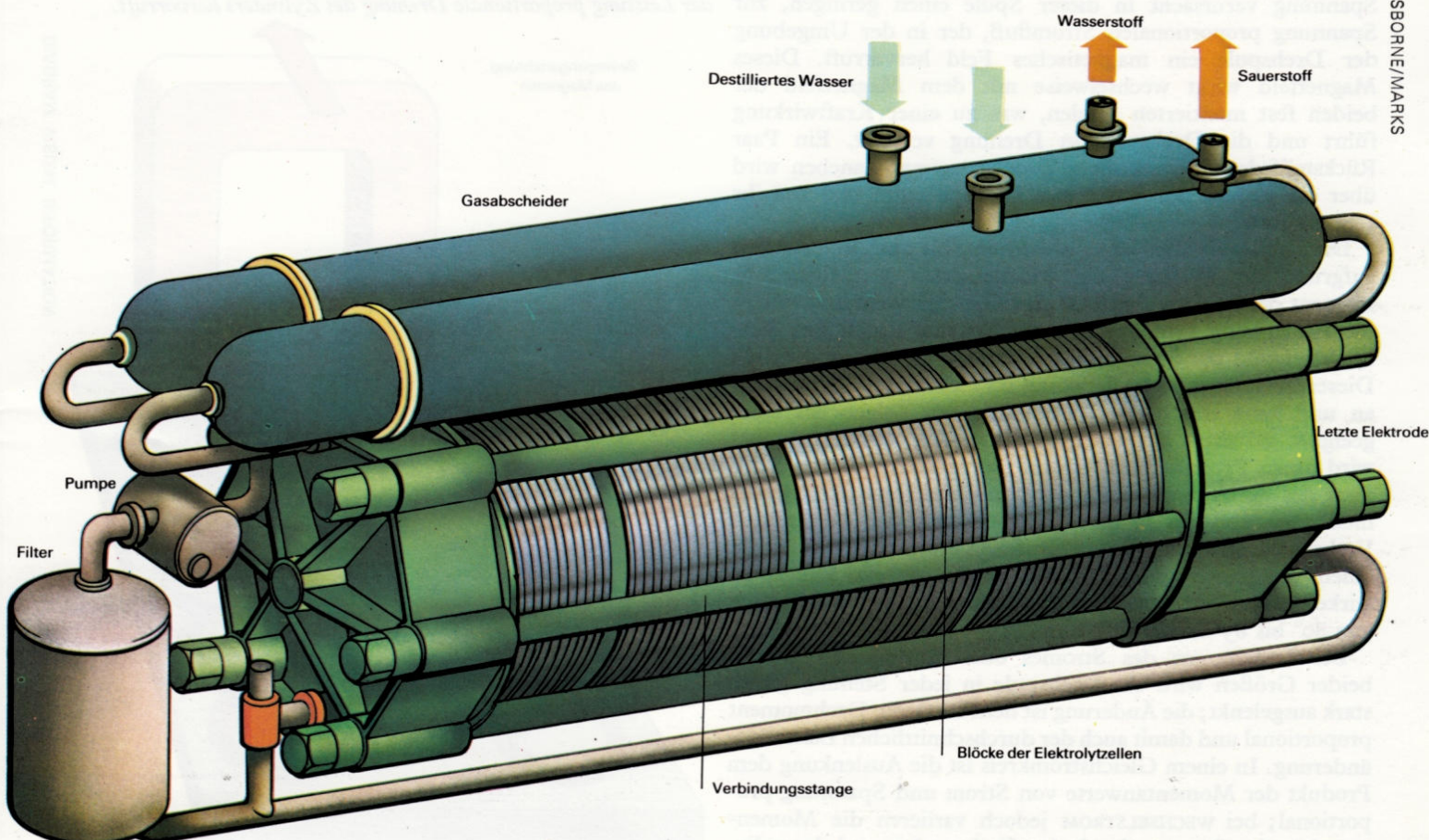
schen Reaktionen eingesetzt und zur Herstellung von Fluoriden oder zur Gewinnung von Uran verwendet. Die äußerst giftige Flüssigkeit Hydrogencyanid (HCN) löst sich in Wasser und bildet Blausäure, die nach bitteren Mandeln schmeckt. Sie wird als Rauchmittel, zum Elektroplattieren und zur Synthese organischer Verbindungen verwendet.

Verbindet sich Wasserstoff mit nichtmetallischen Atomen, Alkali- und Erdalkalimetallen, so spricht man meist von Hydriden. Beispiele sind Ammoniak (NH_3) oder Lithiumhydrid (LiH). Lithiumaluminiumhydrid (LiAlH_4) wird in der organischen Chemie als Reduktionsmittel eingesetzt, um Wasserstoffatome an Moleküle anzulagern. Ein Beispiel ist die Umwandlung einer Carboxylgruppe ($-\text{COOH}$) in eine Alkoholgruppe ($-\text{CH}_2\text{OH}$).

Wasserstoff als Brennstoff

Derzeit werden große wissenschaftliche Anstrengungen unternommen, um Wasserstoff als Alternative zum Heizöl, Dieselöl oder Kerosin zu verwenden. Autos, Lastkraftwagen oder Busse, die von Wasserstoff (der als flüssiger Wasserstoff oder als Festkörperhydrid vorliegt) angetrieben werden, sind als Experiment in der Entwicklung. Eine der wichtigsten Eigenschaften der mit Wasserstoff betriebenen Autos ist die Reinheit der Abgase. Sie bestehen aus heißer Luft und Wasser.

Ein weiteres Projekt ist das auf Wasserstoffbasis angetriebene Flugzeug. Eine gemischte Studiengruppe, die aus Mitarbeitern aus den USA, der Bundesrepublik Deutschland, England, Frankreich, Kanada und Saudi-Arabien besteht, arbeitet augenblicklich Vorschläge für den wasserstoffgetriebenen Luftfrachter L-1011 TriStar der Firma Lockheed aus. Ein derartiges Flugzeug, das eine Ladekapazität von 48 Tonnen und einen Brennstoffvorrat von 22 Tonnen flüssigen Wasserstoffs hat, könnte Ende der achtziger Jahre für den Luftfrachtverkehr zwischen den USA, Europa und Saudi-Arabien eingesetzt werden.



WATTMETER UND STROMZÄHLER

Wattmeter messen die Leistung in elektrischen Schaltkreisen, während Stromzähler die verbrauchte Energie anzeigen, d.h. die Leistung und die Zeitdauer, für die jene Leistung genutzt wurde.

Das Wattmeter ist ein Instrument zur Messung der elektrischen Leistung; diese ist durch die in einer Zeiteinheit geleistete Arbeit gegeben und wird in Watt oder Kilowatt gemessen. Nicht mit dem Wattmeter zu verwechseln ist der Stromzähler, der den Energieverbrauch in Wattsekunden oder Kilowattstunden angibt, d.h. die während einer bestimmten Zeitspanne genutzte Leistung mißt. Die Leistung eines elektrischen Schaltkreises wird durch eine zusammengesetzte Messung im Wattmeter bestimmt, wobei der im Schaltkreis fließende Strom und die Spannung am Verbraucher gemessen wird; über einen Zeiger wird die Leistung auf einer Skala angezeigt.

Dynamometergeräte

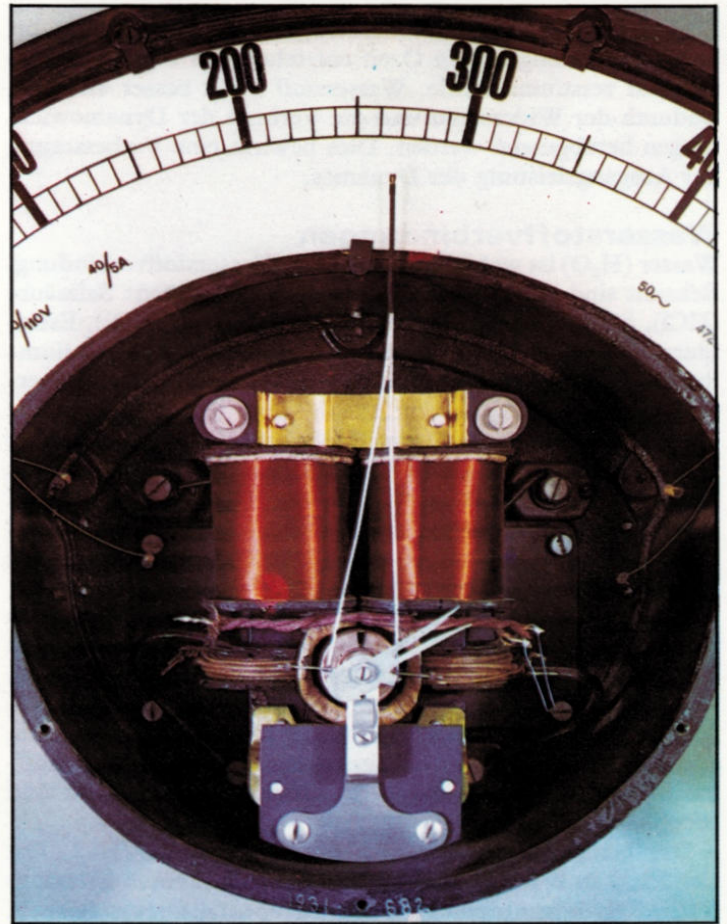
Die meisten Wattmeter benutzen das Dynamometerprinzip und sind in ihrer Konstruktion dem Drehspulamperemeter vergleichbar. Im Dynamometer-Wattmeter ist jedoch der im Drehspulamperemeter gebräuchliche Permanentmagnet durch einen Elektromagneten ersetzt. Diese Drehspule wird zwischen die Pole eines feststehenden Spulenpaares montiert.

In der üblichen Bauart wird die Spannung am Verbraucher nicht direkt, sondern über einen hochohmigen Vorwiderstand an der Drehspule angelegt, während der Strom durch den Verbraucher auch die beiden feststehenden Spulen durchfließt; dieses Spulenpaar wird so angeordnet, daß das erzeugte Magnetfeld im Bereich Drehspule nahezu homogen ist.

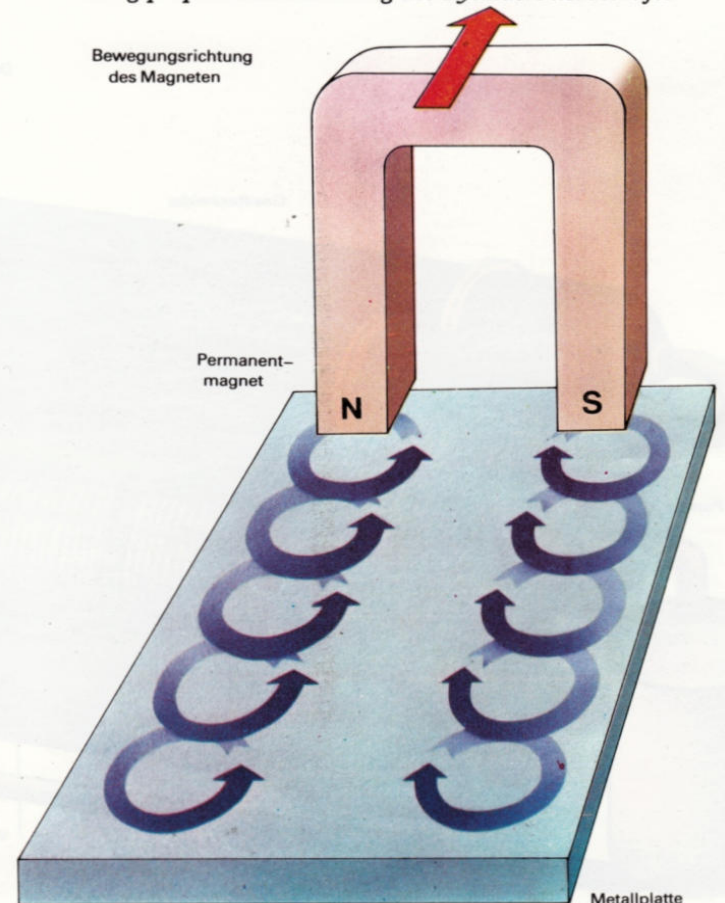
Die über den Vorwiderstand an der Drehspule anliegende Spannung verursacht in dieser Spule einen geringen, zur Spannung proportionalen Stromfluß, der in der Umgebung der Drehspule ein magnetisches Feld hervorruft. Dieses Magnetfeld wirkt wechselweise mit dem Magnetfeld der beiden fest montierten Spulen, was zu einer Kraftwirkung führt und die Drehspule in Drehung versetzt. Ein Paar Rückstellfedern bremsen diese Drehbewegung; daneben wird über die Federn der Strom zur Drehspule hin und von ihr weg geführt.

Die Drehspule wird so weit verdreht, bis das Drehmoment aufgrund der Wirkung des Magnetfeldes dem Rückstellmoment der Federn gleich ist. Im Gleichgewichtszustand ist die Auslenkung dem Produkt des Stromes durch den Verbraucher und der daran anliegenden Spannung proportional. Dieses Produkt gibt die Leistung im elektrischen Schaltkreis an und kann durch die Auslenkung des Zeigers an einer geeignet geteilten Skala abgelesen werden. Im Instrument wird dieses Produkt als Wechselwirkung zweier Ströme, und zwar des durch den Verbraucher (und das feste Spulenpaar) fließenden und des in der Drehspule von der anliegenden Verbraucherspannung hervorgerufenen Stromes, gemessen. In einem Wattmeter guter Qualität ist das auf die Drehspule wirkende Kraftmoment über den ganzen Auslenkungsbereich von 80° bis 85° konstant.

Bei Änderungen des Stromes oder der Spannung oder beider Größen wird die Drehspule in jeder Stellung gleich stark ausgelenkt; die Änderung ist dem mittleren Drehmoment proportional und damit auch der durchschnittlichen Leistungsänderung. In einem Gleichstromkreis ist die Auslenkung dem Produkt der Momentanwerte von Strom und Spannung proportional; bei WECHSELSTROM jedoch variieren die Momentanwerte des Stromes durch den Verbraucher und der anlie-



Oben: Induktionswattmeter für Wechselstrom. Strom- wie auch Spannungsspule sind fest, der dazwischenliegende Aluminiumzylinder ist drehbar montiert. Der von den Spulen erzeugte magnetische Fluß induziert im Zylinder einen Strom, der eine der Leistung proportionale Drehung des Zylinders hervorruft.



genden Spannung (und damit des Stromes durch die Drehspule) nach Art einer Sinuswelle.

Ist die Eigenfrequenz der Drehspule im Vergleich zur Periodendauer des Wechselstromes sehr groß, so ist die Auslenkung das Mittel der Wechselwirkung der beiden Ströme und gibt den Effektivwert (das heißt das quadratische Mittel) der Leistung an.

Andere Wattmetertypen

Der Dynamometertyp hat den Vorteil, für Gleich- und Wechselstrom anwendbar zu sein und eine Umrechnung zwischen Gleich- und Wechselstrommessungen zu ermöglichen. Er wird deshalb auch zur Eichung von Wechselstrominstrumenten benutzt.

Auf diese Weise werden Induktions-Wattmeter geeicht. Dieses Gerät spricht nur auf Wechselstrom an und wird für Schalttafeln in der Industrie eingesetzt, wo keine große Genauigkeit gefordert wird. Die Meßgenauigkeit dieser Instrumente liegt im Bereich von $\pm 1\%$ bis $\pm 2\%$, während die Dynamometertypen auf etwa $\pm 0,1\%$ genau sind.

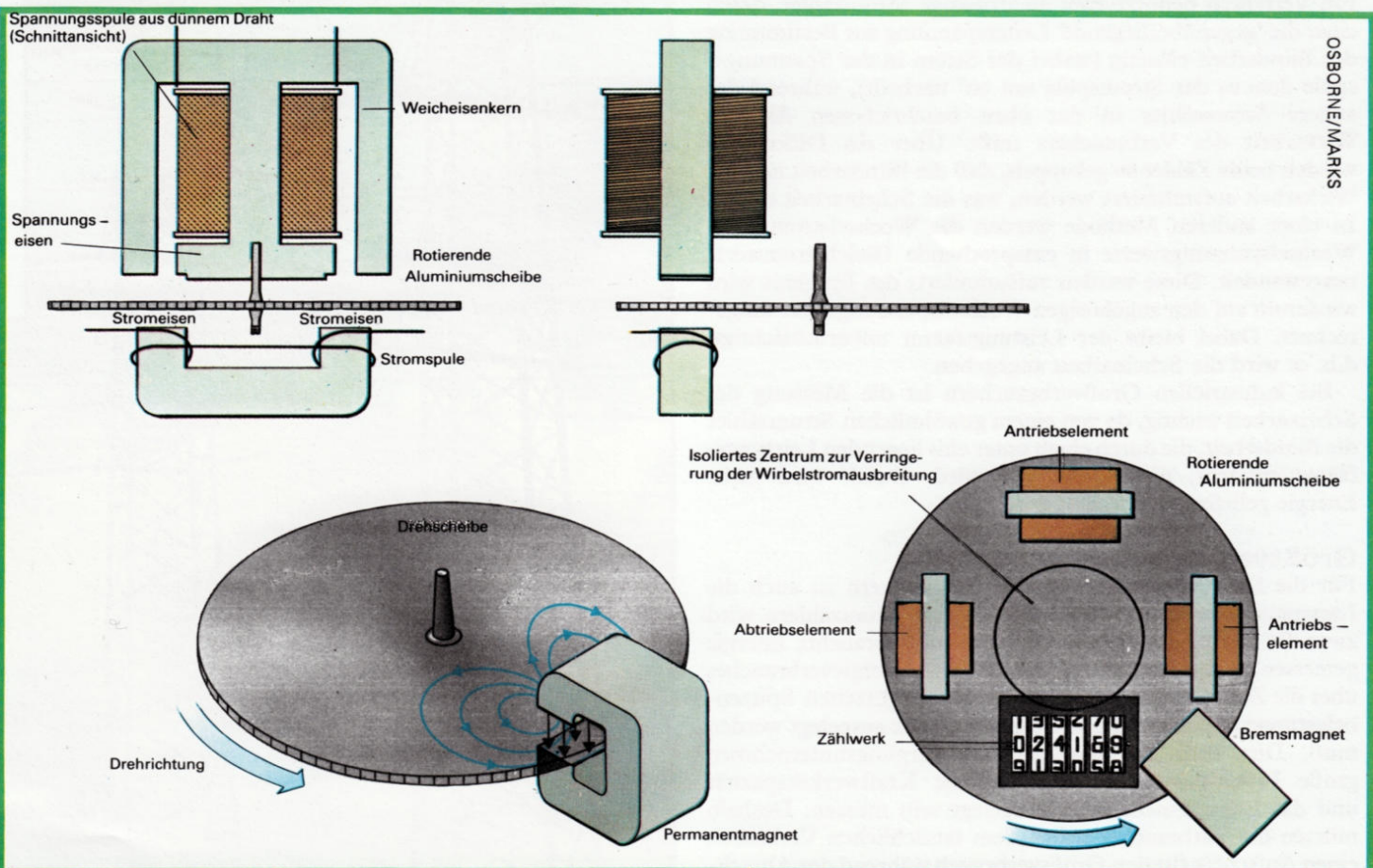
Für spezielle Anwendungen werden besondere Bauformen eingesetzt: z.B. bei Hochspannung elektrostatische Wattmeter;

bei Messungen mit geringer Stromstärke THERMOELEKTRISCHE Wattmeter und zur Messung kleiner Leistungen elektronische Wattmeter.

Wechselstromzähler

Wechselstromzähler bestehen prinzipiell aus einer horizontal gelagerten Aluminiumscheibe; über und unter ihr ist jeweils eine elektromagnetische Spule angebracht. Durch die Wechselwirkung des magnetischen Flusses der Spulen mit den dadurch in der Aluminiumscheibe induzierten Wirbelströmen entsteht ein antreibendes Drehmoment. Die Spulen werden dabei so angeordnet, daß ihre Flußlinien räumlich und zeitlich gegeneinander verschoben sind. Die Drehgeschwindigkeit der Scheibe ist dann der Leistung im Stromkreis proportional. Ein Getriebe an der Spitze der durch die Rotorscheibe verlaufenden Welle treibt das Zählwerk an.

In einfachen einphasigen Wechselstromzählern sind der Fluß im oberen Elektromagneten der Netzspannung und der Fluß im unteren Magneten dem Strom durch den Verbraucher proportional. Das Drehmoment auf die Rotorscheibe ist dann durch das Produkt aus der Spannung, dem Strom und dem 'Leistungsfaktor' des Verbrauchers gegeben. Der Leistungs-



Oben: Die beiden oberen Schnittzeichnungen zeigen die Front- und Seitenansicht eines einphasigen Stromzählers. Die beiden Darstellungen darunter veranschaulichen die Bremswirkung eines Permanentmagneten durch Wirbelströme (links) und zeigen (rechts) einen Drehstromzähler von oben gesehen (dreiphasig und vierleitrig).

Links: Wird ein Permanentmagnet längs der Oberfläche eines Metalles geführt — z.B. über eine Aluminiumscheibe —, so werden im Metall elektrische Kreisströme, sogenannte 'Wirbelströme', induziert. Diese erzeugen an der Metalloberfläche ein Magnetfeld, das die Bewegung des Permanentmagneten hemmt.

faktor, der durch den Cosinus des Phasenwinkels berechnet wird, gibt dabei an, um wieviel die Sinuswelle des Stromes durch den Verbraucher gegenüber der Sinuswelle der anliegenden Spannung verschoben ist. Sein Zahlenwert kann zwischen 1 (keine Phasenverschiebung) und 0 (Phasenverschiebung 90°) variieren. Bei induktiven Verbrauchern (Spulen) bleibt der Strom gegenüber der Spannung zurück und bei kapazitiven (Kondensatoren) eilt er der Spannung voraus.

Zur Umsetzung des auf die Rotorscheibe wirkenden Drehmomentes in eine dazu proportionale Drehgeschwindigkeit wird ein Permanentmagnet als Bremse eingebaut. Dreht sich die Scheibe zwischen den Polen des Magneten, so werden in ihr Wirbelströme hervorgerufen, deren Stärke von der Dreh-

geschwindigkeit der Scheibe abhängt. Nach der Lenzschen Regel schwächt dies das Feld des Permanentmagneten und bremst die Bewegung. Durch die Einstellung des Ortes des Bremsmagneten wird die Vollastgeschwindigkeit der Rotor-scheibe festgelegt. Die Zähler enthalten daneben verschiedene Vorrichtungen, um auch bei wechselnden Arbeitsbedingungen eine Genauigkeit von etwa 2% zu gewährleisten.

