



Inhaltsverzeichnis: Das deutsche Protektorat Böhmen und Mähren, S. 229 / Dr.-Ing. S. Meurer: Die Messung schnell veränderlicher Drücke, S. 231 / Prof. Dr. W. Klemm: Unsere heutigen Kenntnisse über die chemische Bindung, S. 235 / Dr.-Ing. habil. P. Werners: Physikalische Zusammenhänge in der Elektrotechnik, S. 239 / Chem.-Ing. Wolfgang Nagel: Kunstharzpreßstoffe im Leichtbau, S. 243 / Buchbesprechungen S. 244.

Das deutsche Protektorat Böhmen-Mähren^{*)}

Seine wirtschaftliche Bedeutung für den deutschen Raum

Mit der Eingliederung der alten deutschen Länder Böhmen und Mähren als Protektorat in den gesamtdeutschen Reichsverband hat der Führer einen ständigen Unruheherd an der deutschen Ostgrenze beseitigt. Die in den Oktobertagen des Jahres 1938 vollzogene Eingliederung des sudetendeutschen Raumes ins Deutsche Reich hat nicht die erhoffte und vereinbarte Entspannung gebracht, die allein dem Münchener Abkommen insbesondere in Hinsicht auf die Behandlung der in der alten Tschecho-Slowakei verbliebenen volksdeutschen Blutsgenossen zugrunde lag. Bereits wenige Wochen nach der friedlichen Lösung der sudetendeutschen Frage setzten wieder schwerste Bedrückungen des deutschen Elementes ein, die bald unter Führung kommunistischer Gruppen ein Ausmaß annahmen, so daß ein weiteres Beschreiten des Verhandlungsweges unmöglich war. In den Geschichte gewordenen Tagen des Monats März 1939 ordnete daher der Führer auf Grund eines an ihn ergangenen Hilferufes der damaligen tschecho-slowakischen Regierung und eines anschließend hieran zwischen Deutschland und der ehemaligen tschecho-slowakischen Regierung geschlossenen Staatsvertrages an, daß deutsche Truppen in den Raum Böhmen und Mähren einmarschierten und den Zustand von Ruhe und Ordnung in diesem Gebiet wiederherstellten. Mit dieser Tat und dem damit errichteten Protektorat Böhmen-Mähren hat der Führer eine Maßnahme an der deutschen Ostgrenze getroffen, die geeignet ist, eine Befriedigung dieses bisher nur den Interessen fremder Mächte dienenden Raumes herbeizuführen und ein für allemal eine Lösung zu schaffen, die den Notwendigkeiten entsprach und der geschichtlichen Vergangenheit der beiden Länder gerecht wurde.

I. Das Land Böhmen

Das Land Böhmen ist 32 411 qkm groß und hat 4 272 000 Einwohner. Der industrielle Charakter des Landes wird vorwiegend von der verarbeitenden Industrie bestimmt. Schon im Rahmen des früheren Staatsgebildes bestanden starke Rohstoffabhängigkeiten von fremd-

ländischen Märkten, die aber durch die Abtretung fast der ganzen Braunkohlenbasis (Sudetengebiet) noch besonders erhöht worden sind. Doch gewinnen jetzt früher vernachlässigte Rohstoffvorkommen an Bedeutung, da auch hier die neuen chemisch-technischen Methoden eine früher nicht vorhandene rationelle Ausbeute ermöglichen können, und da die wirtschaftliche Existenz Sicherung gegen die bisherige übermäßige Empfindlichkeit gegenüber weltwirtschaftlichen Konjunkturschwankungen erfordert.

A. Bergbau

Neben einem auf 30 Mill. t geschätzten Braunkohlengebiet bei Budweis sind bedeutende Steinkohlenvorkommen in den Revieren Kladno-Rakonitz und Pilsen mit geschätzten Vorräten von 280 Mill. t. Ihre Förderung beträgt 1,5 Mill. t bzw. 900 000 t.

Auch die Erze nehmen einen wesentlichen Raum in der böhmischen Wirtschaft ein. Hier stehen an erster Stelle die Eisenerze, die sich hauptsächlich in der Gegend des Nutschitzer Eisenwerkes befinden, zum großen Teil noch unerschlossen sind und auf mehr als 700 Mill. t geschätzt werden, wogegen die aufgeschlossenen Lager von Pilsen-Kladno-Beraun auf einen Vorrat von 33 Mill. t geschätzt werden. Hier betrug die Jahresförderung etwa 800 000 t. Neben dem stark phosphorhaltigen böhmischen Eisenerz sind noch ungeprüfte Manganvorkommen im Sazawagebiet bekannt. Gold- und Silbererze werden in mäßigen Mengen im Bergwerk am Roudnyberg bei Eule und Pribram gefördert. Nichtbestätigte Ziffern in der amtlichen Statistik sprechen von einer Jahresförderung von 4900 kg Feingold, das ist etwa 1 v. H. der Weltproduktion (außer Rußland); geringe Mengen fallen noch aus der Silbergrube bei Pribram an. Die Silbererzförderung ergab dort 31 600 kg Silber, wobei als Nebenprodukte noch 3800 kg Blei und 1600 kg Zink gewonnen wurden.

Weitere erwähnenswerte Erzvorkommen sind die Manganerzvorkommen bei Chrudim, während

^{*)} Unter Benützung der „Ala-Eilberichte“ Nr. 34 und 35.

bei Turnau in Nordostböhmen Halbedelsteine (Granate, Amethyste und Achate) gewonnen werden.

Die Energieversorgung für Strom- und Kraft-erzeugung war bisher wesentlich auf die Kohle abgestellt. Infolge der durch die Abtretung des Sudetenlandes und Abgabe des Gebietes Schlesisch-Ostau an Polen entstandenen Schmälerung der Kohlenbasis wurde die Aufmerksamkeit auf die auf mehr als 600 Mill. PS geschätzten Wasserkraftreserven gelenkt, die bisher noch nicht ausgenutzt sind. Das früher in Aussig gelegene Wasserkraftwerk war nach der Eingliederung des Sudetengebietes zum deutschen Reichsgebiet gekommen und schied damit für die böhmische Wirtschaft aus. Außerdem besteht noch ein Kraftwerk in Vrané an der Moldau mit einer Leistung von 1300 kW und das Kraftwerk Adlerkosteletz a. d. Elbe mit einer Leistung von 3000 kW.

Auf dem Gebiet der Steine und Erden sind erwähnenswert Brüche von buntem Marmor bei Sliwenez, rotem bei Böhmisches Brod und weißem an den Ufern der Sazawa. Zementbrüche befinden sich im Kalkgebiet um Prag an der Beraun, bei Podol, Kolin und Horitz. Kaolin wird bei Ober-Bris bei Pilsen abgebaut. Es ist jedoch nur für Keramik und nicht für Porzellan verwendbar. Es handelt sich hier um das mengenmäßig umfangreichste Lager Europas.

B. Die Industrie Böhmens

Die erste Stelle nehmen hier die Hüttenwerke ein, von denen die Prager Eisenindustriengesellschaft auf ihrem Hüttenwerk in Kladno etwa 460 000 t Rohstahl und 360 000 t Walzprodukte erzeugt. Die Rohstahlgrundlage der Skodawerke Pilsen bilden das SM-Stahlwerk in Königgrätz mit einer Erzeugung von 360 000 t. Weiterhin sind von Bedeutung die Poldihütte Prag, auf deren Hauptwerk in Kladno 45 000 t Edelstahl erzeugt werden. Weitere Hüttenwerke gibt es in Prag, Beraun, Königshof, Kuttenberg, Tschaslau, Deutschbrod und Rokitzan.

Auch die Maschinenindustrie hat außerordentliche Bedeutung einschließlich der Waffen- und Automobilfabrikation. Hier sind die bedeutendsten die Skodawerke Pilsen, deren Besitz lange in Händen des französischen Rüstungskonzerns Schneider-Creuzot lag. Neben der Waffenherstellung liegt die Tätigkeit des Konzerns vor allem auf dem Gebiet der Automobilfabrikation, des Flugzeugbaues, der Herstellung von Kabel- und Drahtseilen, des allgemeinen Maschinenbaues und des elektrotechnischen Gebietes. Weitere Waffenfabriken sind die Waffenfabrik Janecek in Prag und die tschechische Waffenfabrik in Strakonice; im Automobilbau sind beschäftigt die Ringhofferwerke in Prag, in Jung-Bunzlau, Nymburg und Kolin bestehen weitere bedeutende Maschinenfabriken.

Auf dem Gebiet der Elektroindustrie gehören die Krizik-Werke in Prag, führend auf dem Gebiet der Starkstromindustrie, zum Interessenbereich der AEG. Außerdem unterhalten die AEG. und SSW. eigene Werke in Böhmen. Auf dem Gebiet der Schwachstromtechnik ist die Telegrafia AG. Prag das bedeutendste Unternehmen.

In Eisen- und Metallwaren sind die Hauptproduktionsplätze in Prag, Pilsen und Budweis.

In der Textilindustrie herrscht nach dem Auscheiden der Großbetriebe in den Sudetengebieten in der böhmischen Textilindustrie der Mittelbetrieb vor, die sich auf die Hauptplätze Prag, Beraun, Vodnany, Klattau, Chlumetz, Neubydschow, Hlinsko, Chotzen

und Nachod verteilen. Die Bekleidungsindustrie, führend auf dem Gebiet der Damen- und Wäschekonfektion, sitzt vornehmlich in Prag. Wichtige Unternehmungen befinden sich hier noch in Jung-Bunzlau.

Die chemische Industrie ist nach der Abtrennung des Sudetengebietes nicht mehr von großer Wichtigkeit.

Im Vordergrund der Nahrungsmittelindustrie steht die bedeutende Zuckerindustrie mit 62 Zuckerfabriken. Daneben hat das Brauereigewerbe, vertreten vor allen Dingen durch die Pilsener Brauereien, einen hohen Rang.

Noch erhebliche Bedeutung haben für den gesamten Wirtschaftskörper die Leder- und Schuhindustrie, die schon vor Entstehen des in Mähren beheimateten Bata-Konzerns eine führende Rolle unter den Ausfuhrindustrien behauptete. Hier sind Prag, Schlan, Pribram, Klattau, Kuttenberg, Polna, Chrudim und Holitz die führenden Plätze. Unter den weiteren Industrien sind noch erwähnenswert die Glasindustrie, Papier- und Dachpappenindustrie.

II. Das Land Mähren

Das Land Mähren ist 16 929 qkm groß und hat 2 333 000 Einwohner. Zuzug des auch noch nach den Ausgliederungen gegenüber Polen starken Blocks seiner Schwerindustrie ist es im ganzen vorwiegend industriell orientiert.

A. Bergbau:

Nach der Teilung des Ostrau-Karwiner Steinkohlenreviers im Oktober 1938 verblieben bei Mähren etwa 55% der hier bisher erkannten Vorräte; d. h. die zu Mähren gehörenden Kohlenlager weisen eine Reserve von etwa 2,7 Milliarden t aus. Erschlossen sind 24 Förderschächte mit einer Gesamtfeldergröße von 54 Mill. qm und einer Förderung von 9,26 Mill. t Steinkohle, einer Kokserzeugung von 2,17 Mill. t und einer Briketterzeugung von 372 000 t. Neben dieser für die Wirtschaft des mährisch-schlesischen Raumes entscheidenden Steinkohlengrundlage verfügt das Land in Mittelmähren noch über die Steinkohlenlager des Reviers Rossitz-Oslawan; Vorräte hier etwa 50 Mill. t und letzte Jahresförderung 450 000 t.

Braunkohle findet sich nur in geringwertigen Lagern (als „Pfostenkohle“ und „Wurzelstockkohle“) im Revier von Czeitsch-Göding. Vorrat 213 Mill. t, Jahresförderung 350 000 t.

Eisenerz liegt in unergiebigem, stillgelegten Gruben in Adamsthal bei Brünn.

Daneben noch Fundstellen von Graphit bei Iglau, nördlich von Brünn und nördlich von Olmütz; an den beiden letztgenannten Graphitlagerstätten auch Manganerze. Die Lager sind noch nicht erschlossen; ihre Ergiebigkeit wird sehr gering veranschlagt.

Unter den Energiequellen bildet die Kohle naturgemäß im Bezirk Ostrau-Witkowitz die Grundlage einer erheblichen Energiewirtschaft. Die Witkowitz Elektrizitätswerke erzeugen jährlich 265 Mill. kWh Strom. Die jüngere Entwicklung konzentriert sich ganz auf die Elektrizitätserzeugung; die Gaserzeugungsanlagen einschließlich einer überalterten Gasfernleitung sind vernachlässigt, wie überhaupt für alle Teile der früheren Tschecho-Slowakei die Rückständigkeit der Gasversorgung ein für uns befremdliches Merkmal ist.

Wasserkraft wird bisher fast gar nicht ausgewertet, obwohl in den Flußgefällen Kraftreserven von annähernd 400 Millionen PS vorhanden sein sollen.

Auf dem Gebiete der Steine und Erden liegt Kalk im Mährischen Karst nördlich von Brünn und im Nordosten des Landes sowie entlang der mährisch-slowakischen Grenze.

Kaolin wurde in dem mächtigsten Lager Europas — 100 m mächtig — bei Eichhorn-Bitischka nordwestlich von Brünn erschlossen (Boskowitz Furche).

Reiche, über viele Orte des Landes verstreute Tonlager werden vorerst nur in kleinen Steingut- und Majolikabetrieben ausgewertet. — Auf den reichlichen Lehm lagern hat sich um die größeren Städte herum eine ziemlich umfangreiche Ziegeleiindustrie angesiedelt.

Jodquellen bilden die Existenzgrundlage des Heilbades Luhacovice.

B. Die Industrie Mährens

Die Industrie des Landes wird bestimmt durch die schwerindustrielle Tätigkeit des Ostrau-Witkowitz Bezirks, durch die breite landwirtschaftliche Produktionsbasis an Industrieerträgen (Zucker, Obst, Wein) und durch die alteingesessene, von der Slowakei aus eingewanderte Schuhindustrie.

Im Hüttenwesen steht die Witkowitz Bergbau- und Eisenhütten-Gewerkschaft im Vordergrund. Auf breiter eigener Kohlengrundlage und unter Verarbeitung von Erzen aus vorwiegend in Schweden gelegenen, den Witkowitz Werken gehörenden Erzminen — in den letzten Jahren wurde in zunehmendem Umfange auch die Förderung des Erzbergbaues in der Slowakei aus dortigen Eigenbetrieben der Witkowitz Gewerkschaft mitverarbeitet — verfügen die Hochöfen über eine Jahreskapazität von 700 000 t; die Stahlwerke 200 000 t, die Stahlgießerei 120 000 t, ein Walzwerk mit 600 000 t Jahresproduktion; hier befindet sich auch das einzige bedeutsame Röhrenwerk des gesamten ehemaligen Staatsgebietes mit 100 000 t Kapazität und einer Gießerei für Wasser- und Gasrohre.

Zwangsläufig sind den Witkowitz Grundwerken zahlreiche verarbeitende Unternehmungen angeschlossen: Maschinenfabriken, Kesselfabriken, Schrauben- und Nietfabrik; hierzu gehört auch eine der bedeutendsten Brückenbauanstalten des Kontinents.

Sonstige kleinere Werke der Eisen- und Stahlerzeugung befinden sich noch in Adamsthal, Rossitz und Friedek. Die größeren Unternehmungen der Maschinenindustrie haben ihren Standort in Brünn, Blansko, Boskowitz, Profnitz, Prerau, Krenshier, Göding, Olmütz.

Die chemische Industrie hat sich in den letzten Jahren in Anlehnung an die Witkowitz Werke auch innerhalb dieses Großunternehmens als erhebliche Nebenproduktengewinnung entwickelt. Daneben bestehen Chemische-Industrie-Unternehmungen vor allem in Brünn und Prerau.

Die Nahrungsmittelindustrie verteilt sich vor allem auf Brünn, Profnitz, Olmütz, Tobitschau, Krenshier, Göding, Iglau.

In der Leder- und Schuhindustrie dominiert der Bata-Konzern in Zlin. Das Zliner Werk stellt täglich mehr als 170 000 Paar Schuhe her. Zum Konzern gehören heute auch Kunstseidenfabriken, Strumpffabriken, Lederfabriken, Gummifabriken (Schuhabsätze usw.), Druckereien, Maschinenfabriken, Zellulosefabriken, Gummipflanzungen in Sumatra, Baumwollanbau in Jugoslawien, Fabriken für Gerbstoffe, Chemikalien, Rohölraffinerien; weiterhin Beteiligungen an Eisenbahnen, Schiffahrtslinien; eigene Flugzeugfabrik; von der Gummiabsatzherstellung zur Autoreifenfabrik, Gasmasken, Gummispielwaren, Gummitreibriemen usw. — Auf Java und in Maryland besitzt der Konzern eigene Schuhfabriken.

Die Holzindustrie hat ihre Hauptarbeitsplätze in Brünn, Wsetin, Iglau, Göding, Holeschau, Walachisch-Meseritsch.

Textilindustrie hat ihren Hauptsitz in Brünn, Profnitz und Iglau.

Die Bekleidungsindustrie bestimmt das Gesicht der Industriestadt Profnitz, die mehr als 100 Betriebe dieser Art aufweist. Daneben Brünn und Eibenschitz.

Glas- und keramische Industrie sind beheimatet in Frankstadt, Wsetin, Neu-Hrosenkau, Friedek. Schu.

