



Das Haus der Technik Essen veranstaltet in Gemeinschaft mit dem Verein Deutscher Ingenieure im NSBDT am Donnerstag, 31. Oktober 1940, eine Tagung

„Werkstoffumstellung im Maschinen- und Apparatebau“

Die Veranstaltung wird durchgeführt in Übereinstimmung mit dem Reichsministerium für Bewaffnung und Munition, vertreten durch

den Beauftragten für den Wehrkreis VI und den Sparstoffkommissar für den Wehrkreis VI,
sowie unter Beteiligung

des VDI Ruhr-Bezirksvereins, des VDI Bochumer Bezirksvereins, des VDI Bezirksvereins Emscher-Lippe und der zugehörigen Arbeitskreise

der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure und der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Konstruktionsingenieure

VORTRAGSFOLGE

Vormittag

Eröffnung

durch den Vorsitzenden des Ruhr-BV. im VDI, Direktor Dipl.-Ing. H. K u n z e

Ansprache

des Beauftragten des Reichsministers für Bewaffnung und Munition für den Wehrkreis VI, Gauhauptstellenleiter H ö r n e r

„Die Arbeit der Umstellungsbeauftragten“

Dipl.-Ing. N e u s e VDI, Umstellungsbeauftragter des Reichsministers für Bewaffnung und Munition für den Wehrkreis VI

„Die wichtigsten Eisen- und Metallagerstätten der Welt“

Prof. Dr. C i s s a r z, Reichsstelle für Bodenforschung, Berlin

„Die wirtschaftlichen und technischen Aufgaben des Metalleinsatzes“

Dipl.-Ing. H. H e r t t r i c h VDI, Reichsstelle für Metalle, Berlin

„Die Umstellungsmaßnahmen auf dem Stahl-Eisen-Gebiet“

Dr. D ' h e i l, Reichsstelle für Eisen und Stahl, Berlin

„Legierte Bau- und Werkzeugstähle auf neuzeitlicher Grundlage“

Obering. Dr.-Ing. H. B r i e f s, Krefeld

Aussprache

Nachmittag

„Erfahrungen mit Austauschlagerwerkstoffen in Hütten und Zechen“

Dr.-Ing. E. R o h d e VDI, VDEh, Düsseldorf

„Werkstoffeinsparung und Werkstoffumstellung im Fahrzeugbau“

Dipl.-Ing. M. G e n t h e, Berlin

„Werkstoffeinsparung und Werkstoffumstellung bei Pumpen, Armaturen, Heiz- und Kühlvorrichtungen“

Prof. Dr. Dr. habil. A. K e f n e r VDI, Berlin

„Werkstoffeinsparung und Werkstoffumstellung im chemischen Apparatebau“ (metallische Werkstoffe)

Dipl.-Ing. H. C a n z l e r VDI, Düren

„Die Verwendung von Kunststoffen im chemischen Apparatebau“

Dipl.-Ing. O. D a m m e r VDI, Leverkusen

Aussprache

Teilnahmebedingungen: Der Preis der Teilnehmerkarte für die Tagung beträgt RM. 6,—, für NSBDT-Mitglieder RM. 5,— einschließlich Berichtsheft.

Einzeleinladungen, aus denen alle näheren Mitteilungen ersichtlich sind, ergehen noch in Kürze über die obengenannten Bezirksvereine. *

Mit der Tagung ist eine **Werkstoffschau** verbunden, die der Aufmerksamkeit der Teilnehmer besonders empfohlen wird. Sie umfaßt Beispiele aus dem gesamten in der Tagung behandelten Stoffgebiet, insbesondere zu den Themen der einzelnen Tagungsvorträge.

Die Werkstoffschau ist vom 28. Oktober bis 2. November 1940 geöffnet.

Heimat und Technik

Eine Gemeinschaftsausstellung des Hauses der Technik und des Stadthauses „Heimat“ in Essen

Sch. Man sollte glauben, daß in einem Gebiet wie dem Ruhrgebiet, das mit dem Begriff der Technik so untrennbar verbunden ist und das mit allem Recht den Namen „Industriegebiet“ führt, auch der Vielheit der Technikgeschichte in hervorstechender Form Raum gegeben worden wäre. Denn diese Industrien, die diesem weiten Wirtschaftsraum mit Tausenden rauchender Schloten, mit Hochöfen, Zechen und dem großen Kranz der Eisen schaffenden und weiterverarbeitenden Betriebe ihr eigenes Gesicht gegeben haben, sind ja nicht Begriff einer erst jüngstzeitlichen Entstehung, sondern auf einer in die vergangenen Jahrhunderte zurückreichenden Entwicklung gegründet. Wohl kaum ein Raum in Deutschland kann so wie das von Essen als Mittelpunkt beeinflusste Gebiet derart reiche Beispiele geschichtlichen Wachstums seiner heutigen Industrie aufweisen. Noch heute zeigen zahlreiche geschichtliche Baudenkmäler vergangener Zeiten die große Breite und Ausdehnung der früheren Technik in einem Sinne, der dem unserigen von heute noch eng verwandt ist. Und doch ist das Wesen dieser Technik nirgendwo in einer überörtlichen Schau zusammengefaßt. Wohl sind in vielen Privatsammlungen wertvolle Erinnerungsstücke, meist noch zu familienkundlichen Zwecken, zusammengetragen. Manche Betriebe des Bezirkes, die auf eine lange dem Boden verbundene Tradition zurückblicken, haben sich eigene mehr oder weniger der Öffentlichkeit zugängliche Betriebsmuseen geschaffen. Aber der Mensch unserer Zeit, der in dieser Summierung der Technik aller Art sein Leben verbringt, findet in keiner dieser Hochburgen des technischen Geschehens an Rhein und Ruhr den Ausdruck des geschichtlichen Werdegangs dieser ihn und seine Umwelt beherrschenden Technik in faßlicher und jedem zugänglicher Weise, wie er im Deutschen Museum Oskar von Millers in München — weit abseits von der größten Zusammenballung deutscher Industrie — gestaltet ist. Es ist, als habe das Stürmen und Drängen einer gewaltig vorwärtsschreitenden Entwicklung keine Zeit zur Sammlung auf diesen Punkt gelassen. Überall in den Städten, in den Betrieben, den familienkundlichen Sammlungen öffentlicher und privater Hand sind die Zeugen einer bedeutenden Vergangenheit verstreut. Nicht wenige technische Kulturdenkmäler sind inzwischen verschwunden, ohne daß eine noch nicht lange darauffolgende Zeit sich um die Sicherstellung ihrer Einrichtungen und frühen Erzeugnisse bemüht hätte. Entwicklungsgeschichtlich unersetzliche Geräte und Werkzeuge, die von dem hoch ausgebildeten Stand einer zurückliegenden Zeit zeugen könnten, sind verlorengegangen oder in irgendwelchem Winkel unauffindbar geworden.