Mehrphasige Stromzähler

Industrielle Stromnetze sind dreiphasig (Drehstrom) mit drei oder vier Leitern. Hier werden mehrphasige Zähler mit zwei Antriebselementen (dreileitriger Drehstrom) oder drei Antriebselementen (vierleitriger Drehstrom) verwendet. Häufig wirkt jedes Antriebselement auf eine eigene Rotorscheibe, die jedoch eine gemeinsame Welle antreiben; alternativ können die Antriebe auch auf eine einzige Drehscheibe konzentriert werden.

Scheinarbeitsmeßgeräte

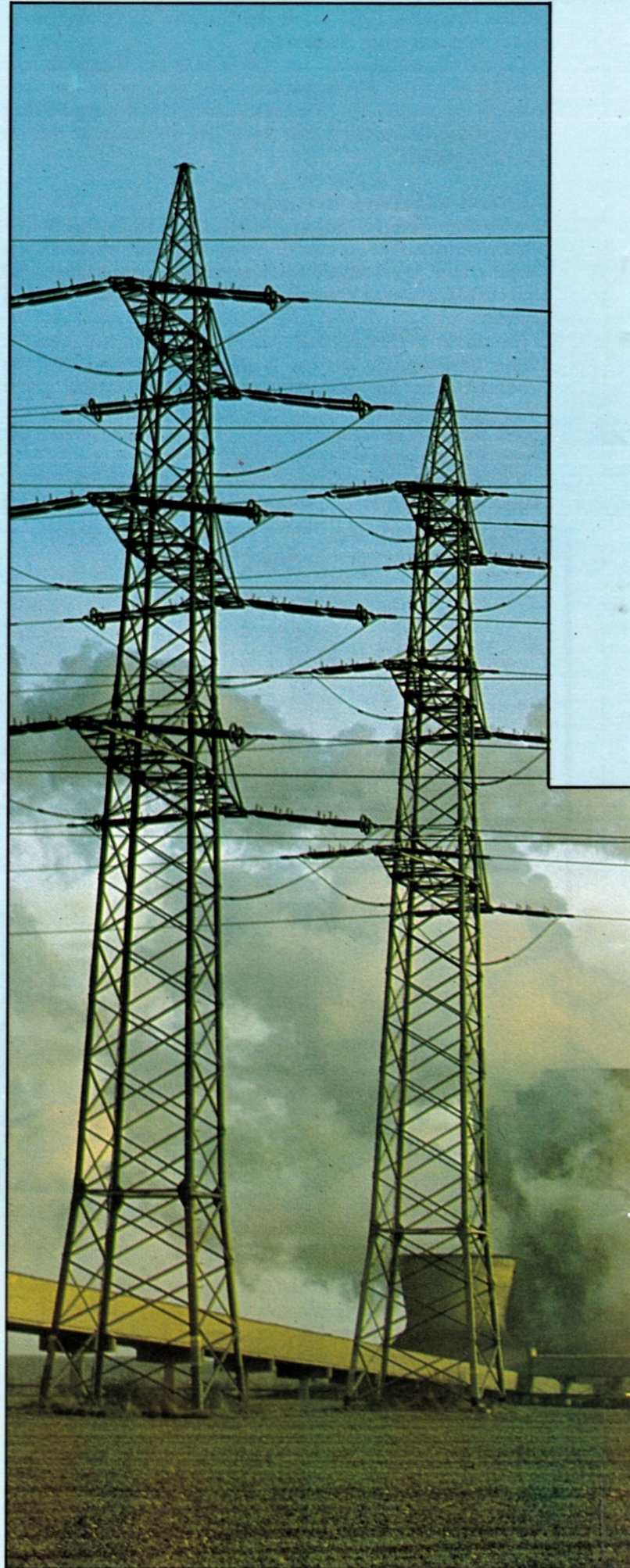
Die bisher beschriebenen Zähler messen die 'Wirkarbeit'. Scheinarbeitszähler dagegen berücksichtigen nicht die Art des Verbrauchers, d.h. sie messen nicht den Leistungsfaktor. Ein Verfahren benutzt zwei mehrphasige Stromzähler, deren einer die 'gegenüberliegende' Leiterspannung zur Bestimmung der Blindarbeit einsetzt (wobei der Strom in der Spannungsspule dem in der Stromspule um 90° nacheilt), während der andere Stromzähler in der oben beschriebenen Art die Wirkarbeit des Verbrauchers mißt. Über ein Differential werden beide Zähler so gekoppelt, daß die Blindarbeit und die Wirkarbeit aufsummiert werden, was die Scheinarbeit ergibt. In einer anderen Methode werden die Wechselstrom- und Wechselspannungswerte in entsprechende Gleichstromwerte umgewandelt. Diese werden aufsummiert; das Ergebnis wird wiederum auf den zugehörigen Wechselspannungswert umgerechnet. Dabei bleibt der Leistungsfaktor unberücksichtigt, d.h. es wird die Scheinarbeit angegeben.

Bei industriellen Großverbrauchern ist die Messung der Scheinarbeit wichtig, da von einem gewöhnlichen Stromzähler die Blindarbeit, die durch einen unter eins liegenden Leistungsfaktor entsteht, nicht registriert wird. Damit wird mehr Energie geliefert, als bezahlt wird.

Größtverbrauchsanzeiger

Für die Stromversorgung von Großabnehmern ist auch die Lastspitze eine wichtige Größe. Von den Stromzählern wird zwar die in einem bestimmten Zeitraum verbrauchte Energie gemessen, nicht aber die Verteilung des Energieverbrauches über die Zeit. So können zu bestimmten Tageszeiten Spitzenbelastungen auftreten, für die das Stromnetz ausgelegt werden muß. Dies kann für das Energieversorgungsunternehmen große Investitionen erfordern, da die Kraftwerkskapazität und das Leitungsnetz dafür ausgelegt sein müssen. Deshalb müssen die Verbraucher neben dem tatsächlichen Verbrauch einen Aufschlag für den Größtverbrauch während der Abrechnungsperiode bezahlen. Die hilft dem Energieversorgungsunternehmen, die Investitionskosten zu tragen und veranlaßt den Abnehmer, seinen Energieverbrauch möglichst gleichmäßig zu verteilen.

Zur Anzeige der Verbrauchsspitzen werden vielfach 'MDI'-Geräte nach Merz verwendet. Diese Instrumente bestehen aus einem drehbaren Zeigerarm, der mit Ausnahme einiger Augenblicke, die im Abstand von gewöhnlich 30 Minuten eingelegt werden, kontinuierlich durch den Stromzähler angetrieben wird. In den Pausen wird der Arm von der Antriebswelle abgekoppelt und von einer Feder in die Nulllage zurückgestellt. Bei seiner Auslenkung führt der Arm einen Hilfszeiger mit, der die Amplitude anzeigt und regelmäßig (meist monatlich) manuell zurückgestellt wird. Dadurch läßt

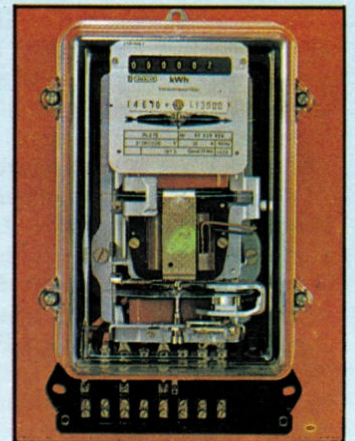
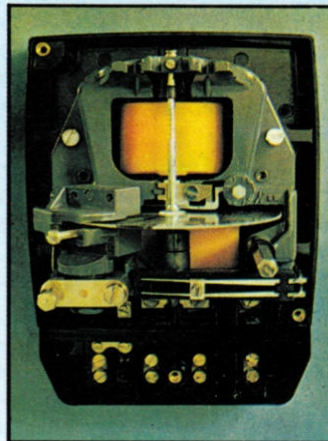
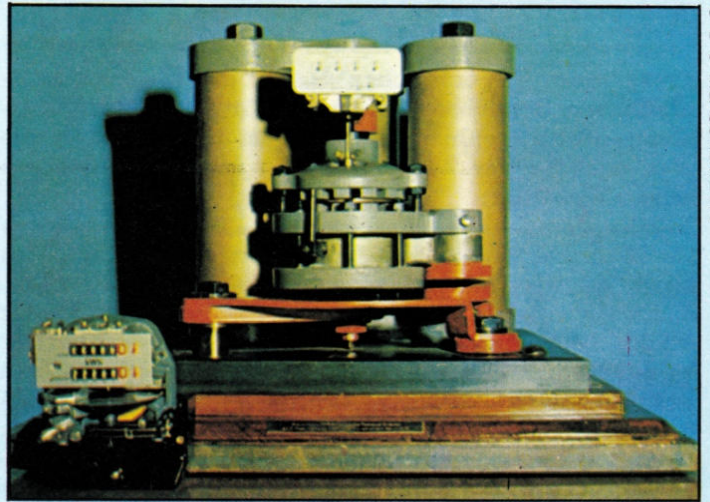


sich an einer ringförmigen Skala der maximale Energieverbrauch in je 30 Minuten über einen Monat angeben. Das An- und Abkoppeln des Dreharmes vom Stromzähler wird allgemein durch eine Zeitschaltung oder ein Relais gesteuert.

Ist der Größtverbrauchsanzeiger vom Stromzähler getrennt, so kann er durch elektrische Pulse, die vom Stromzähler über Pilotdrähte übermittelt werden, betrieben werden; dabei wird für jede Umdrehung des Stromzählers ein Impuls ausgesendet. Die Zusammenfassung der MDI-Geräte mehrerer Stromkreise ist ebenso möglich wie die Ausgabe der Anzeige auf einem Digitaldrucker.

Rechts: Ein im Jahre 1897 von Chamberlain und Hookham gebauter Stromzähler im Vergleich zu einem modernen Haushalts-Stromzähler mit zwei Bereichen. Dieser Stromzählertyp enthielt als erster eine Wirbelstrombremse. Die zwei unteren Bilder zeigen moderne Stromzähler: Links ein Zähler für einphasigen Wechselstrom, bei dem das Gehäuse und das Zählwerk entfernt sind; rechts ein Drehstromzähler für dreiphasigen Vierleiterbetrieb, bei dem drei Drehscheiben eine gemeinsame Welle antreiben.

Unten: Dort, wo hohe Spannungen und Starkstrom verwendet werden, z.B. wenn die von einem Kraftwerk ausgehende Elektrizität gemessen werden soll, ist es offensichtlich unpraktisch, sie direkt durch einen Zähler zu leiten. Deshalb werden Stromwandler und Spannungstransformatoren benutzt, um Schwachstrom und Niederspannungen direkt proportional der hohen Spannungen zu produzieren, die dann durch die Zähler geleitet werden. Das bedeutet, daß die Zähler nur Strom bis etwa 5 A von beispielsweise weniger als 220 V zu messen haben, anstelle von Tausenden Volt oder Ampere.



WEBSTUHL

Trotz ihrer beträchtlichen Größe und des vollautomatischen Betriebes arbeiten die modernen Hochleistungs-Webmaschinen nach den gleichen Grundprinzipien wie die vor Tausenden von Jahren erfundenen ersten Webstühle.

Der Webstuhl zählt zu den ältesten Geräten überhaupt. Man kannte ihn, wie Grabfunde gezeigt haben, bereits 4500 v. Chr. und wahrscheinlich auch schon viel früher. Handwebstühle werden heute noch von der Bevölkerung in den weniger entwickelten Gebieten der Erde so verwendet wie von den europäischen Webern bis vor wenigen Jahrhunderten. Daneben sind sie für Hobbytätigkeiten und im Kunsthandwerk in Gebrauch. Die modernen Hochleistungs-Webmaschinen funktionieren nach den gleichen Prinzipien wie ihre Vorgänger aus der Frühzeit.

Bei einem Gewebe heißen die längsgeführten Fäden 'Kette', die quergeführten 'Schuß'. Beim Eintrag der Schußfäden entsteht die 'Webkante'. (Bei modernen Webmaschinen ist die Webkante etwa 6 mm breit und kann mit einem eingewebten Warenzeichen versehen sein.)

Während des Webvorganges hält die Maschine die Kettfäden gespannt. Beim einfachsten, am weitesten verbreiteten Muster, der sogenannten Leinwandbindung, werden die Kettfäden immer abwechselnd angehoben und abgesenkt. Diese Form der Kettenteilung heißt 'Fachbildung', der dadurch entstandene Raum zwischen den Kettfäden 'Webfach'. Durch dieses Fach, eine Art Fadentunnel, werden die Schußfäden 'eingetragen' oder auch 'eingeschossen'. Während des Fachwechsels, also des Austauschs der gehobenen und gesenkten Fäden, wird der jeweils zuletzt eingetragene Schußfaden an das bereits fertige Gewebe fest angeschoben ('angeschlagen'), und zwar mit Hilfe des Webblattes oder 'Riets', einer Art Kamm. Er wird heute aus Draht gefertigt und wurde früher aus dünnen Rohrstäben, deren Zwischenräume die Kettfäden aufnehmen, hergestellt. Das Riet wird von der 'Weblade', deren wesentlicher Teil es ist, bewegt. Die Weblade

ist auf dem Webstuhl schwingend aufgehängt und dient dem Weber zur Führung und Parallelhaltung der Kettfäden.

So bilden alle Bewegungen des Webstuhls zur Gewebherstellung einen kontinuierlichen Kreislauf: Fachbildung, Schußeintrag, Ladenanschlag, Fachbildung usw.

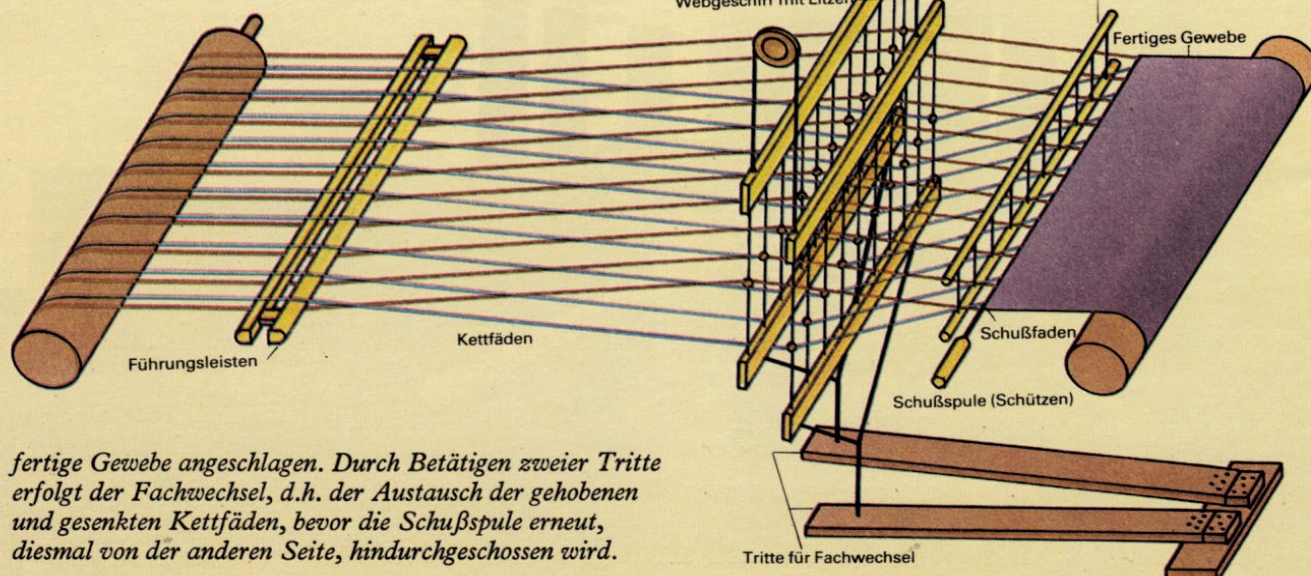
Geschichte

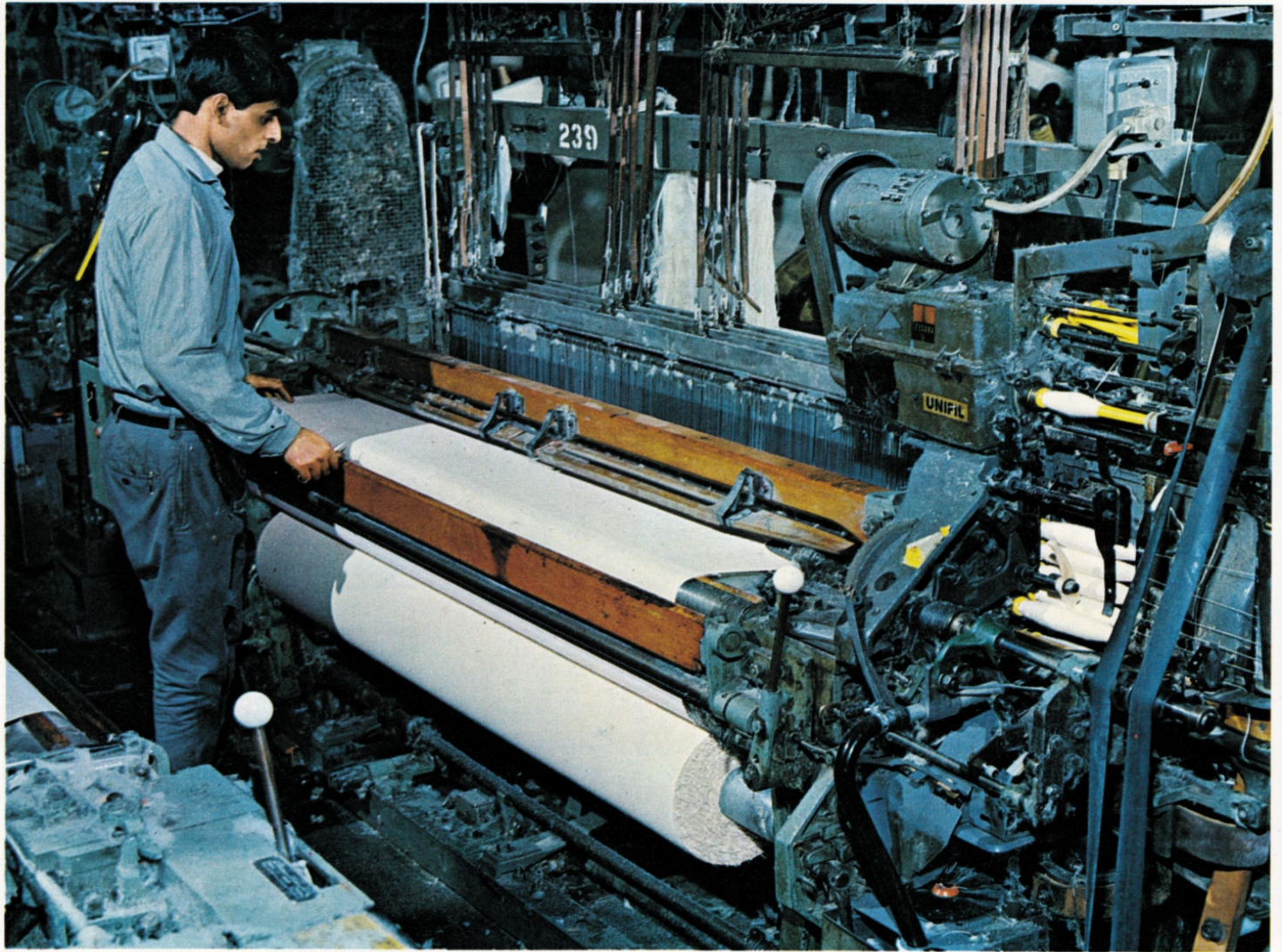
In seinen Anfängen war das Weben ein dem Stopfen ähnliches, äußerst zeitraubendes Verfahren. Der älteste Webstuhl bestand wahrscheinlich aus in den Boden gerammten Stangen zum Halten der Fäden, und alle notwendigen Arbeitsgänge wurden mit der Hand ausgeführt. Später erfand man dann Fadenteilstangen zur Fachbildung und Kettfädenteilung.

Einen weiteren Fortschritt bildete die Erfindung der Litzen bzw. des Webschaftes (auch Webgeschirr genannt). Auch hier läßt sich der Zeitpunkt nicht genau bestimmen. Zunächst mag es sich nur um einen mit einem Loch versehenen Stab gehandelt haben, später dann um ein Stück Draht mit einer Öse und schließlich um einen gelochten Metallstreifen. Der Webschaft ist vertikal im vorderen Teil des Webstuhls angebracht und trägt die Litzen, die in der Mitte kleine Ringe o.ä. ('Augen') besitzen, durch die die einzelnen Kettfäden gezogen werden. Die Fachbildung erfolgt durch Heben und Senken des Webgeschirrs und der darin geführten Kettfäden. (Bei komplizierteren Bindungen werden die Litzen in verschiedenen Kombinationen bewegt, das Muster wird dem Weber auf sogenanntem Patronenpapier vorgegeben.)

Bei den frühen Webstühlen gab es mehrere Möglichkeiten, die Kettfäden gespannt zu halten. So wurden die Kettfäden etwa über einen Querrahmen gehängt und von Gewichten, die an ihren Enden angebracht waren, straffgehalten. Oder aber der Weber legte sich einen Riemen um und konnte so durch Zurücklehnen des Oberkörpers die Kettfadenspannung erhöhen. Bei diesen primitiven Webstühlen wurde der um einen Stock gewickelte Schußfaden mit der Hand durch das Fach eingetragen. Bei modernen Webstühlen benutzt man hierfür ein sogenanntes Weberschiffchen — den Schützen —, in seiner einfachsten Form ein ausgehöhltes Stück Holz, das das Fadenmaterial als ablaufende Spule enthält.

Beim einfachen Webstuhl werden die Kettfäden vom Webgeschirr mit den Litzen im Wechsel gehoben und gesenkt, so daß eine Art Fadentunnel, das Webfach, entsteht. Der von der Schußspule (Schützen) ablaufende Schußfaden wird durch das Webfach eingetragen und von dem Webblatt (Riet) fest an das bereits





Litzen und Schützen wurden bis in die jüngste Zeit von Hand betätigt. Durch das ganze Mittelalter hindurch blieben die Webstühle in Europa einfache Geräte, bis im 13. Jahrhundert der Trittwebstuhl erfunden wurde. An ihm ließen sich mehrere Schäfte anbringen; sie hingen an einem über dem Webstuhl angebrachten Geschirr und ließen sich über Tritte bedienen. Dadurch wurde eine größere Vielfalt an Webmustern möglich, da man zur Fachbildung mehrere Schäfte mit mehreren Tritten verwenden konnte.

Im modernen Zeitalter bestanden die am Webstuhl vorgenommenen Verbesserungen in der bequemeren bzw. automatischen Betätigung der Schäfte und Schützen und schließlich in der Verwendung von Dampf oder Elektrizität als Maschinenantrieb. Der erste wirkliche Erfolg kam allerdings erst im 17. Jahrhundert. Der Entwicklungsprozeß ist jedoch bis heute noch nicht abgeschlossen. Fortschritte im Textilmaschinenbau und die Erfindung der Dampfmaschine lieferten den Zündstoff, der schließlich zu der Ende des 18. Jahrhunderts von England ausgehenden 'Industriellen Revolution' führte. Jede technische Neuerung am Webstuhl wurde von teilweise gewaltsamen Aufständen der Weber begleitet, die den Verlust ihrer Arbeitsplätze fürchteten.