Die Messung schnell veränderlicher Drücke *)

Von Dr.-Ing. S. Meurer, Technische Hochschule Dresden

Die immer wachsende Drehzahl unserer Verbrennungsmotoren bleibt nicht ohne Einfluß auf die Vorgänge, die sich in ihrem Inneren abspielen. Unsere Erkenntnis darüber, die meist ihren Ursprung hat in der Vorstellung des quasistationären Ablaufes, bedarf, wenn die Zeiten für diesen immer mehr zusammenschrumpfen, einer manchmal nicht unbedeutenden Korrektur, da dynamische Einflüsse immer wirksamer werden. Hier liegt nun das Gebiet, in dem uns die Messung Hilfe bringen und uns ermöglichen soll, neue Vorstellungen und mit diesen neue Mittel zur Beherrschung der Vorgänge zu finden. Voraussetzung dafür ist jedoch, daß das Meßinstrument auf den Vorgang abgestimmt ist, d. h. daß es den Vorgang unverfälscht wiedergibt. Die Anforderung an das Meßinstrument wird also von dem Vorgang bestimmt, und es ist deshalb notwendig, zunächst für diesen ein Maß seiner Schnellveränderlichkeit zu finden, nach-

dem das Meßinstrument einzurichten ist. Dieser Maßstab ergibt sich in der harmonischen Analyse des Vorganges, unter der man die Ermittlung von Sinus- und Cosinusschwingungen von immer wachsender Schwingungszahl versteht, durch deren Summation der Vorgang mit genügender Genauigkeit wiedergegeben werden kann. Die höchste sekundliche Schwingungszahl, die eine der harmonischen Oberschwingungen bei einem Ausschlag von noch zu berücksichtigender Größe aufweist, ist dann das gewünschte Maß für die Schnellveränderlichkeit.

Führt man eine solche harmonische Analyse für das Druckzeitdiagramm eines Viertakt Dieselmotors bei 3000 Umläufen je Minute durch, so ergibt sich (Abb. 1), daß bei einer Grundschwingung von 25 Hz, die der Drehzahl entspricht, noch harmonische Oberschwingungen mit Schwingungszahlen bis 1000 Hz vorhanden sind, zu deren unverfälschten Wiedergabe das Meßinstrument fähig sein muß. Bis zu welcher Frequenz nun ein Meßinstrument eine unverfälschte Wieder-

*) Auszug aus einem am 6. 12. 38 im Haus der Technik, Essen, gehaltenen Vortrag. — Abbildungen: Maschinenlaboratorium der Technischen Hochschule, Dresden.

gabe ermöglicht, läßt sich aus seiner Eigenschwingungszahl erkennen, die sich aus der Beziehung

$$S = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{f \cdot M}} \text{ 1/sec}$$

berechnen läßt. M bedeutet dabei die Masse (z. B. bei einem üblichen Dampfmaschinenindikator die Masse des Kolbens mit Kolbenstange und die auf die Kolbenbewegung reduzierte Masse des Schreibzeuges)

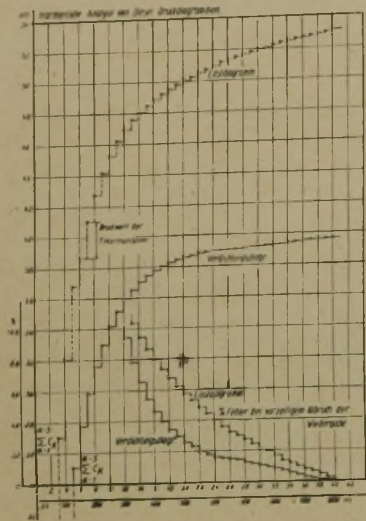


Abb. 1: Amplitudengröße der harmonischen Oberschwingungen aufgetragen über der Ordnungszahl für eine Diesellast. Rundverdichtungsdiagramm bei 3000 Umdr./min. Das Lastdiagramm ergibt infolge scharfer Bruchänderungen größere Ausschläge bei den höheren harmonischen als das im Verlauf glattere Verdichtungsdiagramm

und Eigenschwingungszahl des Indikators zu sehen, etwa so, daß diese die Schwingungszahl der höchsten ausschlagmäßig noch bedeutungsvollen harmonischen um das Dreifache übertrifft. Das Ziel der Entwicklung, die Indikatoren für schnellveränderliche Vorgänge brauchbar zu machen, mußte also in der Erreichung hoher Eigenschwingungszahlen liegen. Der Weg dahin ist aus der obenangeführten Beziehung ersichtlich. Der Wert für die Wurzel wird immer größer, wenn die Masse M verkleinert, also die beweglichen Teile leichter gemacht werden oder eine steifere Feder verwendet wird. Durch derartige Änderungen hat man den mechanischen Indikator auf Eigenschwingungszahlen zwischen 100 und 200 Hz bringen können, womit er aber noch nicht den Anforderungen genügt, die wir vorhin durch die harmonische Analyse eines Verbrennungsmotorendiagrammes bei hohen Drehzahlen feststellen konnten. Daß der mechanische Indikator eine Grenze für seine Entwicklung fand, lag nur daran, daß bei genügend steifen Federn die Diagramme zu klein wurden. Diese Schwierigkeit konnte nun leicht durch die Anwendung elektrischer Meßverfahren überwunden werden, die noch sehr kleine Längenänderungen oder Durchbiegungen nachzuweisen erlauben.

Bei den elektrischen Verfahren sind es drei wesentliche Bestandteile der Gesamtanlage, die zu unterscheiden sind. Zunächst ist es der sogenannte Geber, durch den die Meßstreckenänderungen, also der Hub des Federindikators, in elektrische Größen umgewandelt wird. Den zweiten Teil bildet der Verstärker, in dem die vom Geber erzeugten elektrischen Größen auf Spannungs- oder Stromwerte soweit verstärkt werden, daß sie mit einem der vorhandenen Registriergeräte wiedergegeben werden können. Die Registriergeräte bilden den dritten Teil, der die Aufgabe hat,

die vom Verstärker gelieferten Spannungen oder Ströme in ein sichtbares Bild umzuwandeln.

Zum Aufzeichnen von Spannungen wird meistens das Braunsche Rohr benutzt. Es besteht (Abb. 2) aus einem luftleeren Glaskolben, der je nach Art vollständig evakuiert (Vakuumpöhre) oder mit einer Edelgasfüllung (Gasröhre) versehen ist. Durch eine elektrisch geheizte Glühkathode werden die Elektronen erzeugt, die durch den Wehneltzylinder und eine Elektronenlinse gesammelt und nach der Anode gelenkt werden. Die an

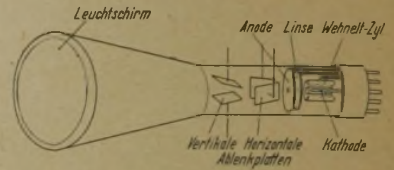


Abb. 2: Kathodenstrahl-Oszillographenröhre (Braunsches Rohr)

der Anode liegende Spannung von 1000 bis 3000 Volt beschleunigt die Elektronen, die dann durch das Loch in dem Anodenblech hindurchtreten und als Strahl zwischen den Ablenkplatten hindurch nach dem Leuchtschirm fliegen. Auf dem Leuchtschirm erzeugen die Elektronen beim Auftreffen einen sichtbaren Lichtfleck. Die Ablenkung des Strahles erfolgt durch Anlegen von Spannungen an die Ablenkplatte. Durch die senkrecht zueinander stehenden Plattenpaare ist eine Ablenkung in der Weise möglich, daß jeder Punkt des Koordinatensystems darstellbar wird. Durch die Wahl entsprechender Ablenkspannungen in der Horizontalen läßt sich die Ablenkung in der Vertikalen (z. B. der Druck) über der Zeit oder über den Kolbenweg darstellen.

Ein zweites Registriergerät bildet der Schleifenszillograph, dessen Meßschleifen Strommesser darstellen. In der Meßschleife (Abb. 3) ist zwischen den Polen eines starken permanenten Magneten eine Bronzeschleife gespannt, auf der ein kleiner Spiegel aufgekittet ist. Fließt nun durch diese Schleife ein Strom, so bewirkt

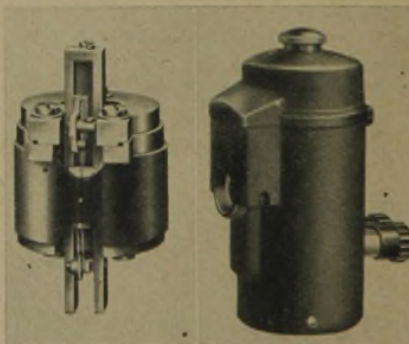


Abb. 3: Oszillographen-Meßschleife

das um beide Schleifendrähte entstehende elektromagnetische Feld eine Auslenkung gegenüber dem Feld des Permanentmagneten, und da die beiden Drähte in verschiedener Richtung durchflossen werden, bewegt sich der eine nach hinten, der andere nach vorn und der Spiegel erfährt eine Drehung. Mit Hilfe des Spiegels wird ein Lichtstrahl abgelenkt, dessen Bewegung dann auf einem vorbeilaufenden Photopapier aufgenommen werden kann. Bei der Anwendung von Oszillographenschleifen ist zu beachten, daß es sich bei diesen um mechanische Schwingungsgebilde handelt, die infolge ihrer Massenbehaffung nicht völlig trägheitslos arbeiten können und deren Eignung ebenso wie die des Gebers durch die Eigenschwingungszahl festgelegt ist. Es werden Schleifen mit Eigenschwingungszahlen bis 20 000 Hz gebaut.

Die beiden aufgeführten Aufzeichngeräte können durch Anpassung des Verstärkers von jedem elektrischen Indizierverfahren benutzt werden. Den verschiedenen Verfahren wollen wir uns jetzt zuwenden. Wir treffen dabei hauptsächlich auf vier Methoden, den Druck in elektrische Meßgrößen umzuwandeln:

1. das magnetische Verfahren,
2. das kapazitive Verfahren,
3. das Halbleiter- oder Kohleverfahren,
4. das piezoelektrische Verfahren.

Ihre Namen kennzeichnen schon den benutzten elektrischen Effekt. Der magnetische Geber ist in seinem Prinzip ein umgekehrter Kopfhörer (Abb. 4). Ein Dauermagnet, um den eine kleine Spule gewickelt ist, steht einer Membran gegenüber, die dem Gasdruck ausgesetzt ist. Der frühere Kolben des Indikators und die Indikatorfeder sind in einem Teil vereinigt worden, in der Membran. Sie biegt sich unter

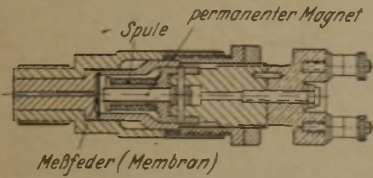


Abb. 4: Magnetischer Geber für Druckmessung. Sunbury-Indikator

dem Gasdruck nur wenige tausendstel Millimeter durch und ist also eine sehr steife Feder mit einem sehr kleinen Federungswert, die in Verbindung mit ihrer kleinen Masse eine sehr hohe Eigenschwingungszahl von über 10000 Hz besitzt. Die Spannung, die in der Spule durch die Bewegung der Membran erzeugt wird, ist jedoch nicht proportional der augenblicklichen Membranstellung und damit der augenblicklichen Druckhöhe, sondern sie ist der Geschwindigkeit der Membranbewegung verhältnismäßig. Die entstehenden Spannungen müssen verstärkt werden, damit eines der bekannten Registriergeräte angesteuert werden kann. Der notwendige Verstärker muß zwei Aufgaben erfüllen: die erzeugten Spannungen zu verstärken, und außerdem, da diese nur der Druckänderung in der Zeiteinheit dem dp/dt proportional sind, zu integrieren, um den tatsächlichen Druck zu erhalten.

Ein entsprechender Verstärker (Abb. 5), wie ihn der englische Sunbury-Indikator verwendet, besteht aus der Eingangsröhre, auf deren Gitter die Spannung aus der Spule im Geber gelangt. Über einen Kondensator ist der Integrationskreis angekoppelt und diesem sind noch zwei weitere Verstärkerrohren zur Verstärkung der nunmehr dem Druck verhältnismäßigen Spannung nachgeschaltet. Der Anodenstrom der Ausgangsröhre wird über den Anodenwiderstand geleitet, an dessen Enden dann eine Spannungsdifferenz entsteht, die als Steuerspannung für das Braunsche Rohr dient. Bis auf den Integrationskreis ist der Verstärker prinzipiell einem Rundfunkverstärker gleich.

In gleicher Weise wie bei dem magnetischen Geber das masselose elektrische Feld zur Umsetzung der Bewegungsgrößen in elektrische Größen dient, ist es bei dem kapazitiven Geber das Feld, das sich zwischen den Platten eines Kondensators ausbildet. Der Gasdruck biegt bei dem Kondensatorgeber (Abb. 6) über eine dünne Vormembran und eine Druckübertragungsstange die Meßfelder in Form einer Membran durch.

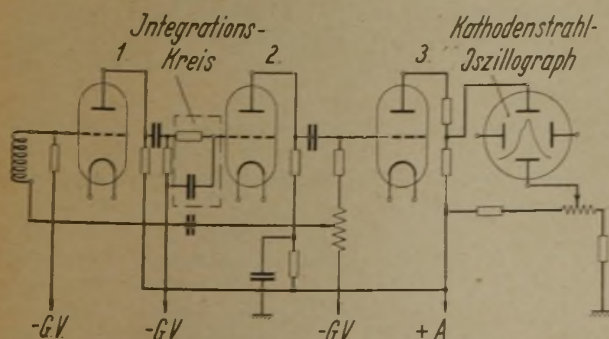


Abb. 5: Integrierender Druckmeßverstärker für magnetische Geber

Die Membran bildet die eine Platte eines Kondensators, dessen Kapazität sich gemäß der Durchbiegung der Membran ändert.

Der Verstärker mißt die Kapazitätsänderung nach dem Verfahren der halben Resonanz. Ein Hochfrequenzschwingungskreis, dessen Wellenlänge wie die unserer Rundfunksender durch den Kondensatorgeber verändert werden kann, ist mit einem zweiten Empfänger-

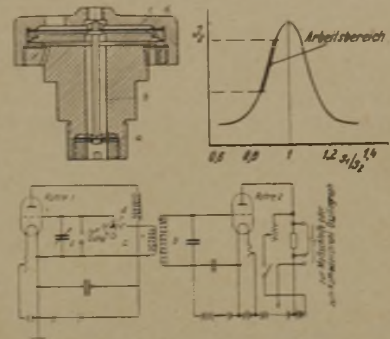


Abb. 6: Kondensatorverfahren links oben: Geber; rechts oben: Resonanzkurve der Schwingungskreise; unten: Schaltung der Schwingungskreise

geschwingungskreis gekoppelt, dessen Schwingungszahl fast mit der des Senders übereinstimmt, sich also in halber Resonanz befindet. Je mehr sich die Kreise durch Veränderung der Schwingungszahl im Senderkreis infolge der Kapazitätsänderungen im Geber der Resonanz nähern, desto größere Energien gehen auf den Empfängerkreis über und ein desto höherer Strom fließt im Anodenkreis der Röhre. Diese Stromänderungen werden nun mit einer Oszillographenschleife aufgezeichnet oder an einem Widerstand in eine Spannungsänderung umgeformt und einem Kathodenstrahl-Oszillographen zugeführt.

Wir kommen nun zu den beiden Verfahren, bei denen die Umsetzung der Bewegungsgrößen in elektrische Werte durch die elektrischen Eigenschaften gewisser Materialien, wie Kohle bzw. Quarz, vorgenommen wird. Bei den bisher angeführten Verfahren wurden die durch den Gasdruck hervorgerufenen Kräfte durch die elastischen Verformungen metallischer Federn aufgenommen, bei dem Kohleindikator nimmt einen, wenn auch kleinen Teil der Kräfte, die Kohle selbst auf. Beim Quarzindikator ist fast nur der Quarz Träger der Kräfte.

Im Kohleindikator benutzt man hier die Änderung des Widerstandes an den Berührungsflächen von Kohlescheiben bei ihrer

Zusammendrückung zur Anzeige der Verformung einer Meßfeder. Wir erkennen an dem Schnittbild den gleichen prinzipiellen Aufbau: Vormembran und Hauptmembran, wobei die Dicke letzterer besonders auffällt. Die Membran nimmt hier also noch den größten Teil der Kräfte auf (Abb. 7).

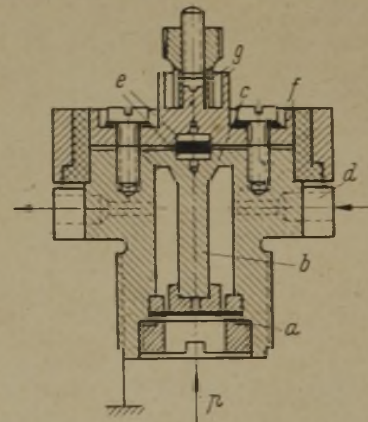


Abb. 7: Kohle-Druckmeßgeber nach Hieb-nigg u. Glamann

Die elektrisch auswertbaren Erscheinungen bestehen beim Kohleindikator in den Widerstandsänderungen. Diese werden durch eine Brückenschaltung (Abb. 8) in Stromänderungen überführt. Wenn der Widerstand W_R gleich dem der Druckmeßkammer ist, dann fließt in dem gemeinsamen Teil beider Stromkreise, in dem die Schleife liegt, kein Strom, da diese sich infolge ihrer entgegengesetzten Richtung aufheben. Verringert

sich nun der Widerstand des Indikators unter Druckbelastung, dann steigt der Strom im Indikatorkreis und das Gleichgewicht der Brücke wird gestört. Durch die Schleife fließt nunmehr ein entsprechender Strom und

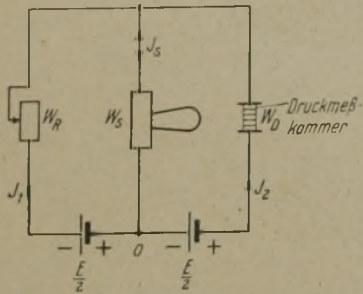


Abb. 8: Brückenschaltung für Kohledurchgeber

ruft einen Ausschlag, der der Druckänderung am Druckgeber weitgehend verhältnismäßig ist, hervor. Wie wir sehen, müssen wir beim Kohleindikator nicht unbedingt einen Verstärker benutzen, wenn wir uns auf eine Messung mit der

Oszillographenschleife beschränken. Neuere Ausführungen des Kohleindicators benutzen jedoch wie die anderen Verfahren einen Röhrenverstärker und können damit dann auch mit dem Kathodenstrahl Oszillographen aufzeichnen.