Die Mehrzahl der kulturgeschichtlich bedeutsamen Erzeugungsstätten, einst der frühe Reichtum eines ganzen Raumes, sind meist erst in den letzten Jahrzehnten verfallen oder abgerissen worden, ohne daß hier rechtzeitig die erhaltende Hand eingegriffen hätte. Erst in jüngster Zeit sind ernsthafte, aber vereinzelt Bestrebungen zur Erhaltung des noch verbliebenen Gutes stärker hervorgetreten. Weitschauende Pläne sind bisher nicht zur Ausführung gelangt. Inzwischen sinken auch die letzten Stätten frühindustrieller Betätigung in Trümmer, verrotten ihre Anlagen, werden ihre Geräte und Erzeugnisse in alle Winde zerstreut. Wir leben in einem Raume, auf dessen hochstehende heutige Entwicklung wir nicht weniger stolz sind als wir es auf seine reiche Geschichte sein müßten. Viele

Hunderttausende schaffen emsig jahraus, jahrein in den weitläufigen Fabrikhallen, stammen zum nicht geringen Teil selbst von den Männern früherer Jahrhunderte, die diese Entwicklung mit Fleiß, Zuversicht und großem handwerklichem Können begründet. Ihnen und ihren Vorfahren ist nun noch die bleibende Stätte der Erinnerung zu setzen, in der dem geschichtlichen Werdegang ein die Zeiten überdauerndes Denkmal ihres Fleißes und ihres Könnens gesetzt werden soll. Wir alle leben in dem Bewußtsein, einer großen Zeit anzugehören, die mehr als die Zeiten vor ihr sich wieder auf die Quellen unseres Werdens besinnt. Große Aufgaben sind seit der Machtübernahme durch den Nationalsozialismus gestellt und in Teilen schon bewältigt worden; größere werden folgen. Im Stolz auf eine altgewachsene Tradition wird unsere Jugend erzogen. Darin liegt aber auch wohl die Verpflichtung, künftigen Geschlechtern die Mittel anhandzugeben, durch die ihnen Kunde von lange vergangenen Zeiten wird, denen unsere Väter, Vorväter und nicht zuletzt wir selbst den Stempel unseres Schaffens aufgedrückt haben.

Die ab 7. Oktober 1940 in den Erdgeschoßräumen des Hauses der Technik in Essen geöffnete Sonderausstellung „Heimat und Technik“ kann auf beschränktem Raum nur eine Umrißdarstellung eines weit gespannten Gedankens vermitteln. Ihr Sinn und Zweck ist ja auch nicht die umfassende Gestaltung und Wiedergabe einer zurückliegenden Zeit in aller Vielfältigkeit des in ihr enthaltenen Geschehens, vielmehr soll und will sie Anstoß sein zu einer großzügigen Lösung des heimatlichen technischen Museumsgedankens. Dennoch deutet die Schau den großen Rahmen an, in dem sich die Geschichte eines heute Begriff der Technik gewordenen Gebietes entwickelt hat. Aus allen Entwicklungszeiten zeigt die dreigegliederte Schau — Eisen, Kohle und Verkehr — die Stufen zur heutigen Großmachtstellung der Rhein-Ruhr-Industrie.

Mit markanten Beispielen sind in Modellen, Zeichnungen, alten Karten, Urkunden und Beispielen der Fertigung die wesentlichsten Merkmale festgehalten. Zwischen sie ordnen sich die Männer, deren Schaffensdrang und Geist die bestimmende Entwicklung zu verdanken ist, sind auch vielfach ihre Geschlechter verweht, ihre Namen von der Anonymität der Aktiengesellschaft überdeckt. Zu sechs einzelnen Gruppen ist das Gesamtgebiet zusammengefaßt:

1. Die Wasserwerke
2. Vom Wasserwerk zur Dampfmaschine
3. Das Gießereiwesen vom Tiegelguß zum Elektrooofen
4. Der Kohlenabbau vom Stollenbetrieb bis zur Großförderanlage
5. Die Veredlung der Kohle von der Verkokung im Meiler bis zur Kokerei mit Nebengewinnungsanlagen
6. Die Verkehrstechnik.

In einem kurzen Überblick sollen im folgenden die einzelnen Gruppen geschildert werden.

Eine dem Original der von Eversmann Ende des 18. Jahrhunderts gezeichneten Karte der frühen Industrie im rheinisch-westfälischen Raum nachgebildete Darstellung gibt in der ersten Gruppe eine Übersicht über sämtliche damals vorhanden gewesenen, mit Wasserkraft betriebenen Anlagen, die der metallischen Verarbeitung, im Mahl-, Loh- und Papier-

mühlengewerbe dienten. In dieser frühen Karte sind als der ersten auch die damals als Stollenmundlöcher oder Göpelbetriebe bekannten Anfänge des Ruhrbergbaues verzeichnet. Von den meisten dieser damals mit Wasserkraft genutzten handwerklichen Betriebe der Frühindustrie sind heute nur noch Name, Art und Standort bekannt, während ihre gewerbliche Einrichtung größtenteils nicht mehr auf uns gekommen ist. Die frühen Hämmer, die Mühlen aller Art von der Mahlmühle bis zur Drahtrolle sind in ihrer Mehrzahl nicht mehr erhalten. Auf Grund älterer Darstellungen und unter Zugrundelegung der hier und da festgestellten Reste der ehemaligen technischen Einrichtung konnten jedoch von sehr vielen dieser Einzelzweige einer vor mehr als einem Jahrhundert blühenden Industrie bildliche Wiedergaben angefertigt werden. Unter diesen haben sich die von Dr.-Ing. P. Breidenbach angefertigten Aquarelle durch ihre technisch getreue Nachbildung und die starke Einfühlung in die technischen Besonderheiten der alten Betriebs-einrichtung einen besonderen Rang erworben. Auf dem Wege dieser bildlichen Bestandsaufnahme ist es erst in den meisten Fällen möglich geworden, den früheren Arbeitsgang technisch wieder verständlich zu machen. Diese Gruppe von Einzeldarstellungen wird noch ergänzt durch eine Anzahl maßstäblicher Modelle ehemaliger mit Wasserkraft betriebener Werke. Die früher im Raseneisensteingebiet zwischen Rhein, Lippe und Emscher vorhandenen Hütten sind durch die Antonie-Hütte im Kurkölnischen, die Sterkrader Hütte im Preußischen und die Neuessener Hütte im Stift Essen durch historische Darstellungen vertreten. Hier begegnen uns auch die Namen von Dinnendahl, Harkort und Krupp, die zugleich in die Zeit der beginnenden neuzeitlichen Technik überleiten.

Die zweite Gruppe zeigt am Beispiel eines Einzelbetriebes (Krupp) die Entwicklung der Industrie der jungen neuzeitlichen Technik. Sie beginnt mit einer noch mit Wasserkraft betriebenen Walkmühle, leitet über die ersten mit der Dampfmaschine angetriebenen Schwanzhämmer zum ersten von Alfred Krupp erbauten Dampfstielhammer und schreitet nun sprunghaft über den berühmten Hammer Fritz zu den nun schon tausende Tonnen bewältigenden neuzeitlichen Schmiedepressen fort. An diesen Einzelbeispielen läßt sich mit Leichtigkeit die technische Geschichte fast eines ganzen Jahrhunderts verfolgen, mit der auch untrennbar die städtebauliche Entwicklung verbunden ist, die so manchen Städten des Rhein-Ruhr-Gebietes ihr heute noch gültiges Bild aufgeprägt hat. Durch Auswahl persönlicher Erinnerungsstücke und eine Reihe von frühen Erzeugnissen findet diese Gruppe ihre Ab-rundung.