Zugwebstuhl

Der Trittwebstuhl war für kompliziertere Musterungen noch nicht geeignet; zu diesem Zwecke wurde der Zugwebstuhl erfunden. Beim Zugwebstuhl ist die Fachbildung vielfältiger, da neben den Schäften mit den Kettfäden verbundene Schnüre verwendet werden, die ein sogenannter Ziehjunge betätigte, der oben auf der Maschine saß und je nach Art des

Oben: Baumwoll-Webstuhl. Beim Webstuhl mit automatischem Schützen- oder Spulenwechsel liegen mehrere volle Schußspulen an einer Seite der Maschine bereit. Ein Fühler tastet jede im Webschützen ankommende Schußspule ab.

gewünschten Musters an den Schnüren zog. Der Zugwebstuhl wurde schließlich um das Jahr 1805 von J.M. Jacquard zu der nach ihm benannten Jacquard-Webmaschine weiterentwickelt. An die Stelle der Schnüre traten nun Haken, und Lochkarten — die sogenannten Jacquardkarten — übernahmen die Schaftsteuerung.

Automatisierung

Ein bedeutender Fortschritt in der Entwicklung des Webstuhls war der im Jahre 1733 erfundene Schnellschütze des Engländers J. Kay zur selbsttätigen Hin- und Herbewegung des Schiffchens. Bis dahin waren aufgrund der Warenbreite jeweils zwei Weber zum Durchschicken des Schiffchens durch das Fach nötig gewesen. Kay erkannte, daß eine entsprechende Automatisierung bessere Tuche liefern würde und konstruierte einen an der Weblade angebrachten Webvogel, den 'Picker'. Durch Ziehen an einer Schnur, die diesen Picker betätigte, konnte ein Weber den Schützen nun in der jeweils richtigen Richtung durch das Fach schießen.

Andere Erfindungen waren mechanische Arme für den Schützen, federbelastete Schlagvorrichtungen, obenliegende Kurbeln zur Steuerung der Schäfte, u.ä. Alle diese Neuerungen mußten mit Vorrichtungen für die Garnzufuhr und das Aufwickeln des fertigen Tuches kombiniert werden, um einen



Oben: Teppichweber im Iran. Bei diesem Teppichtyp muß ein Florfaden von Hand in jeden Kettfaden eingeknüpft werden. Anschließend wird der Schußfaden pro Knotenreihe 2- oder 3mal hindurchgeschossen.

gut funktionierenden Webstuhl zu erhalten. Schwierigkeiten mechanischer Art machte die Tatsache, daß die Schützen- geschwindigkeit ganz erheblich über der anderer Teile und Arbeitsgänge liegen mußte. Mechanische Webstühle mit Motorantrieb wurden erst im 19. Jahrhundert generell eingeführt. Heute erreichen industrielle Webmaschinen Geschwindigkeiten von mehr als 200 Schußeinträgen pro Minute.

Moderne Webstühle lassen sich in drei Gruppen unterteilen: Handbeschickte, automatische und schützenlose Webmaschinen.

Maschinen mit manuellem Schützen- oder Spulenwechsel

Die mechanischen Webstühle des 19. Jahrhunderts sind ständig weiterentwickelt worden und dienen heute zum Weben von speziellen Mustern oder Geweben. Sie laufen gleichmäßiger und zuverlässiger, allerdings nicht wesentlich schneller als ihre Vorgänger. Dank der Fortschritte moderner Technik arbeiten sie präzise und betriebssicher. Ihre wesentlichen Teile werden heute von Werkzeugmaschinen und nicht mehr im Gießverfahren hergestellt, so daß scharfe Kanten und Grate entfallen. Diese Webstühle mit manuellem Schützen- oder Spulenwechsel eignen sich besonders zum Eintragen einzelner Schußfäden oder einer ungeraden Zahl von Schußfäden einer bestimmten Farbe, da es bis heute keine vollautomatischen Maschinen gibt, die dies bewerkstelligen können. Der Schützen enthält die Spule mit dem Fadenmaterial und wird mittels einer Unter- oder Oberschlagvorrichtung durch das Webfach geschossen. Dabei wird der Unterschlageinrichtung mehr und mehr der Vorzug gegeben, da sie sauberer und zuverlässiger arbeitet.

Automatische Webmaschinen

Die Mehrzahl der modernen Webstühle zählt zur Gruppe der Webmaschinen mit automatischem Schützen- oder Spulenwechsel. Diese haben auf einer Maschinenseite einen Schußspulenfühler, der jede ankommende Schußspule im Web- schützen abtastet und feststellt, ob noch genügend Garn vor-

handen ist. Mechanische, optische oder elektrische Fühler leiten ohne Unterbrechung des Webvorganges den Schußspulenwechsel ein, wenn die Spule bis auf die Fadenreserve abgelaufen ist. Die leere Spule wird ausgeworfen, und lose Enden an der vollen Spule werden abgesaugt, bevor sie eingewebt und zu Webfehlern werden können.

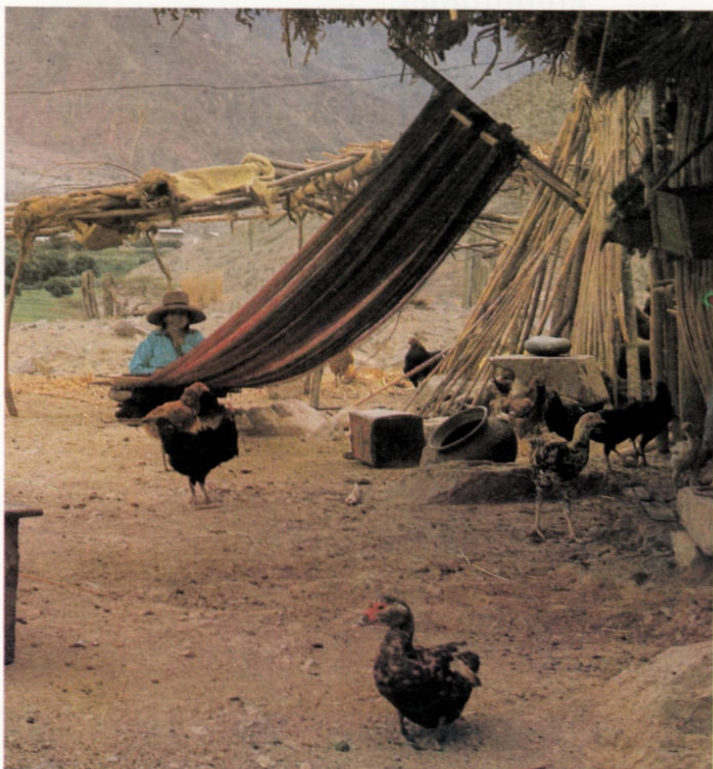
Schützenlose Webmaschinen

Der Lärmpegel in Textilfabriken ist sehr hoch. Deshalb liegt der Vorteil der schützenlosen Webmaschinen im wesentlichen darin, daß sie geräuscharmer und gegebenenfalls auch schneller laufen. Man unterscheidet drei Typen, bei denen die Schußgarnvorlage jeweils auf einer Seite der Maschine erfolgt.

Bei der 'Greiferschützenwebmaschine' bewegt sich ein kleines Stahlprojektil — der Greiferschützen — auf einem Führungsrechen durch das Webfach und schleppt den Schußfaden mit. Da die Rückkehr zur Abschußstelle langsamer erfolgt, arbeiten an manchen Maschinen mehrere Greiferschützen gleichzeitig. Die erreichbare Geschwindigkeit liegt bei mehreren Schußeinträgen pro Sekunde.

Bei der 'Greiferwebmaschine' modernster Bauart führt ein Greifer den Schußfaden von einer Seite der Maschine bis zur Gewebemitte, wo er von einem von der anderen Seite ins Fach vorstoßenden zweiten Greifer übernommen wird. Die Greifer können starr oder als elastische Stahlbandgreifer ausgebildet sein. Die Schußeintragsgeschwindigkeit liegt unter der der Greiferschützenwebmaschine.

'Düsenwebmaschinen' sind die modernsten Webmaschinen überhaupt. Der Schuß wird mit pneumatisch oder hydraulisch arbeitenden Düsen durch das Webfach geblasen oder gespritzt. Da der Blasdruck nicht ausreicht, um den Schußfaden von der Spule abziehen, hat die Maschine eine Zusatzeinrichtung, die den Faden rechtzeitig abzieht und ihn lose bereithält, so daß er völlig spannungslos eingeblasen werden kann. Der hydraulische Schußeintrag ist noch wirksamer, eignet sich jedoch nur für Gewebe aus wasserfesten (synthetischen) Fasern und Maschinen aus korrosionsbeständigem Material.



Oben: Die Indianer Perus weben ihre farbenfrohen Teppiche und Decken noch heute mit der Hand.

WECHSELSTROM UND WECHSELSPANNUNG

Zu Beginn der Stromversorgung über ein öffentliches Verteilungsnetz arbeitete man mit Gleichstromsystemen. Heute findet man allerdings weltweit Wechselstromversorgungsnetze.

Gleichstrom, der z.B. von einer BATTERIE geliefert wird, fließt durch elektrische Leiter und Verbraucher nur in einer Richtung. Wechselstrom jedoch, den man den Stromversorgungsnetzen der meisten Länder der Welt entnehmen kann, fließt erst in einer Richtung, dann in der anderen. Die Flußumkehr findet mit einer festen Frequenz statt — gewöhnlich in 50 oder 60 Zyklen pro Sekunde (also mit 50 Hz oder 60 Hz).

Bei einer Frequenz von 50 Hz steigt der Strom bis zu einem Maximalwert an und fällt in einer Hundertstelsekunde auf Null zurück. Er bildet danach in der entgegengesetzten Richtung einen Spitzenwert und fällt in der nächsten Hundertstelsekunde wiederum auf Null zurück. Der gesamte, immer wiederkehrende Rhythmus dauert insgesamt $1/50$ s.

Eine GLÜHLAMPE oder ein elektrischer Heizofen arbeitet unabhängig vom Weg des Stromflusses gleichmäßig gut.

Elektrische Maschinen müssen eigens für Wechselstrom konstruiert sein. Insgesamt ist das Pendeln des elektrischen Stromes zwischen einem positiven und einem negativen Höchstwert für praktische Anwendungsfälle unbedeutend.

Der Vorteil der Wechselspannungsversorgung gegenüber der Gleichspannungsversorgung liegt darin, daß man die Wechselspannung über Transformatoren (elektrische Maschinen ohne bewegliche Teile) beliebig erhöhen und verringern kann. Wechselstrommotoren und -generatoren lassen sich ohne die störanfälligen Stromwender bauen. Stromwender, Kommutatoren oder Kollektoren sind gleiche Begriffe aus dem Bereich des Elektromaschinenbaus für Anordnungen, über die

z.B. dem Gleichstrommotor die erforderliche elektrische Energie zur Umwandlung in mechanische Energie (Drehbewegung) zugeführt wird.

Die dem Wechselstromversorgungsnetz zugrundegelegte Frequenz ist ein sorgfältig ausgewogener Kompromiß zwischen oftmals gegensätzlichen Forderungen an Transformatoren, Starkstromleitungen, Beleuchtungseinrichtungen, rotierende Maschinen usw. In Europa, Australien, Neuseeland und Südafrika beträgt sie 50 Hz (Zyklen pro Sekunde); in den USA und in Kanada wird mit einer Frequenz von 60 Hz gearbeitet.

Die Spannung im Wechselstromversorgungsnetz

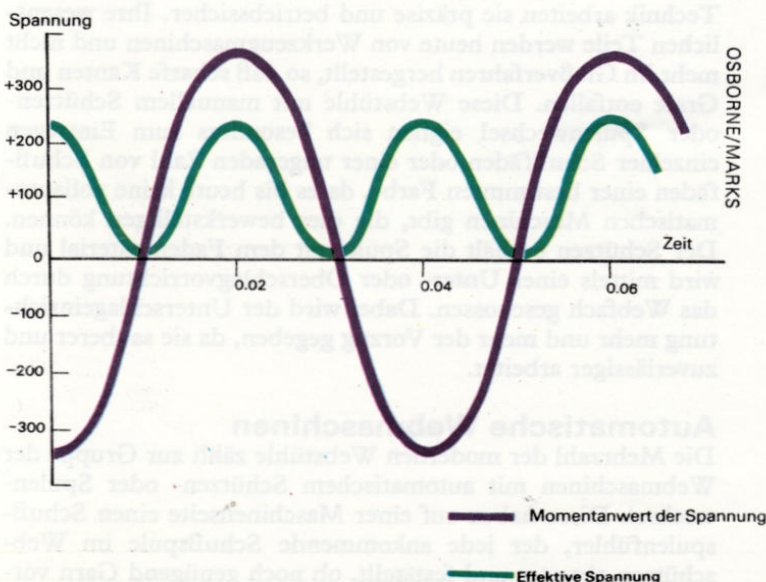
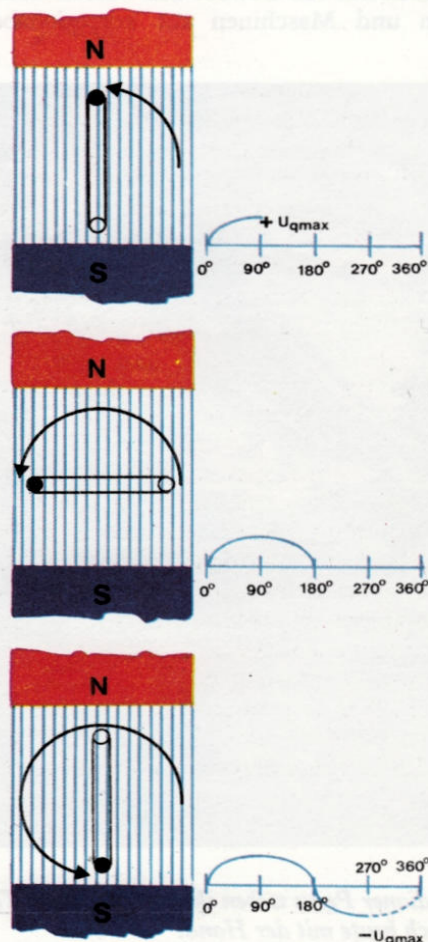
Die meisten europäischen Länder haben Wechselstromnetze mit einer Versorgungsspannung von 220 V eingeführt (in den USA und in Kanada sind es 110 V). Wechselspannung läßt sich allerdings nicht so einfach messen wie Gleichspannung.

In Wirklichkeit steigt eine Wechselspannung von 220 V bis auf einen Spitzenwert von 311 V an. Da aber die Spannung abwechselnd den Höchstwert in zwei entgegengesetzten Richtungen durchfährt, nämlich von $+311$ V auf -311 V, beträgt ihr Mittelwert 0 V. Man kann dies dem purpur gefärbten Kurvenverlauf (siehe Abbildung) entnehmen; dort wird der Verlauf einer 220-V-Netzspannung in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt: Man erkennt, daß die Spannung nach einer SINUSfunktion verläuft.

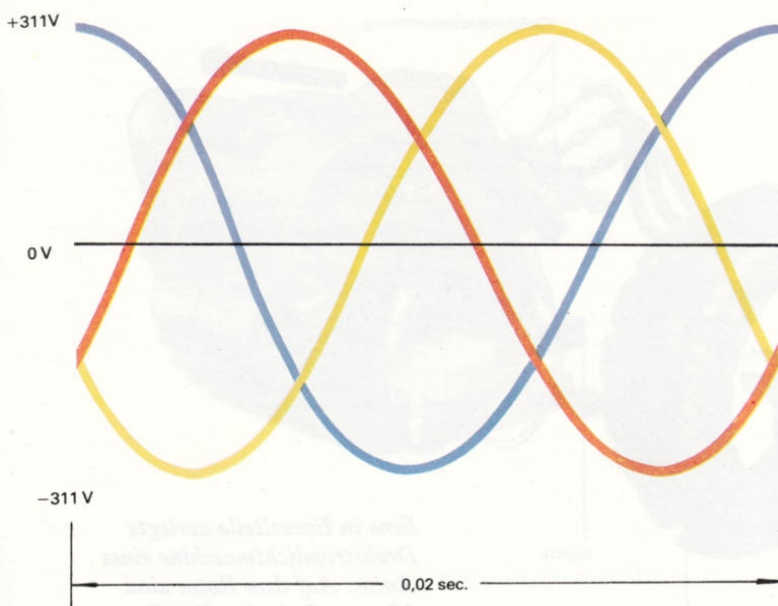
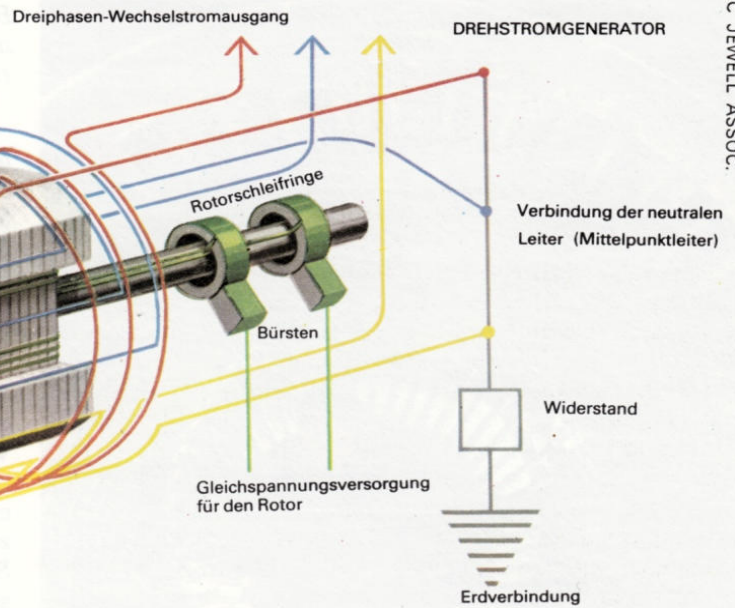
Der sogenannte Effektivwert der Spannung, die ein Wechselstromgenerator erzeugt, ist gleich dem Wert der Spannung, die ein Gleichstromgenerator bei gleicher Leistung erzeugen würde. Man findet ihn durch eine einfache Rechnung, indem man den Spitzenwert zunächst quadriert. Weil das Ergebnis des Quadrates einer negativen Zahl immer als positive Zahl

Links: In den Diagrammen wird gezeigt, wie sich die induzierte Spannung U_q in der Spule während einer Drehung ändert. Im oberen Diagramm hat sich die Spule um 90° aus der Horizontalen bewegt. Weil die Spule von einer größtmöglichen Zahl Feldlinien geschnitten wird, erhält die Spannung ein Maximum. Bei 180° ist die Spannung Null (Feldlinien werden nicht berührt); danach steigt die Spannung wieder langsam an, bis bei 270° ein weiteres Maximum erreicht ist. Danach fällt sie wieder ab, bis nach einer Drehung von 360° wieder Wert Null erreicht ist.

Unten: Der Effektivwert einer Wechselspannung ist ein theoretischer Wert, der niedriger als der Spitzenwert liegt. Beim Effektivwert von 220 V ist die Spitzenspannung 311 V.

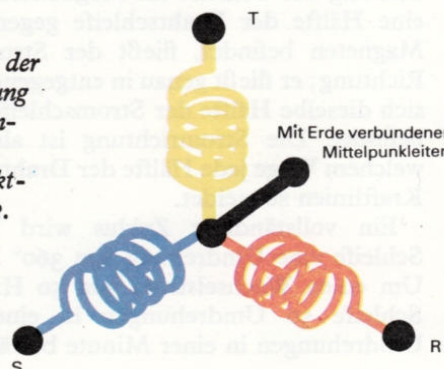


Die Generatoren im Kraftwerk erzeugen einen Dreiphasen-Wechselstrom. Der Stator besteht aus drei sich überlappenden Wicklungsanordnungen. In jeder Wicklung wird für sich eine Periode der Wechselspannung erzeugt. Die Spannungen erreichen nacheinander ihre Spitzenwerte. Nach einer Rotordrehung um 120° erhält die Spannung der nächstfolgenden Wicklung jeweils ihr Maximum.



Oben: Der Dreiphasen-Wechselstrom, wie ihn ein Drehstrom-generator erzeugt, besteht aus 3 Spannungen auf getrennten Leitern. Jede Spannung erreicht ihren Spitzenwert in $1/50$ s.

Unten: Zur Erzeugung des Dreiphasen-Wechselstromes wickelt man die Spulen des Stators so, wie es das Bild zeigt. Der Mittelpunktleiter soll zeitweilig auftretende ungleichmäßige elektrische Belastungen zwischen den Wicklungen aufnehmen. Zwischen zwei der drei Phasen ist die Spannung gleich der gemessenen Spannung zwischen irgendeiner Phase und dem Mittelpunktleiter multipliziert mit $\sqrt{3}$.



auftritt, erhält man hierbei ein positives Ergebnis (grüner Linienverlauf). Das Ergebnis wird dann zur Mittelwertbildung halbiert ($+0,5$) und daraus die Wurzel gezogen ($+0,707$). Auf den Spitzenwert von 311 V bezogen, lautet das Ergebnis 220 V ($= 0,707 \times 311$ V). Dieser Wert ist als quadratischer Mittelwert oder Effektivwert der Netzspannung allgemein bekannt und ist auch der Spannungswert, den man mit einem an die Klemmen der Steckdose angeschlossenen Wechselspannungsmessgerät nachweisen kann.