Wenn nun das piezoelektrische Verfahren als das letzte angeführt werden soll, so hat dies den Grund darin, daß die weite Verbreitung, die dieses Verfahren besonders in der deutschen Motorenforschung gefunden hat, ein näheres Eingehen auf die Grundlagen rechtfertigt.

Abb. 9 läßt die Ausschnittsrichtung der Quarzplatte aus dem Quarzkristall erkennen. Längs durch den Quarz läuft die optische Achse, die an dem Polarisationsvorgang unbeteiligt ist. Senkrecht dazu liegen die elektrischen und neutralen Achsen, die entsprechend

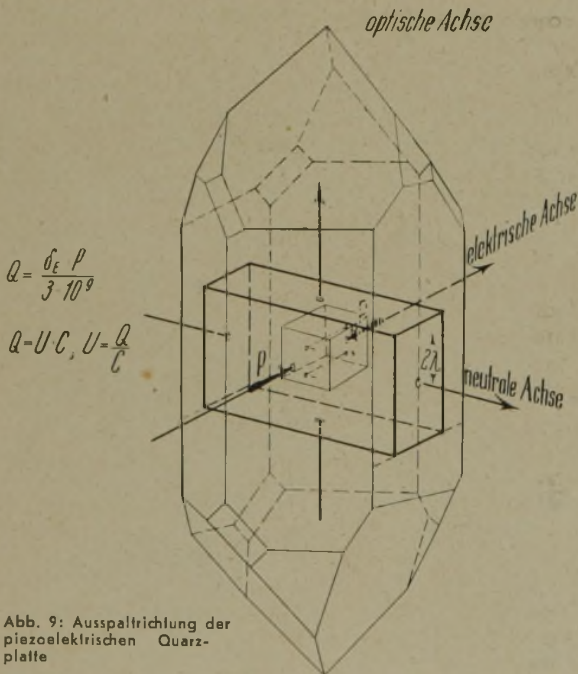


Abb. 9: Ausspaltrichtung der piezoelektrischen Quarzplatte

der vorhandenen Sechseckform je dreimal auftreten. Die Ausspaltrichtungen müssen genau eingehalten werden, wenn die Höchstwerte für die erzeugte Ladung erreicht werden soll.

Die an den Belegen des Quarzes bei Druck entstandenen Ladungen rufen eine entsprechende Spannungsdifferenz hervor, deren Größe sich nach der Beziehung:

$$Q = U \cdot C \text{ oder } U = \frac{Q}{C}$$

berechnen läßt. Hierin bedeutet C die Kapazität der Endflächenbelegungen gegeneinander bzw. noch zu-

sätzlich angeschaltete Kondensatoren, U die Spannung und Q die erzeugte Ladung.

Die durch den Druck erzeugten Ladungen sind nur klein und können deshalb nur mit sehr feinen Meßgeräten gemessen werden. Aber auch das feinste Meßinstrument bedarf zum Auslösen einer Anzeige einer Leistung, d. h. der Meßstrom oder, was dasselbe ist, die Änderung der Ladung in der Zeiteinheit, kann nicht Null sein. Die durch den Druck auf den Quarz erzeugte Ladung kann also, wenn das Meßinstrument angeschaltet ist, nicht über unendlich lange Zeit in gleicher Höhe erhalten bleiben, sondern sie wird, obwohl die Belastung erhalten bleibt, langsam absinken, und zwar in dem Maße, wie Ladungen zur Messung verbraucht werden. Die Messung einer zeitlich gleichen Druckhöhe, z. B. des atmosphärischen Druckes, ist mit dem Quarz ohne besondere Hilfsmittel nicht möglich. Trotzdem ist die Zeitkonstanz der Anzeige so groß, daß ein Indikator statisch, d. h. mit einem Druck, der einige Zeit konstant bleibt, geeicht werden kann. Ein Meßinstrument mit einem sehr geringen Leistungsverbrauch für die Meßgröße ist ein Röhrenverstärker, der deshalb auch hier zur Anwendung kommt.

Wir sehen die schematische Schaltskizze in Abb. 10. Den Quarzen sind regelbare Kapazitäten parallel geschaltet, um die Druckempfindlichkeit der Anlage gemäß obiger Beziehung $U = Q/C$ verändern zu

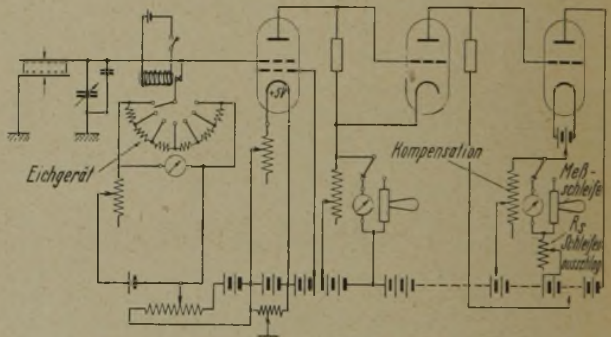


Abb. 10: Verstärker für piezoelektrische Messungen.

können. Da für die Elektronenröhre die am Gitter auftretende Spannung U die Meßgröße ist, kann man mit verschiedenen großen Ladungen immer wieder dieselbe Spannung an dem Gitter erzeugen, lediglich durch Verändern der Kapazität. Ein- und derselbe Quarzgeber kann also zur Messung sehr großer wie sehr kleiner Druckdifferenzen verwendet werden.

Kennzeichnend für den weiteren Aufbau des Verstärkers ist eine unmittelbare Ankopplung der weiteren Verstärkerstufen. Diese Art der Ankopplung erlaubt auch die Messung sehr langsamer oder sogar statischer Vorgänge, wie sie z. B. bei der Eichung mit zeitlich konstanten Druckstufen vorkommen. In dieser damit gegebenen exakten Eichmöglichkeit zusammen mit dem eindeutigen physikalischen Effekt im Quarz liegt ein weiterer Vorzug des piezoelektrischen Verfahrens.

Der Verstärker zeigt beispielsweise die Anschaltung von Oszillographenschleifen je nach den für die Schleifen erforderlichen Ströme nach einer zwei- oder dreistufigen Verstärkung. Die Größe der Ausschläge für eine bestimmte Eingangsspannung wird mit Hilfe des Eichgerätes, das gleiche Spannungsstufen liefert, festgestellt. Die Eichung des Quarzgebers beschränkt sich dann auf die Ermittlung der Spannung, die bei gegebener Kapazität je Atmosphäre Druckdifferenz oder je Kilogramm Belastung entsteht.

Unter Ausnutzung der Stromspannungsabhängigkeit, der sogenannten Verstärkerkennlinie, kann man nun auf einfache Weise Teile eines Druckverlaufes vergrößern, ähnlich den Schwachfederdiagrammen bei einem Federindikator, aufnehmen (Abb. 11). Über der negativen Spannung, die an das Steuergitter der ersten Röhre gelegt wird, ist der Anodenstrom der dritten Röhre aufgetragen. Es ist ein Bereich vorhanden, in dem zwischen Spannung und Strom eine lineare Abhängigkeit vorhanden ist. Hier ist das übliche Arbeitsbereich des Verstärkers, wenn eine lineare Abhängigkeit von Druck und Anzeige erwünscht ist. Weiterhin erkennen wir einen Bereich, in dem die Stromänderung für die Einheit der Spannungsänderung immer kleiner und dann zu Null wird. D. h. eine weitere angelegte Spannung hat keinen Ausschlag mehr zur Folge.

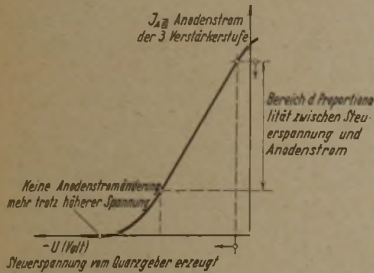


Abb. 11: Kennlinie der Druckmeßverstärker

Soll nun der Druckverlauf im Bereiche der niedrigen Drücke vergrößert wiedergegeben werden, so wird durch die Verkleinerung des Kondensators die Steuerspannung am Quarzgeber so weit erhöht, daß nur der untere Teil des Diagrammes bzw. der entsprechenden Spannungen in den geradlinigen Teil der Kennlinie fällt, der obere Teil dagegen in den Bereich, in dem keine Wiedergabe mehr stattfindet. Der obere Teil wird also elektrisch abgeschnitten und der untere dafür vergrößert wiedergegeben.

Ebenso kann man eine vergrößerte Wiedergabe nur des oberen Teiles des Druckdiagrammes, etwa im Bereiche der Zündung und Verbrennung zwecks genauerer Untersuchung dieser Vorgänge bewirken. Man polt nur in diesem Falle den Quarzgeber so, daß er bei Druck positive Ladungen abgibt.

Ein wichtiger Teil des piezoelektrischen Verfahrens ist der Quarzgeber. In ihm sind die Quarze enthalten, auf die die Druckkräfte zu übertragen sind. Um die erwünschten großen Ladungsmengen zu erzeugen, kann man die dem Druck ausgesetzten Membranen — um große Kräfte hervorzurufen — nicht beliebig groß

machen, da sonst die Geber am Motor nicht mehr unterzubringen wären. Man hat deshalb in den meisten Quarzgebern eine Anzahl von Quarzscheiben übereinander angeordnet. Der Geber nach Abb. 12 enthält zwei Scheiben, die so eingebaut sind, daß sich die auf der hochisolierten Mittelelektrode aufliegenden Flächen gleichnamig polarisieren. Die beiden anderen Endflächen sind über das Gehäuse geerdet und verbunden. Die Flächen sind also elektrisch parallel geschaltet, für die Kräfte dagegen, die auf die Säule übertragen werden, sind sie hintereinander geschaltet. Auf diese Weise wurde erreicht, daß die gedrückte Gesamfläche verdoppelt werden konnte, ohne daß sich der spezifische Flächendruck auf der Einzelfläche, von dem ja die Ladungserzeugung abhängt, verkleinerte. Man könnte zwar durch Übereinanderschichten von einer größeren Anzahl von Quarzen die Ladungserzeugung für die gleiche Kraft immer weiter vergrößern, jedoch ist dem praktisch eine Grenze in der Massenbehaftung einer solchen Anordnung gesetzt. So hat man maximal etwa 8 bis 10 Quarze in einer Säule verwendet.

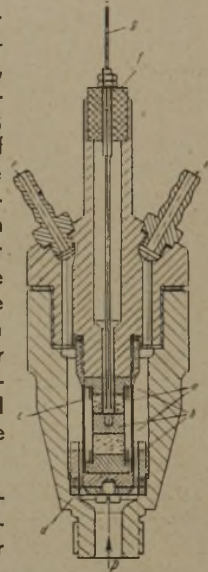


Abb. 12: Piezoelektrischer Geber
a) Quarzplatte
b) Elektroden
c) Vorspannhülse
d) Membran

Die Quarze werden mit ihren Elektroden bei der abgebildeten Ausführung durch eine Hülse mit einer Vorspannung zusammengehalten. An der Vorspannhülse ist die dem Gasdruck ausgesetzte Membran angeschraubt und überträgt so die an ihr entstehenden positiven wie negativen Kräfte auf die Quarze. Zum Schutz gegen zu hohe Erwärmung am Motor ist eine Wasserkühlung vorgesehen. Die Meßwege, d. h. die Zusammendrückung der Quarzsäule unter dem maximalen Meßdruck von 80 at, beträgt nur wenige 1/1000 Millimeter.

Damit soll die Aufzählung der Verfahren geschlossen sein, die uns neue Erkenntnisse über die kurzzeitigen Vorgänge vermitteln können, die in unseren schnelllaufenden Motoren und in vielen neuzeitlichen technischen Verfahren ablaufen und die unserem unbewehrten Beobachtungsvermögen ohne diese Instrumente immer verschlossen bleiben müßten.

Unsere heutigen Kenntnisse über die chemische Bindung*)

Von Prof. Dr. W. Klemm, Techn. Hochschule Danzig

Die chemische Forschung hatte bis etwa zum Ende des 18. Jahrhunderts zu zwei wichtigen Erkenntnissen geführt: zu dem experimentellen Nachweis, daß alle Stoffe der belebten und der unbelebten Natur aus noch nicht hundert Elementen aufgebaut sind, und ferner zu der Überzeugung, daß es nicht mehr teilbare kleinste Teilchen gibt, die Atome, deren Existenz allerdings erst am Anfange dieses Jahrhunderts experimentell bewiesen wurde. Es entstand die Frage: Welches sind die Kräfte, die die Atome zu Verbindungen vereinigen? Ihrer Zeit weit vorsehend, haben Davy und vor allem Berzelius um die Jahrhundertwende diese Frage erstmalig dahin be-

antwortet, daß es elektrische Kräfte sind, die hier am Werke sind. Waren auch die von Berzelius entwickelten Vorstellungen nach unserem heutigen Wissen über die elektrischen Grundgesetze durchaus fehlerhaft, so schlossen sich seinen Ansichten damals doch alle Chemiker von Rang an; denn die Überzeugung, daß die chemischen Vorgänge im Grunde genommen nur eine besondere Form der Auswirkungen der Elektrizität waren, wirkte natürlich faszinierend. Trotzdem und trotz der Autorität des großen Schweden mußte aber diese Theorie fallen, als man in Frankreich eine Umsetzung fand, die mit der Theorie von Berzelius unvereinbar war, nämlich den Ersatz des elektropositiven Wasserstoffs in der Essigsäure durch das elektronegative Chlor. Die Opposition, deren

*) Auszug aus einem am 11. 11. 38 im Haus der Technik, Essen, gehaltenen Vortrag.

Führer der junge Franzose Dumas war, siegte; an Stelle der elektrochemischen Theorie entstand nach mancherlei Umwegen die Strukturchemie von Kekulé, die „Bindestrich-Chemie“. Sie schrieb jedem Atom eine bestimmte Wertigkeit zu, die sich gegen die Wertigkeit eines anderen Atoms absättigen mußte. Diese Theorie beherrschte von der Mitte des vorigen Jahrhunderts an die Chemie und wurde für die im Sturmschritt einsetzende Entwicklung der theoretischen und technischen organischen Chemie ein unentbehrliches Werkzeug, besonders nachdem sie von van t Hoff und Le Bel auch bezüglich der räumlichen Anordnung der Atome ihre Ausgestaltung erfahren hatte. Freilich übersah man gegenüber diesen Erfolgen nur allzu leicht, daß diese Strukturchemie die Antwort auf die Frage, was nun eigentlich die Atome zusammenhält, schuldig blieb und statt der großartigen Konzeption eines Berzelius diese chemischen Kräfte als etwas Besonderes hinnahm und auf ihre Einordnung in das Gesamtbild der chemischen Erscheinungen verzichtete. Ferner ließ man lange unbeobachtet, daß es viele Gebiete der anorganischen Chemie gab, die aller Mühe trotzten, sie in das Lehrgebäude der Strukturchemie einzuordnen. Und von dieser Seite kam dann auch der stärkste Ansturm; genannt sei hier vor allem Alfred Werner, der, von den sogenannten „Komplexverbindungen“ ausgehend, seine berühmten „Neueren Anschauungen“ entwickelte.

Werners Lehre war der Anfang einer erst jetzt zu einem gewissen Abschlusse gelangenden Entwicklung. Sie wurde möglich, als man nähere Einblicke in den Aufbau der Atome gewonnen hatte. Das am Anfang unseres Jahrhunderts entstandene Bohrsche Atommodell besagt bekanntlich, daß die Atome aus den Elementarbestandteilen der Elektrizität aufgebaut sind; einem positiv geladenen Kern, der praktisch die ganze Masse des Atoms enthält, und einer negativ geladenen Hülle, in der „Elektronen“ in ganz bestimmten Gruppen angeordnet sind. Damit war die Bahn zu einer Wiederbelebung der Ansichten von Berzelius frei gemacht, und es war W. Kossel, der 1916 eine physikalisch wohlbegründete, abgerundete Theorie der chemischen Bindung gab. Bei dieser wurde angenommen, daß die einzelnen Bestandteile einer chemischen Verbindung positive und negative Ladungen enthalten und sich daher gegenseitig anziehen. Diese Ladungen entstehen dadurch, daß Elektronen von den Atomen des einen Elementes auf die eines anderen übergehen. Diese Theorie von Kossel ist nun nicht in den gleichen Fehler verfallen, an dem Berzelius letzten Endes gescheitert ist, nämlich den, alle Verbindungen nach einem Schema behandeln zu wollen. Vielmehr beschränkt sie sich auf die Fälle, in denen aus sonstigen Gründen — z. B. nach der elektrolytischen Dissoziation in wäßriger Lösung — Ionen von vornherein wahrscheinlich sind.

Die einzelnen Bindungsarten

Es würde zu weit gehen, im einzelnen zu schildern, wie sich zeitlich die Erklärung der anderen Bindungsarten entwickelt hat, bei der man selbstverständlich ebenfalls vom Atommodell ausgegangen ist. Es genüge vielmehr, das Ergebnis anzugeben. Man unterscheidet hier vier Bindungsarten:

1. Die van der Waalssche Bindung

Dies ist die allgemeinste Art der Wechselwirkung zwischen den Atomen, die unter allen Umständen vorhanden ist, auch dann, wenn sie neben anderen Bindungsarten nicht ohne weiteres zu erkennen ist. Sie rührt davon her, daß sich die schnellen Bewegungen

der Elektronen benachbarter Atome gegenseitig beeinflussen, läßt sich aber leider nicht mit einem einfachen Modell beschreiben. Sie führt im allgemeinen nicht zu sehr großen Kräften zwischen den Atomen.

2. Die Ionenbindung

haben wir in ihren wesentlichen Zügen schon beschrieben: Die Atome der „Metalle“ geben Elektronen ab, sie werden dadurch zu positiv geladenen Ionen; die Atome der „Nichtmetalle“ nehmen diese Elektronen auf und werden dadurch negativ geladene Ionen. Diese entgegengesetzt geladenen Ionen ziehen sich wie elektrisch geladene Kugeln an, bis sie sich berühren bzw. bis — genauer gesagt — die Elektronenhüllen sich so stark abstoßen, daß der Anziehungskraft das Gleichgewicht gehalten wird.