Die Entwicklung der Weiterverarbeitung des Eisens zum Stahlblock wird in der folgenden Abteilung an einigen Beispielen dargelegt. Modelle zeigen die Stätten, in denen Friedrich Krupp seine ersten Schmelz-versuche unternahm. Unter ihnen das Stammhaus mit dem Schmelzbau von 1819. Bildliche Wiedergaben rufen die umständlichen Verfahren zur Erzeugung von Stahlblöcken in die Erinnerung, so wie ein Beispiel die Herstellung eines Stahlblocks aus fünftausend einzelnen Tiegeln zeigt. Nun drängt die Entwicklung schnell vorwärts. Aus der Vielzahl von Einzeltiegeln entwickelt sich das Gießen aus großen Gießpfannen, von wo aus der Weg über Bessemer- und Martinwerk zum heutigen Elektro-Stahlöfen führt. Ansichten der Luisenhütte in Wocklum, die noch im vergangenen Jahre dem drohenden völligen Verfall entrissen werden konnte und in absehbarer Zeit wiederhergestellt sein

dürfte, vermitteln einen guten Eindruck für eine der wichtigsten Entwicklungsstufen der Eisenindustrie.

In der vierten Abteilung tritt nun neben das Eisen die Kohle. War ihre Verwendung bis zur Wende des 19. Jahrhunderts noch bevorzugt dem Haushalt zugewendet, so tritt sie von dem Augenblick ihren nicht mehr aufzuhaltenden Vormarsch in die Industrie an, als es gelingt, die Kohle zunächst im Meiler zu verkoken. Die bis dahin betriebene primitive Förderung im Tage- und Stollenbau führt zur Gründung der ersten Tiefbauzechen und wird damit Grundstein einer heute noch nicht abgeschlossenen Entwicklung. Diese Abteilung umfaßt viele bildlichen Wiedergaben, unter ihnen eine Beschreibung der ersten Fördermaschine von Harkort und der ersten mit Dampf angetriebenen Trommelfördermaschine, die schon die spätere Entwicklung zur modernen Seilscheibenförderung andeuten. Alte Bergwerksfelderkarten, Urkunden über Felderbeleihungen, Bergmannsgeräte und Modelle vervollständigen diesen Abschnitt.

Der Kohleveredlung ist eine besondere Gruppe gewidmet. Hier werden an einem Modell die Anfänge der Verkokung im Meiler, Schaumburger Ofen und Bienenkorbofen veranschaulicht. Daran schließen sich Darstellungen von Kokereien ohne und mit Nebengewinnungsanlagen, die ihren Abschluß in einer modernen Großkokerei finden. Eine Darstellung der Kohle als Ausgangsstoff einer weitverzweigten Veredlungsindustrie konnte aus räumlichen Gründen nicht durchgeführt, sondern nur angedeutet werden.

Untrennbar von den Problemen des Eisens und der Kohle war von Anbeginn an die Entwicklung des Verkehrs-wesens. Die dem Verkehrswesen vorbehaltene Abteilung zeigt in groben Umrissen die frühen Transportwege der Massengüter dieses Bezirkes auf den damaligen „Landstraßen“, dann auf den natürlichen Wasserwegen und schließlich auf dem heutigen großzügigen Verkehrsnetz von Straßen, Schiene und Kanalsystem. Einige Merkmale sind hier die frühzeitige Erkenntnis der Verbesserung der Wasserwege durch Schleusenbauten, von denen Abbildungen aus den Jahren 1783 und 1834 festgehalten sind, dann das Entstehen der ersten Schienenbahnen von der mit Pferdekraft betriebenen alten Kohlenförderbahn (Prinz-Wilhelm-Bahn) bis zur Köln-Mindener Eisenbahn mit zweistöckigem Personenwagen und der ersten von der Gutehoffnungshütte in Deutschland erbauten Dampflokomotive „Ruhr“.

*

Schon eingangs dieser Übersicht wurde darauf hingewiesen, daß es nicht Aufgabe dieser Sonderschau sein kann, die Bedeutung der Technikgeschichte in einer umfassenden Wiedergabe zu spiegeln. Dazu hätte jede einzelne der erwähnten Gruppen eines Vielfachen des Raumes zu einer befriedigenden Veranschaulichung bedurft, als hier für das Gesamtgebiet zur Verfügung steht.

Sollte es gelingen, daß die Gedanken der Männer, die diesen ersten ordnenden Versuch einer Gesamtdarstellung der technischen Geschichte des Essener Heimat-raumes unternommen haben, zu größeren und vollkommeneren Lösungen Anstoß geben, dann hat diese an wenigen Einzelbeispielen die Entwicklung eines großen Raumes schildernde Schau ihren besten Zweck erfüllt.

Kreiselpumpen für Dampfkraftwerke^{*)}

Von Dr.-Ing. F. Krisam, Frankenthal (Pfalz)

Kreiselpumpen finden heute in Dampfkraftwerken eine sehr vielseitige Verwendung. Im folgenden sollen speziell Kesselspeisepumpen und Umwälzpumpen behandelt werden. Ausschlaggebend für diese Wahl ist der Umstand, daß die beiden genannten Pumpenarten von allen unter den schwierigsten Bedingungen zu arbeiten haben und daß die Kesselspeisepumpe als der typische Vertreter der mehrstufigen Heißwasserpumpe gelten kann, ähnlich wie die Umwälzpumpe in der heute üblichen Bauart als typischer Vertreter der einstufigen Heißwasserkreiselpumpe.

Auslegung der Speisepumpe

Da von der Betriebsbereitschaft der Speisepumpen die Betriebssicherheit des Kraftwerkes in starkem Maße abhängig ist, wurden ganz bestimmte gesetzliche Vorschriften über Größe und Anzahl der Kesselspeisepumpen erlassen¹⁾. Abb. 1 gibt die hiernach mögliche Unterteilung der Speiseleistung an, die je nach der verfügbaren Antriebskraft verschieden ist. Grundsätzlich gilt, daß bei Dampfantrieb der Speisepumpen nicht mit dem Ausfall der Antriebskraft als solcher gerechnet werden muß, sondern lediglich mit dem Ausfall einer Pumpe. Die Leistung der restlichen Speisepumpen muß zusammen noch mindestens der doppelten Normaldampfleistung der Kesselanlage entsprechen. Bei elektrischem Antrieb ohne Umschaltmöglichkeit auf eine andere Stromquelle muß dagegen mit dem Ausfall sämtlicher elektrisch angetriebener Pumpen gerechnet werden. In diesem Falle muß die Leistung der Dampfpumpen ebenfalls wenigstens das Doppelte der normalen Dampfleistung der Kesselanlage betragen.

Diese Bestimmungen gelten nicht für Zwangsdurchlaufkessel. Für sie sind Sonderbestimmungen erlassen. Hier ist es meist üblich, jedem Kessel eine eigene Speisepumpe zuzuordnen. Die Normalleistung einer Pumpe braucht dann nur der maximalen Dampfleistung des Kessels zu entsprechen. Zweckmäßig ist es jedoch, für mehrere Kessel wenigstens eine gemeinsame Reservepumpe aufzustellen, die dann so geschaltet wird, daß sie wahlweise auf jeden beliebigen Kessel oder gleichzeitig auf mehrere Kessel speisen kann.