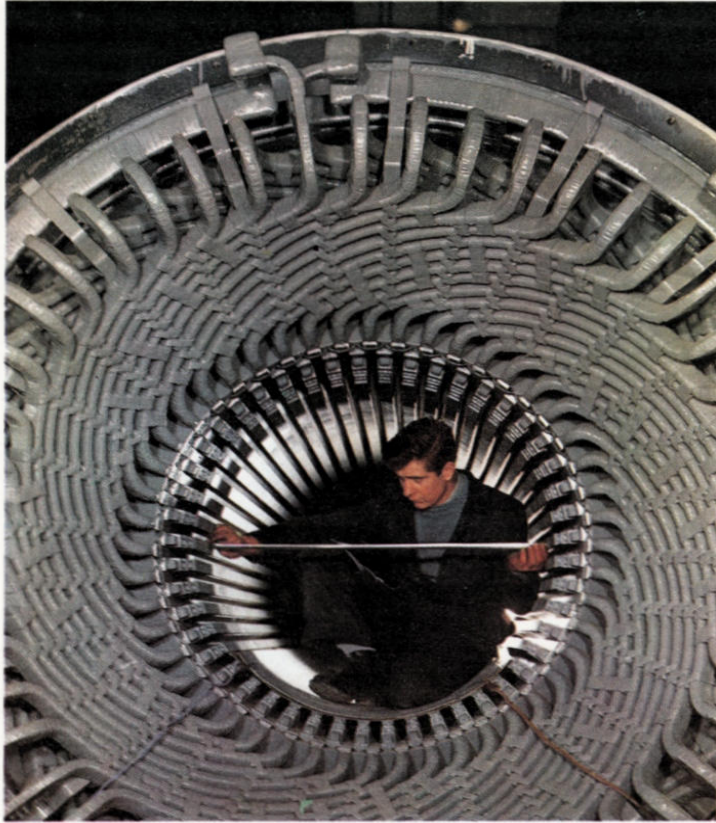
Dreiphasennetz

Die bisher beschriebene Wechselspannung findet man in Einphasennetzen; es ist die Spannung, mit der im allgemeinen die Haushalte versorgt werden. Die Generatoren im KRAFTWERK erzeugen in Wirklichkeit einen Dreiphasenwechselstrom. Man erhält damit die Möglichkeit, die dreifache Leistung gegenüber dem Einphasennetz mit nur drei Leitungssträngen zu transportieren, ohne die Drahtquerschnitte vergrößern zu müssen. Dreiphasennetze werden für industrielle Anwendungen benötigt, um Motoren und andere dafür ausgelegte Bauteile betreiben zu können. Man spart bei gegebener Belastung auch Material ein, da der Drahtdurchmesser geringer sein kann.

Die Wechselstromgeneratoren im Kraftwerk besitzen drei Spulen, die um 120° versetzt in der Maschine liegen. Jede der drei Spulen erzeugt eine Wechselspannung mit einer Frequenz von 50 Hz, die auf einem getrennten Leiter herausgeführt wird und am Ausgang zur Verfügung steht. Die Art und Weise, wie die drei Versorgungsspannungen sich in ihrer zeitlichen Folge abwechseln, kann man den roten, blauen und gelben Linien des Bildes 2 entnehmen. Erreicht die Spannung eines Leiters ihren Spitzenwert, befinden sich die beiden anderen Spannungen auf halbem Wege zu ihrem Maximalwert.

Die Generatoren sind so gewickelt, wie man dem Bild entnehmen kann. Würde man jedem Leiterdraht genau denselben Strom entnehmen, brauchte man nicht mehr als drei elektrische Verbindungen herzustellen. In der Praxis wird das Dreiphasennetz, dessen Spannung gewöhnlich über Transformatoren herabgesetzt wird, zur Versorgung der Haushalte in Einphasennetze umgewandelt.

Es läßt sich nicht vermeiden, daß die Belastung in den Haushalten in ungleichmäßiger Verteilung auf das Kraftwerk wirkt, wodurch sich auch die Spannung zwischen den drei



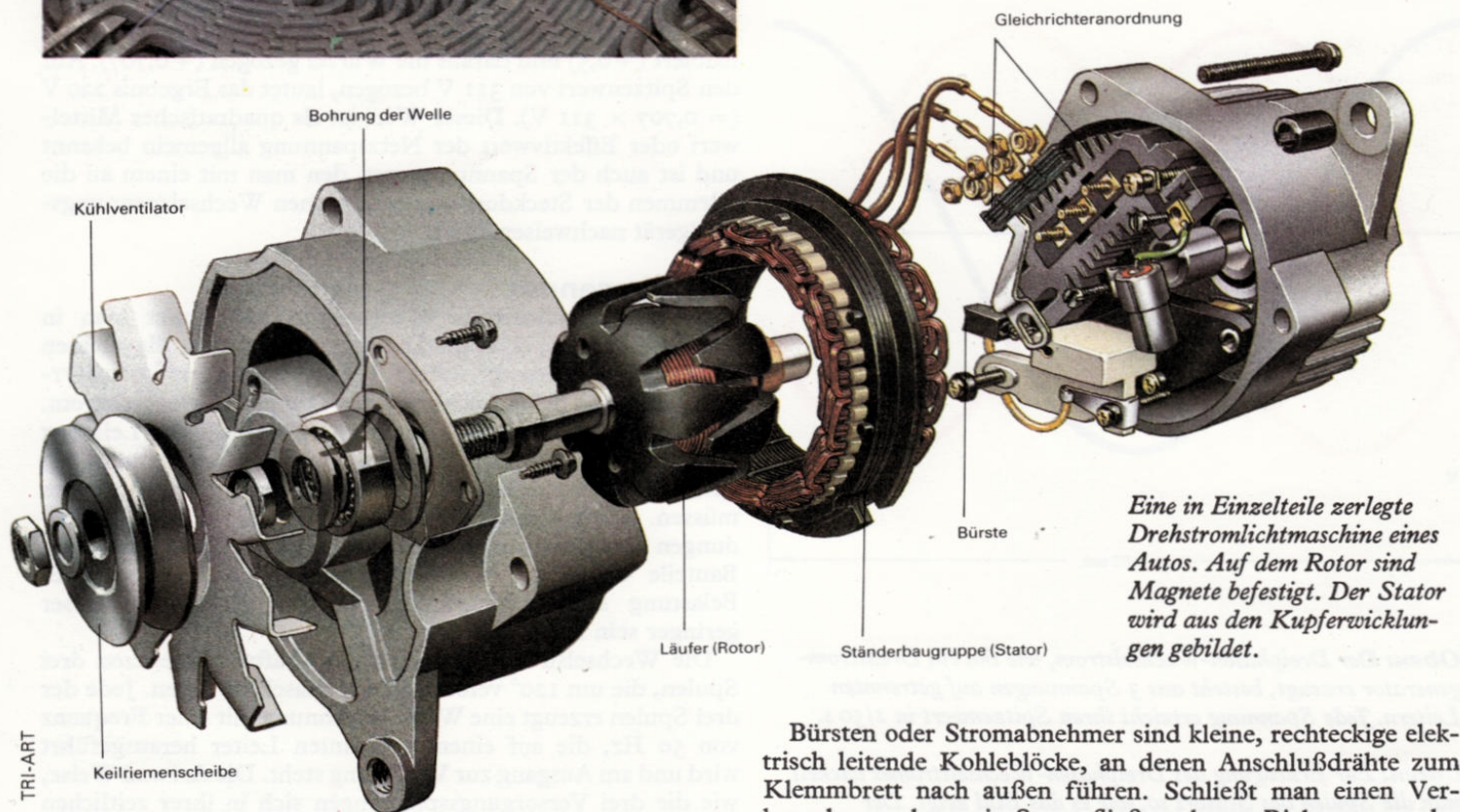
Links: Der Stator eines großen Wechselstromgenerators im Bauprozess. Moderne Generatoren für Kraftwerke sind wasserstoffgekühlt. Sie haben eine Leistung, die von 500 MW bis zu 1000 MW und mehr reichen kann.

häuser über Schutzleiter verwechselt werden, die man in den meisten Ländern der Erde — nicht jedoch in den USA — an den Steckdosen findet. Der im Kabel grüngelb gekennzeichnete Schutzleiter dient der zusätzlichen Sicherheit; der neutrale Leiter — auch Mittelpunktleiter — wird im Kabel blau gekennzeichnet.

Wechselstromgeneratoren

Wechselstromgeneratoren wandeln mechanische Energie in elektrische Energie um; die erzeugte Spannung ist eine Wechselspannung.

Der einfachste Wechselstromgenerator ähnelt sehr stark einem einfachen DYNAMO: Eine Drahtschleife dreht sich zwischen den Polen eines Permanentmagneten. Die Enden der Schleife werden an zwei voneinander isolierte Schleifringe angeschlossen, die sich auf der Achse der Schleife befinden. Während einer Drehbewegung liefert die Drahtschleife eine Spannung, die an 'Bürsten', die unter Federdruck gegen die Ringe drücken, abgegriffen werden kann.



Eine in Einzelteile zerlegte Drehstromlichtmaschine eines Autos. Auf dem Rotor sind Magnete befestigt. Der Stator wird aus den Kupferwicklungen gebildet.

Leiterphasen ungleichmäßig verteilt. Dies läßt sich beheben, wenn im Generator die gemeinsame Verbindung der drei Leiterphasen geerdet und ein neutraler Leiterdraht zu allen Transformatoren im Verteilungsnetz geführt wird. Die überschüssige Spannung gleicht sich jetzt selbst über die Leitfähigkeit des Erdbodens aus.

Das Einphasenwechselspannungsnetz zur Versorgung der Haushalte besteht demzufolge aus dem Leiter einer Phase und einem neutralen Leiter, der zum Transformator der örtlichen Umspannung zurückgeführt und an einem bestimmten Punkt geerdet wird. Die neutrale Verbindung darf nicht mit der getrennten Erdung von elektrisch leitenden Gerätege-

Bürsten oder Stromabnehmer sind kleine, rechteckige elektrisch leitende Kohleblöcke, an denen Anschlußdrähte zum Klemmbrett nach außen führen. Schließt man einen Verbraucher an, kann ein Strom fließen, dessen Richtung von der Stellung der Schleife im Magnetfeld abhängt. Während sich eine Hälfte der Drahtschleife gegenüber dem Nordpol des Magneten befindet, fließt der Strom in einer bestimmten Richtung; er fließt genau in entgegengesetzter Richtung, wenn sich dieselbe Hälfte der Stromschleife gegenüber dem Südpol befindet. Die Stromrichtung ist also davon abhängig, auf welchem Wege jede Hälfte der Drahtschleife die magnetischen Kraftlinien schneidet.

Ein vollständiger Zyklus wird durchfahren, wenn die Schleife eine Umdrehung von 360° hinter sich gebracht hat. Um einen Wechselstrom von 50 Hz zu erzeugen, muß die Schleife 50 Umdrehungen in einer Sekunde oder 3 000 Umdrehungen in einer Minute bewältigen.

Generatoren im Kraftwerk

In Kraftwerken — und sogar bei den kleinen Drehstromgeneratoren in modernen Autos — ist die Rolle der drehenden Schleife (des Rotors) und die des Permanentmagneten (des Stators) vertauscht. Man kann sich den Wechselstromgenerator im Grunde genommen als Magnet vorstellen, praktisch als Elektromagnet, der sich im Inneren von Drahtspulen dreht.

Zwei entscheidende Gründe führen zu diesem Aufbau der Maschine. Der erste Grund ist der, daß die als Nebenprodukt elektrischer Leistungserzeugung auftretenden Wärmemengen im Rotor nur sehr schwierig abzuführen sind, während sich die Wärmeentwicklung bei einem festen Stator verhältnismäßig leicht ableiten läßt. Der zweite Grund ist der, daß beträchtliche mechanische Probleme bei der Führung starker elektrischer Ströme über Schleifringe und Bürsten bewältigt werden müssen.

Große Maschinen erzeugen durch elektrische und mechanische Vorgänge eine beträchtliche Joulesche Wärme im Stator und im Rotor, so daß wirksame Maßnahmen zur Kühlung durchgeführt werden müssen. Für heutige Generatoren ist es typisch, daß der feststehende Stator mit Wasser gekühlt wird, das durch Röhren fließt. Die Röhren sind parallel zu den Leiterdrähten angeordnet. Der Rotor wird mit Wasserstoff gekühlt, ein Medium, mit dem sich das durch Kühlmittel unvermeidliche zusätzliche Gewicht verhältnismäßig klein halten läßt.

Unten: Der grundlegende Aufbau eines Transformators mit einem Eisenblechkern. In seiner einfachsten Form besteht er aus zwei Wicklungen. Die Wicklungen können auf getrennten Schenkeln (1) oder gemeinsam auf einen Schenkel gewickelt sein (2). Durch die Schichtung von Eisenblechen (Lamellierung) entsteht der Kern.

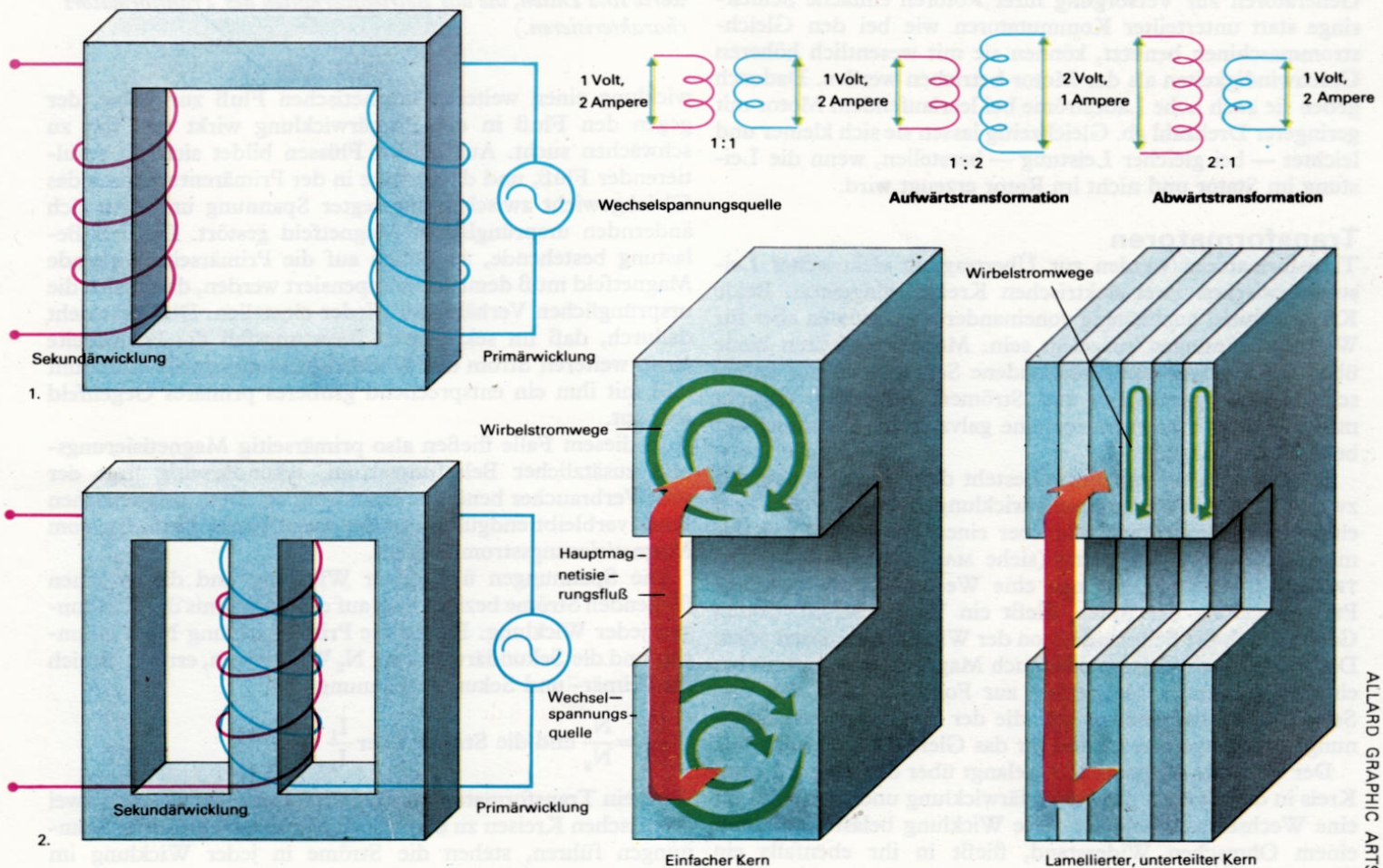
Rotorgeschwindigkeiten von 3 000 U/min sind kein Problem bei einem kohle- oder ölgelassenen Kraftwerk, in dem Dampfturbinen zum Antrieb der Generatoren eingesetzt sind.

Der Rotor ist ein zweipoliger Elektromagnet, der sich mit 3 000 U/min dreht. Der einfache Aufbau ergibt einen hohen Wirkungsgrad und hält die Herstellungskosten niedrig. Gewöhnlich besteht der Rotor aus massivem Stahl mit maschinell eingearbeiteten Längsschlitzten zur Aufnahme der Magnetisierungsspulen und der Kühlröhren für das Wasserstoffgas.

Wo das Konstanthalten dieser Geschwindigkeit schwierig ist, z.B. in langsam laufenden Turbinen der Wasserkraftwerke, wird die Zahl der Pole entsprechend vergrößert. Bei gleicher Frequenz lassen vier Pole die Geschwindigkeit auf 1 500 U/min sinken; acht Pole verringern sie auf 750 U/min usw. Bei solchen Geschwindigkeiten wird das Gewicht des Rotors weniger kritisch, und die Rotoren der Mehrpolmaschinen neigen zu größeren Durchmessern und kürzeren Längen als die Zweipolmaschine, weshalb sich die Kühlverhältnisse vereinfachen. Um eine Spannung in derselben Höhe wie vorher zu erhalten, muß die Anzahl der Windungen in jeder Statorspule verdoppelt bzw. vervierfacht werden.

Die Erregung

Bei beiden Rotortypen muß die Leistung zur Magnetisierung von außen durch eine weitere Maschine zugeführt werden. Im allgemeinen befindet sich diese 'Erregermaschine' auf derselben Achse und dreht sich mit derselben Geschwindigkeit wie der Rotor des Generators. Entweder erzeugt sie Wechselstrom, der dann über Gleichrichter in Gleichstrom umgewandelt wird, oder sie erzeugt sofort den zur Erregung notwendigen Gleichstrom. In jedem Falle führt man dem Rotor des Generators diese Leistung normalerweise über Bürsten zu, die auf Schleifringen gleiten.



Bei kleinen Generatoren treten dabei kaum Probleme auf, denn die dem Rotor zugeführte Leistung ist relativ gering — sie liegt bei 2% der im Stator erzeugten Leistung. Bei sehr großen Maschinen jedoch, die Nennleistungen bis zu 1 000 MW (Megawatt) haben, entsprechen 2% einer Leistung von 20 MW, eine Leistung, die sich nicht mehr ohne weiteres über Schleifringe zuführen läßt.

Aus diesem Grunde nimmt man für große Maschinen Wechselstrom-Erregermaschinen mit einem Rotor als Spannungserzeuger und dem Stator als Magnetfeldquelle — umgekehrt wie es beim Hauptgenerator der Fall ist —, so daß man die Leistung direkt über die Achse dem Rotor des Hauptgenerators zuführen kann, wobei man auf Schleifringe verzichten kann. In diesem Falle muß jedoch die Gleichrichteranordnung in die Achse eingebaut werden.

Zur vollständigen Trennung von einer beliebigen externen Versorgung wird manchmal der für das Feld der Erregermaschine benötigte Gleichstrom von einem kleineren Permanentmagnet-Generator geliefert.

In Kraftwerksanlagen erzeugt ein typischer Wechselstromgenerator Spannungen von mehreren Tausend Volt bei einer Gesamtausgangsleistung von 500 MW bis 1 000 MW. Der Ausgang ist immer als Dreiphasen-Wechselstromausgang ausgeführt. Die Statorwicklungen sind um die Maschine herum so aufgeteilt, daß drei Ausgänge vorhanden sind, jeder liegt um eine Drittelumdrehung — also um 120° versetzt — vom nächsten entfernt. Leistung läßt sich in dieser Form billiger übertragen als beim Einphasensystem und auch einfacher zum Antreiben industrieller Wechselstrommaschinen benutzen.

Drehstromgeneratoren im Auto

Am anderen Ende der Skala befinden sich Drehstromgeneratoren, die nur einige Hundert Volt erzeugen — man findet sie in Autos und anderen Nutzfahrzeugen. Weil man bei diesen Generatoren zur Versorgung ihrer Rotoren einfache Schleifringe statt unterteilter Kommutatoren wie bei den Gleichstrommaschinen benutzt, können sie mit wesentlich höheren Geschwindigkeiten als der Motor betrieben werden. Dadurch geben sie auch hohe Ladeströme bei leerlaufendem Motor mit geringerer Drehzahl ab. Gleichzeitig lassen sie sich kleiner und leichter — bei gleicher Leistung — herstellen, wenn die Leistung im Stator und nicht im Rotor erzeugt wird.

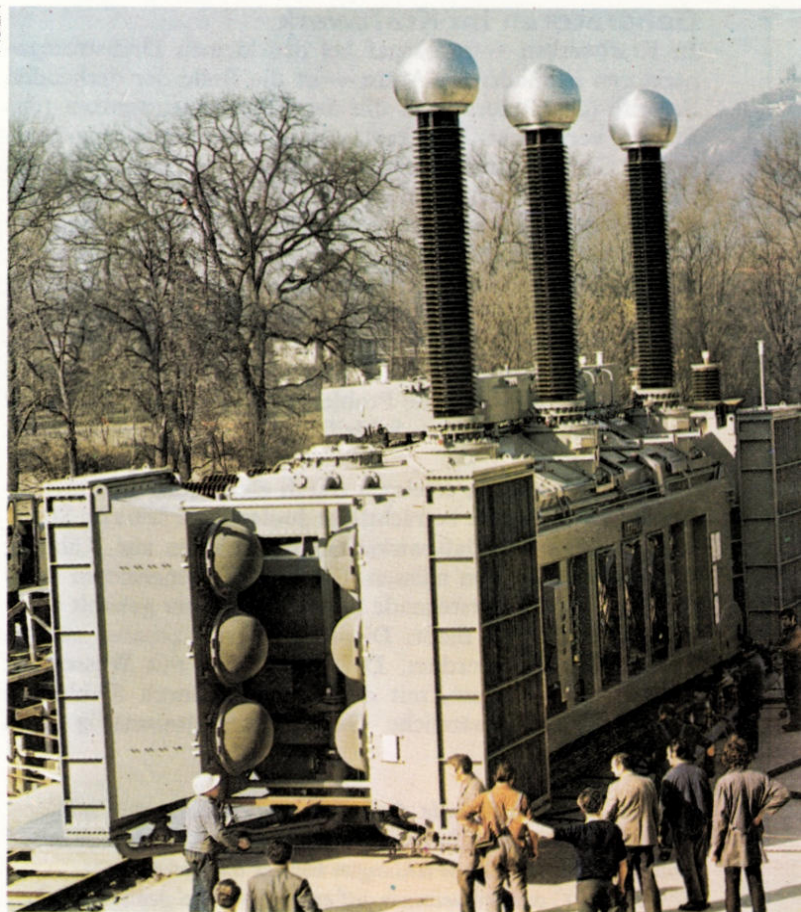
Transformatoren

Transformatoren werden zur Übertragung elektrischer Leistung zwischen zwei elektrischen Kreisen eingesetzt. Beide Kreise können unabhängig voneinander sein, müssen aber für Wechselspannungen ausgelegt sein. Meistens arbeiten beide über den Transformator verbundene Schaltungen mit unterschiedlichen Spannungen und Strömen. Außerdem erreicht man mit dem Transformator eine galvanische Trennung der beiden Schaltungen.