3. Die Atombindung

Sie entsteht, ähnlich wie die van der Waalssche Bindung, dadurch, daß die Elektronenbewegungen benachbarter Atome sich stören, indem der Kern des Atoms A auch auf die Elektronen des Atoms B einwirkt und umgekehrt. Sie entspricht weitgehend der gegenseitigen Störung von elektrischen Schwingungskreisen, die man als „Pfeifföne“ bei fehlerhafter Bedienung von Radioapparaten kennt. Eine Atombindung kann nur dann zustande kommen, wenn die äußersten Elektronenniveaus der beiden Atome nicht voll besetzt sind; es bilden sich bei den Atomen gemeinsame Elektronenpaare.

4. Die metallische Bindung

Bei der metallischen Bindung liegen gleichsam Atombindungen vor, bei denen die einzelnen Elektronen von den Atomrümpfen nicht sehr fest gehalten werden. Sie sind nur im festen (und im geschmolzenen) Zustande, nicht aber bei Gasmolekülen möglich. Im Idealfalle befinden sich im Metall die positiv geladenen Atomreste in den festen Gitterplätzen, während die Elektronen paarweise leicht beweglich gleichsam den Zustand der Moleküle eines stark komprimierten „Gases“ besitzen: Sie sind nicht an bestimmten Gitterplätzen, sondern leicht beweglich (große Leitfähigkeit für Elektrizität und Wärme!), können mit Licht aller Wellenlängen in Wechselwirkung treten u. a. m.

Es ist mit Nachdruck zu betonen, daß es nur wenige Beispiele gibt, bei denen diese Bindungsarten rein vertreten sind; in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle dagegen sind mehrere Bindungsarten nebeneinander vertreten. Außerdem gibt es zwischen den Bindungsarten Übergänge, so zwischen der Ionenbindung und der Atombindung usw. Auf Beispiele hierfür kommen wir noch zurück.

Der Aufbau der Elemente

Die einfachsten Verhältnisse sollten eigentlich bei den Stoffen vorhanden sein, die sich aus gleichen Atomen zusammensetzen, d. h. bei den Elementen. Die älteren Betrachtungsweisen sahen ja diese Stoffe als so einfach gebaut an, daß man über den Zusammenhalt der Atome in ihnen Worte nicht verlor. Und doch liegen schon hier die Dinge recht verwickelt. Wir kennen Beispiele für alle Bindungsarten mit Ausnahme der Ionenbindung. Reine van der Waalssche Kräfte liegen bei den festen Edelgasen vor. Da diese sehr schwach sind, werden die Edelgase erst bei sehr tiefen Temperaturen flüssig bzw. fest; die Raumbeanspruchung der dabei entstehenden Kristalle (das „Atomvolumen“) ist sehr groß. Bei Stoffen wie Chlor, Schwefel u. a. liegen im Gegensatz zu den Edelgasen unvollständig besetzte

Elektronenniveaus vor; infolgedessen bilden sich hier zwischen den einzelnen Atombindungen; es bilden sich entweder Moleküle (Cl_2 , S_{10}) oder auch Ketten (z. B. Selen) oder Schichten (Arsen, Graphit), innerhalb deren feste Atombindungen für kleine Atomabstände sorgen, während zwischen den Molekülen, Ketten und Schichten nur die geringen van der Waalsschen Kräfte wirksam sind, so daß die Abstände groß sind. Betrachtet man andererseits die unedlen Metalle, wie Natrium, Magnesium, Aluminium, so liegt hier die metallische Bindung gewissermaßen in Reinkultur vor; denn die Atome dieser Elemente geben ihre äußersten Elektronen so leicht ab, daß man wirklich von einem „Elektronengas“ sprechen kann, das um so weiträumiger ist, je niedriger geladen und je größer die positiven Ionen sind. Infolgedessen findet man gerade bei den Alkalimetallen mit einwertigen positiven Ionen ein sehr großes Atomvolumen. Die Edelmetalle Gold, Silber usw., die ihre Elektronen viel fester halten, besitzen ein im Vergleich dazu sehr geringes Atomvolumen.

Zwischen dem metallischen Zustande und der Atombindung gibt es zahlreiche Übergangserscheinungen. Auf diese können wir nicht im einzelnen eingehen. Wir möchten jedoch noch ganz kurz auf Stoffe wie Eisen oder Nickel hinweisen. Diese Stoffe sind ferromagnetisch. Dies beweist nach der von Heisenberg gegebenen Deutung des Ferromagnetismus, daß eine besondere Art von Atombindungen vorhanden ist, die sich über den ganzen Kristall erstrecken und bei denen die Achsen der Eigenrotationen der Elektronen nicht wie sonst entgegengesetzt (antiparallel), sondern parallel gerichtet sind. Außerdem liegen aber auch typische Metalle vor; dies hängt damit zusammen, daß ein anderer Teil der Außenelektronen des Eisens bzw. Nickels ein Elektronengas bilden. Hier sind also deutlich mehrere Bindungsarten nebeneinander zu erkennen.

Die Ionenbindung

Bei weitem am besten unterrichtet sind wir über die Verbindungen mit Ionenbindung, die salzartigen Stoffe, wie NaCl , MgO u. a. Hier können wir die verschiedensten Eigenschaften theoretisch verstehen bzw. vorhersagen. In erster Linie ist die Zusammensetzung der Verbindungen zu nennen. Sie wird entscheidend beeinflusst durch das Bestreben der Atome, die Elektronenkonfiguration eines Edelgases anzunehmen. So besitzt z. B. das Cl -Atom ein Elektron weniger als das Edelgas Argon. Dementsprechend finden wir in Verbindungen negativ geladene Chlor-Ionen. Da das Natriumatom ein Elektron mehr besitzt als das Edelgas Neon, bildet es positive Ionen usw. Dieses „Bestreben“ zur Bildung der Edelgaskonfiguration ergibt sich nun nach Modellberechnungen als eine zwangsläufige Folge aus dem Atombau; denn diese Rechnungen zeigen, daß alle anderen Ionenladungen zu unbeständigen Verbindungen führen würden. Überhaupt kann man sagen, daß man die Bildungswärmen der Ionenverbindungen auch in ihren feineren Zügen aus den Atomkonstanten sehr befriedigend berechnen kann. Auch der Gitterbau dieser Salze ist leicht zu übersehen; nachdem ja die Zusammensetzung durch die Ionenladung bestimmt ist, ergibt sich die räumliche Anordnung der Ionen im Kristall durch die geometrisch günstigste Lagerung. Da meist die negativen Ionen, die Anionen, sehr viel größer sind als die positiven, die Kationen, bilden die Anionen eine „dichteste Kugelpackung“, in deren Zwischenräume die Kationen eingelagert sind. Rein geometrisch zeigt sich dabei, daß nur bei einer ver-

hältnismäßig großen Anzahl von Kationen nach allen Seiten wirkende elektrostatische Kräfte wirksam sein können, die dann das ganze Gitter in allen Richtungen gleichmäßig fest zusammenhalten. Besitzen dagegen die Kationen hohe Ladungen, so daß weniger von ihnen vorhanden sind, so werden manchmal nur noch „Gitterschichten“ zusammengehalten oder auch „Gitterfäden“, es entstehen Schichten- oder Fadengitter; oder aber es besteht zwischen benachbarten Molekülen überhaupt keine nennenswerte elektrostatische Wechselwirkung mehr, sondern nur noch van der Waalssche Kräfte; wir kommen zu den Molekül-gittern, die sich durch sehr niedrige Schmelz- und Siedepunkte auszeichnen (z. B. Tetrachlorkohlenstoff).

Es wären noch viele andere Eigenschaften zu nennen, die man heute auf Grund von Modellbetrachtungen in ihrem Verlaufe verstehen kann: die Härte, die thermische Ausdehnung, die Löslichkeit, die elektrische Leitfähigkeit u. a. mehr. Das würde aber im einzelnen zu weit führen. Hingewiesen sei jedoch noch kurz auf den Einfluß der van der Waalsschen Kräfte. Da in den Ionenverbindungen die Atome unter dem Einflusse der starken elektrischen Felder näher aneinander herankommen als etwa bei den Edelgasen, so sind auch die van der Waalsschen Kräfte, die mit abnehmender Entfernung sehr stark zunehmen, hier wesentlich größer. Trotzdem treten sie neben den elektrostatischen Kräften in der Mehrzahl der Fälle ganz zurück und bestimmen nur einzelne Feinheiten des Gitterbaues u. ä. Von wesentlicher Bedeutung werden sie dagegen bei einzelnen Verbindungen, z. B. den Silberverbindungen; sie bedingen dann erhebliche Abweichungen im chemischen und physikalischen Verhalten. So hängt z. B. die geringe Löslichkeit von Silberchlorid damit zusammen oder aber — um weiter zu denken — auch die für die Menschheit ganz allgemein und z. Z. besonders uns Deutsche sehr unangenehme Tatsache, daß die auf der Erde in unermesslichen Mengen vorhandenen Schwer- und Edelmetalle zum überwiegenden Teile in solchen Tiefen der Erde liegen, daß sie den Menschen unzugänglich sind.

Die Atombindung

So gut wir über die Ionenbindung Bescheid wissen, so lückenhaft sind unsere Kenntnisse über die Atombindung. Diese Atombindung, das zwei Atomen „gemeinsames Elektronenpaar“, ist das, was die Strukturchemie mit dem Bindestrich bezeichnete. Dementsprechend wundern wir uns nicht, daß jenes Gebiet, auf dem sich die Strukturchemie so ausgezeichnet bewährte, nämlich die organische Chemie, auch die Domäne der Atombindungen ist. Hier liegen in der Tat die Verhältnisse aus den verschiedensten Gründen besonders einfach: Der Kohlenstoff hat vier Außenelektronen, die — zum mindesten in einem „angeregten“ Zustande des Atoms — je eine Atombindung mit einem Elektron eines anderen Atoms eingehen können, wobei dann die vier Bindungen nach den vier Ecken eines Tetraeders hinlaufen, wie es die klassische Stereochemie verlangt. Viel komplizierter liegen die Verhältnisse bei anderen Atomen, z. B. beim Bor, bei dem selbst der Aufbau der einfachsten Wasserstoffverbindungen noch nicht in allen Einzelheiten klar ist, oder beim Chlor, das — je nach dem Anregungszustande — 1, 3, 5 und 7 Atombindungen bilden sollte. Das stimmt auch in vieler Beziehung; manchmal trifft es jedoch auch nicht zu, z. B. beim ClO_2 . Wir müssen ehrlich bekennen, daß wir heute noch nicht in der Lage sind, die Einflüsse, die die Zusammensetzung der Moleküle mit Atombindung

bestimmen, voll zu übersehen. Noch weniger sind wir in der Lage, die Bildungswärmen dieser Verbindungen, von ganz einfachen Fällen abgesehen, modellmäßig zu berechnen. Es liegen hier für die Theorie noch große Aufgaben vor, die um so wichtiger sind, als ja fast die ganze organische Chemie zum Bereich dieser Bindungsart gehört.

Auch bei den Komplexverbindungen spielen die Atombindungen eine wesentliche Rolle. So sind z. B. die sechs CN-Gruppen des Kaliumferrocyanids $K_4[Fe(CN)_6]$ mit dem Eisen durch je eine Atombindung verbunden, wie man z. B. aus dem magnetischen Verhalten ableiten kann. Damit ist auch der Schlüssel gegeben, um den Aufbau des Eisencarbonyls $Fe(CO)_5$, des bekannten Antiklopfmittels, zu verstehen, der früher völlig rätselhaft war: es handelt sich auch hier um Atombindungen zwischen dem Eisen und den CO-Gruppen.

Die metallische Bindung

Am wenigsten unterrichtet sind wir über die metallische Bindung, wie sie — abgesehen von den metallischen Elementen — in den intermetallischen Verbindungen vorkommt. Dieses ganze Gebiet, die Chemie der Legierungen, hat früher die Chemiker fast gar nicht beschäftigt, schon deshalb nicht, weil man gar keine Methoden hatte, um mit Sicherheit zu entscheiden, ob und wo eine Verbindung vorlag. Erst durch die Pionierarbeiten des kürzlich verstorbenen Gustav Tammann ist das Gebiet erschlossen worden. Es besitzt einen außerordentlichen Umfang, was nicht zu verwundern ist, da ja rund 80% der Elemente Metalle sind. Diese intermetallischen Verbindungen haben den Chemikern die allergrößten Rätsel aufgegeben. Einmal weichen sie von den anderen Verbindungen insofern ab, als ihre Zusammensetzung durchaus nicht eindeutig bestimmt ist, sondern oft innerhalb beträchtlicher Bereiche variieren kann; man spricht deshalb oft auch nicht von Verbindungen, sondern von „Phasen“. Ferner aber kann man hier mit den üblichen „Wertigkeiten“ gar nichts anfangen; die Zusammensetzung der intermetallischen Phasen folgt diesen in keiner Weise.

Man muß daher für die Deutung dieser Verhältnisse neue Wege gehen. Der Grundgedanke dabei ist der folgende: Während man bei den anderen Verbindungen durchaus daran festhält, daß ein bestimmtes Elektron einem oder zwei ganz bestimmten Atomen zuzuordnen ist, gibt man dies bei den Metallen und Legierungen auf. Vielmehr behandelt man hier die Summe der Valenzelektronen aller Atome, das schon erwähnte „Elektronengas“, als etwas Ganzes, ohne Rücksicht darauf, von welchem Atom diese Elektronen eigentlich stammen. Man fragt dann, welche Anforderungen an dieses Elektronengas gestellt werden müssen, damit eine bestimmte Kristallstruktur bestehen kann. Als eine erste Regel hat nun Hume-Ruthery empirisch erkannt, daß es dabei auf das Verhältnis: Zahl der Elektronen zur Zahl der Atome ankommt, und Jones hat hierfür eine theoretische Deutung gegeben. In anderen Fällen scheinen andere Faktoren eine wesentliche Rolle zu spielen, die wir zur Zeit noch mehr ahnen als verstehen. Wir stehen hier noch am Anfang, aber wir sind überzeugt, daß man schnell weitere Fortschritte machen wird.

Auch bei den Legierungen gibt es natürlich mannigfache Übergänge zu anderen Bindungs-

arten, so z. B. zu der Atom- und der Ionenbindung. So sieht man z. B. sofort den folgenden, von W. Biltz gefundenen Zusammenhang ein: Unedle Metalle haben ein sehr weiträumiges Elektronengas, weil ihre Kationen nur geringe Kräfte auf Elektronen ausüben, edle Metalle dagegen ein sehr eng gepacktes Elektronengas. Legiert man daher unedle und unedle oder edle und edle Metalle, so wird man keine sehr große Volumenänderung finden; bei Verbindungen aus edlen und unedlen Metallen dagegen beobachtet man eine sehr starke Kontraktion, weil die Kationen des edlen Metalles „elektronenhungrig“ sind und das beim unedlen Metall weiträumige Elektronengas um sich zusammenpressen. Wir haben so gleichsam den Anfang einer Bildung von negativen Ionen, d. h. einen Übergang zur salzartigen Bindung. Dies äußert sich z. B. auch darin, daß intermetallische Verbindungen im Gegensatz zu den duktilen Metallen oft spröde sind, daß sie den Strom schlechter leiten als die reinen Metalle u. a. m.

Die Erforschung der intermetallischen Verbindungen ist heute eine von Wissenschaft und Technik so vorzüglich geforderte Aufgabe, daß jeder Weg willkommen ist, um ihrem Verständnis näherzukommen. Eine Möglichkeit hierzu bietet die Untersuchung der Verbindungen der sogenannten „Übergangselemente“, wie z. B. Chrom, Eisen usw. mit Schwefel, Tellur, Phosphor usw. Diese besitzen oft schon halb metallischen Charakter. Ferner kann auch hier — wie bei den echten intermetallischen Phasen — die Zusammensetzung oft innerhalb recht großer Grenzen variieren, und schließlich zeigen sie zum Teil Ferromagnetismus, den man ja sonst nur bei Metallen findet. Wir haben also hier Übergänge von der salzartigen zur metallischen Bindung vor uns, die allerdings der salzartigen noch sehr nahesteht. Interessant ist nun, daß man das ganze Verhalten dieser Verbindungen verstehen kann, wenn man annimmt, daß bei ihnen neben der Ionenbindung noch lockere Atombindungen zwischen den Kationen vorhanden sind. Lockere Bindungen zwischen gleichartigen Teilchen sind nun aber das Kennzeichen der Metalle; es scheint daher, als ob man aus dem Studium der genannten Verbindungen, dessen wir uns in Danzig seit einiger Zeit angenommen haben, mancherlei Aufschlüsse zu erwarten hat.

Wenn im vorstehenden einiges aus den Ergebnissen der theoretisch-chemischen Forschung der letzten Jahrzehnte skizziert wurde, so wird man trotz des gewiß sehr lückenhaften Bildes eines anerkennen müssen: nämlich, daß wir in vielen Beziehungen sehr stark vorangekommen sind. Es ist aber auch nicht verschwiegen worden, wie vieles sich einer Deutung heute noch entzieht. Der Forscher wird daher gerade auf diesem Gebiet um Problemstellungen nie verlegen sein. Freilich hört man manchmal den Einwand: Das sei doch alles für die Praxis unwichtig, und im Zeitalter des Vierjahresplanes gäbe es genug wichtigere Aufgaben. Es verdient mit Nachdruck darauf hingewiesen zu werden, daß eine solche Ansicht grundfalsch ist; denn einmal werden wir in der Lösung praktischer Aufgaben um so raschere Fortschritte machen, je besser wir die Theorie beherrschen. Und zum anderen arbeiten wir nicht nur für die Gegenwart, sondern für die Zukunft, und die Wissenschaft von heute ist die Technik der kommenden Zeit!