Die Wahl der Antriebsart hängt außer von der verfügbaren Antriebskraft ausschließlich von den Bedürfnissen des Kraftwerkes selbst ab. Häufig wird man den Abdampf der Turbinen zur Vorwärmung oder Entgasung des Speisewassers verwenden, oder es besteht Bedarf an reichlichen Mengen Abdampf zu Heiz- oder Fabrikationszwecken. In diesen Fällen wird man dem Dampfantrieb den Vorzug geben, nicht nur wegen der Unabhängigkeit von der Stromlieferung, sondern auch wegen der bequemen Regelbarkeit der Turbopumpen. Bei beschränkter Unterbringungsmöglichkeit für den Abdampf wird man u. U. als Antrieb hochwertige Turbinen mit geringem Dampfverbrauch wählen, sofern es sich um ausgesprochene Betriebspumpen handelt. Bei Reservepumpen kann man sich jedoch auch mit den billigeren einstufigen Turbinen begnügen, und zwar nicht nur wegen des geringeren Anschaffungspreises, sondern auch deswegen, weil die hochwertigen Turbinen zum Zwecke des schnelleren Anfahrens im Notfall ständig vorgewärmt sein müssen. Anzahl und Größe der einzelnen Speisepumpen wird

weiterhin durch die Anzahl der Kessel und die meistgefahrene Last bestimmt. Bei stark schwankender Last wird man mehrere Pumpen parallel arbeiten lassen, damit Lastschwankungen sofort übernommen werden können, ohne daß gleich die Reservepumpe eingeschaltet werden muß. Bei häufigem Schwachlastbetrieb kann es zweckmäßig sein, eine besondere Pumpe kleinerer Leistung aufzustellen, die in Zeiten

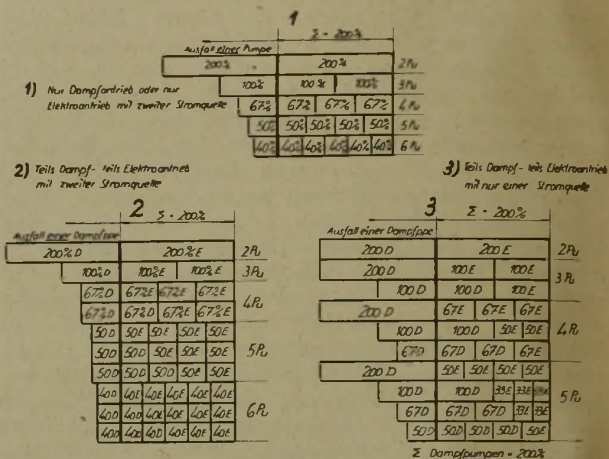


Abb. 1: Unterteilung der Speiseleistung bei Kesselspeisepumpen

geringer Belastung den Speisebetrieb allein übernimmt.

Reserve- oder Bereitschaftspumpen erhalten häufig eine selbsttätige Steuerung, durch die entweder beim Auftreten von Spitzenbelastungen oder beim Ausfall einer Betriebspumpe die Reservemaschine in kürzester Zeit zugeschaltet wird²⁾. Solche selbsttätigen Steuerungen können sowohl für Turbo- wie für Elektropumpen ausgeführt werden. Zweckmäßig ist es in allen Fällen, den Impuls für diese Steuerung nicht von der Antriebskraft herzuziehen, sondern vom Druck in der Speiseleitung—eventuell auch vom Differenzdruck Speiseleitung—Dampfleitung. Bei Bereitschaftspumpen müssen selbstverständlich alle Absperrorgane in Zulauf- und Druckleitung voll geöffnet sein. Bei Turboantrieb muß auch die Turbine für automatisches Anfahren eingerichtet sein. Der Ölversorgung der Lager während der Anfahrzeit ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken, ebenso muß die Kühlwasserversorgung für Pumpenstopfbüchsen und Lager hierbei sichergestellt sein. Falls es sich um größere Maschinen handelt, empfiehlt es sich, die ganze Bereitschaftsgruppe dauernd vorgewärmt zu halten, indem man z. B. Turbopumpen mit geringer Drehzahl ständig mitlaufen läßt.

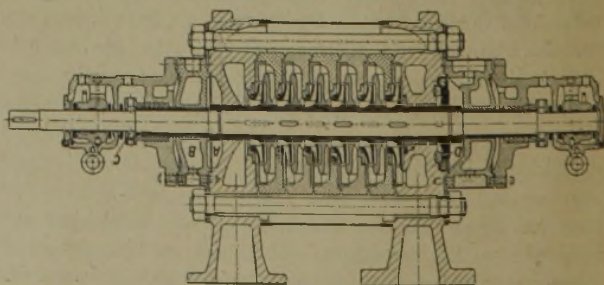


Abb. 2: Schnittbild einer KSB-Höchstdruckspeisepumpe

¹⁾ Auszug aus einem am 23. April 1940 im Haus der Technik, Essen, gehaltenen Vortrag.
²⁾ Literatúrauszug am Ende des Aufsatzes.

Konstruktion

Für Landanlagen hat sich, in Europa wenigstens, die sogenannte Gliederbauart (Abb. 2) wohl restlos durchgesetzt und auch bis zu den höchsten vorkommenden Drücken bestens bewährt. Die Stopfbüchsen werden durch vorgeschaltete Kühldeckel gegen den Zutritt von heißem Wasser geschützt³⁾. Die Lager erhalten bei höheren Drehzahlen und größeren Maschinen in der Regel Preßölschmierung. Die Ölversorgung erfolgt entweder von der Turbine oder von dem Getriebe her, bei Elektropumpen wird häufig eine besondere, direkt an die Speisepumpe angeflanschte Zahnradölpumpe vorgesehen. Der Axialschubausgleich erfolgt durch Entlastungsscheibe; Segmentdrucklager kommen wegen der hohen spez. Flächenbelastungen und Umfangsgeschwindigkeiten nicht in Frage⁴⁾. Die Entlastungsscheibe hat den großen Vorteil, daß sie gleichzeitig die druckseitige Stopfbüchse entlastet. Da das Entlastungswasser meist nach dem Zulaufstutzen zurückgeführt wird, lastet auf beiden Stopfbüchsen praktisch nur der Zulaufdruck. Mit Rücksicht auf die Entlastungsscheibe muß der Pumpenläufer sich axial frei einstellen können. Die Kupplung zwischen Pumpe und Antriebsmaschine muß daher in axialer Richtung leicht verschiebbar sein, damit nicht unübersehbare Schubkräfte auf die Antriebsmaschine werden können. Sogenannte Innenverzahnungskupplungen haben sich hierfür sehr gut bewährt, sie erhalten je nach Drehzahl und Leistung entweder Ölfüllung oder Öldurchlaufschmierung. Die verhältnismäßig schlanken Wellen der mehrstufigen Höchstdruckpumpen laufen in der Regel überkritisch. Dies erfordert eine sehr sorgfältige dynamische Wuchtung des kompletten Läufers. Bei der Bestimmung der kritischen Drehzahl kann man sich nicht auf das rein rechnerische Ergebnis allein verlassen. Die Eigenelastizität des aus mehreren aufeinander