In seiner einfachsten Form besteht der Transformator aus zwei elektrisch leitenden Spulenwicklungen, einer Primär- und einer Sekundärwicklung, die über einen magnetischen Kreis miteinander verbunden sind (siehe MAGNETISMUS und ELEKTROMAGNETISMUS). Legt man eine Wechselspannung an die Primärwicklung der Spule, fließt ein Wechselstrom, dessen Größe durch die Selbstinduktion der Wicklung begrenzt wird. Der Primärwechselstrom oder auch Magnetisierungsstrom hat ein sich änderndes Magnetfeld zur Folge; es baut sich eine Selbstinduktionsspannung auf, die der ursprünglichen Spannung entgegengesetzt ist und ihr das Gleichgewicht hält.

Der Fluß des Magnetfeldes gelangt über den magnetischen Kreis in den Bereich der Sekundärwicklung und erzeugt in ihr eine Wechselspannung. Ist diese Wicklung belastet, z.B. mit einem Ohmschen Widerstand, fließt in ihr ebenfalls ein Wechselstrom. Dieser Strom hat wiederum in der Sekundär-

ASEA



Hier wird ein Dreiphasen-Spartransformator gezeigt. Er hat die Nennwerte 350/350/50 MVA, $400 \pm 16\%$, 120/30 kV. (Nennwerte sind Daten, die das Betriebsverhalten des Transformators charakterisieren.)

wicklung einen weiteren magnetischen Fluß zur Folge, der gegen den Fluß in der Primärwicklung wirkt und ihn zu schwächen sucht. Aus beiden Flüssen bildet sich ein resultierender Fluß, und damit wäre in der Primärwicklung das Gleichgewicht zwischen angelegter Spannung und dem sich ändernden ursprünglichen Magnetfeld gestört. Das bei Belastung bestehende, zusätzlich auf die Primärseite wirkende Magnetfeld muß demnach kompensiert werden, damit sich die ursprünglichen Verhältnisse wieder einstellen. Dies geschieht dadurch, daß im sekundären Belastungsfall die Primärseite einen weiteren Strom der Wechselspannungsquelle entnimmt und mit ihm ein entsprechend größeres primäres Gegenfeld aufbaut.

In diesem Falle fließen also primärseitig Magnetisierungs- und zusätzlicher Belastungsstrom, sekundärseitig liegt der vom Verbraucher benötigte Laststrom an. Dem magnetischen Kreis verbleibt endgültig nur der magnetische Fluß, der vom Magnetisierungsstrom ausgeht.

Die Spannungen über jeder Wicklung und die in ihnen fließenden Ströme bezieht man auf das Verhältnis der Windungen jeder Wicklung. Besitzt die Primärwicklung N_1 Windungen und die Sekundärwicklung N_2 Windungen, errechnen sich die Primär- und Sekundärspannung über

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \text{ und die Ströme über } \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}.$$

Wird ein Transformator dazu benutzt, Leistung zwischen zwei elektrischen Kreisen zu übertragen, die unterschiedliche Spannungen führen, stehen die Ströme in jeder Wicklung im umgekehrten Verhältnis zu ihren Spannungen.

WEINHERSTELLUNG

Der Wein ist so alt wie die zivilisierte Welt. Er gehört schon seit frühesten Zeiten zu den in Literatur und Malerei am häufigsten behandelten Themen.

Unten: Weinanbau in der Bundesrepublik Deutschland. Die Abbildung zeigt Weinanbaugebiete in typischen Steillagen am Mittelrhein. Die bekanntesten Rheinweine stammen aus dem Rheingau, der Rheinpfalz und Rheinhessen. Genauso beliebt sind die Moselweine, ferner die Erzeugnisse aus dem Ahrtal und von der Nahe, aus Baden und Franken.



Die Griechen nannten Italien 'Das Land des Weines', und es ist auch heute noch so, daß nahezu in allen Gegenden Italiens Wein angebaut wird. Es wird tatsächlich so viel Wein angebaut, daß Italien in der Ertragsmenge sogar Frankreich übertroffen hat. Aber Frankreich hat nach wie vor den größten Anteil an Qualitätsweinen in der Welt.

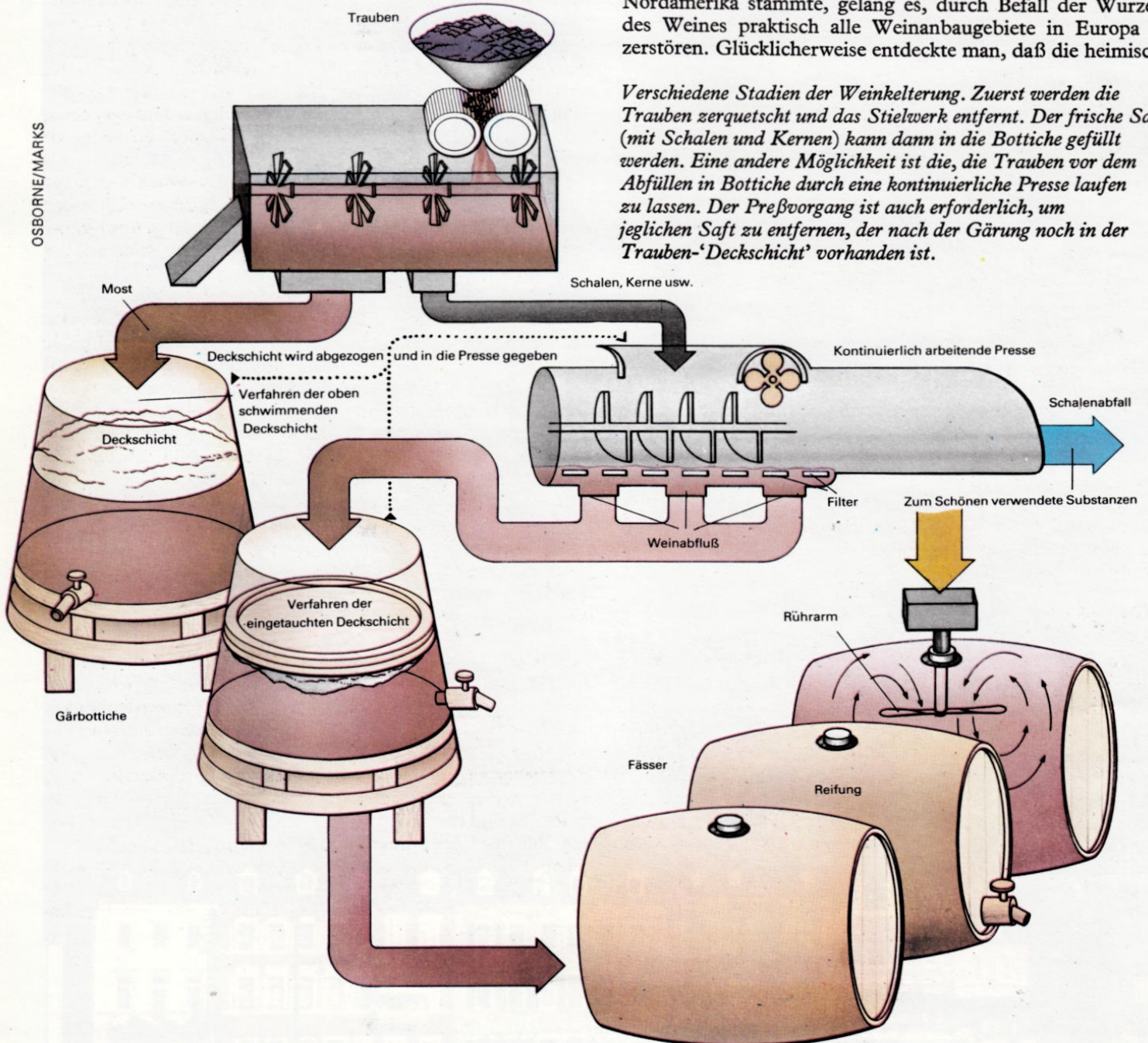
Während der Völkerwanderung und danach (etwa 476 n.Chr., dem Untergang Roms, bis etwa 1000 n. Chr.) war es die Kirche, die dafür sorgte, daß die meisten Fertigkeiten der zivilisierten Welt nicht in Vergessenheit gerieten, nicht zuletzt die der Weinherstellung. Viele der großen Weinanbaugebiete in Europa verdanken ihre Existenz der Kirche. Die Weiterentwicklung des Weines, so wie wir ihn heute kennen, begann aber erst im 17. und 18. Jahrhundert. Nach der Entdeckung des Korkens erkannte man, daß Wein über einen langen Zeitraum in der Flasche gealtert werden konnte. Dadurch erhielt man verschiedene Qualitäten des Weines, den man bisher immer nur in Fässern oder Krügen reifen ließ. Die früher verwendeten Flaschen hatten untaugliche Ton- oder Wachsverschlüsse. Durch diese Verschlüsse konnte an den

Wein Luft gelangen, die den Alkohol zu Essigsäure oxidierte und ihn somit in Essig (das englische Wort 'vinegar' = Essig kommt von dem französischen Begriff 'vin aigre', was 'saurer Wein' bedeutet) umwandelte. (Der handelsübliche Essig wird aus Wein oder einer anderen alkoholischen Flüssigkeit hergestellt, indem man die Reaktion mit säureproduzierenden Bakterien der Gattung *Acetobacter* und einem Fadenwurm, dem 'Essigälchen', *Angilula aceti*, beschleunigt.)

Die Verwendung von Korkverschlüssen führte zu einer Veränderung der Weinflaschenform. Die kürzere, gedrungene Flasche wurde durch eine längere, mehr zylindrische Art ersetzt, die man sehr gut in einem Keller im Liegen aufbewahren konnte. Dies war erforderlich, um den Wein ständig mit dem Korkverschluß in Berührung zu halten. Auf diese Weise konnte man verhindern, daß der Korkverschluß austrocknete und dadurch schrumpfte und Luft durchließ.

In der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts nahm die Weinindustrie einen rapiden Aufschwung. Und genau zu dieser Zeit ereignete sich die durch Rebläuse (*Phylloxera*) hervorgerufene Katastrophe. Einer Art Blattlaus, die *Phylloxera vastatrix* ('die Verwüsterin') genannt wurde und aus Nordamerika stammte, gelang es, durch Befall der Wurzeln des Weines praktisch alle Weinanbaugebiete in Europa zu zerstören. Glücklicherweise entdeckte man, daß die heimische

Verschiedene Stadien der Weinkelterung. Zuerst werden die Trauben zerquetscht und das Stielwerk entfernt. Der frische Saft (mit Schalen und Kernen) kann dann in die Bottiche gefüllt werden. Eine andere Möglichkeit ist die, die Trauben vor dem Abfüllen in Bottiche durch eine kontinuierliche Presse laufen zu lassen. Der Preßvorgang ist auch erforderlich, um jeglichen Saft zu entfernen, der nach der Gärung noch in der Trauben-'Deckschicht' vorhanden ist.





Ein europäischer Weinstock wird auf einen amerikanischen Wurzelstock aufgepfropft. Die beiden Teile werden ineinandergreifend zusammengefügt, wobei die Enden mit Hilfe einer Maschine (vorn) in die richtige Form gestanzt werden. Amerikanische Wurzelstöcke sind gegen die Reblaus resistent.

amerikanische Weinpflanze eine Wurzel hatte, die nicht von der Laus befallen wurde. Folglich wurden die meisten europäischen Weinpflanzen auf einen aus Amerika stammenden Wurzelstock aufgepfropft.

Von der Traube zum Wein

Wein ist der gegorene Traubensaft der Weinspezies *Vitis vinifera*, von der es viele Tausende Arten mit verschiedenen Namen gibt.

Traubensaft wird durch die natürliche und ganz spontane Wirkung der Vergärung zu Wein. Dies ist ein Prozeß, durch den der Zuckergehalt der Trauben durch Hefepilze in Alkohol und Kohlenstoffdioxidgas umgewandelt wird. Die Hefepilze stammen aus der Schale der Trauben selbst; vielfach werden jedoch auch Hefekulturen hinzugegeben. Die Gärung beginnt, sobald die Schale durchbrochen ist und die Hefe Zugang zu dem Fruchtfleisch hat.

Die Gärung dauert üblicherweise so lange an, bis der Zucker in Alkohol umgewandelt ist oder der Alkohol einen Gehalt von etwa 15% der Gesamtmenge erreicht hat. In diesem Stadium werden die Hefepilze normalerweise abgetötet. Es ist jedoch möglich, die Gärung zum Stillstand zu bringen, bevor der gesamte Zucker aufgebraucht ist, und somit einen süßen Wein herzustellen. Dies kann durch den Zusatz von Alkohol oder Schwefel erreicht werden, oder indem zur Entfernung der

Hefepilze eine Feinfiltration vorgenommen wird.

Der Saft in den Trauben ist normalerweise mehr oder weniger farblos, ganz gleich ob die Trauben rot oder weiß sind. Es ist durchaus möglich, aus roten Trauben Weißwein herzustellen, wie dies beispielsweise bei den meisten Champagnerarten der Fall ist. Dennoch wird Rotwein gewöhnlich aus roten Trauben und Weißwein aus weißen Trauben hergestellt. Der zur Herstellung von Rotwein erforderliche Farbstoff wird aus den Traubenschalen gewonnen. Daher unterscheiden sich die Verfahren zur Herstellung von Rotwein in den meisten Fällen von denen zur Herstellung von Weißwein.

Bei der Herstellung von Rotwein werden die Trauben durch eine Maschine geleitet, in der das Stielwerk entfernt wird und die Trauben leicht zerquetscht werden. In Frankreich heißt diese Maschine 'fouloir-égrappoir'. Die zerquetschten Trauben werden in ein großes Faß gepumpt, wo die Gärung aufgrund der Hefepilze in den Schalen einsetzt. Wenn sich der Saft in Wein umzuwandeln beginnt, wird allmählich immer mehr Farbstoff aus den Schalen extrahiert. Wenn ausreichende Mengen Farbstoff und Tannin (eine natürlich vorkommende Gerbsäure, die dem Wein einen charakteristischen Geschmack verleiht) vorhanden sind, wird der Most — wie man den Saft nennt — von den Schalen abgezogen. Diese werden ausgepreßt, um noch mehr Wein zu gewinnen, der dann eine dunkle Färbung hat und viel Tannin enthält. Manchmal wird dieser Wein zu den anderen hinzugegeben, um bei Bedarf dem Produkt mehr 'Körper' (Gehalt) zu verleihen.

Die erste Gärungsperiode dauert gewöhnlich etwa 10 bis 14 Tage. Danach wird der Wein normalerweise abgezogen und in Holzfässer geleitet. Das Abziehen ist der Vorgang, bei dem der Wein von der Ablagerung, die sich während der Gärung bildet, getrennt wird.

Bei der Herstellung von Weißwein werden die Trauben ebenfalls vom Stielwerk befreit und leicht zerquetscht. Anschließend werden sie jedoch in eine Horizontalpresse gegeben, bei der zwei Endplatten allmählich zusammenkommen und den Saft aus den Schalen herausquetschen, wobei die Schalen übrigbleiben. Roséwein (blaßroter Wein) wird normalerweise aus roten Trauben gewonnen, wobei der Saft nur so lange mit den Schalen in Berührung bleibt, bis eine ausreichende Menge Farbstoff extrahiert wurde.

Die zur Gärung verwendeten Fässer bestehen aus Holz, Edelstahl, Glasfaser oder Beton, der manchmal mit Glas ausgekleidet ist. Es ist äußerst wichtig, daß die richtige Temperatur — gewöhnlich etwa 25°C — erreicht wird. Die meisten modernen Einrichtungen sind mit wirksamen Systemen zur Temperaturregelung ausgerüstet. Wenn die Gärung einmal begonnen hat, schwimmen die Schalen in dem Faß nach oben und bilden eine Deckschicht. Sie verhindert, daß der unentbehrliche Sauerstoff den Most darunter erreicht. Aus diesem Grunde muß diese Deckschicht zerstört werden, damit die Schalen mit dem gesamten Saft in Berührung bleiben.

Normalerweise ist es nicht erforderlich, Zucker in den Most zu geben; in der Praxis aber wird dies recht häufig getan, besonders in nördlichen Weinbaugebieten, wo es nicht so sonnig ist und die Trauben nicht immer reif werden. Gewöhnlich soll der Zusatz von Zucker bewirken, daß der Alkoholgehalt erhöht wird. Bei diesem Verfahren spricht man auch von Chaptalisierung, benannt nach Jean André Chaptal (1756 bis 1832). Eine zweite bzw. Apfelsäure-Milchsäure-Gärung findet normalerweise im Frühjahr nach der Weinlese statt. Es ist aber auch möglich, daß diese zweite Gärung unmittelbar nach der gewöhnlichen Alkoholgärung herbeigeführt wird. Diese Apfelsäure-Milchsäuregärung ist erwünscht, da überschüssige Apfelsäure, die die Qualität des Weines beeinträchtigen würde, in Milchsäure umgewandelt wird.



PICTUREPOINT

Reifung

Die Bordeaux-Methode, die auch in vielen anderen Gebieten angewendet wird, besteht darin, den Rotwein etwa im Februar nach der Weinlese in 'barriques' oder Oxhoftfässer (etwa 300 l bis 600 l, Oxhoft ist ein altes Flüssigkeitsmaß) zu füllen. Diese Fässer sind gewöhnlich aus Eichenholz oder Kastanienholz. In ihnen wird der Wein zur Reife gebracht, wobei eine geringe Menge Sauerstoff durch die Poren des Holzes gelangt. Es findet auch eine leichte Verdunstung statt, weshalb die Fässer regelmäßig aufgefüllt werden müssen. Diese Reifeperiode ist unterschiedlich; achtzehn Monate bis zwei Jahre sind der Durchschnitt.

Vor Abfüllen des Weines in Flaschen ist es üblich, ihn mit einer albuminartigen Substanz, wie z.B. Eieralbumin oder Gelatine, zu schönen (klären). Dadurch soll der Wein klar und glanzhell werden. Oft ist es wünschenswert, den Wein in der Flasche noch weiter reifen zu lassen. Bei Weißweinen ist die Dauer der Reifung gewöhnlich viel kürzer. Tatsächlich ist es durchaus normal, den Weißwein im Frühjahr nach der Weinernte, wenn nicht sogar früher, in Flaschen abzufüllen. Oft läßt man ihn gar nicht in Holzfässern reifen. Im allgemeinen sollen Weißweine getrunken werden, wenn sie noch recht jung sind und noch ihre Frische haben. Heute werden auch viele Rotweine so gekeltert, daß man sie gern trinkt, wenn sie noch jung sind ('vin neuf').

Bei den besten Rotweinen dauert es eine Zeitlang, bis sich schließlich die Verbindungen aus Säuren, Zucker, Tannin, Estern und Aldehyden in eine ausgewogene harmonische Mischung umgewandelt haben. Ester und Aldehyde sind Nebenprodukte der alkoholischen Gärung, die besonders zum Bukett oder Aroma eines Weines beitragen. Wenn man einen Wein zu lange stehen läßt, wird er in der Farbe schwächer; der Wein beginnt fad und schal zu schmecken, wenn der fruchtige Geschmack und die Säure nachlassen. Bei der Reifung oder Lagerung eines Weines ist es wichtig, einen

Platz — idealerweise einen Keller — zu haben, wo die Temperatur ziemlich konstant bleibt, und es weder zu kalt noch zu warm wird. Die Temperatur sollte vorzugsweise zwischen 7°C und 18°C liegen.

Mit zusätzlichem Alkohol verstärkte Weine

Außer den gewöhnlichen Weinen mit einem durchschnittlichen Alkoholgehalt von 10% bis 14% gibt es auch hochprozentige Weine, die einen Alkoholgehalt von 16% bis 24% haben. Solche Weine, beispielsweise Portwein, Sherry und Madeirawein, sind stärker als gewöhnliche Tafelweine, da sie durch den Zusatz von Alkohol, normalerweise Traubenschnaps, verstärkt werden. Durch diesen Zusatz wird die Fortsetzung der Gärung verhindert; jeglicher Restzucker bleibt somit unangetastet, so daß man bei Bedarf auf diese Weise einen süßen Wein herstellen kann.

Portwein wird durch Mischen von Branntwein und Rotwein, der nur halb vergoren wurde und somit noch die Hälfte seines beträchtlichen Zuckergehaltes aufweist, hergestellt. Die Trauben werden in dem oberen Douroflußtal in Portugal angebaut; der Wein aber wird fast immer zu den Portweinelagerhäusern in der Nähe der Hafenstadt Porto hinuntertransportiert, wo er in länglichen Weinfässern, die 523 l fassen (auch Pipe genannt) zur Reife gebracht wird. Die Fässer können dort zwischen 2 Jahren und 50 Jahren lagern.

Jahrgangsportwein (Vintage Port) ist das Produkt eines einzelnen Jahres, dessen Qualität als besonders gut angesehen wurde. Dieser Wein wird schon nach 2 Jahren in Flaschen abgefüllt; allerdings muß er noch 15 bis 20 Jahre in der Flasche verbleiben, damit er genügend Reife erhält. Es gibt auch Portweinsorten, die man schon früher trinken kann. Befindet sich der Wein längere Zeit in Gefäßen aus Holz, so reift er schneller, so daß er in Flaschen abgefüllt werden kann, sobald er zum Trinken geeignet ist. Ruby Port (dunkelroter Portwein) ist im Vergleich zu anderen Portweinen

dunkler und herber. Er wird nur über einen relativ kurzen Zeitraum in einem Holzfaß zur Reife gebracht. Tawny Port (braungelber Portwein) läßt man viel länger stehen, wodurch er eine viel blässere Farbe erhält.

Sherry, der aus der Gegend von Jerez (Südspanien) stammt ist ebenfalls ein verstärkter Wein. Verschiedene trockene (fino) Sherryarten müssen allerdings nicht verstärkt werden, da aus der Rebe selbst ein ausreichend hoher Alkoholgehalt erzielt werden kann. Das charakteristische Merkmal der Sherryherstellung liegt in dem sogenannten Solera-System, nach dem der Wein in Weinfässern gelagert wird, wobei die älteren Sorten ständig mit jüngeren Sorten der gleichen Art aufgefüllt werden. Auf diese Weise kann durch kontinuierliches, sorgfältiges Mischen Jahr für Jahr die gleiche Weinsorte hergestellt werden. Sherry wird je nach Bedarf entsprechend trocken oder süß hergestellt.

Madeirawein, der von der vulkanischen Insel Madeira

Links: Die Trennung von Trauben und Stielwerk. Bei diesem Vorgang werden die Trauben auch teilweise zerquetscht. Auf diese Weise kommen die auf der Schale vorhandenen Hefepilze mit dem Traubensaft in Berührung und die Gärung kann beginnen. Die Trauben werden zur Gärung in ein Faß gegeben.