Physikalische Zusammenhänge in der Elektrotechnik*)

Von Dr.-Ing. habil. P. Werners, Dortmund

In der Elektrotechnik bestehen vielfach zwischen scheinbar recht unterschiedlich anmutenden Anordnungen mehr oder weniger weitläufige physikalische Zusammenhänge, die nicht nur für den Fachmann von Interesse sind, sondern in die ebenso sehr derjenige, der erst in elektrotechnisches Wissensgebiet eindringen will, rechtzeitig Einblick nehmen sollte. Reiht man nämlich, wie es meistens geschieht, und wie es eine die äußerlichen Erscheinungsformen in den Vordergrund rückende Darstellung tun muß, z. B. die verschiedenen Gattungen elektrischer Maschinen, wie Gleichstrom-, synchrone und asynchrone Ein- und Mehrphasen-Wechselstrommaschinen sowie die mannigfaltigen nach ihren Erfindern benannten Wechselstrom-Kollektormaschinen, wenn auch anschaulicherweise, vom scheinbar Leichterem zum Schwierigeren übergehend, aneinander, so kann beim Neuling sehr leicht der entmutigende Eindruck erweckt werden, daß er sich durch die Menge und die scheinbare Mannigfaltigkeit des hier zusammengetragenen Wissensstoffes nicht so leicht hindurchfinden wird. Rückt man dagegen die gemeinsamen physikalischen Prinzipien, die einzelnen oder gar allen dieser Maschinengattungen gemeinsam sind, rechtzeitig und ausreichend in den Vordergrund und würdigt die etwaigen Besonderheiten einzelner Vertreter einer Gattung erst nachträglich, so schrumpft die Menge des zu erarbeitenden Wissensstoffes ganz erheblich zusammen. Ein solches Vorgehen erhöht nicht nur den geistigen Wirkungsgrad beim Eindringen in dieses Neuland, sondern es schafft auch Raum für ein tieferes Einfühlen in die stark im Abstrakten wurzelnden Grundlehren der Elektrizität und des Elektromagnetismus.

Die heutige Elektrotechnik umfaßt die technische Fortsetzung und die praktische Verwendung der Lehren der Elektrophysik. Diese Abstammung von der Physik erklärt auch die starke mathematische Durchsetzung der Grundlagen, ebenso wie der Arbeitsmethoden moderner elektrotechnischer Forschung; denn Fortschritte sind auf vielen Sondergebieten der Elektrotechnik in Anbetracht der Vielzahl zusammenwirkender und nicht unmittelbar, also etwa von den Sinnesorganen erfassbarer Größen heute weitgehend nur noch auf rechnerischem Wege möglich. In dieser Hinsicht schrieb übrigens schon G. S. Ohm (1826): „... Während dieser fast rein experimentellen Arbeit war ich bemüht, das Gebiet der Elektrizität, der Wärme und des Lichtes mit der Fackel der Mathematik zu durchstreifen...“ Es ist also daher erklärlich, daß wir die ersten Anfänge der Elektrotechnik — in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts — in der Werkstatt von Physikern und Mathematikern vorfinden, wie z. B. von Ohm, Kirchhoff, Faraday, später W. v. Siemens und J. C. Maxwell, dessen einzigartiges Gedankengebäude einer mathematischen Theorie des Elektromagnetismus als die klassische Grundlage der ganzen Elektrotechnik bezeichnet werden muß.

Während die ersten praktischen Anwendungen der Erkenntnisse von dem Wirken der Elektrizität fast ausschließlich die Verwirklichung einer elektrischen Telegrafie betrafen, tritt nach der Erfindung der selbst-erregten Dynamomaschine (1866) durch W. v. Siemens als nächste Anwendungsform die Erzeugung

elektrischen Lichtes und fast gleichzeitig die Bereitstellung von Kraft auf elektrischem Wege auf den Plan. Von da ab, d. h. in der Gründerzeit, dringt die Elektrizität immer mehr in die Bezirke industrieller Verwertung ein; ihre Entwicklung beginnt damit nicht nur recht bewegt zu verlaufen, sondern sie erscheint auch für das Verständnis technischer Zusammenhänge äußerst lehrreich. Insbesondere gilt dies von dem etwa in den Zeitraum von 1880 bis 1890 fallenden Kampf zwischen den Verfechtern der beiden seinerzeit im wesentlichen bekannten Stromsysteme des Gleichstroms und des einphasigen Wechselstromes. Die Entscheidung in dieser Frage fiel 1891 bei Gelegenheit der Frankfurter Ausstellung zugunsten eines Dritten, des dreiphasigen Wechselstromes, von Dobrowolski als dem Erbauer des ersten Drehstrommotors auch „Drehstrom“ genannt. Es mag hier nicht unerwähnt bleiben, daß die eigentliche Erfindung und die Erkenntnis der praktischen Verwendbarkeit dieser Stromart Fr. Haselwander zuzuschreiben ist, der jedoch mit vielen anderen das Geschick teilen mußte, seine Erfindung aus wirtschaftlichen und anderen Gründen nicht durchfechten zu können. Im übrigen kommt der Ruhm, als erster das dem Drehstrommotor zugrunde liegende Drehfeldprinzip erkannt und den ersten nach diesem Prinzip arbeitenden Motor erbaut zu haben, G. Ferraris zu (1885).

Das glänzende Gelingen des in Frankfurt angestellten Versuchs der ersten Kraftübertragung (Abb. 1) mit hochgespanntem Drehstrom (15 kV) über eine größere

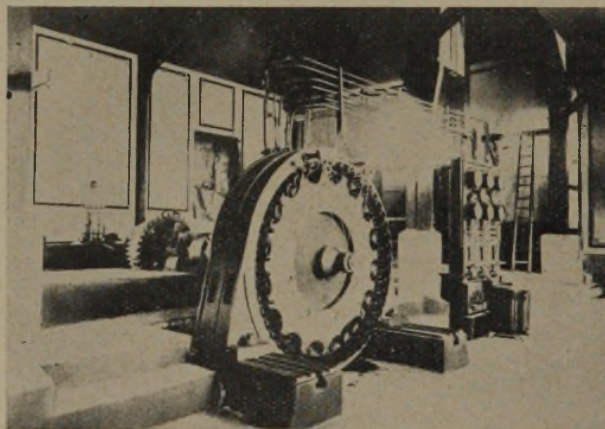


Abb. 1: Drehstromdynamo Lauffen der Maschinenfabrik Oerlikon (Kegelantrieb)

Entfernung (Lauffen—Frankfurt = 175 Kilometer) kann als die Geburtsstunde der elektrischen Großkraftwirtschaft angesehen werden; denn nach diesem Erfolg eroberte sich der Drehstrom in kurzer Zeit den ganzen Erdball und legte so die Grundlage für die Etablierung der Elektrizität als Wirtschaftsmacht ersten Ranges.

Unter den Gründen für die Ueberlegenheit des Drehstroms gegenüber seinen Wettbewerbern ist nicht zuletzt die unübertreffliche Einfachheit des Aufbaus und die daraus sich ergebende Betriebssicherheit und niedrige Preisgestaltung bei dieser Kraftmaschine mit kleinsten bis zu den größten Leistungen zu nennen.

Die dem Drehstrommotor zugrunde liegende Physik bildet die Grundlage für so viele andere Anwendungsgegenstände in den verschiedensten Zweigen der Elektrotechnik, daß es sich lohnt, an Hand des hier

*) Nach einem Vortrag, gehalten am 13. 10. 38 im Emscher-Bezirksverein des VDI. Abb. des Verfassers.

bestimmen, voll zu übersehen. Noch weniger sind wir in der Lage, die Bildungswärmen dieser Verbindungen, von ganz einfachen Fällen abgesehen, modellmäßig zu berechnen. Es liegen hier für die Theorie noch große Aufgaben vor, die um so wichtiger sind, als ja fast die ganze organische Chemie zum Bereich dieser Bindungsart gehört.

Auch bei den Komplexverbindungen spielen die Atombindungen eine wesentliche Rolle. So sind z. B. die sechs CN-Gruppen des Kaliumferrocyanids $K_4[Fe(CN)_6]$ mit dem Eisen durch je eine Atombindung verbunden, wie man z. B. aus dem magnetischen Verhalten ableiten kann. Damit ist auch der Schlüssel gegeben, um den Aufbau des Eisencarbonyls $Fe(CO)_5$, des bekannten Antiklopfmittels, zu verstehen, der früher völlig rätselhaft war: es handelt sich auch hier um Atombindungen zwischen dem Eisen und den CO-Gruppen.

Die metallische Bindung

Am wenigsten unterrichtet sind wir über die metallische Bindung, wie sie — abgesehen von den metallischen Elementen — in den intermetallischen Verbindungen vorkommt. Dieses ganze Gebiet, die Chemie der Legierungen, hat früher die Chemiker fast gar nicht beschäftigt, schon deshalb nicht, weil man gar keine Methoden hatte, um mit Sicherheit zu entscheiden, ob und wo eine Verbindung vorlag. Erst durch die Pionierarbeiten des kürzlich verstorbenen Gustav Tammann ist das Gebiet erschlossen worden. Es besitzt einen außerordentlichen Umfang, was nicht zu verwundern ist, da ja rund 80% der Elemente Metalle sind. Diese intermetallischen Verbindungen haben den Chemikern die allergrößten Rätsel aufgegeben. Einmal weichen sie von den anderen Verbindungen insofern ab, als ihre Zusammensetzung durchaus nicht eindeutig bestimmt ist, sondern oft innerhalb beträchtlicher Bereiche variieren kann; man spricht deshalb oft auch nicht von Verbindungen, sondern von „Phasen“. Ferner aber kann man hier mit den üblichen „Wertigkeiten“ gar nichts anfangen; die Zusammensetzung der intermetallischen Phasen folgt diesen in keiner Weise.

Man muß daher für die Deutung dieser Verhältnisse neue Wege gehen. Der Grundgedanke dabei ist der folgende: Während man bei den anderen Verbindungen durchaus daran festhält, daß ein bestimmtes Elektron einem oder zwei ganz bestimmten Atomen zuzuordnen ist, gibt man dies bei den Metallen und Legierungen auf. Vielmehr behandelt man hier die Summe der Valenzelektronen aller Atome, das schon erwähnte „Elektronengas“, als etwas Ganzes, ohne Rücksicht darauf, von welchem Atom diese Elektronen eigentlich stammen. Man fragt dann, welche Anforderungen an dieses Elektronengas gestellt werden müssen, damit eine bestimmte Kristallstruktur bestehen kann. Als eine erste Regel hat nun Hume-Ruthery empirisch erkannt, daß es dabei auf das Verhältnis: Zahl der Elektronen zur Zahl der Atome ankommt, und Jones hat hierfür eine theoretische Deutung gegeben. In anderen Fällen scheinen andere Faktoren eine wesentliche Rolle zu spielen, die wir zur Zeit noch mehr ahnen als verstehen. Wir stehen hier noch am Anfang, aber wir sind überzeugt, daß man schnell weitere Fortschritte machen wird.

Auch bei den Legierungen gibt es natürlich mannigfache Übergänge zu anderen Bindungs-

arten, so z. B. zu der Atom- und der Ionenbindung. So sieht man z. B. sofort den folgenden, von W. Biltz gefundenen Zusammenhang ein: Unedle Metalle haben ein sehr weiträumiges Elektronengas, weil ihre Kationen nur geringe Kräfte auf Elektronen ausüben, edle Metalle dagegen ein sehr eng gepacktes Elektronengas. Legiert man daher unedle und unedle oder edle und edle Metalle, so wird man keine sehr große Volumenänderung finden; bei Verbindungen aus edlen und unedlen Metallen dagegen beobachtet man eine sehr starke Kontraktion, weil die Kationen des edlen Metalles „elektronenhungrig“ sind und das beim unedlen Metall weiträumige Elektronengas um sich zusammenpressen. Wir haben so gleichsam den Anfang einer Bildung von negativen Ionen, d. h. einen Übergang zur salzartigen Bindung. Dies äußert sich z. B. auch darin, daß intermetallische Verbindungen im Gegensatz zu den duktilen Metallen oft spröde sind, daß sie den Strom schlechter leiten als die reinen Metalle u. a. m.

Die Erforschung der intermetallischen Verbindungen ist heute eine von Wissenschaft und Technik so vorzüglich geforderte Aufgabe, daß jeder Weg willkommen ist, um ihrem Verständnis näherzukommen. Eine Möglichkeit hierzu bietet die Untersuchung der Verbindungen der sogenannten „Übergangselemente“, wie z. B. Chrom, Eisen usw. mit Schwefel, Tellur, Phosphor usw. Diese besitzen oft schon halb metallischen Charakter. Ferner kann auch hier — wie bei den echten intermetallischen Phasen — die Zusammensetzung oft innerhalb recht großer Grenzen variieren, und schließlich zeigen sie zum Teil Ferromagnetismus, den man ja sonst nur bei Metallen findet. Wir haben also hier Übergänge von der salzartigen zur metallischen Bindung vor uns, die allerdings der salzartigen noch sehr nahesteht. Interessant ist nun, daß man das ganze Verhalten dieser Verbindungen verstehen kann, wenn man annimmt, daß bei ihnen neben der Ionenbindung noch lockere Atombindungen zwischen den Kationen vorhanden sind. Lockere Bindungen zwischen gleichartigen Teilchen sind nun aber das Kennzeichen der Metalle; es scheint daher, als ob man aus dem Studium der genannten Verbindungen, dessen wir uns in Danzig seit einiger Zeit angenommen haben, mancherlei Aufschlüsse zu erwarten hat.

Wenn im vorstehenden einiges aus den Ergebnissen der theoretisch-chemischen Forschung der letzten Jahrzehnte skizziert wurde, so wird man trotz des gewiß sehr lückenhaften Bildes eines anerkennen müssen: nämlich, daß wir in vielen Beziehungen sehr stark vorangekommen sind. Es ist aber auch nicht verschwiegen worden, wie vieles sich einer Deutung heute noch entzieht. Der Forscher wird daher gerade auf diesem Gebiet um Problemstellungen nie verlegen sein. Freilich hört man manchmal den Einwand: Das sei doch alles für die Praxis unwichtig, und im Zeitalter des Vierjahresplanes gäbe es genug wichtigere Aufgaben. Es verdient mit Nachdruck darauf hingewiesen zu werden, daß eine solche Ansicht grundfalsch ist; denn einmal werden wir in der Lösung praktischer Aufgaben um so raschere Fortschritte machen, je besser wir die Theorie beherrschen. Und zum anderen arbeiten wir nicht nur für die Gegenwart, sondern für die Zukunft, und die Wissenschaft von heute ist die Technik der kommenden Zeit!

Physikalische Zusammenhänge in der Elektrotechnik^{*)}

Von Dr.-Ing. habil. P. Werners, Dortmund

In der Elektrotechnik bestehen vielfach zwischen scheinbar recht unterschiedlich anmutenden Anordnungen mehr oder weniger weilläufige physikalische Zusammenhänge, die nicht nur für den Fachmann von Interesse sind, sondern in die ebensowohl derjenige, der erst in elektrotechnisches Wissensgebiet eindringen will, rechtzeitig Einblick nehmen sollte. Reiht man nämlich, wie es meistens geschieht, und wie es eine die äußerlichen Erscheinungsformen in den Vordergrund rückende Darstellung tun muß, z. B. die verschiedenen Gattungen elektrischer Maschinen, wie Gleichstrom-, synchrone und asynchrone Ein- und Mehrphasen-Wechselstrommaschinen sowie die mannigfaltigen nach ihren Erfindern benannten Wechselstrom-Kollektormaschinen, wenn auch anschaulicherweise, vom scheinbar Leichterem zum Schwierigeren übergehend, aneinander, so kann beim Neuling sehr leicht der entmutigende Eindruck erweckt werden, daß er sich durch die Menge und die scheinbare Mannigfaltigkeit des hier zusammengetragenen Wissensstoffes nicht so leicht hindurchfinden wird. Rückt man dagegen die gemeinsamen physikalischen Prinzipien, die einzelnen oder gar allen dieser Maschinengattungen gemeinsam sind, rechtzeitig und ausreichend in den Vordergrund und würdigt die etwaigen Besonderheiten einzelner Vertreter einer Gattung erst nachträglich, so schrumpft die Menge des zu erarbeitenden Wissensstoffes ganz erheblich zusammen. Ein solches Vorgehen erhöht nicht nur den geistigen Wirkungsgrad beim Eindringen in dieses Neuland, sondern es schafft auch Raum für ein tieferes Einfühlen in die stark im Abstrakten wurzelnden Grundlehren der Elektrizität und des Elektromagnetismus.

Die heutige Elektrotechnik umfaßt die technische Fortsetzung und die praktische Verwendung der Lehren der Elektrophysik. Diese Abstammung von der Physik erklärt auch die starke mathematische Durchsetzung der Grundlagen, ebenso wie der Arbeitsmethoden moderner elektrotechnischer Forschung; denn Fortschritte sind auf vielen Sondergebieten der Elektrotechnik in Anbetracht der Vielzahl zusammenwirkender und nicht unmittelbar, also etwa von den Sinnesorganen erfassbarer Größen heute weitgehend nur noch auf rechnerischem Wege möglich. In dieser Hinsicht schrieb übrigens schon G. S. Ohm (1826): „... Während dieser fast rein experimentellen Arbeit war ich bemüht, das Gebiet der Elektrizität, der Wärme und des Lichtes mit der Fackel der Mathematik zu durchstreifen...“ Es ist also daher erklärlich, daß wir die ersten Anfänge der Elektrotechnik — in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts — in der Werkstatt von Physikern und Mathematikern vorfinden, wie z. B. von Ohm, Kirchhoff, Faraday, später W. v. Siemens und J. C. Maxwell, dessen einzigartiges Gedankengebäude einer mathematischen Theorie des Elektromagnetismus als die klassische Grundlage der ganzen Elektrotechnik bezeichnet werden muß.