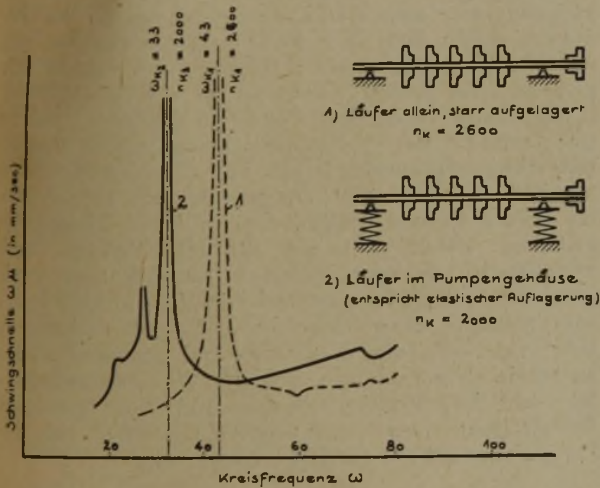


Abb. 3: Kritische Drehzahl einer Pumpenwelle bei verschiedener Auflagerung

zentrierten Einzelteilen aufgebauten Pumpenkörpers einschließlich der angeflanschten Lager beeinflusst die kritische Drehzahl im Sinne einer Verringerung derselben. Der Einfluß dieser Eigenelastizität kann rechnerisch nur sehr schwer ermittelt werden; man ist daher auf den Versuch angewiesen. Abb. 3 zeigt die experimentell ermittelten Eigenschwingungszahlen eines Läufers für eine mehrstufige Pumpe, einmal für starre Auflagerung, dann nach Einbau in die ganze Pumpe.

Regelung

Die Kennlinie bei einer Kreiselpumpe bei konst. Drehzahl verläuft bekanntlich so, daß mit geringerer Förder-

menge der erzeugte Enddruck ansteigt, also gerade entgegengesetzt, als man sie zur Kesselspeisung eigentlich braucht. Bei Turbinen ist nun durch Änderung der Drehzahl die Möglichkeit gegeben, die erzeugten Pumpen-Enddrücke den verlangten Speisedrücken anzupassen. Für E-Motoren kommt heute noch in der Regel nur konstante Drehzahl in Frage. Zwar besteht auch hier grundsätzlich die Möglichkeit einer Drehzahlveränderung. Diese Sonderausführungen sind jedoch verhältnismäßig kompliziert und teuer, so daß

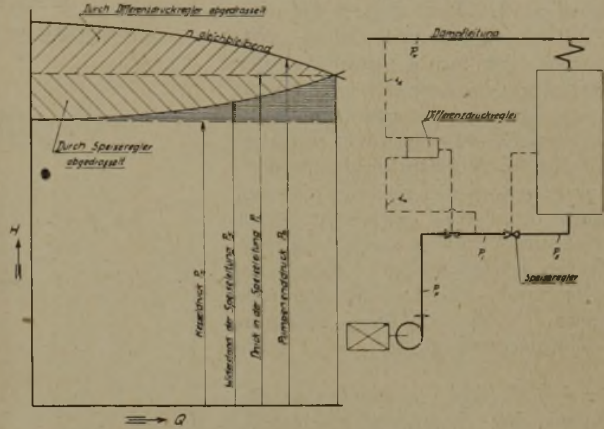


Abb. 4: Drosselregelung bei konstanter Drehzahl

ihre Anwendung auf ganz spezielle Fälle beschränkt ist. Es ergeben sich also zwei Grundarten für die Regelung, und zwar

1. Drosselung, wobei die Pumpe mit konstanter Drehzahl arbeitet; die überschüssige Druckhöhe wird durch Drosseln vernichtet,
2. Drehzahlregelung.

Zunächst die Drosselregelung an einem einfachen Beispiel besprochen (Abb. 4). Je geringer die Speisemenge, desto größer wird der Unterschied zwischen dem von der Pumpe erzeugten Druck und dem zur Einspeisung erforderlichen Speisendruck. Je nach dem Verlauf der Kennlinien kann es sich dabei um erhebliche Druckdifferenzen handeln, die in einem Drosselventil zu verarbeiten erhebliche Schwierigkeiten bieten kann. Das Drosselventil müßte mit nur sehr kleinen Hüben arbeiten, so daß sich große Strömungsgeschwindigkeiten zwischen Sitz und Kegel ergeben. Es besteht dabei nicht nur die Gefahr von Auswaschungen an Sitz und Kegel, sondern auch von Pendelungen, die jedoch auf jeden Fall vermieden werden müssen.

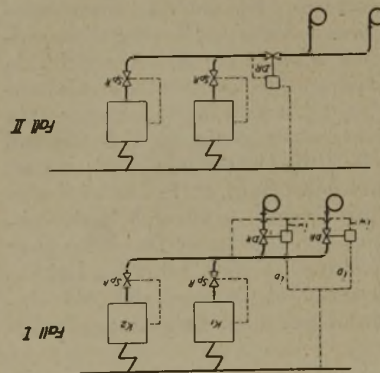


Abb. 5: Einbau von Druckreglern in die Speiseleitung

Man kann hier Abhilfe schaffen, indem man die Drosselarbeit auf zwei Ventile verteilt und indem man außer dem eigentlichen Speisewasserregler noch einen Druckregler in die Speiseleitung einbaut. Der Druckregler, hier als Diff-Druckregler gedacht, erhält seinen Impuls einerseits aus der Dampfleitung, andererseits aus der Druckleitung. Er hält einen gleichbleibenden Druckunterschied zwischen dem Druck in

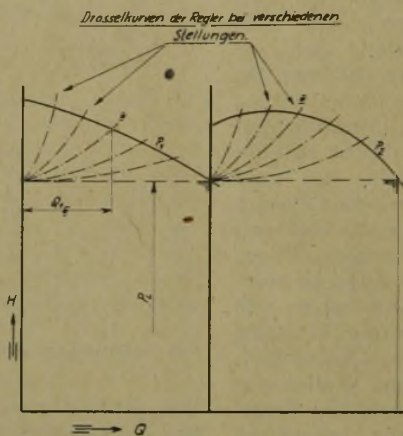
der Dampfleitung (hier dem Kesseldruck gleichgesetzt) und dem Druck in der Speiseleitung. Der Speisewasserregler — meistens vom Wasserstand in der Trommel beeinflusst — muß nun noch den Unterschied zwischen dem Druck in der Speiseleitung und dem erforderlichen Einspeisedruck abdrosseln. Bei Vollast sind beide Regelventile ganz geöffnet. Diese Reglungsort kann selbstverständlich auch für Turbopumpen gewählt werden, wobei die Turbine einen Fliehkraftregler erhält, der die Turbine auf konstanter Drehzahl hält. Man kann eine solche Reglungsort für eine Turbopumpe immer dort vorsehen, wo mit gleichbleibender Belastung gerechnet werden kann und wo nur gelegentlich Belastungsschwankungen zu erwarten sind. Beim Vorhandensein mehrerer Pumpen und mehrerer Kessel kann man nun entweder jeder einzelnen Pumpe einen eigenen Differenzdruckregler zuordnen, oder man setzt in die gemeinsame Druckleitung einen einzigen Differenzdruckregler.