Unten: Der Wein wird in Holzfässern zur Reife gebracht, wobei eine geringe Menge Sauerstoff durch die Poren im Holz zum Wein gelangen kann. Die Fässer werden in Kellern bei konstanter Temperatur im allgemeinen bis zu zwei Jahren (manchmal jedoch länger) gelagert.

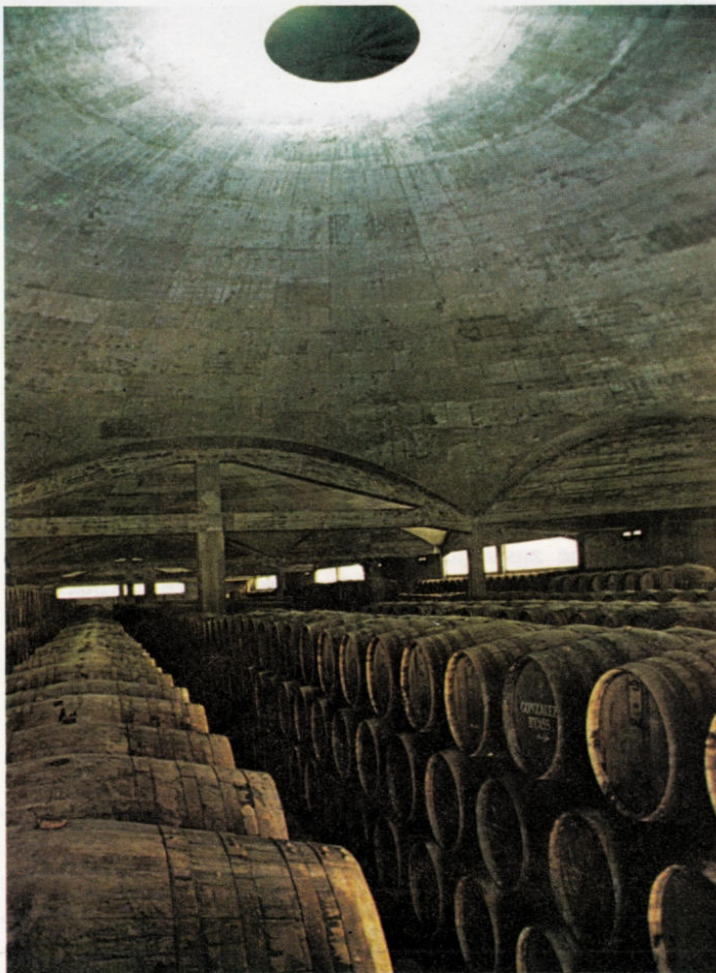
Unten rechts: Reinigen der Flaschen, bevor sie mit Wein gefüllt werden. Rotweine läßt man in der Flasche weiter reifen; Weißweine werden getrunken, wenn sie noch jung sind.

stammt, wird im allgemeinen ebenfalls nach einem 'Solera-system' hergestellt; gelegentlich gibt es jedoch auch Weine von einer einzelnen Weinernte. Sie schmecken selbst nach 100 Jahren oder mehr wie am ersten Tag. Der Wein wird über einen längeren Zeitraum von 4 bis 5 Monaten in 'estufas' oder Lagerräumen aufbewahrt, wo eine Temperatur von etwa 49°C aufrechterhalten wird. Dies trägt dazu bei, daß der Wein seinen charakteristischen Geschmack von leicht verbranntem Karamell erhält.

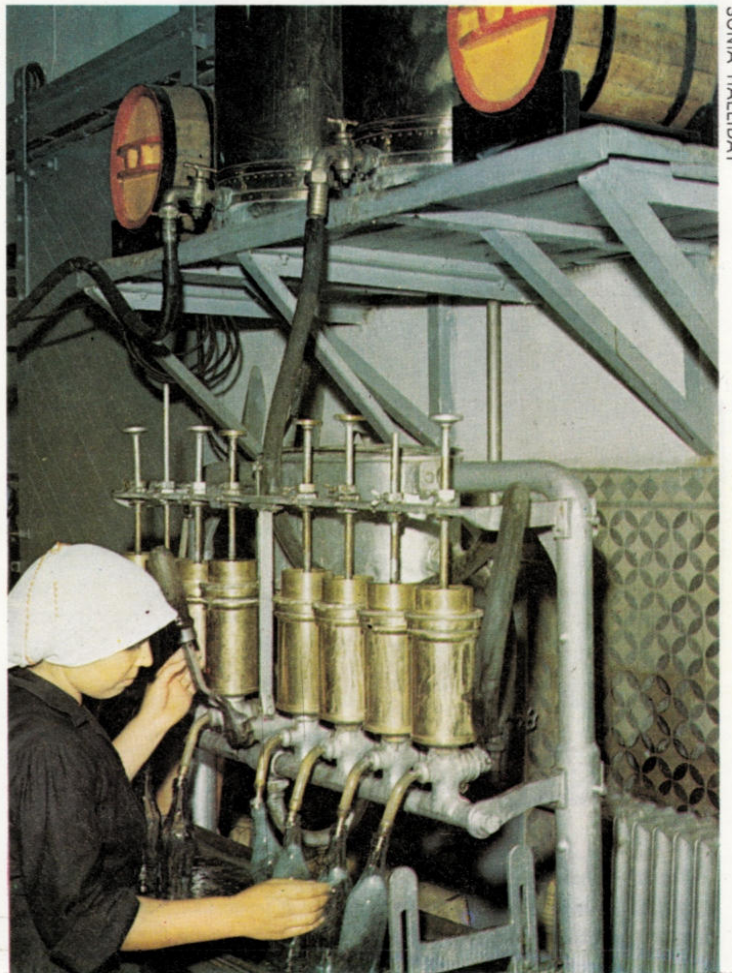
Schaumweine

Bei Champagner und anderen Schaumweinen, die nach der 'méthode champenoise' hergestellt werden, findet eine zweite Gärung in der Flasche statt. Das entstehende Kohlenstoffdioxidgas kann nicht entweichen und löst sich im Wein, wodurch das wohlbekannte Moussieren entsteht. Bei der zweiten Gärung sind die Flaschen so gelagert, daß sich der Flaschenboden oben befindet, so daß sich die Ablagerung auf dem Korken absetzt. Der Flaschenhals wird dann eingefroren und der Korken zusammen mit der gefrorenen Ablagerung gezogen. Ein neuer Korken wird eingesetzt und verdrahtet. Der Draht und die spezielle dickwandige Flasche sind als Widerstand gegen den Gasdruck erforderlich.

Andere Schaumweine werden nach einem System hergestellt, das als die 'Cuve Close'-Methode bekannt ist. Das Herstellungsprinzip ist das gleiche, das Moussieren aber findet in einem Faß oder 'cuve' und nicht in der eigentlichen Flasche statt. Dies ist eine eindeutig wirtschaftlichere Herstellungsmethode; allerdings wird das Aufsteigen von Blasen nicht so lange anhalten, wenn die Flasche einmal geöffnet ist. Eine noch billigere Methode zur Herstellung von Schaumweinen besteht darin, einfach Kohlenstoffdioxid in den nicht schäumenden Wein einzublasen; das Ergebnis ist allerdings wenig zufriedenstellend.



ALPHABET & IMAGE



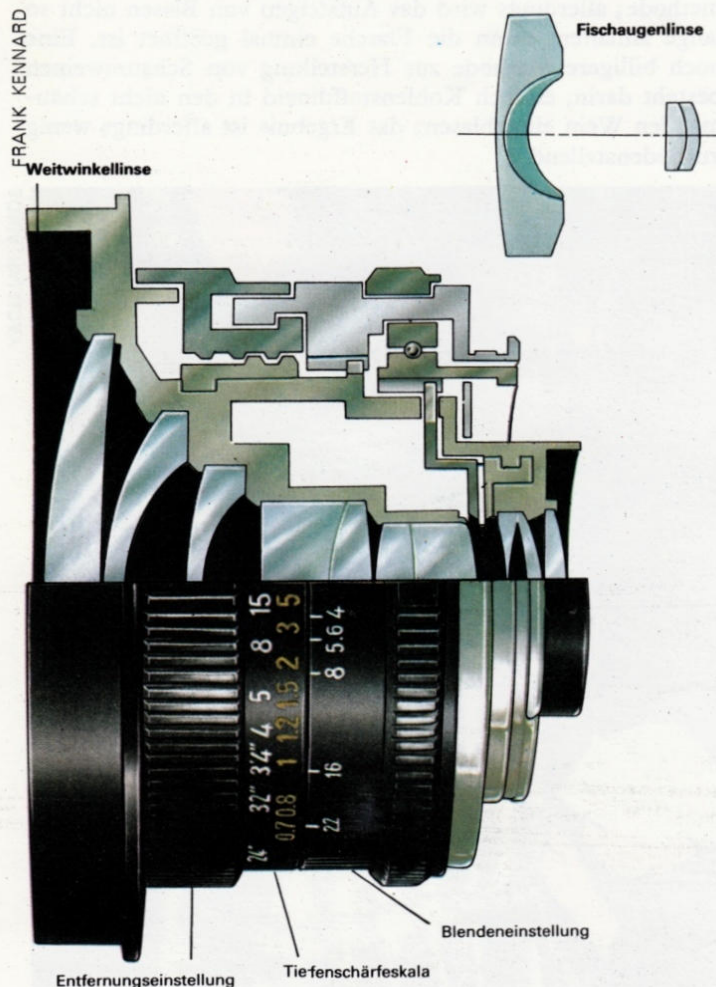
SONIA HALLIDAY

WEITWINKEL- UND ZOOMOBJEKTIVE

Weitwinkel- und Varioobjektive gehören zu dem vielfältigen Angebot an Objektiven, das heute für die einäugigen Spiegelreflexkameras zur Verfügung steht.

Bei einem normalen Kameraobjektiv beträgt für ein unendlich entferntes Objekt der Bildwinkel — gemessen zwischen zwei diagonal gegenüberliegenden Bildecken — etwa 55° . Dieser Winkel, der sich ergibt, wenn die Brennweite und die Formatdiagonale etwa gleich groß sind, genügt für die meisten fotografischen Zwecke. Um von einem entfernteren Objekt ein vergrößertes Bild zu erhalten, muß der Fotograf ein Objektiv mit langer Brennweite benutzen. Ein solches **TELEOBJEKTIV** bildet ein kleineres Bildfeld, dieses aber vergrößert, ab. Will man dagegen ein größeres Objekt aus der Nähe fotografieren oder eine Panoramaaufnahme machen, so benötigt man ein Weitwinkelobjektiv. Hierunter werden diejenigen Objektive verstanden, deren Bildwinkel größer als 60° ist. Objektive mit mehr als 80° heißen Ultraweitwinkelobjektive.

Normale Kameraobjektive, die **LINSEN** mit größerer Krümmung enthalten, können Bildwinkel bis zu 110° erfassen. Allerdings zeigten die ersten Weitwinkelobjektive dieser Bauart eine starke Verzeichnung, die nur durch Abblenden mit der Irisblende (siehe FOTOAPPARATE) verringert werden konnte. Zum Scharfeinstellen wird aber zunächst die Blende völlig



Schnittzeichnung eines Weitwinkelobjektivs mit der Öffnung 1:4 und 21 mm Brennweite, wie es für Kleinbildkameras verwendet wird. Darüber ist die Linsenordnung für ein 1:11/16-6 mm Fischaugenobjektiv dargestellt.

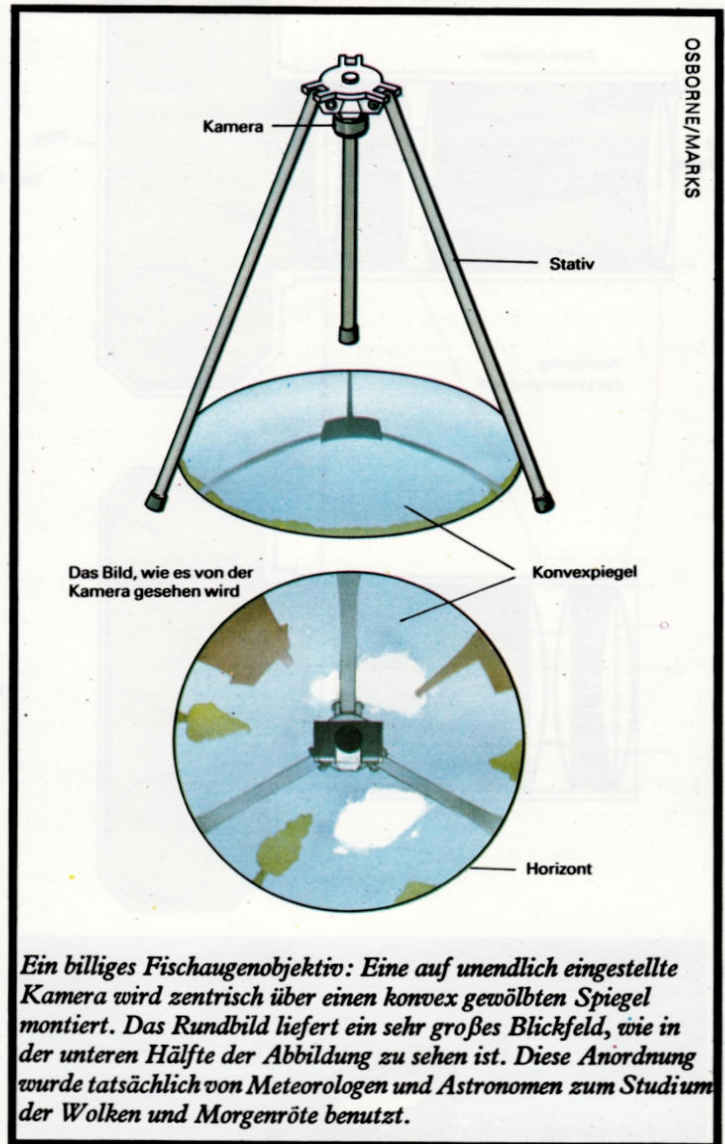


Oben: An dieser Aufnahme erkennt man, wie ein Fischaugenobjektiv die Bildränder verzerrt.

geöffnet, um genügend Licht durch das Objektiv auf die Mattscheibe des Suchers einfallen zu lassen. Danach wird die Blende auf den zur Filmbelichtung richtigen Wert zurückgestellt.

Moderne Weitwinkelobjektive können auch für relativ große Öffnungen ausgelegt werden. Der Bildwinkel ist jedoch auf etwa 110° begrenzt, weil darüberhinaus der Lichtabfall zum Bildrand hin zu stark wird. Diesem Effekt der 'natürlichen Vignettierung' überlagert sich noch die 'künstliche Vignettierung', eine zusätzliche Abschattung der Randzonen, die z.B. durch die Linsenfassungen oder andere Blenden im Strahlengang verursacht wird. Solche Blenden werden benötigt, um gewisse Linsenfehler zu verringern. Der Lichtabfall ist bei dem 'Retrofokus'-System (ein gegenüber einem Teleobjektiv umgekehrt angeordnetes Linsensystem) weniger schwerwiegend. Diese Systeme werden häufig als Weitwinkelobjektive benutzt, obwohl sie erheblich größer und schwerer sind als ein übliches Objektiv mit gleich langer Brennweite.

Wird eine stärkere Verzeichnung in der Abbildung in Kauf genommen, so sind auch wesentlich größere Bildwinkel erfassbar. Während z.B. Luftbildaufnahmen, die fotogrammetrisch ausgewertet werden sollen, verzeichnungsfrei sein müssen, wird für das Studium von Wolken oder Meteorbahnen ein Bildwinkel von 180° zur fotografischen Aufnahme der gesamt-



ten Himmelshalbkugel gewünscht; die dabei auftretende Verzeichnung stört für diesen Zweck nicht. Diese Ultraweitwinkelobjektive mit Bildwinkel bis zu 220° , die die äußeren Bildfeldteile zusammendrücken, sind als sogenannte 'Fischaugenobjektive' bekannt. Der Fischaugeneffekt kommt durch die Lichtbrechung an der Grenze Wasser/Luft zustande, wodurch der gesamte Halbkugelbereich von 180° über der Wasseroberfläche auf etwa 100° aus der Unterwassersicht zusammengedrängt wird. Ein Fischaugenobjektiv hat einen Schärfentiefebereich von 10 cm bis unendlich, so daß sich eine zusätzliche Scharfeinstellung erübrigt. Fischaugenobjektive werden häufig für Trickaufnahmen verwendet, beispielsweise um absichtlich eine Filmszene zu verzerren. Andererseits kann aber auch die Verzerrung aufgehoben und eine naturgetreue Abbildung erhalten werden, wenn der Film mit dem Aufnahmeobjektiv auch projiziert wird.

Weitwinkel- und Fischaugenobjektive erfordern bis zu zehn und mehr Linsen, um die verschiedenen Abbildungsfehler ausreichend korrigieren zu können. Nachteilig am mehrlinsigen Aufbau sind die Lichtverluste durch Reflexion. An jeder Glas/Luft-Grenzfläche gehen auf diese Weise etwa 5% verloren, so daß ein fünflinsiges System mit zehn Grenzflächen schon etwa die Hälfte des eindringenden Lichtes verliert bzw. teilweise in Form von hellen Flecken auf den Film reflektiert. Abhilfe brachte das in den 40er Jahren entwickelte Entspiegelungsverfahren der Beschichtung oder 'Vergütung' der Linsenoberflächen. Die Reflexionsverluste wurden pro Grenzfläche auf weniger als 1% verringert, so daß selbst zehnlinsige

Objektive nur relativ wenig Licht verlieren und deutlich weniger Reflexionsflecken erzeugen. Die Beschichtung (mit Magnesium- oder Calciumfluorid) wird etwa $1/10\,000$ mm dünn gewählt und beträgt damit nur ein Viertel der Lichtwellenlänge. Mit dieser Maßnahme wird folgendes erreicht: Das Licht, das normalerweise an der Glasoberfläche reflektiert würde, wird jetzt etwa zur Hälfte an der Schicht und zur Hälfte an der Glasoberfläche reflektiert. Beide reflektierte Lichtwellen haben nun einen Gangunterschied von einer halben Wellenlänge (= zweifache Schichtdicke). Dies bedeutet, daß die Wellentäler der einen mit den Wellenbergen der anderen Welle zusammenfallen, d.h. beide Wellen löschen sich durch 'Interferenz' aus.

Die optimale Entspiegelung gelingt auf diese Weise natürlich nur für eine bestimmte Wellenlänge bzw. Farbe. In der Regel werden die Objektive für grünes Licht Entspiegelt, während für das längerwellige rote und das kürzerwellige blaue Licht eine geringfügige Reflexion bestehen bleibt. Diese Restreflexion gibt den vergüteten Objektiven — im reflektierten Licht betrachtet — das charakteristische rötlich-blaue Aussehen. Ein vergütetes Objektiv muß sorgfältig behandelt werden, da die dünne Schicht leicht beschädigt werden kann.

Zoomobjektive

Mit einem Vario- oder Zoomobjektiv, das aus dem Teleobjektiv entwickelt wurde, kann die Brennweite innerhalb eines bestimmten Bereiches kontinuierlich verändert werden, indem man die Abstände einiger Linsen oder Linsengruppen im

Mechanischer Ausgleich

Zoom-Objektiv

Licht vom Objekt

Bewegung der Linsengruppen

Kamera

Film

Tele-Einstellung

Optischer Ausgleich

Bewegung der Linsengruppen

Weitwinkелеinstellung

PICTUREPOINT



16-mm-Kamera mit Zoom-Objektiv für Dokumentar- oder Fernsehfilme. Trotz 10fachen Zoombereichs ist diese Ausführung besonders kompakt. Die Variooptik kann entweder von Hand oder mit Hilfe eines Elektromotors betätigt werden.

Objektiv variiert. Da andererseits die Bildvergrößerung von der Brennweite abhängt, bietet eine solche Zoom-Einrichtung, populär auch Gummilinsse genannt, die Möglichkeit, die Größe des Bildausschnittes kontinuierlich zu verändern, ohne die Kamera bewegen zu müssen. Das 'Zoomen' wird gern als Ausdrucksmittel beim Filmen benutzt, z.B. um 'Fahreffekte' vorzutäuschen, aber man sollte es nicht zu häufig anwenden, da es dann recht störend wirkt.

In der einfachsten Ausführung eines Varioobjektivs wird

Zwei variooptische Systeme: Der mechanische Ausgleich wird am häufigsten benutzt, da hierfür weniger Linsen benötigt werden. Die dargestellten Sammel- und Zerstreuungslinsen sind jeweils Linsengruppen. Die Brennweite wird durch den Bildwinkel bestimmt. Einzelobjektive mit langer Brennweite haben einen kleineren Bildwinkel.

zwischen zwei Sammellinsen eine Zerstreuungslinse gebracht. Schon eine kleine Lageveränderung der Zerstreuungslinse ändert die Brennweite des Gesamtsystems merklich. Um das Bild scharf eingestellt zu halten, muß allerdings auch die Frontlinse — und zwar um eine andere Strecke und eventuell in entgegengesetzter Richtung — verschoben werden. Die Zoomobjektive bestehen in Wirklichkeit nicht nur aus drei, sondern aus vielen Linsen oder Linsengruppen, und der ganze Aufbau des Objektivs ist robuster, wenn die zu bewegendenden Linsengruppen sich im Inneren des Objektivs befinden. In den früheren Ausführungen der Varioobjektive wurde die unterschiedliche Verschiebung der Linsen über einen Mitnehmer-Mechanismus miteinander gekoppelt.

Neuere Zoomobjektive sind optisch so ausgelegt, daß die beiden zu verschiebenden Linsengruppen in gleicher Richtung und um exakt die gleiche Strecke bewegt werden müssen. Sie können daher starr verbunden und in einem Tubus als Einheit verschoben werden (optischer Ausgleich).

Zoomobjektive werden auch für Stehbildkameras angeboten, und zwar besonders für den Bereich der längeren Brennweiten. Für eine Stehbildkamera ist natürlich die kontinuierliche Veränderung der Brennweite nicht erforderlich, aber ein Varioobjektiv kann eben zwei oder drei Teleobjektive unterschiedlicher Brennweite ersetzen. Für die kürzeren Brennweiten sind die Zoomobjektive ziemlich unhandlich, und außerdem erstreckt sich die Brennweitenänderung nur über einen Bereich von 2:1 oder 3:1, im Gegensatz zu 20:1 für eine professionelle Filmkamera. Der Vorteil gegenüber einem Objektiv mit konstanter Brennweite ist daher nur gering.

WERKZEUGMASCHINEN

Werkzeugmaschinen sind fremdkraftbetriebene Maschinen zur Bearbeitung von Metall oder Kunststoff durch eine zumeist schneidend (spanabhebend) ausgeführte Folge von Arbeitsgängen. Werkzeugmaschinen sind die einzigen Maschinen, die sich reproduzieren (kopieren) können; doch werden sie auch zur Herstellung fast aller anderen Arten von Maschinen eingesetzt.