Während die ersten praktischen Anwendungen der Erkenntnisse von dem Wirken der Elektrizität fast ausschließlich die Verwirklichung einer elektrischen Telegrafie betrafen, tritt nach der Erfindung der selbst-erregten Dynamomaschine (1866) durch W. v. Siemens als nächste Anwendungsform die Erzeugung

elektrischen Lichtes und fast gleichzeitig die Bereitstellung von Kraft auf elektrischem Wege auf den Plan. Von da ab, d. h. in der Gründerzeit, dringt die Elektrizität immer mehr in die Bezirke industrieller Verwertung ein; ihre Entwicklung beginnt damit nicht nur recht bewegt zu verlaufen, sondern sie erscheint auch für das Verständnis technischer Zusammenhänge äußerst lehrreich. Insbesondere gilt dies von dem etwa in den Zeitraum von 1880 bis 1890 fallenden Kampf zwischen den Verfechtern der beiden seinerzeit im wesentlichen bekannten Stromsysteme des Gleichstroms und des einphasigen Wechselstromes. Die Entscheidung in dieser Frage fiel 1891 bei Gelegenheit der Frankfurter Ausstellung zugunsten eines Dritten, des dreiphasigen Wechselstromes, von Dobrowolski als dem Erbauer des ersten Drehstrommotors auch „Drehstrom“ genannt. Es mag hier nicht unerwähnt bleiben, daß die eigentliche Erfindung und die Erkenntnis der praktischen Verwendbarkeit dieser Stromart Fr. Haselwander zuzuschreiben ist, der jedoch mit vielen anderen das Geschick teilen mußte, seine Erfindung aus wirtschaftlichen und anderen Gründen nicht durchsetzen zu können. Im übrigen kommt der Ruhm, als erster das dem Drehstrommotor zugrunde liegende Drehfeldprinzip erkannt und den ersten nach diesem Prinzip arbeitenden Motor erbaut zu haben, G. Ferraris zu (1885).

Das glänzende Gelingen des in Frankfurt angestellten Versuchs der ersten Kraftübertragung (Abb. 1) mit hochgespanntem Drehstrom (15 kV) über eine größere

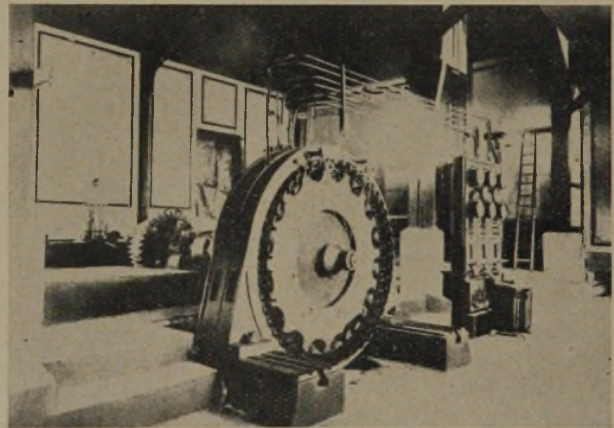


Abb. 1: Drehstromdynamo Lauffen der Maschinenfabrik Oerlikon (Kegelantrieb)

Entfernung (Lauffen—Frankfurt = 175 Kilometer) kann als die Geburtsstunde der elektrischen Großkraftwirtschaft angesehen werden; denn nach diesem Erfolg eroberte sich der Drehstrom in kurzer Zeit den ganzen Erdball und legte so die Grundlage für die Etablierung der Elektrizität als Wirtschaftsmacht ersten Ranges.

Unter den Gründen für die Ueberlegenheit des Drehstroms gegenüber seinen Wettbewerbern ist nicht zuletzt die unübertreffliche Einfachheit des Aufbaus und die daraus sich ergebende Betriebssicherheit und niedrige Preisgestaltung bei dieser Kraftmaschine mit kleinsten bis zu den größten Leistungen zu nennen.

Die dem Drehstrommotor zugrunde liegende Physik bildet die Grundlage für so viele andere Anwendungsgegenstände in den verschiedensten Zweigen der Elektrotechnik, daß es sich lohnt, an Hand des hier

^{*)} Nach einem Vortrag, gehalten am 13. 10. 38 im Emscher-Bezirksverein des VDI. Abb. des Verfassers.

wirksamen „Drehfeldprinzips“ dessen vielseitige Verwendbarkeit bei dem Zweck und dem Aufbau nach ganz verschiedenartigen Anordnungen aufzuzeigen und so deren physikalische Zusammenhänge nachzuweisen.

Allen Einrichtungen, die irgendwie mechanische Arbeit auf dem Wege über das magnetische Feld in elektrische (Generatorprinzip) oder umgekehrt elektrische Arbeit in mechanische (Motorprinzip) umwandeln, liegt das Induktionsgesetz bzw. seine Umkehrung, das Kraftgesetz, zugrunde. Das eine läßt sich leicht aus dem anderen ableiten, wenn das Gesetz von der Erhaltung der Arbeit a priori als bestehend angesehen wird. Danach muß ein Generator immer gleichzeitig insofern als Motor wirken, als auf die Antriebsmaschine eine mechanisch bremsende Kraft ausgeübt wird. Entsprechend entsteht im Motoranker nach dem Generatorprinzip eine Gegen-EMK, die jetzt elektrisch „bremsend“ wirkt, indem sie den von der speisenden Stromquelle herrührenden Strom zu schwächen sucht. Sowohl das Induktionsgesetz als auch das Kraftgesetz enthalten als eine maßgebende Größe die Stärke des Magnetfeldes, deren zahlenmäßige Erfassung der Begriff der Dichte B der Induktionslinien oder des magnetischen Flusses gestattet. Dieser etwas abstrakt anmutende, aber für die Rechnung und Messung unentbehrliche Begriff ist ebenso wie andere „Feld“-Größen keineswegs in der Elektrotechnik allein heimisch. Schon das überall in die Erscheinung tretende Schwerefeld der Erde sollte uns eines Besseren belehren. Merkwürdigerweise scheint aber das Kausalitätsbedürfnis hinsichtlich des Schwerefeldes oft viel geringere Ansprüche zu stellen als mit Bezug auf das magnetische oder ähnliche Arten von Kraftfeldern. Im übrigen wirkt der Umstand, daß alle Kraft- und Strömungsfelder, wie auch z. B. Flüssigkeits-, Luft- und

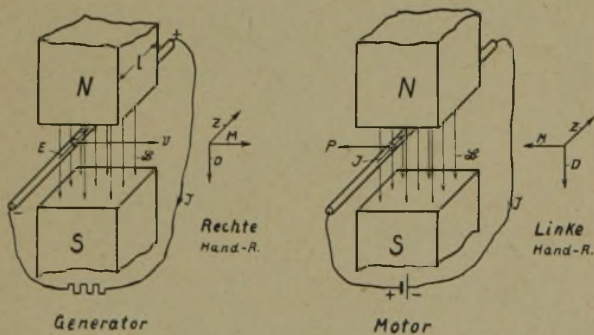


Abb. 2: Induktions- und Kraftgesetz

Wärmeströmungen, formal ähnlich gearteten Gesetzen gehorchen wie die elektrischen Ströme und Spannungen, ein Licht auf die Einheitlichkeit, mit der die Natur unter Erscheinungsformen arbeitet, die von den Sinnen des Menschen als recht verschieden empfunden werden. Hierbei mag auch die Wellenbewegung des Äthers erwähnt werden, die für den menschlichen Beobachter je nach der Wellenlänge einmal als Licht, das andere Mal als Wärme oder als elektromagnetische Strahlung in Erscheinung tritt.

Ist nun B die von dem Erreger z. B. eines Gleichstromgenerators bereitgestellte Liniendichte der Induktion (Abb. 2), l die wirksame (induzierte) Länge eines Ankerleiters und v die Umfangsgeschwindigkeit des mit dem Anker umlaufenden Leiters, so ist die Höhe der in dem Leiter erzeugten EMK

$$E = B \cdot l \cdot v.$$

Der Leiter wirkt während der Bewegung als Element bzw. als Pumpe, die die Elektronen der Atome des Leitermetalls in Strömung zu versetzen sucht. Die in Volt gemessene EMK, d. i. die Druckdifferenz der Elektronen zwischen den beiden Enden des induzierten Leiters, kann durchaus mit dem mechanischen spezifischen Druck, etwa in kg/cm^2 , verglichen werden. Die antreibende Wirkung des magnetischen Feldes auf die Leiterelektronen läßt sich übrigens leicht mechanistisch erklären, wenn man die Induktionslinien als Achsen von Ätherwirbeln auffaßt, die nach Art von Reibungsrädern auf die Elektronen einen Antrieb ausüben (Abb. 3).

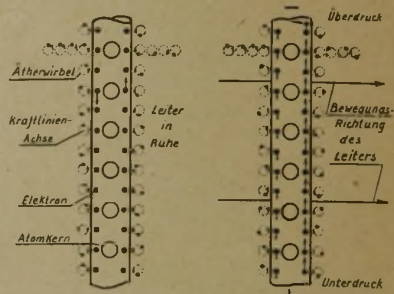


Abb. 3: Induktion

Richtung und Größe dieses Antriebes hängen von der Bewegung bzw. Geschwindigkeit (v) des Leiters gegenüber dem Magnetfeld ab. Ebenso, wie nun etwa beim Druckwasser die übertragene Leistung durch das Produkt aus dem spezifischen Druck und der Wassermenge gegeben ist, die in der Zeiteinheit durch den Querschnitt fließt, so ist die elektrische Leistung bestimmt durch das Produkt aus der EMK E und der Elektronenmenge je Zeiteinheit, d. h. der Stromstärke I . Unter Einbeziehung der die EMK E bestimmenden Größen wird daher die vom Generator abgegebene elektrische Leistung

$$N = E \cdot I = (B \cdot l \cdot v) \cdot I.$$

Andererseits (Abb. 2) ist die mechanische Leistung $P \cdot v$, wenn P die an dem Ankerleiter angreifende mechanische Kraft ist, die von der Antriebsseite her überwunden werden muß. Bei der verlustlosen Maschine müssen nun auf Grund des Satzes von der Erhaltung der Arbeit die mechanische und die elektrische Leistung einander gleich sein; aus dieser Leistungsgleichheit folgt dann für die mechanische Kraft, die an einem vom Strom I durchflossenen Leiter von der wirksamen Länge l im Magnetfeld (B) angreift:

$$P = B \cdot I \cdot l.$$

Auch das Zustandekommen dieser mechanischen Kraft läßt sich mechanistisch erklären, wenn man die Induktionslinien z. B. als gespannte Gummifäden auffaßt (Abb. 4). Diese weisen einerseits einen „Längszug“ auf, wodurch die Anziehung ungleichnamiger Pole sowie diejenige im gleichen Sinne von Strom durchflossener Leiter erklärlich wird, nachdem erkannt ist,

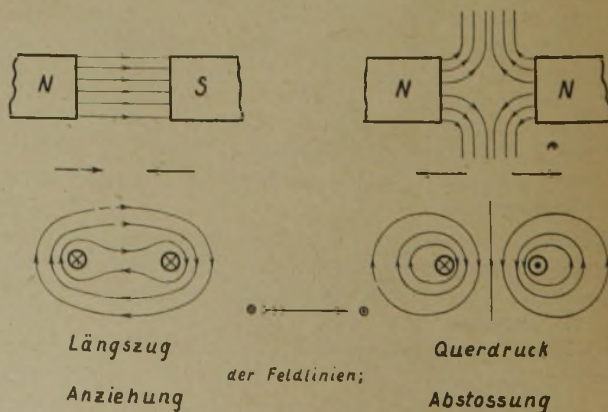


Abb. 4: Die mechanischen Kräfte magnetischer Felder

daß jeder stromführende Leiter ein durch konzentrische Linien gekennzeichnetes magnetisches Feld zur Ausbildung bringt. Andererseits üben diese elastischen Fäden einen Druck quer zu ihrer Längsrichtung („Querdruck“) aufeinander aus, wodurch die Abstößung gleichnamiger Pole sowie diejenige paralleler Leiter, die im entgegengesetzten Sinne von Strom durchflossen sind, ihre Erklärung findet.

Die obige Formulierung des Induktionsgesetzes ist lediglich eine besondere Form einer allgemeineren, die bei richtiger Fassung auch den (ruhenden) Transformator und seine Wirkungsweise einzubeziehen gestattet. Hierzu ist es erforderlich, die Betrachtung nicht auf ein gerades Leiterstück, sondern auf eine Spulenwindung zu beziehen. In Worten lautet dann das verallgemeinerte Induktionsgesetz: „Die in einer Windung induzierte EMK ist gegeben durch die zeitliche Änderung des von der Windung umfaßten magnetischen Flusses.“ Dabei ist es gleichgültig, ob die Linien des Induktionsflusses etwa von einem Dauermagneten bzw. mit Gleichstrom erregten Polen (Generatorprinzip) oder von einem in einer fremden Wicklung fließenden Wechselstrom (Fremdinduktion, Transformatorprinzip) oder aber von einem etwaigen Wechselstrom in der Windung selbst (Selbstinduktion) erregt werden. In den beiden letzteren Fällen ist die beim Generator erforderliche mechanische Relativbewegung zwischen Leiter und Induktionslinien ersetzt durch die selbständige magnetische Bewegung der Induktionslinien, die durch die periodischen Änderungen des Wechselstromes in einer räumlich ruhenden Wicklung oder Windung verursacht wird.

Die Schaffung eines durch irgendwelche Mittel bewegten, z. B. räumlich umlaufenden Magnetfeldes („Drehfeld“) gestattet es uns, die Zuführung eines besonderen Stromes zu den Läuferleitern, an denen die drehmomentbildende Kraft eines Motors auftritt, zu entbehren. Eine solche Anordnung stellt dann einen „Drehfeldtransformator“ mit den Läuferleitern als Sekundärwicklung dar (Abb. 5). Es ist dabei gleichgültig, ob das Drehfeld etwa von einem mechanisch umlaufenden aus Dauermagneten bestehenden Polgestell erzeugt wird oder, wie es in Wirklichkeit geschieht, von einer im Ständer ruhend untergebrachten und von „Mehrphasenstrom“ gespeisten Wicklung.

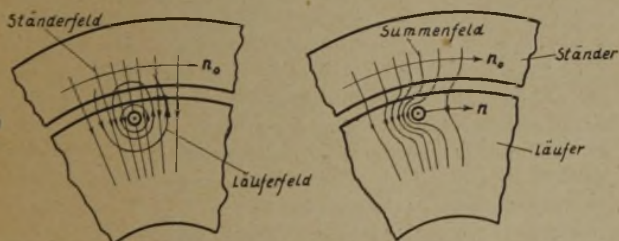


Abb. 5: Drehmomentbildung.

Das Zustandekommen des Drehfeldes auf dem letzteren Wege läßt sich am einfachsten erklären, wenn man sich die z. B. dreiphasige Ständerwicklung durch drei ineinandergeschachtelte Polpaare ersetzt denkt, die von drei untereinander selbständigen, jedoch in der Phase um je ein Drittel der Periode gegeneinander zeitlich versetzten Wechselströmen gleicher Frequenz und Stärke erregt werden. Die Achse des resultierenden magnetischen Feldes ist dann ihrer Richtung nach bestimmt durch die Achse desjenigen Polpaares, das jeweils den höchsten Stromwert im positiven Sinne führt. Da nun dieser Stromwert nacheinander von einem Wicklungsstrang an den nächsten abgegeben wird, muß sich ein im Raum umlaufendes, d. h. ein Dreh-

feld ergeben. Die Bedingung für das Zustandekommen eines reinen oder Kreisdrehfeldes, d. h. eines solchen von gleichbleibender Höhe in allen Achsenstellungen, besteht darin, daß die zeitliche Phasenverschiebung zwischen den Wechselströmen in den einzelnen Wicklungssträngen der örtlichen Versetzung der einzelnen Wicklungsphasen entsprechen muß. Die Phasenzahl ist im übrigen unwesentlich; aus praktischen Gründen wählt man das „Dreiphasensystem“, und zwar das symmetrische, d. h. ein solches mit einer Phasenversetzung von je ein Drittel der Periode (zeitlich) bzw. des Ständerumfangs (räumlich).

Zur Aufrechterhaltung des Stromes in den Leitern der Läufer- oder Sekundärwicklung bzw. der diesen Strom treibenden EMK ist es erforderlich, daß eine gewisse Relativgeschwindigkeit zwischen Läufer und Drehfeld bestehen bleibt. Der Läufer muß „schlüpfen“ oder gegenüber dem Drehfeld asynchron laufen. Tatsächlich nimmt der Läufer von selbst eine derartige mechanische Drehzahl an, daß zwischen dem durch die Belastung gegebenen passiven Drehmoment und dem vom Läufer bereitgestellten aktiven Moment, das im normalen Betriebsbereich mit zunehmendem Schlupf (abnehmender Drehzahl) anwächst, Gleichgewicht herrscht. Die Ströme in den Läuferleitern erzeugen übrigens auch ihrerseits ein Drehfeld, das jedoch bei allen Drehzahlen gegenüber dem von der Ständerwicklung erzeugten Drehfeld relativ stillsteht, so daß sich die Rückwirkung des Läufers bzw. der Belastung auf die Ständerseite in gleicher Weise wie bei einem ruhenden Transformator äußert; die mechanische Nutzleistung erscheint dabei scheinbar in elektrischer, jedoch gleichwertiger Form so, als wenn sie in einem Widerstand in Wärme umgesetzt wäre.

Die bereits erwähnte Einfachheit des Aufbaus, der der asynchrone Drehstrommotor mit Käfigläufer seinen Erfolg verdankt, geht bei dem sogenannten Schleifringmotor mit Anlasser zum Teil verloren. Die Gründe für die Verwendung eines Anlassers sind einerseits in der Vermeidung von Stromstößen beim Anfahren zu suchen, andererseits soll durch das Einschalten der ohmschen Anlaufwiderstände die Phasenlage der Läuferströme geschwenkt und dadurch ein hohes Anzugsmoment gewährleistet werden. Die Technik hat es jedoch durch die Entwicklung der Doppelstab- und Wirbelstromläufer verstanden, das von Hand betätigte Anlassen in den Maschinenläufer hineinzulegen und von diesem selbsttätig besorgen zu lassen. Hierdurch kommen auch den Maschinen großer Leistung mehr und mehr die Vorteile des einfachen Aufbaus und der Betriebssicherheit zugute.