Im 1. Fall (Abb. 5) werden an die Form der Pumpencharakteristik die geringsten Anforderungen gestellt, während im Fall 2 für eine einwandfreie Regelung bestimmte Voraussetzungen an die Charakteristik der einzelnen Pumpen gestellt werden müssen. So muß im Fall 2 der Druck der einzelnen Pumpen bei $Q=0$ gleich hoch und die Kennlinie jeder einzelnen Pumpe stabil sein, d. h. stetig mit der abnehmenden Wassermenge ansteigen. Es kann sonst leicht bei Teillastbetrieb zu Pendelungen in der Belastung der einzelnen Pumpe bei Parallelbetrieb kommen, u. U. wird diejenige Pumpe, deren Kennlinie etwas höher liegt, die ganze Teillast allein übernehmen, während die zweite, schwächere Pumpe dabei nur im toten Wasser läuft (Abb. 6). Dieser Umstand kann selbst bei genügender Übereinstimmung der Kennlinien dann auftreten, wenn die Drehzahlen der Antriebsmaschinen um gewisse Beträge differieren. Die Forderungen an die Form der Kennlinien müssen um so schärfer erfüllt werden, je flacher ihr Verlauf an sich ist. Im Falle 1 hat man dagegen bezüglich der Form der Kennlinie mehr Freiheit. Es können bei dieser Schaltung auch Pumpen mit verschiedenen Kennlinien zusammenarbeiten, selbst dann, wenn diese nicht ganz einwandfrei stabil sind. Wie auf Abb. 6 für Fall 1 ersichtlich, ergeben die Drosselkurven für verschiedene Stellungen beider Regler jeweils eindeutige Schnittpunkte mit der Kennlinie, selbst wenn diese an sich instabil ist. Selbstverständlich darf die Unstabilität nicht so weit gehen, daß der 0-Punkt tiefer liegt als P_L . Es wird also hier jede Pumpe für sich so gedrosselt, daß in der gemeinsamen Druckleitung ein konstanter Druck P_L über dem Kesseldruck vorhanden ist. Man kann die beiden Regler stets so aufeinander abstimmen, daß ein einwandfreier Parallelbetrieb bei allen Belastungen möglich ist.

Dieses Beispiel sollte zeigen, daß es bei Anordnung eines gemeinsamen Druckreglers für mehrere Pumpen unerlässlich ist, auf einwandfrei stabile Kennlinien zu achten, um Pendelungen zu vermeiden, daß ferner alle Pumpen gleich hohen Anfangsdruck haben müssen, um bei geringer Teillast das Erdrücken einer Pumpe zu unterbinden.

Der Hauptnachteil der beschriebenen Drosselregelung ist, daß dabei immer ein verhältnismäßig hoher Anteil des erzeugten Pumpenenddruckes durch Drosseln vernichtet werden muß. Diese Drosselverluste lassen sich zwar durch Wahl einer flachen QH-Linie etwas beeinflussen, jedoch sind damit wieder andere Nachteile verknüpft. Auf Abb. 7 sind für eine flache und eine steile Charakteristik die Verlustleistungen und auch die wahren Pumpen-Wirkungsgrade eingetragen.

Fall: I.
Drosselregler für jede Pumpe



Fall: II.
Gemeinsamer Drosselregler in der Druckleitung

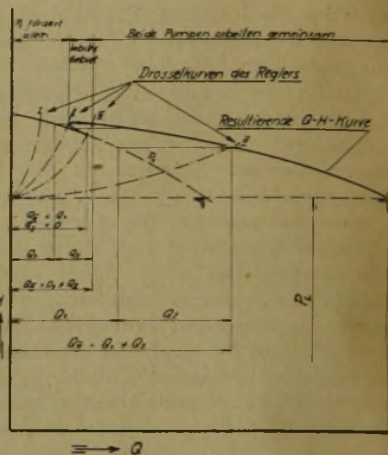


Abb. 6: Parallelarbeit bei verschiedenen Pumpenkennlinien

Es ist deutlich, daß bei flacher Kennlinie der Leistungsverlust durch Drosseln geringer ist. Dabei ist jedoch zu beachten, daß bei flacher Kennlinie schon eine geringe Hubänderung eine starke Beeinflussung der Wassermenge ergibt. Dies kann bei Belastungsschwankungen zum Pendeln des Reglers führen. Auch machen sich natürlich bei flacher Kennlinie an sich geringfügige Unterschiede unter den einzelnen Pumpen- oder in der Drehzahl der Antriebsmaschinen leichter störend bemerkbar. Es empfiehlt sich aus all diesen Gründen die Extreme zu meiden. Steigungen von 10% sollten als untere Grenze gelten. Bei mittleren Steigungen zwischen 10—25% lassen sich die Pumpen auch hydraulisch günstiger auslegen, so daß man durch einen besseren Wirkungsgrad den Verlust durch Drosseln teilweise ausgleichen kann. Schließlich kann es sehr vorteilhaft sein, die Pumpe bei genügend steiler Kennlinie so auszulegen, daß der Wirkungsgradschiebel nicht bei Vollast, sondern bei einer gewissen Teillast liegt, wenn von vornherein feststeht, daß die Pumpe sehr oft mit Teillast arbeiten wird.

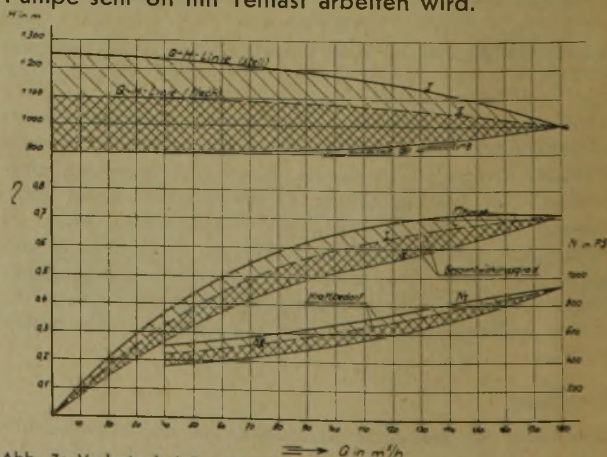


Abb. 7: Verluste bei Drosselregelung

Bei Turbinenantrieb läßt sich die Regelung am elegantesten und mit den geringsten Verlusten durchführen. Abb. 8 zeigt ein Schema einer solchen Regelung, bei der die Dampfzufuhr zur Turbine so beeinflusst wird, daß die Drehzahl der Pumpe gerade der jeweils geforderten Wassermenge entspricht. Es wird also hier bei veränderlicher Drehzahl auf konstanten Pumpenenddruck bzw. auf konstante Differenz zwischen Kessel- und Druck in der Speiseleitung reguliert. Die

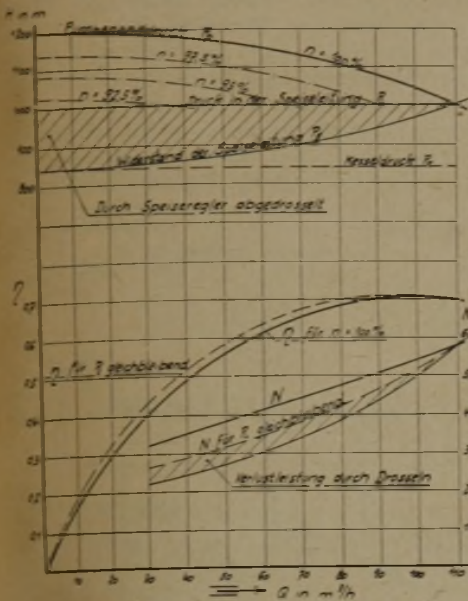


Abb. 8: Drehzahlregelung bei Speisepumpen

Turbine erhält außer dem Differenzdruckregler noch einen Fliehkraftregler, der aber nur als Grenzregler wirkt, um bei plötzlicher Entlastung eine unzulässige Steigerung der Drehzahl zu vermeiden. Der Speisewasserregler hat wie beim vorigen Beispiel noch die bei Teillast vorhandene Differenz zwischen Druck in der Speiseleitung und dem erforderlichen Einspeisedruck abzdrosseln. Die Drehzahlregelung hat außer der Ersparnis der Drosselverluste noch den weiteren Vorteil, daß auch der reine Pumpenwirkungsgrad bei Teillasten besser wird.