Allgemein ausgedrückt, werden drei Arten der spanabhebenden Oberflächenbearbeitung am häufigsten angewandt: Arbeitsgänge mit geradliniger Schnittbewegung (Stoßen und Hobeln), Arbeitsvorgänge mit kreisförmiger Schnittbewegung (Drehen) und die zumeist nach unten gerichteten Arbeitsvorgänge wie Bohren, Stanzen und Fräsen zur Herstellung von Bohrungen, Schlitten usw. Wo genaue Maßhaltigkeit erforderlich ist, wie z.B. bei Wellen für Motoren und Gleitflächen für Maschinen, werden Schleifmaschinen zur Erzielung glattpolierter Oberflächen mit engen Meßwert-Toleranzen benutzt.

Stoß- und Hobelmaschinen

Nach der Art, ob die Schnitt- und Vorschubbewegung vom Werkzeug oder vom Werkstück ausgeführt wird, unterscheidet man beim Hobeln verschiedene Arbeitsweisen, bei denen ent-

Die Stoßmaschine bringt ein Werkstück zunächst auf seine Außenabmessungen, bevor eine kompliziertere Bearbeitung erfolgt. Der hin- und hergehende Stößel bewegt das Werkzeug über das eingespannte Werkstück hinweg, während der Aufspanntisch bei jeder Rückwärtsbewegung des Stößels geringfügig vorrückt. Stößelweg und -geschwindigkeit sowie die Vorschubbewegung des Aufspanntisches sind einstellbar.

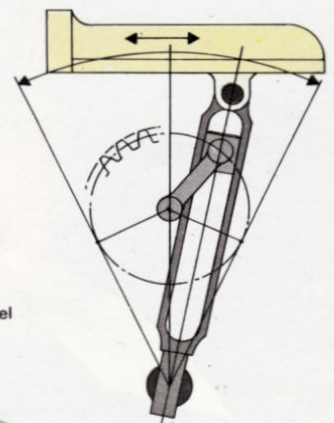
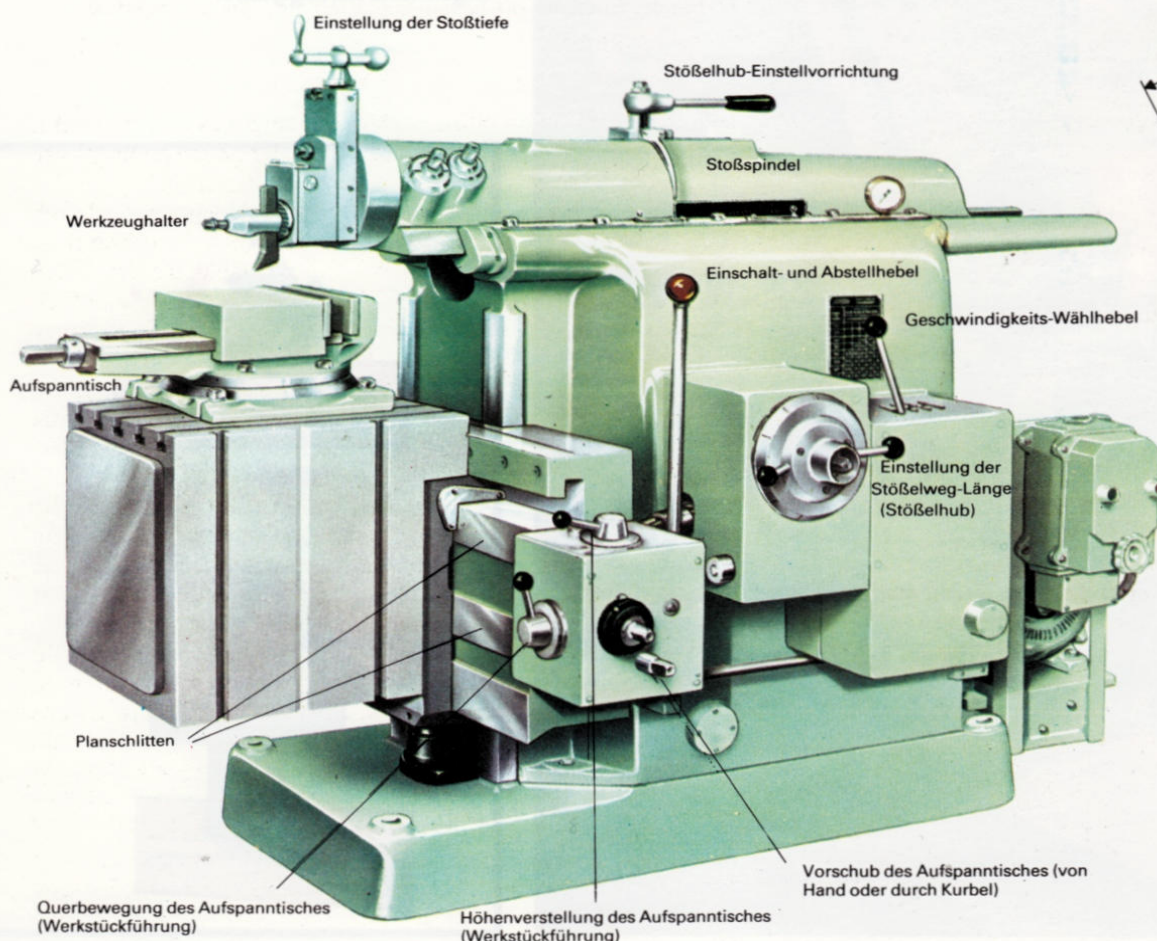
weder das Werkstück die hin- und hergehende Hauptbewegung und das Werkzeug den Vorschub ausübt (wie es bei der Tisch-Hobelmaschine der Fall ist); oder aber die Schnittbewegung wird vom Werkzeug und der Vorschub vom Werkstück ausgeübt, was bei den meisten Hobel- und Stoßmaschinen der Fall ist.

Da folglich eine der beiden Bewegungen 'unproduktiv' verläuft, entwickelte man Hobelmaschinen, bei denen das Werkzeug sowohl die Schnittbewegung als auch den Vorschub ausübt, so daß das Werkstück unbeweglich verharrt. Nach der Art der Vorschubrichtung unterscheidet man Querhobeln, Schräghobeln und Senkrechthobeln. Nach dieser Arbeitsweise arbeiten Blechkanten- und Grubenhobelmaschinen. Auch Stoßhobelmaschinen für sperrige Werkstücke haben oft einen Hobelschlitten, der sowohl in Längsrichtung als auch quer bewegt werden kann.

Der Doppelhub der hin- und hergehenden Hauptbewegung setzt sich aus dem Vorlauf und dem Rücklauf zusammen. Die Wirtschaftlichkeit des Hobelns hängt wesentlich davon ab, ob der Rücklauf zur Zerspanungsarbeit eingesetzt und wie die Rücklaufzeit gewählt wird. Ein Verfahren zur Ausnutzung des Rücklaufes ist das Zwei-Wege-Hobeln (Doppelhobeln), bei dem z.B. zwei verschiedene Werkzeuge in einen Meißelhalter eingespannt und durch entsprechende Vorrichtungen zum Schnitt gebracht werden.

Die Schnittgeschwindigkeit beim Hobeln und Stoßen hängt vom Werkstoff des Werkzeuges und des Werkstückes sowie von der Leistungsfähigkeit der Maschine ab und läßt sich bei den meisten Maschinen stufenlos einstellen.

Bei dem als Stoßen bezeichneten Zerspanungsverfahren führt das Werkzeug die geradlinige Hauptbewegung aus, während das Werkstück die Vorschubbewegung übernimmt. Je nach Bauart der Maschine werden verschiedene Stoßverfahren unterschieden: Die häufigsten sind das Senkrechthobeln, bei dem der Stößel die Schnittbewegung in vertikaler



Die Kulissenführung, durch die die Stößelbewegung gesteuert und ihre schnelle Umkehr zur Zeitersparnis bewirkt wird, da während der Rückwärtsbewegung keine Fräsarbeit stattfindet

Richtung durchführt, und das Waagrecht-Stoßen (Kurzholbeln), bei dem der Stößel in der waagerechten Ebene arbeitet.

Drehmaschinen

Die Drehmaschine, die älteste und wichtigste Werkzeugmaschine, wird zur spanenden Formung von Umfang und Stirnseite eines sich drehenden Werkstückes (Drehling), wie z.B. bei der Herstellung von Motorwellen und beim Schneiden von Gewinden, benutzt. Die Drehbewegung des Werkstückes ist gleichzeitig die für das Spanen benötigte Schnittbewegung und die den Rotationskörper erzeugende Bewegung. Die Form der Außenfläche des Werkstückes ergibt sich durch die Vorschubbewegung des in den Werkzeughalter eingespannten Drehmeißels, dessen Führung durch Verschieben des Werkzeugschlittens erfolgt. (Siehe auch DREHBANK.)

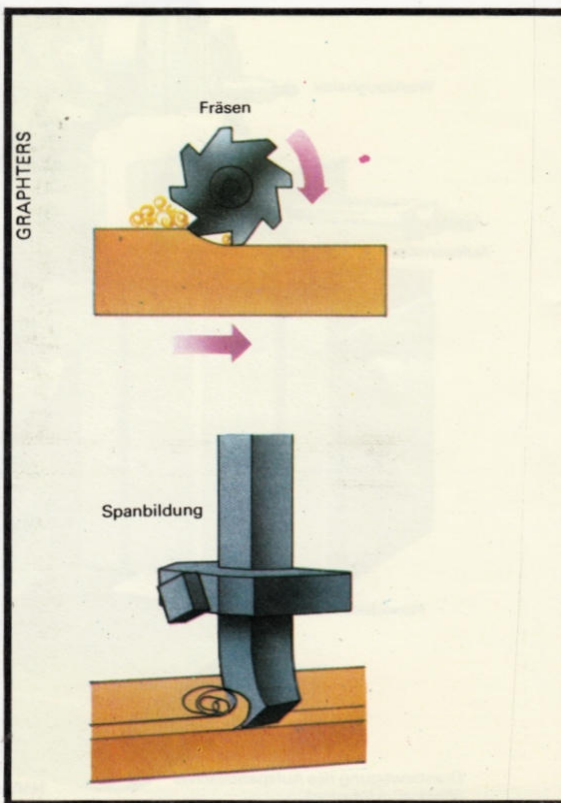
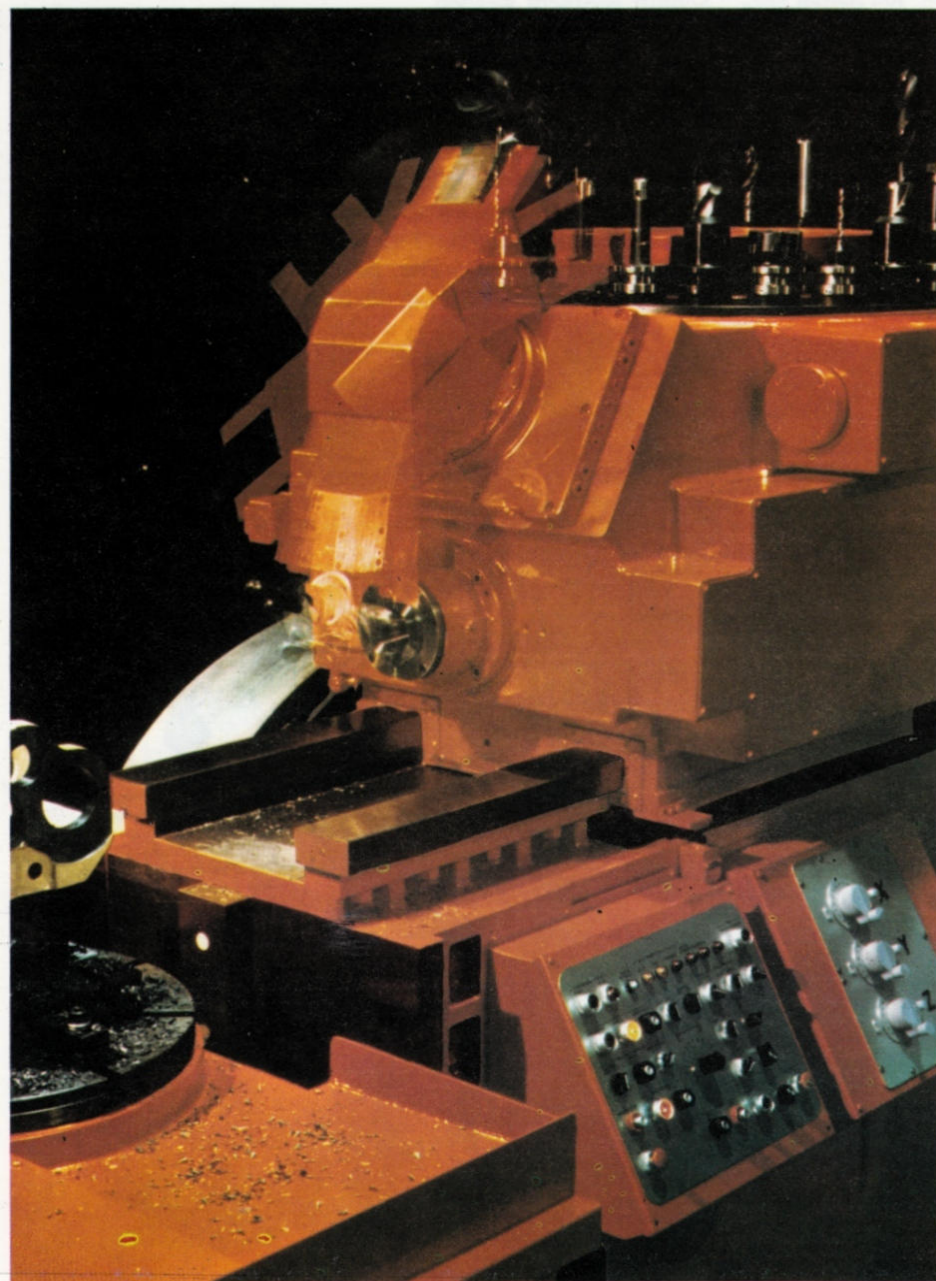
Fräsmaschinen

Im Gegensatz zu Maschinen, die Metall und andere geeignete Werkstoffe mit 'einschneidigen' Werkzeugen bearbeiten, gelangen bei Fräsmaschinen rundlaufende 'mehrschneidige' bzw. vielschneidige Werkzeuge (Fräser) zur Herstellung ebener oder gekrümmter Flächen zum Einsatz. Der Fräser führt gleichzeitig mit dem zu bearbeitenden Teil (Werkstück) eine senkrecht zur Drehachse des Fräfers verlaufende Bewegung

aus, die bei den meisten Drehmaschinen auch auf das Werkstück übertragen wird. Die Frässpindel kann parallel, spitzwinklig oder senkrecht zu der Bearbeitungsfläche des Werkstückes ausgerichtet werden. Entsprechend der Anordnung der Spindel kommen unterschiedliche Fräser zum Einsatz, z.B. Walzenfräser und Scheibenfräser für waagrecht verlaufende Bearbeitungsgänge, Winkelfräser für im spitzen Winkel geführte Spindeln und Messerköpfe oder Schaftfräser für senkrecht betriebene Spindeln. In der Regel lassen sich moderne Fräsen auf alle drei Arbeitsrichtungen einstellen. Besondere Vorrichtungen ermöglichen darüberhinaus den Einsatz spezieller Fräser wie z.B. Messerköpfe, Fingerfräser und Satzfräser. Zur Aufnahme des Werkstückes dient der Frästisch, der an den Längsseiten Wasserfangrinnen und an den Schmalseiten Wasserfangschalen für das Kühlmittel trägt und in der Regel auch die Vorschubbewegungen ausführt.

Durch den Einsatz von Teilköpfen lassen sich manche Fräsmaschinen für noch vielseitigere Bearbeitungsvorgänge (direktes und indirektes Teilen) benutzen. Beim indirekten Teilen wird die Teilkopfspindel mit der Teilkurbel über Schneckentrieb um den gewünschten Winkel gedreht. Mit Lochscheiben lassen sich dabei kleinste Teilungen durchführen. Unabhängig von Lochscheiben kann mit einer Zusatzteilvorrichtung über den Schneckentrieb jede beliebige

Links: Mehrfach belichtete Aufnahme einer automatischen Werkzeugmaschine während des Betriebs. Bis zu 20 verschiedene Bohrer werden für die vorgesehenen Arbeitsfolgen in einem Bohrerträger gespeichert. Im Bedarfsfall wird das Werkzeug durch einen umlaufenden Arm in waagerechte Betriebslage gebracht und automatisch an den zu bearbeitenden Gegenstand herangeführt.



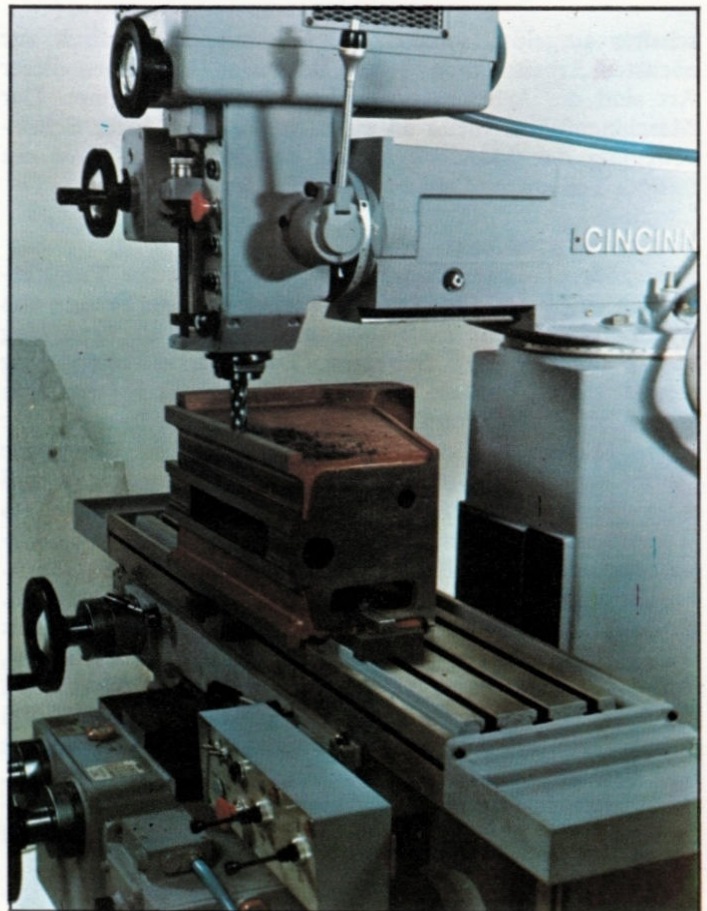
Winkelteilung eingestellt werden. Bei der direkten Teilung wird nach Ausrücken der Schnecke die Teilkopfspindel so weit gedreht, bis sie in einer vorgegebenen Rastenstellung feststeht. Die Grobeinstellung ist nach der 360°-Teilung möglich.

Ein weiteres Zusatzgerät für feinste Bohr-, Fräs- und Ausrehtarbeiten sowie für die Durchführung von Lehrenbohrarbeiten nach Koordinatenmaßen ist der Bohrkopf. Das Bohrspindelgehäuse ist um jeweils 90° nach beiden Seiten schwenkbar, um Schrägbohrungen in beliebiger Richtung durchzuführen, ohne daß das Werkstück umgespannt zu werden braucht.

Universal-Werkzeugfräsmaschinen mit verschiedenartigsten Zusatzeinrichtungen können auch mit einer Spiralfräseinrichtung bestückt werden, wodurch eine wirtschaftliche Herstellung spiralgenuteter Werkstücke und von Hochleistungswerkzeugen, wie Fräser, Senker, Reibahlen, Automatenwerkzeuge usw. ermöglicht wird. Weitaus kompliziertere Arbeiten können von Universal-Kopierfräsmaschinen durchgeführt werden. Nach Bestückung mit entsprechend abgeänderten Fräsern können sie 'naturgetreue' Nachbildungen eines vorgegebenen, völlig unregelmäßig gestalteten Modells eines herzustellenden Gegenstandes, wie z.B. Gewehrschäfte, Prothesenteile oder Stilmöbelfüße, anfertigen.

Waagrecht-Bohr- und Fräswerke

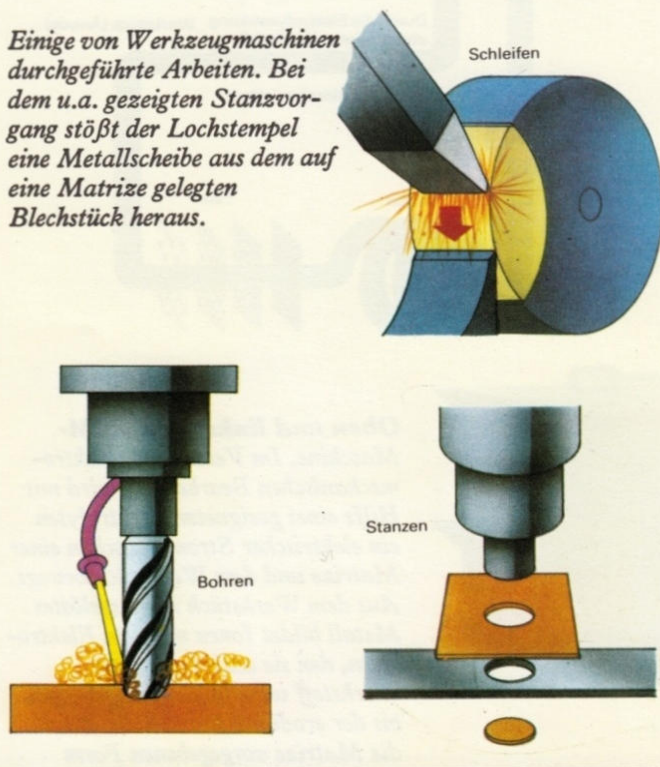
Waagrecht-Bohr- und Fräswerke sind ziemlich große, für die verschiedensten Verwendungszwecke verwendbare Fräsmaschinen. Die Spindel ragt waagrecht aus einem Spindelkasten hervor, der an dem senkrechten Ständer nach oben oder nach unten bewegt werden kann. Die Spindel läßt sich vor- und zurückschieben, und der Aufspannschlitten kann in zwei Richtungen bewegt werden. Einige dieser Maschinen entsprechen in ihrer Größe einem Zimmer. Ihr wichtigstes Einsatzgebiet liegt bei der Einzel- und Reihenfertigung gehäuseartiger Werkstücke wie z.B. Getriebekästen und Turbinengehäuse, die möglichst in einer einzigen Aufspannung fertigbearbeitet werden sollen. Dabei können unterschiedliche Bearbeitungsverfahren, wie Bohren, Gewindeschneiden, Drehen und Fräsen durchgeführt werden. Koordinatenbohrmaschinen



Senkrecht-Fräsmaschine mit eingesetztem Fingerfräser zur Bearbeitung eines eingespannten Maschinengehäuse-Gußteiles. Der Maschinenkopf (Spindelkasten) kann geneigt und der Aufspannschlitten seitwärts, nach innen und außen, oben und unten bewegt werden.

werden häufig zur Umformung von Maschinen für die Aufnahme neuer Spindelkästen (Maschinenköpfe) oder Spezialaufsätze benutzt.