Beim synchronen Drehstromgenerator induziert der mit Gleichstrom gespeiste umlaufende Erreger die in seinem Ständer liegende Dreiphasenwicklung und erzeugt so in einem angeschlossenen Verbraucherkreis Drehstrom. Dieser bildet nun im Ständer des Generators ebenso wie in einem etwa angeschlossenen Drehstrommotor ein Drehfeld aus, das jedoch jetzt mit dem Generatorläufer synchron umläuft. Jedem Lastzustand entspricht nun eine eigene Winkelstellung des Läufers gegenüber dem Ständerdrehfeld. Der Übergang von dem einen in einen anderen Belastungszustand muß daher mit einer vorübergehenden Beschleunigung bzw. Verzögerung des Läufers verbunden sein. Die Wechselwirkung zwischen der trägen Läufermasse und der elastischen Kraft — dem sogenannten synchronisierenden Moment —, die der Längszug der zwischen Ständer und Läufer sich erstreckenden Induktionslinien verursacht, führt beim Anregen durch eine Laständerung zu einer Pendelung des Läufers um die synchrone Drehzahl herum und damit zu einer mehr oder weniger

erheblichen Störung des Gleichlaufs, die das „Aufertrittfallen“ der Maschine zur Folge haben kann. Versieht man dagegen den Läufer mit einem Käfig, wie ihn der Käfigläufer eines Drehstrommotors besitzt, so bleibt dieser zwar im synchronen Lauf stromlos; bei Laständerungen dagegen, d. h. bei vorübergehendem Asynchronismus, tritt er in gleicher Weise wie beim Motor in Tätigkeit. Das von ihm entwickelte Gegenmoment wirkt dann wie eine mechanische Belastung oder wie ein Reibungswiderstand und dämpft so in der gewünschten Weise die Läuferpendelungen („Dämpferkäfig“). Die gleiche Wirkung liegt übrigens auch der elektrischen Dämpfung der Zeigerschwingungen von Meßgeräten zugrunde; sie nützt im kleinen den gleichen Vorgang aus, der sich bei der Wirbelstrombremse oder bei der elektrischen Bremsung z. B. von Straßenbahnwagen abspielt. In diesen Fällen wird die Bewegungsenergie des Zeigers bzw. des fahrenden Wagens nach dem Generatorprinzip in einem irgendwie geschlossenen Ankerkreis in Wärme umgewandelt.

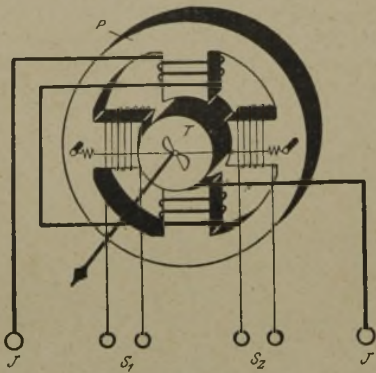


Abb. 6: Drehfeld-Meßwerk

Begrenzt man die drehende Bewegung eines Motorläufers etwa durch eine Gegenfeder und bringt auf der Achse einen Zeiger an, so nimmt dessen Ausschlag mit dem zugeführten Motorstrom zu. Auf dieser Überlegung beruhen die Ferraris- oder Induktionsmeßgeräte (Abb. 6). Beim Strommesser verzweigt sich der zu messende Strom; die beiden Zweigströme erregen zwei räumlich um 90° gegeneinander versetzte Polpaare. Sorgt man nun etwa durch Zuhilfenahme einer Spule in dem einen Stromzweig für eine zeitliche Phasenverschiebung zwischen den beiden Teilströmen, so entsteht ein, wenn auch unvollkommenes Drehfeld, das z. B. auf eine den Käfigläufer ersetzende metallische Hohltrommel ein Drehmoment und damit einen mit dem Hauptstrom zunehmenden Zeigerausschlag hervorruft. Ändert man die Schaltung derart, daß das eine Polpaar vom Strom eines Verbrauchers erregt wird, während die Wicklung des anderen an der Verbraucherspannung liegt, so wird aus dem Meßgerät ein Leistungsmesser.

Auch dem Wechselstromzähler liegt das Drehfeldprinzip zugrunde. Der Käfigläufer ist jetzt ersetzt durch eine Aluminiumscheibe. Diese wird nunmehr von einem magnetischen Feld durchsetzt, das man als „Wanderfeld“ bezeichnen könnte, das jedoch auf die Scheibe als Läufer ebenso ein Drehmoment ausübt wie das Drehfeld auf den Käfigläufer. Das Wanderfeld schneidet die Scheibe in tangentialer Richtung und zieht sie in der gleichen Weise mit sich, wie der Motorläufer vom Drehfeld in den asynchronen Umlauf versetzt wird. Die Ausbildung des Wanderfeldes setzt die gleichen Bedingungen voraus, wie sie für das Drehfeld vorlagen, d. h. es sind zwei zeitlich phasenverschobene magnetische Flüsse von zwei örtlich gegeneinander versetzten Erregern zu erzeugen. Die Erreger haben hier die Form eines vom Meßstrom umflossenen „Stromeisens“ sowie eines Spannungseisens, dessen Pole denjenigen des Stromeisens magnetisch umfassen, so daß wieder eine räumliche

Versetzung der beiden Teilflüsse gewährleistet ist. Die Erregerwicklung des Spannungseisens liegt an der Verbraucherspannung, entsprechend der Schaltung des Leistungsmessers.

Man kann nun den Wanderfluß auch mit einer einzigen Erregerwicklung anstatt mit zwei erzeugen. Dazu ist es erforderlich, den einzigen vorhandenen und vom Meßstrom erregten Eisenkern an dem der Aluminiumscheibe zugewandten Ende zur einen Hälfte, z. B. mit einer Kupferscheibe, abzudecken. Die Wirkung ist die gleiche wie vorher; auch hier erzeugen die nicht abgedeckte sowie die abgedeckte und naturgemäß gegenüber der ersten räumlich versetzte Hälfte des Kernendes zwei zeitlich phasenverschobene magnetische Flüsse, die zusammen ein Wanderfeld ergeben. Diese Einrichtung kann man für die verschiedensten Zwecke benutzen. Z. B. kann sie als Triebwerk eines Überstromrelais dienen (Abb. 7), das im wesentlichen als Strommesser aufzufassen ist, wobei jedoch an Stelle eines Zeigers ein Kontaktarm tritt, der beim Überschreiten einer einstellbaren Grenzlage einen Hilfsstromkreis schließt und damit den Hauptschalter auslöst. Eine andere meßtechnische Verwendung bietet sich durch die symmetrische Anordnung von zwei der beschriebenen Erregersysteme an einer gemeinsamen Aluminiumscheibe, wenn diese exzentrisch gelagert ist. Dann ändert sich nämlich der dem Wanderfluß ausgesetzte Scheibenquerschnitt und damit das Drehmoment mit der Scheibenstellung. Läßt man nun die beiden Erregersysteme im entgegengesetzten Sinne auf die Scheibe wirken, so stellt sich die letztere derart ein, daß sich das rechts- und das linksdrehende Moment das Gleichgewicht halten. Diese Einstellung der Scheibe bzw. eines mit dieser verbundenen Zeigers ist dann nur von dem

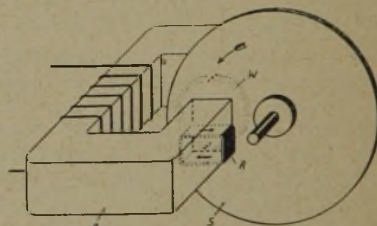


Abb. 7: Triebwerk eines Ueberstromrelais

Verhältnis der die beiden Erregerwicklungen durchfließenden Meßströme abhängig (Quotientenmesser). Ein solches Meßgerät kann z. B. in Verbindung mit einem geeigneten Geber zur Fernanzeige von Manometerangaben, des Wasserstandes oder anderer Meßgrößen verwendet werden. Eine andere Möglichkeit stellt der Zeigerfrequenzmesser dar, der hier im Gegensatz zum Zungenfrequenzmesser steht. In diesem Falle beruht die Arbeitsweise darauf, daß der eine Erregerstrom eine Spule durchfließt, wodurch er mit zunehmender Frequenz abnehmen muß, während der andere Erregerstrom durch einen vorgeschalteten Kondensator geleitet wird, so daß er mit steigender Frequenz zunimmt. Das Verhältnis der beiden Ströme und damit die Zeigerangabe des Meßgeräts ist dann ebenfalls durch die Frequenz bestimmt.

Diese vielseitigen Anwendungen ein und desselben Prinzips, auf deren Vollzähligkeit diese Darstellung keinen Anspruch machen will, mögen einerseits als Beispiel die Möglichkeit beleuchten, wie man sich die Orientierung durch das üppige Gestrüpp einer äußerst fruchtbar und vielfältig wuchernden Technik und ihrer mannigfaltigen Erscheinungsformen durch Zurückführung auf wenige physikalische Kerne der Dinge erleichtern kann, wenn einmal ein gewisser Abschluß in der Erkenntnis eines größeren Tatsachenbereichs erreicht ist. Eine solche Art der Betrachtung mag aber auch unter Umständen den Blick für die weitere Dienstbarmachung der Naturkräfte schärfen und Wege zu neuem technischem Fortschritt weisen.

Kunstharzpreßstoffe im Leichtbau

Von Wolfgang Nagel, Chem.-Ing. und Volkswirt, Hennigsdorf (Osth.)

Die Werkstoffe, derer sich eine Zeitlang die Menschen bedienen, waren von jeher bestimmend für eine ganze Periode im Leben dieser Menschen; denn die gesamte Formgebung der Materie durch menschliches Denken und Empfinden, die Gestaltwerdung menschlichen Willens, war abhängig von der Bearbeitbarkeit der Werkstoffe und der Möglichkeit, sie zu verformen. So kommt es, daß wir heute ganze Zeitalter nach den Werkstoffen benennen, die innerhalb dieser Zeiten hauptsächlich zur Verwendung gelangten. Wir kennen eine Steinzeit, eine Bronzezeit und eine Eisenzeit — und welchen Namen wollen wir unserer heutigen Werkstoffzeit geben?

Während von jeher spezifisch schwere Werkstoffe hauptsächlich zur Anwendung gelangten, müssen wir heute erkennen, daß die Bestrebungen besonders nach der Verwendung leichter Werkstoffe hinzielen. Dies ist entweder technisch oder aber wirtschaftlich bedingt.

Vor noch nicht langer Zeit war uns der Begriff „fest“ gleichbedeutend mit jenem von „schwer“. Heute, nachdem die Leichtindustrie Stoffe zu schaffen vermag, die mechanisch, statisch und chemisch „fest“ sind und dennoch den Vorteil geringen spezifischen Gewichtes haben, gehen wir mehr und mehr zu der Begriffsvereinigung über, die besagt, daß auch „leicht“ gleichbedeutend mit „fest“ sein kann. Wir wollen bei gleichbleibender aufgewandter Energie durch Einsparung toter Lasten höhere Wirkungsgrade erzielen.

Eine kleine Gegenüberstellung aus dem Kraftwagenbau.

Um die Bodenhaftung der etwa um 1905 erbauten Rennwagen zu erhöhen, die eine Renngeschwindigkeit von 60 km/Std. hatten, belastete man die Wagen mit Sandsäcken. Unsere heutigen Rekordwagen, die auf Autobahnrennstrecken eine Geschwindigkeit von über 400 km/Std. erreichen, sind in der Karosserie Leichtkonstruktionen. Die Belastung der Werkstoffe auf Bruch-, Biege- und Knickfestigkeit ist höher als jene von damals — und dennoch ist die Gesamtkonstruktion leichter. Die Geschwindigkeit ist höher, und dennoch die Bodenhaftung durch entsprechende Schwerpunkt-ermittlung bei leichter Bauweise besser.

Die Anregungen des Leichtbaues kommen eigentlich aus dem Flugzeugbau, wo es von vornherein galt, unnötige Lasten zu sparen. Er machte die ersten Erfahrungen, und die Industrie machte sich diese über die Automobilindustrie hinweg, die als Zwischenglied wirkte, zunutze.

Man bedient sich heute im Flugzeugbau nicht mehr der teuren Stahlformen, um die teilweise recht schwierigen Verformungen, die bedingt sind durch die Erfordernisse der Windschnittigkeit der Teile, durch Tiefziehen oder Drücken der Leichtmetallbleche, besonders der Gattung Al-Cu-Mg, durchzuführen, sondern verwendet das billigere und leichtere Hartgewebe, indem man die Formen aus Platten herausarbeitet. Wir alle kennen schon die Bohrlehren, die aus Hartgewebe sind und nur eingepreßte Stahlbuchsen haben, und auch die mannigfach verwendeten Hartgewebevorrichtungen. Man bedient sich dieses Werkstoffes sogar dort, wo es darauf ankommt, an 4 oder 5 Versuchs-teilen zu beweisen, daß eine gewählte Form eines Stahlbleches den gedachten Anforderungen genügt. Auch hier wird hochwertiger Stahl für diese Versuchsformen gespart und Geld hinsichtlich der Anschaffungs- und Bearbeitungskosten.

Sehen wir uns im Flugzeugbau weiterhin um, so erkennen wir, daß die früher fast ausschließlich aus Messing gefertigten Armaturengehäuse fast nur noch in Ausführungen aus Kunstharzpreßstoff Typ S oder T zur Anwendung kommen. Man verwendet Hartgewebe Klasse F nach DIN 7701, wie z. B. Novotext, in Form von Platten, Stäben und Rohren für die verschiedensten Zwecke der Innenausstattung und für mechanisch beanspruchte Teile. Sogar Seilrollen werden daraus oder aus Typ T₂ gefertigt. Man geht sogar daran, ganze Beplankungen aus Preßstoff zu erwägen, und es wird zweifellos nicht mehr allzu lange dauern, bis auch hier brauchbare Ergebnisse besonders hinsichtlich der zu wählenden Verbindungsarten vorliegen werden.

Setzen wir uns in einen kleinen Kraftwagen, so fällt uns sofort die Eigenart des Armaturen Brettes auf. Es besteht aus Kunstharzpreßstoff Typ S und wirkt bei geschmackvoller Formgebung sehr anheimelnd auf den Beschauer. Die darin untergebrachten Instrumente lehnen sich in ihrer sichtbaren Form völlig an dieses Gesamtbild an. Die Einfassung des Schalthebels erkennen wir als Typ S, und in all der Menge kleiner Knöpfe und Hebel müssen wir den gleichen Werkstoff wahrnehmen. Man könnte sogar die ganze Einfassung einer Windschutzscheibe, den Windschutzscheibenrahmen, der früher aus Stahlprofilen gefertigt und verchromt wurde und heute bei teuren Wagen teilweise aus verchromten Zinklegierungsprofilen eingebaut wird und bei anderen Typen wieder in Leichtmetallen der Gattung Al-Mg-Si zur Anwendung kommt, aus Kunstharzpreßstoff fertigen. Warum sollte es andererseits nicht möglich sein, die früher aus verchromten oder schwarzlackierten Stahlblechen zur Verwendung kommenden Radzierkappen, die heute vielfach aus Leichtmetallen der Gattung Al-Mg-Si hergestellt werden und sehr kratzempfindlich sind, aus Kunstharzpreßstoffen Typ S oder Typ T₂ anzufertigen? Man trägt sich sogar mit dem Gedanken, große Teile der Karosserie in einem Gang aus Kunstharzpreßstoffen herzustellen, und will damit besonders eine Schalldämpfung und noch geringeres Gewicht erreichen.

Man hat auch bei den vielen Buchsen, die im Automobilbau verwendet werden, mit Kunstharzpreßstoffen der Type T₂ oder Hartgewebe „Novotext“ die besten Erfahrungen gemacht, obschon man ursprünglich gerade diesem Anwendungsgebiet sehr skeptisch gegenüberstand. Bei den Nockenwellen-Zahnradern hat beispielsweise Novotext, das hierfür bereits seit 15 Jahren verwendet wird, bewiesen, daß auch hier das geräuschdämpfende Kunstharz als Werkstoff besser ist als metallische Zahnradern.

Auch in der Architektur findet Kunstharzpreßstoff mannigfaltige Verwendung. Geschmacklich sind wir wohl heute schon von jenem gleißenden Glanz verchromter Teile abgekommen und empfinden ein eloxiertes Leichtmetallteil weit angenehmer und weniger kalt als ein verchromtes Stahlteil. Die Verwendung von Kunstharzpreßstoffen gibt hier aber noch weitere Linien, und die Teile wirken noch anheimelnder als jene.

Wir finden hier die Kunstharzpreßstoffe aber des weiteren auch noch als reine Isolierstoffe. Die Bauweise bedingt heute, daß Leichtmetallteile und Schwermetallteile, wie zum Beispiel solche aus Eisen, Messing oder Kupfer, in direkte Verbindung zueinander treten. Würde man hier nicht eine Isolations-schicht vorsehen,

so käme es sehr rasch zu Zerstörungserscheinungen auf den Leichtmetallteilen, hervorgerufen durch Kontaktkorrosion, die bedingt ist durch die verschiedenen Spannungsreihen, denen die Teile angehören, was sich besonders unter Einwirkung von Feuchtigkeit bemerkbar macht. Hier nimmt man Zwischenlagen aus Kunstharzpreßstoffen, die sich besonders bei Verbindungen, die irgendwelcher Reibung ausgesetzt sind, vorteilhaft bewährt haben.

Volkswirtschaftlich betrachtet wird die Verwendung von Kunstharzpreßstoffen überall dort gewünscht, wo andere, devisenbelastende Werkstoffe verdrängt werden können. Es handelt sich hierbei jedoch keinesfalls um „Ersatz“-Werkstoffe, sondern vielmehr um solche, die bei sachgemäßer Anwendung in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht besser sind als die ehemals verwendeten.

Wozu muß beispielsweise eine Bremskurbel eines Straßenbahnwagens aus Messing sein? Es genügt hier zunächst Stahl, wobei man den Handgriff aus Kunstharzpreßstoff wählt, um auf Grund dessen geringer

Wärmeleitfähigkeit die Hand des Führers vor Reifßen zu schützen. Man könnte noch weiter gehen und die ganze Kurbel aus Kunstharzpreßstoff, zum Beispiel Hartgewebe, herstellen, und nur noch den Vierkant und den Führungsleitring aus Stahl anfertigen.