Bei dieser Regelungsart ist wegen der Vermeidung der Drosselverluste die Frage: steile oder flache Pumpencharakteristik an sich nebensächlich. Man kann hier von einer zu flachen Charakteristik nur abraten, weil dann die Drehzahlunterschiede zwischen Vollast und 0-Last so gering werden, daß eine einwandfreie Regelung dadurch erschwert sein kann.

Betriebliches Verhalten

Jede Heißwasserpumpe braucht zu einwandfreiem Arbeiten unbedingt eine ganz bestimmte Zulaufhöhe, die abhängig ist sowohl von der Leistung wie von der Drehzahl⁵⁾. Bei zu geringer Zulaufhöhe, sei es, weil der Speisewasserbehälter nicht genügend hoch steht, sei es, daß trotz genügend großer geodätischer Zulaufhöhe in der Zulaufleitung anormale große Druckverluste entstehen, kommt es zu Dampfbildungen in der Pumpe, die u. U. zu schwerwiegenden Schäden an der Pumpe führen können. Diese Dampfbildungen sind ein sehr gefährlicher Feind der mehrstufigen Kreiselpumpe, denn beim Ausbleiben der Wasserschmierung in den vielen engen Dichtungsspalten der Pumpe infolge von Dampfbildung tritt sehr leicht ein Festfressen der oft mit hohen Umfangsgeschwindigkeiten lau-

fenden Teile ein. Man kann diese Dampfbildungen vermeiden, indem man 1. die vom Pumpenlieferanten geforderten Zulaufhöhen einhält, 2. indem man eine sorgfältige, strömungstechnisch einwandfreie Zulaufleitung mit weiten Querschnitten, ohne scharfe Krümmungen oder plötzliche Verengungen oder scharfe Richtungswechsel verlegt. Wenn es bei hohen Drehzahlen oder großen Pumpenleistungen mit Rücksicht auf die örtlichen Verhältnisse unmöglich ist, die verlangten Zulaufhöhen zu schaffen, dann kann durch Aufstellen einer besonderen, langsam laufenden Zubringerpumpe Abhilfe geschaffen werden (Bild 9). Eine solche Zubringerpumpe sollte möglichst mit der eigentlichen Speisepumpe direkt gekuppelt sein, um ein Anfahren der Speisepumpe allein und damit ihre Zerstörung unmöglich zu machen⁶⁾.

Häufig wird man die Zubringerpumpe gleichzeitig als Vorwärmepumpe benutzen. Hierbei muß die Schaltung so gewählt werden, daß eine Rückverdampfung aus dem Vorwärmer in die Zubringerpumpe auch bei Stillstand ausgeschlossen ist.

Es ist im allgemeinen empfehlenswert, wenn irgend möglich, jeder Speisepumpe eine besondere Zulaufleitung zu geben, um eine gegenseitige Beeinflussung gerade durch solche Dampfbildungen zu vermeiden. Kann diese Forderung nicht verwirklicht werden, dann sollte die Zulaufleitung auf jeden Fall als Ringleitung ausgebildet werden.

Es ist im allgemeinen empfehlenswert, wenn irgend möglich, jeder Speisepumpe eine besondere Zulaufleitung zu geben, um eine gegenseitige Beeinflussung gerade durch solche Dampfbildungen zu vermeiden. Kann diese Forderung nicht verwirklicht werden, dann sollte die Zulaufleitung auf jeden Fall als Ringleitung ausgebildet werden.

Materialfragen

Die Auswahl der zweckmäßigsten Baustoffe erfordert gerade bei Hochdruckspeisepumpen ganz besondere Aufmerksamkeit, da die neuzeitlichen Hochdruckkessel mit Rücksicht auf Salzablagerungen im Überhitzer oder in der Turbine mit sehr reinem Speisewasser gefahren werden müssen. Diese Speisewässer, die praktisch reinem Kondensat oder Destillat gleichkommen, sind oft stark eisenlösend. Die Korrosionswirkung ist nun in starkem Maße von der Strömungsgeschwindigkeit abhängig, und in den Speisepumpen sind zweifellos im ganzen Speisewasserkreislauf die größten Wassergeschwindigkeiten vorhanden. Es ist daher unbedingt zu empfehlen, die Innenteile der Pumpe aus korrosionsbeständigem Material auszuführen. Hierfür stehen uns heute die für diese Zwecke völlig ausreichenden 12- bis 18%-Chromstähle zur Verfügung, deren

Festigkeitswerte auch für die hoch beanspruchten Laufräder ausreichend sind. Die Verwendung der noch besser korrosionsfesten Chromnickelstähle bietet nach den vorliegenden Erfahrungen gegenüber den reinen Chromstählen keine Vorteile, ganz abgesehen von der Schwierigkeit der Nickelbeschaffung. Die anfänglich bei Verwendung der Chromstähle aufgetretenen Schwierigkeiten beim Vergießen können heute als überwunden angesehen werden. Jedenfalls

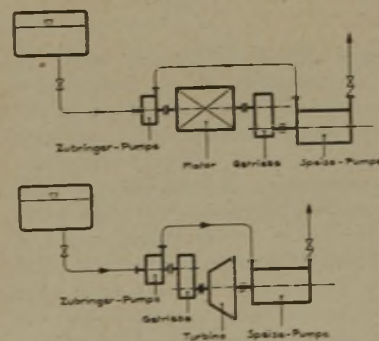
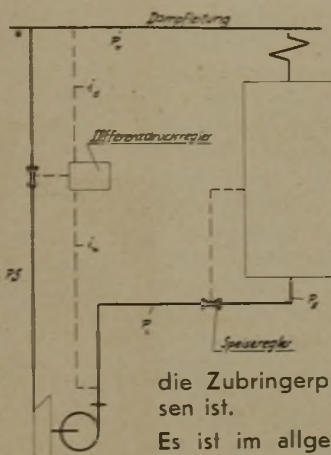


Abb. 9: Anordnung von Zubringer- und Speisepumpen

können heute für Chromstahlgußräder die gleichen Leistungen und Wirkungsgrade erreicht werden wie bei unlegiertem Stahlguß.

Korrosionen an den Laufrädern wirken sich nicht nur in einem Leistungsrückgang der Pumpe aus, sie können auch insbesondere bei hochtourigen Pumpen infolge der unvermeidlich auftretenden Unbalancen in den Rädern zu sehr unangenehmen Vibrationen und Schwingungen der Welle führen.