Einige von Werkzeugmaschinen durchgeführte Arbeiten. Bei dem u.a. gezeigten Stanzvorgang stößt der Lochstempel eine Metallscheibe aus dem auf eine Matrize gelegten Blechstück heraus.



Automatischer Transfer

Von den vielen Tonnen Metallspänen, die bei spanabhebenden Verfahren abfallen, stammen mehr als 90% von Bohrarbeiten. Das wird verständlich, wenn man sich die große Zahl von Bohrungen in solchen Gegenständen wie z.B. Zylinderblöcken für Verbrennungsmotoren vor Augen hält. Wo es um hohe Produktionszahlen geht, kann das automatisch gesteuerte Transfersystem, d.h. das selbsttätige Weiterführen eines Werkstückes von einer Bearbeitungsmaschine oder Arbeitsstation zur anderen, benutzt werden. An jeder Arbeitsstation ist je nach Bedarf ein senkrecht, waagrecht oder im Winkel zu dem betreffenden Werkstück ausgerichteter Maschinenkopf angebracht. Die Welle eines jeden Spindelkopfes wird durch einen eigenen Elektromotor angetrieben und besitzt statt eines komplizierten Getriebes Umsteckräder für die Vortriebsbewegung. Die eigentliche Zuführung kann pneumatisch, hydraulisch oder durch Nockenführung erfolgen, jedoch bleiben Reparaturen aufgrund der einfachen Bauweise auf ein Minimum beschränkt.

Ein Maschinenkopf kann so konstruiert und bestückt werden, daß er mehr als einen Arbeitsgang durchführen kann. Jeder Maschinenkopf bewegt sich an seiner Arbeitsstation nach vorne und nach Beendigung seines Arbeitsvorganges wieder zurück. Sind alle Maschinenköpfe in ihre Ausgangslage zurückgekehrt und haben ihre jeweiligen Begrenzungs-

schalter ausgelöst, schaltet die Maschine automatisch zur nächsten Arbeitsstation weiter. Bei vielen Maschinen dieser Art sind die Arbeitsstationen kreisförmig angeordnet. Der Maschinenführer bleibt an einer Stelle. Nach jeder Schaltbewegung der Maschine spannt der Maschinenführer ein fertiges Teil aus und ein zu bearbeitendes Teil ein.

Transferstraßen

Für größere Massenproduktionsvorgänge werden Transferstraßen eingesetzt. Eine typische Anlage zur Bearbeitung von Zylinderblöcken für Kraftfahrzeugmotoren ist 20 Meter lang und besitzt vierzehn Stationen. Der Bearbeitungsvorgang beginnt damit, daß ein druckluftbetätigter Transportwagen einen Zylinderblock auf eine Überladeschiene legt. An der ersten Station wird das Teil ausgerichtet. Die Werkzeuge rücken vor, führen ihren Bearbeitungsvorgang durch und gehen wieder in ihre Ausgangslage zurück. Danach wird das Werkstück zur nächsten Station weitertransportiert, ausgerichtet, bearbeitet usw., bis es das Ende des Fließbandes erreicht. Mittlerweile folgen auf dieses Werkstück bereits andere. Ungefähr alle vier Minuten wird ein fertiger Zylinderblock vom Fließband abgenommen. Um alle erforderlichen Bohr-, Reib-, Gewindeschneid-, Ausdreh-, Hon- und Fräsarbeiten durchzuführen, genügen bei einer solchen Anlage zwei Arbeiter, von denen einer das Gußteil auf das Förderband legt und der andere den fertigen Motorblock herunternimmt. (Normalerweise werden die Arbeitsgänge auf richtige Ausführungen von Inspektoren überwacht.) Anschließend können die Motorblöcke zum Montageband weitergereicht werden.

Die Überladeschiene wird normalerweise von einem hydraulischen Kolben bewegt und die Motorblöcke bis an positive Anschläge gerückt und zur Durchführung der jeweiligen Bearbeitungsvorgänge in der vorgeschriebenen Lage eingespannt. Störungen irgendeines Teiles der Anlage werden durch in einer Bedienungstafel angeordnete Kontrollleuchten angezeigt. Alle Arbeitsgänge müssen durchgeführt worden sein, ehe die Weiterleitung des Werkstückes (Transfer) zur nächsten Station erfolgen kann. Instandsetzungspersonal steht zum Auswechseln zerbrochener und verschlissener Werkzeuge zur Verfügung, damit Ausfallzeiten auf ein Mindestmaß beschränkt bleiben.

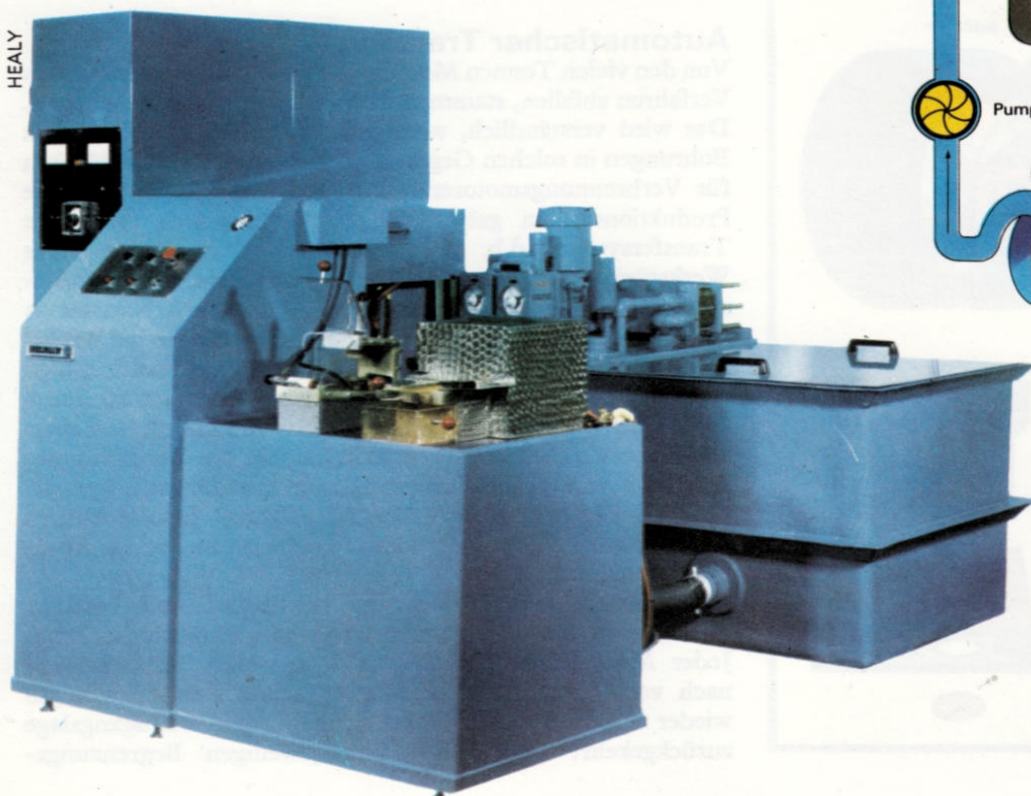
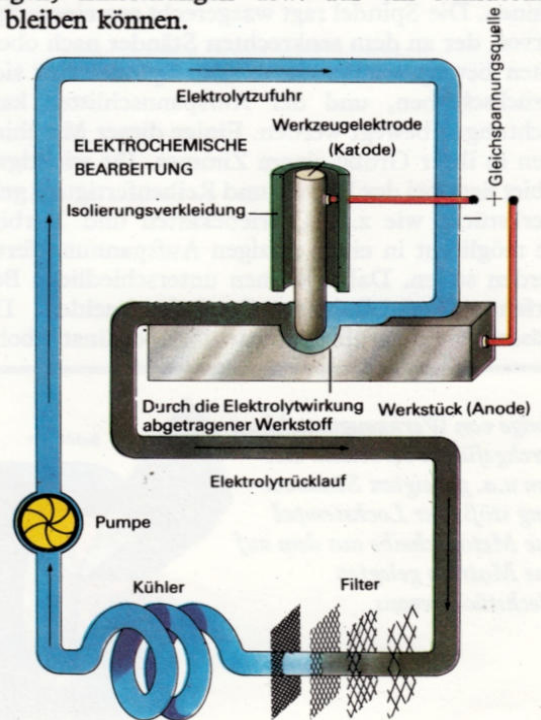
Automatische Arbeitsabläufe bei Werkzeugmaschinen

Gegenwärtig kommen digitale Meßwert-Anzeigevorrichtungen allgemein zum Einsatz. Der digitale Leseschirm einer Drehmaschine zeigt zweizeilig an. Die nach innen gerichtete Werkzeugbewegung und die in Längsrichtung verlaufende Bewegung des Schlittens bewirken, daß der Meßgrößenumformer die Abmessungen auf den Leseschirm überträgt. Sind die erforderlichen Abmessungen erreicht, stellt der Maschinenführer die Maschine ab.

Bei Schleifmaschinen wird der Schleifspindelstock durch einen Schrittschaltmotor betätigt und durch die über die Schalttafel eingespeicherten Digital-Informationen gesteuert. Bei der Anlage kommen monolithische Schaltkreise mit gedruckten Schaltungen zum Einsatz, und der Schrittschaltmotor kann den Schleifspindelstock nach ungefährem Erreichen der Fertigmaße in winzigen Schritten von 0,006 mm vorschieben.

Die Tafel einer Stecktafelsteuerung ist mit einem Netz kleiner Bohrungen überzogen, von denen jede waagerechte Reihe eine Maschinenfunktion darstellt. Durch das Einstecken von Stiften werden unter Abtasten mit einem Drehwähler Stromkreise geschlossen und mit den Schlittenführungen gekoppelte Luftzylinder betätigt.

Lochbandgesteuerte Werkzeugmaschinen (NC-Maschinen) sind wirtschaftlich, wenn sie für große Bearbeitungsmaschinen zur Massenproduktion eingesetzt werden und Kontrollen, Überprüfungen, Einstellungen usw. auf ein Mindestmaß beschränkt bleiben können.



Oben und links: Eine ECM-Maschine. Im Verlauf der elektro-mechanischen Bearbeitung wird mit Hilfe eines geeigneten Elektrolyten ein elektrischer Strom zwischen einer Matrice und dem Werkstück bewegt. Aus dem Werkstück herausgelöstes Metall bildet Ionen mit dem Elektrolyten, den sie auch fortbewegt. Werkstoff wird so lange abgetragen, bis der erodierte Bereich der durch die Matrice vorgegebenen Form entspricht.

Erfindungen 62: POLYMER

Im Jahre 1845 entdeckte der in Basel arbeitende Chemiker C. F. Schönbein (1799 bis 1868) eine wirksame Methode zur Nitrierung von Cellulose, aus der die pflanzlichen Zellwände aufgebaut sind. Sein Geheimnis bestand darin, anstelle von reiner Salpetersäure, die früher angewendet wurde, ein Gemisch aus Salpetersäure und Schwefelsäure zu verwenden. Eines der Celluloseprodukte, das Schönbein auf diese Weise behandelte, war Papier. Er war überrascht festzustellen, daß das Produkt viel stärker als unbehandeltes Papier und dazu noch wasserundurchlässig war. Bei weiteren Experimenten stellte er fest, daß die neue Substanz, Nitrocellulose, leicht formbar war. In einem Schreiben informierte er Michael Faraday (1791 bis 1867) in London darüber, daß er aus dem Material 'eine Anzahl schöner Gefäße' hergestellt habe. Leider verfolgte Schönbein diese Forschungsrichtung nicht weiter. Er wurde durch die Entdeckung, daß vollständig nitrierte Cellulose ein ausgezeichneter Sprengstoff war, abgelenkt. Man lud ihn in die Munitionsfabrik in Woolwich ein, um dort die Sprengkraft zu demonstrieren.

Auf der Großen Internationalen Ausstellung im Jahre 1862 war Alexander Parkes (1813 bis 1890) einer der 29 000 Aussteller. Er hatte ein neues Material, das 'Parkesin' genannt wurde, erfunden. Dieses Material beruhte auf Nitrocellulose, der Grad der Nitrierung war jedoch geringer als in Schönbeins Substanz. Nach 1862 wurde Parkesin in einer Anzahl von Farben und Ausführungen in großem Rahmen hergestellt. Man machte daraus beispielsweise Medallions, Tuben, Knöpfe, Kämmen, Messergriffe, kleine Behälter usw. Parkesin war zwar der erste in großem Umfang hergestellte Kunststoff, er brachte jedoch keinen kommerziellen Erfolg. Die Parkes-Company ist im Jahre 1869 in Liquidation getreten.

Celluloid

Der erste, wirklich erfolgreiche Kunststoff war Celluloid. Es wurde von dem Amerikaner John Wesley Hyatt entwickelt, und zwar als Antwort auf ein Angebot über \$ 10 000 für denjenigen, der einen Ersatz für Elfenbein herstellen könnte. Dieses Ersatzmaterial sollte zur Herstellung

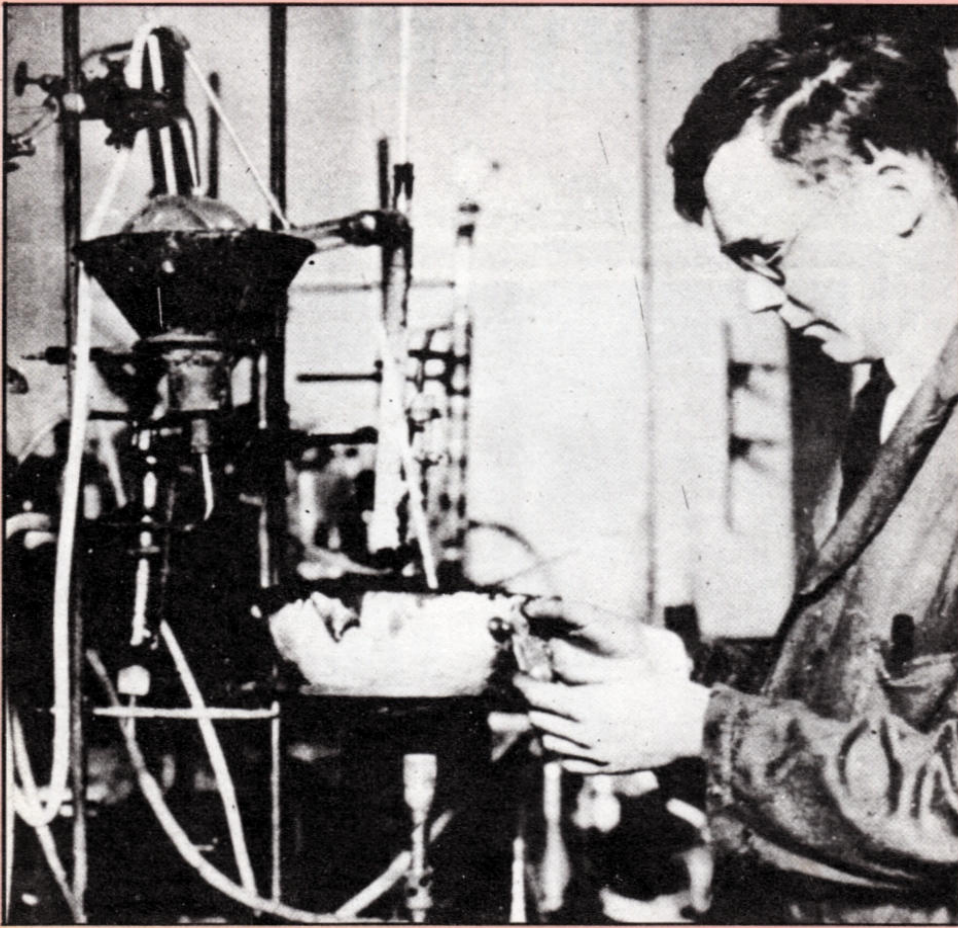
von Billardbällen geeignet sein. Wie die vorherigen Materialien beruhte auch Celluloid auf Nitrocellulose. Aber zum ersten Mal enthielt die Zusammensetzung Alkohol als Lösungsmittel und Kampfer als Weichmacher. Celluloid war ein sehr erfolgreiches Material. Es wurde zur



Oben: Mode der zwanziger Jahre. Die Kleider waren aus Kunstseide (Reyon), einem Garn auf Cellulosebasis, gefertigt.

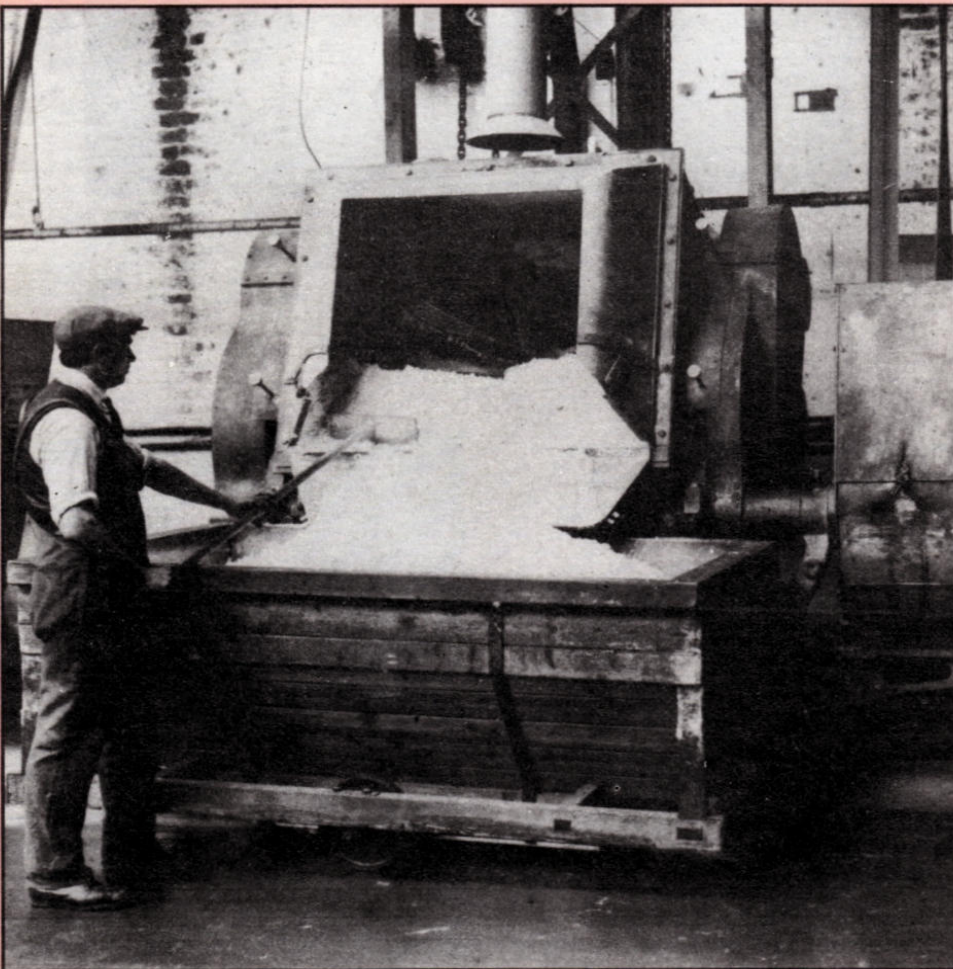
Rechts: Foto eines jungen Mannes, der einen Kragen aus Celluloid trägt. (Zeit: etwa 1905).





Oben: W.H. Carothers bei der Arbeit im Labor. Im Jahre 1934 entdeckten er und sein Team von Mitarbeitern das Polymer Nylon, einen der wichtigsten modernen Kunststoffe.

Unten: Die krümelige Masse der Cellulose wird während des Viskose-Verfahrens bei der Herstellung von Reyon im Jahre 1928 aus einem Xanthatknetter geholt.



Herstellung einer ganzen Reihe von Produkten, u.a. von Kunststoffmanschetten und Kunststoffkragen und später von Fotofilmen verwendet. Es hatte jedoch einen großen Nachteil: Es war sehr leicht entflammbar.

Acetylcellulose

Die ersten Versuche zur Überwindung dieses Problems wurden zwischen 1865 und 1869 von Schutzenberger gemacht. Er stellte Acetylcellulose her, indem er Cellulose nicht mit Salpetersäure, sondern mit Essigsäure behandelte. Unglücklicherweise war Schutzenbergers Prozeß nicht sehr einfach; außerdem konnte das Produkt nur in Lösungsmitteln gelöst werden, die sehr toxisch waren. Erst im Jahre 1905 entdeckte G. W. Miles, daß eine schonende chemische Behandlung (Hydrolyse) das Acetylcelluloseprodukt nicht stark angreift und es dadurch möglich ist, es in Aceton zu lösen, das relativ leicht zu handhaben ist.

Bakelit

Von einer dritten, historisch bedeutenden Gruppe von Kunststoffen wurde erstmals im Jahre 1872 berichtet, als Adolf von Bayer entdeckte, daß Phenole und Aldehyde miteinander reagieren und harzartige Produkte bilden. Um 1890 war Formaldehyd, das einfachste der Aldehyde, mittlerweile ziemlich weit verbreitet. Kleeberg, einem anderen Chemiker, gelang es, eine klebrige Masse herzustellen, indem er Formaldehyd mit Phenol zur Reaktion brachte. Diese Entdeckung hatte er jedoch nicht weiterverfolgt, da das Produkt nicht durch Kristallisation, dem damals üblichen Standardverfahren, 'gereinigt' werden konnte. Der erste, der die Bedeutung der Phenolformaldehydharze voll erkannte, war Dr. Leo H. Baekeland. Im Jahre 1909 stellte er einen Isolierlack für elektrische Zwecke her, der auf der neuen Substanz beruhte.

In der ersten Zeit wurde die Herstellung von Kunststoffen größtenteils auf empirischer Basis durchgeführt. Es war wenig über die Natur der chemischen Prozesse bekannt, durch die sie gebildet wurden. Im Verlaufe der zwanziger Jahre dieses Jahrhunderts erhielt jedoch die Chemie der Kunststoffe durch die Arbeit von Wissenschaftlern wie Hermann Staudinger (1881 bis 1965) eine immer größere wissenschaftliche Grundlage. Dadurch wurde der Weg für Polystyrol und Polyvinylchlorid (PVC) und schließlich für Kunststoffe, die wir heute kennen, geebnet.