Aus alledem ist ersichtlich, daß den Kunstharzpreßstoffen, bedingt durch geringes spezifisches Gewicht und gute mechanische Festigkeiten, noch eine große Anzahl von Anwendungsgebieten offensteht. Im Interesse des Vierjahresplanes ist darum immer wieder zu überlegen, an welcher Stelle besser Kunstharzpreßstoffe statt anderer Werkstoffe eingesetzt werden können.

Hinsichtlich der Gestaltung unter Berücksichtigung der erforderlichen Festigkeiten und der preßtechnischen Erfordernisse stellen die Preßwerke gern ihre langjährigen Erfahrungen zur Verfügung, so daß bei Auswertung dieser jeder zum Mitarbeiter für die wirtschaftliche Unabhängigkeit unseres Vaterlandes wird und damit zur Verwertung technisch-chemischen Könnens zugunsten der Allgemeinheit beiträgt.

Buchbesprechungen

Das Elektroschweißen. Ein kurzgefaßtes Handbuch von Baurat Dipl.-Ing. W. Söchting. Vierte neubearbeitete Auflage. 1939. Mit 63 Abbildungen im Text und 40 Bildern. 80 Seiten. Preis 1,20 RM. Dr. Max Jänecke Verlagsbuchhandlung, Leipzig C 1.

Aus dem Inhalt: 1. Einleitung. 2. Der Strom. 3. Die Stromarten. 4. Die Schweißverfahren und Schweißmaschinen; a) Schweißmaschinen allgemein, b) Gleichstrommaschinen, c) Wechselstrommaschinen, d) Automatische Schweißmaschinen, e) Ausführung der Schweißmaschinen. 5. Grundverfahren des Lichtbogenschweißens. 6. Die Elektroden. 7. Schweißzubehör. 8. Der Lichtbogen. 9. Das Schweißen. 10. Die Schweißnaht. 11. Schweißen im Schutzgas. 12. Schweißprüfungen. 13. Schweißbare Metalle. 14. Die Widerstandsschweißung.

Das Buch, das aus langen Erfahrungen im Schweißunterricht und in der Praxis hervorgegangen ist, behandelt in gedrängter Form alle wichtigen Gebiete des zeitgemäßen elektrischen Schweißens. Zahlreiche leichtverständliche Textbilder und Abbildungen im Anhang sollen das Verständnis erleichtern. Der niedrige Preis wird es ermöglichen, dieses Buch jedem Schweißer in die Hand zu geben und ihm so ein gründliches Verstehen aller praktischen und theoretischen Fragen, die das Schweißen stellt, zu ermöglichen und dadurch seine Leistungen zu steigern und wertvoller zu machen.

Die erste Auflage war binnen weniger Monate vergriffen, der beste Beweis, daß sich das Buch in der Praxis bewährt und einem Bedürfnis in zweckentsprechender Weise gerecht wird. Die 2. Auflage berücksichtigt alle inzwischen bekanntgewordenen technischen Fortschritte. Verschiedene neue Schweißmaschinen sind neu dargestellt.

Hilfsbuch für Elektropraktiker von Wietz und Erfurth, Band II Starkstrom, 31. vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 239 Abbildungen. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig. In Leinen geb. 4,— RM.

Der in 31. völlig neu bearbeitete Auflage erschienene Starkstromband des Hilfsbuches wendet sich an den praktisch tätigen Elektrofachmann, um ihm bei seiner täglichen Arbeit ein stets hilfbarer und zuverlässiger Ratgeber zu sein. Er verzichtet deshalb erfreulicherweise auf theoretische Abhandlungen. Schon in den ersten Abschnitten, die die physikalischen und theoretischen Grundlagen vermitteln, gehen die Verfasser von dem aus der Praxis Bekannten aus; so erreichen sie, daß sich der Leser auch dann in die Grundlagen der Elektrotechnik einfindet, wenn er „höhere Schulkenntnisse“ nicht mitbringt.

Neu aufgenommen sind Abschnitte über Stromrichter, lichttechnische Begriffe, Gasentladungslampen, elektrisches Schweißen, Elektrolyse und Schutzmaßnahmen. Erweitert wurden die Abschnitte über Kraftanlagen und Installations-

anlagen. Um dem Praktiker jene Gebiete der Anwendung elektrischer Maschinen und Geräte näherzubringen, mit denen er nicht häufiger beruflich zu tun hat, ist das Hilfsbuch reichlich mit Abbildungen, Skizzen und Zeichnungen versehen, die dem neuesten Stand der vielseitigen Elektrotechnik angepaßt worden sind. In den Schaltplänen sind die in einem VDE-Entwurf neu bearbeiteten Schaltzeichen und Schaltbilder verwendet worden, auf deren Zusammenstellung in zahlreichen DIN-VDE-Blättern am Schluß des Werkchens hingewiesen worden ist. Für die praktische Arbeit ist ferner wichtig, daß an allen Stellen auf die einschlägigen VDE-Vorschriften, -Regeln und -Leitsätze verwiesen wird. In seiner jetzigen Vollständigkeit kann das Hilfsbuch von Wietz und Erfurth einmal dem Praktiker, dann aber auch dem Lehrling, und schließlich zur Vorbereitung für die Meisterprüfung empfohlen werden.

Lehr- und Aufgabenbuch der Algebra für technische Lehranstalten, Gewerbe- und Berufsschulen von Prof. Dr. Georg Wiegner. Heft I 80 Seiten, 14. Auflage 1,25 RM, Lösungen dazu 0,68 RM.; Heft II 104 Seiten, 8. Auflage 1,44 RM., Lösungen dazu 1,35 RM.; Heft III 152 Seiten mit 3 Beilagen 3,05 RM., Lösungen dazu 2,70 RM. Dürr'sche Buchhandlung, Leipzig C 1.

Das Buch will den Schulen für metallbearbeitende Berufe, den maschinen technischen Lehranstalten, den Fachschulen für das Metallgewerbe und auch den Maschinenbauschulen die Grundlage der allgemeinen Arithmetik vermitteln helfen. Das Hauptaugenmerk ist auf Gleichungen gerichtet, das dritte Heft leitet u. a. an zum Tabellenrechnen und zur Benutzung des Rechenschiebers. Auch graphische Darstellungen und graphische Lösungen von Gleichungen wurden aufgenommen.

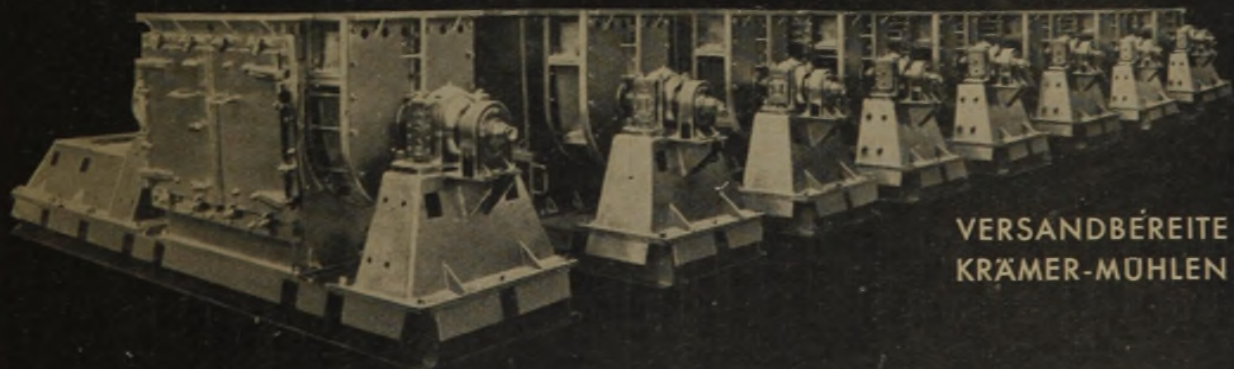
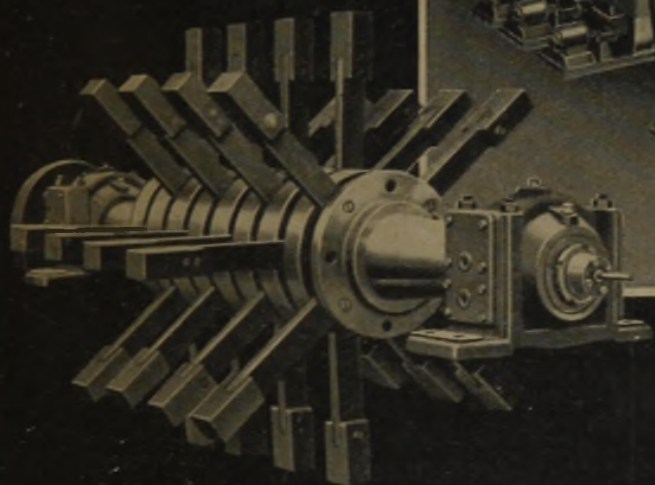
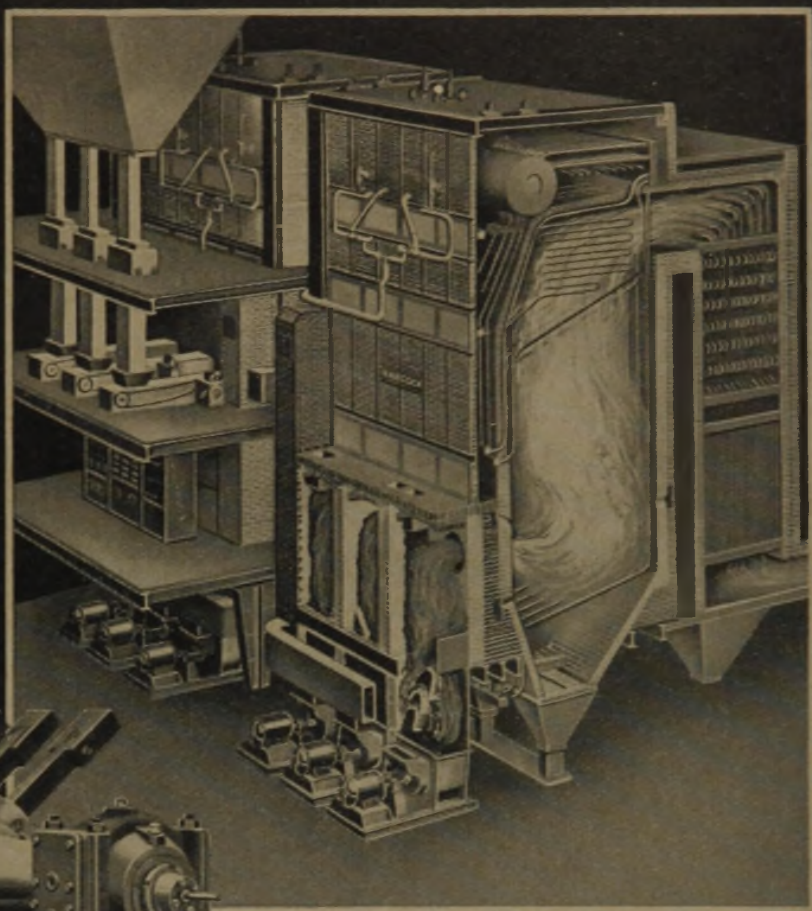
Wirtschaftlichkeit von Vorrichtungen, ihre Beschaffung und Anwendung. Ausgearbeitet vom Ausschuß für Vorrichtungen in der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure (ADB) des VDI im NSBDT. Herausgegeben vom Ausschuß für Wirtschaftliche Fertigung (AWF) beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit (RKW). 2. Auflage. 57 Seiten. Mit 19 Bildern. 8^o. Kart. 3,— RM. (RKW-Veröffentlichung Nr. 73, Best.-Nr. 12 056.) Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin, 1939.

Vorrichtungen gehören neben den Werkzeugen und Maschinen zu den wichtigsten Hilfsmitteln, um die Herstellkosten und -zeiten zu verringern und die Arbeitsgenauigkeit zu erhöhen. Sie werden in allen Fertigungszweigen gebraucht. Immer wieder muß festgestellt werden, daß Firmen, deren Vorrichtungsbau nicht den neuzeitlichen Erkenntnissen angepaßt ist, ihre volle Leistungsfähigkeit nicht erreichen. Die Schrift leistet hier nützliche und weitgehende Aufklärung. An Hand von vielen Beispielen werden in der Schrift Wirtschaftlichkeitsberechnungen durchgeführt, Richtlinien für die Anfertigung von Vorrichtungen sowie für ihre Bedienung, Behandlung und Beobachtung im Fertigungsbetrieb gegeben.

BABCOCK



**HÖCHSTDRUCK-
KESSEL 152 atü**
ausgerüstet
mit Krämer-
Mühlenfeuerungen
(Bauart Babcock)



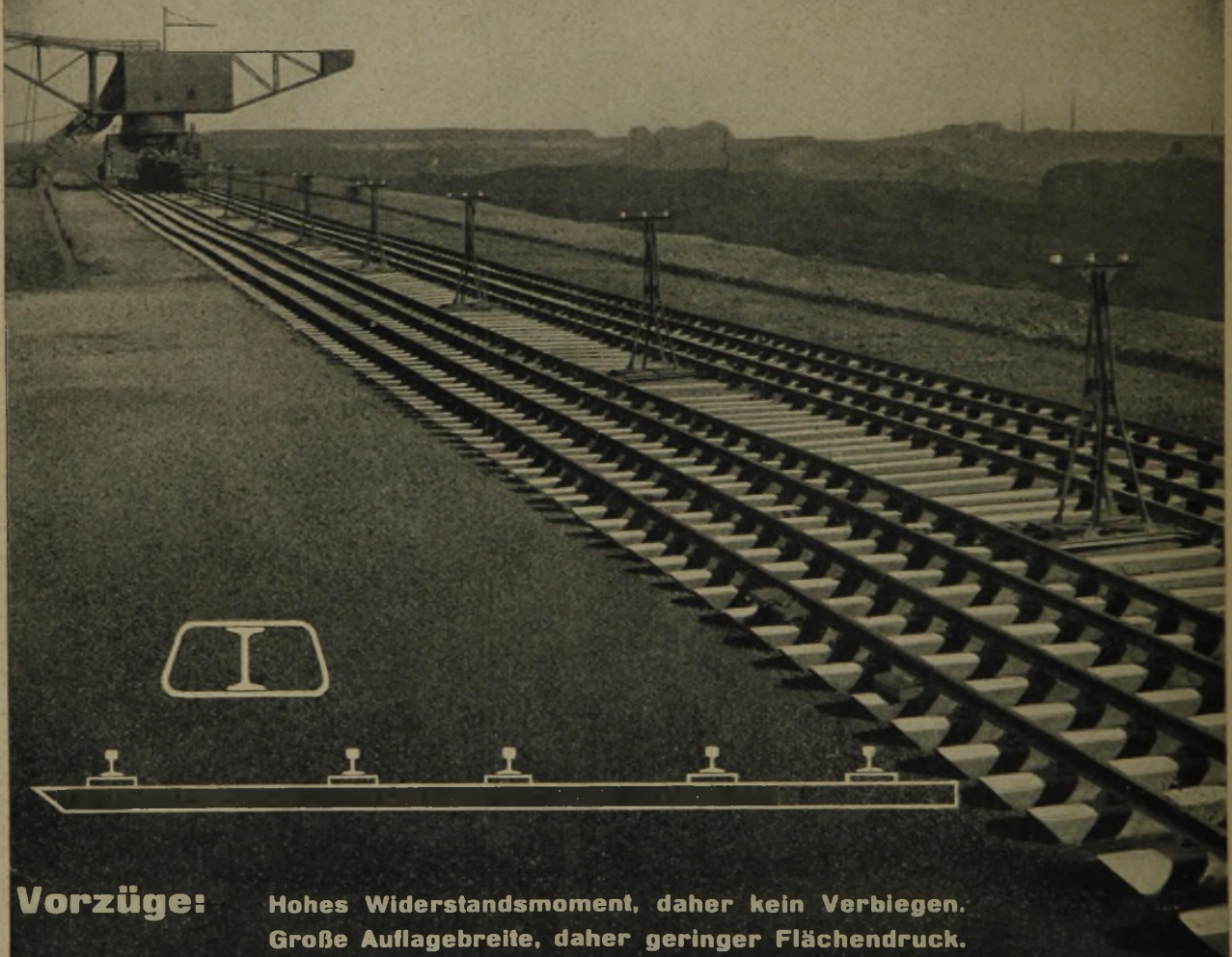
VERSANDBEREITE
KRÄMER-MÜHLEN

BABCOCKWERKE OBERHAUSEN-RHL

Stahlhohlschwellen

für Baggergleise

D.R.P.



Vorzüge:

Hohes Widerstandsmoment, daher kein Verbiegen.
Große Auflagebreite, daher geringer Flächendruck.
Glatte geschlossene Form, daher leichtes Gleisrücken.
Lange Lebensdauer, daher höchste Wirtschaftlichkeit.

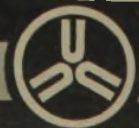
Stahlhohlschwellen werden aus gekupfertem Flußstahl hergestellt, der gegen Witterungseinflüsse besonders widerstandsfähig ist.

Schienenauflager liefern wir in verschiedenen Ausführungen zum Aufschiessen und Aufschrauben.

Sonderdruckschrift auf Wunsch.

DEUTSCHE RÖHRENWERKE A.G.

HAUPTVERWALTUNG




DÜSSELDORF

FLENDER

A large industrial roller with a corrugated metal surface, part of a machine in a factory setting. The roller is mounted on a metal frame and is connected to a drive mechanism. The background shows a factory interior with windows and other machinery.

Blauri-Trieb
zur Übertragung von
485 PS im Antriebe
eines Kompressors.

A. FRIEDR. FLENDER & CO., BOCHOLT



GHH

BERGWERKSANLAGEN

Stahlbauwerke in genieteter und geschweißter Ausführung · Gestell- und Gefäßförderanlagen · Fördermaschinen jeder Betriebsart · Turbokompressoren · Turbogebälse

HÜTTENWERKSANLAGEN

Projektierung und Ausführung vollständiger Industrieanlagen · Hochofen-, Stahl- und Metallwerke · Stahlhochbauten für alle Verwendungszwecke · Großraumbehälter

GUTEHOFFNUNGSHÜTTE OBERHAUSEN AG. OBERHAUSEN-RHLD.