Es hat sich gezeigt, daß der pH-Wert des Speisewassers ein sehr guter Maßstab für die Angriffsfreudigkeit des Speisewassers ist⁶⁾. Läßt sich eine eindeutige Alkalität des Wassers, also ein pH-Wert von etwa 7,8—8,5 nicht mit Sicherheit gewährleisten, dann ist ganz dringend zur Wahl korrosionsfester Materialien zu raten. Wie geringe Unterschiede der Wasserbeschaffenheit sich auswirken können, sei am Beispiel von Abb. 10 gezeigt. Es handelt sich hier um eine Anlage, die im wesentlichen Turbinen-Kondensat ver-speist. Zur Deckung der Kondensatverluste werden etwa 5% permutiertes Wasser mit Phosphatzusatz nach der gezeigten Schaltung beigegeben. Es zeigte sich sehr bald, daß Kessel 1 viel häufiger abgeschlammmt werden mußte als Kessel 2, gleichzeitig stellte man bald bei Pumpe 2 einen Leistungsrückgang fest. Beim Öffnen zeigten sich umfangreiche Korrosionen an den Innenteilen der Pumpe. Pumpe 1 dagegen lief noch einwandfrei mit voller Leistung. Die Erklärung liegt darin, daß der geringe Anteil von Zusatzwasser infolge der Anordnung der Behälter in erster Linie der Pumpe 1 zufloß. Pumpe 2 erhielt im wesentlichen reines Kondensat. Der Beweis ist außer durch die Korrosionen an der Pumpe auch durch die wesentlich geringere Verschlammung des Kessels 2 gegeben.

Es muß in diesem Zusammenhang betont werden, daß ein gutes, feinkörniges und dichtes Gußeisen auch für Innenteile von Speisepumpen, soweit sie nicht in bezug auf Festigkeit hoch beansprucht sind, ein vorzüglicher Werkstoff ist, den man nur zu leicht unterschätzt. Die gute Laufeigenschaft wird von keinem anderen Werkstoff übertroffen, und die Widerstandsfähigkeit gegen Erosions- und Korrosionsangriff ist wesentlich besser als z. B. bei gehärtetem Stahl.

Umwälzpumpen

Bei Zwangs-Umlaufkesseln (La-Mont-Kessel) wird der Zwangsumlauf des Kesselwassers durch besondere Umwälzpumpen hergestellt. Da diese Pumpen schon zulaufseitig unter dem vollen Kessel- und der entsprechenden Temperatur stehen, müssen vor allem an die Stopfbüchsen besondere Anforderungen gestellt werden⁴⁾. Es liegen hierfür heute bewährte Konstruktionen vor, die sich auch im Dauerbetrieb bei Drücken bis 100 atü bewährt haben⁷⁾. Die Umwälzmenge hängt von der Bauart des Kessels und vom Kessel- und Kesseldruck ab und beträgt je nach den Verhältnissen das 4- bis 8fache der normalen Dampfleistung. Die Förderhöhe beträgt meist etwa 2,5 at, diese Förderhöhe läßt sich in der Regel mit einer einstufigen Pumpe erreichen. Meistens erhält jeder Kessel eine eigene Umwälzpumpe, bei großen Umwälzmengen ist u. U. eine Unterteilung auf mehrere, parallel arbeitende Pumpen zweckmäßig.

Bei der Auslegung der Pumpen ist darauf Rücksicht zu nehmen, ob Einzel- oder Parallelbetrieb in Frage kommt, da hiervon die Bemessung der Antriebsleistung wesentlich abhängt. Wenn von zwei parallel arbeitenden Pumpen eine ausfällt, geht die Gesamtfördermenge keineswegs auf die Hälfte zurück, son-

dern die übrigbleibende Pumpe fördert je nach dem Verlauf der Pumpenkennlinie und der Widerstandslinie des Kessels mehr Wasser als vorher im Parallelbetrieb (Abb. 11). Man erkennt, daß bei flacher Kennlinie die Umwälzmenge wenig zurückgeht, dafür aber der Kraftbedarf erheblich ansteigt. Bei steiler Kennlinie dagegen ist der Anstieg des Kraftbedarfs nur gering, die Antriebsmaschine braucht daher nur wenig überdimensioniert zu werden, der Rückgang der Förderung dagegen ist größer. Beide Arten von Kennlinien haben ihre Vor- und Nachteile, die Wahl der zweckmäßigsten Kennlinie muß von Fall zu Fall erfolgen. Bei der Bemessung der Antriebsmaschine muß ferner berücksichtigt werden, daß die Pumpen in der Anfahrzeit kaltes Wasser, also wesentlich schwereres Wasser zu fördern hat. Bei hohen Wassertemperaturen ist der Unterschied im spez. Gewicht beträchtlich,

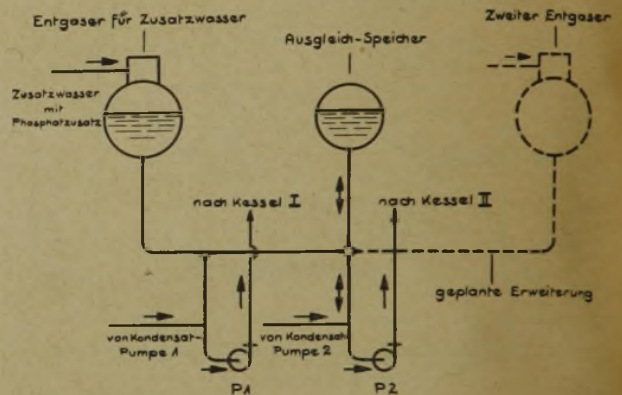


Abb. 10: Unzweckmäßige Pumpenschaltung

entsprechend müssen die Antriebsmaschinen gegenüber der Normleistung bei heißem Wasser größer ausgelegt werden, damit keine Anfahrtschwierigkeiten entstehen.

Auch bei diesen Pumpen muß selbstverständlich zum Schutze gegen Dampfbildung eine genügend große Zulaufhöhe vorhanden sein. Mit Rücksicht auf die verhältnismäßig geringen Drehzahlen (1450 Upm, selten 2850 UpM) sind die erforderlichen Zulaufhöhen an sich nicht groß und lassen sich meist auch ohne Schwierigkeit schaffen. Gelegentliche Dampfbildungen in der Pumpe als Folgen plötzlicher Drucksenkungen in der Kesseltrommel werden nie zu vermeiden sein. Sie werden sich aber nicht so schlimm auswirken wie bei Speisepumpen, da die Umwälzpumpen sehr einfach in ihrem inneren Aufbau sind und reichlich bemessene Spalte besitzen. Bei Turbo-Antrieb besteht allerdings die Gefahr, daß wegen der bei Dampfbildung eintretenden plötzlichen Entlastung die Turbine durchzugehen versucht. Es muß also ein sicher wirkender Fliehkraftregler und ein ebenso zuverlässiger Schnellschluß vorhanden sein. Bei knapp bemessener Zulaufhöhe und auch dann, wenn mit häufigen und plötzlichen Belastungsschwankungen des Kessels gerechnet werden muß, empfiehlt es sich, kälteres Speisewasser in die Zulaufleitung einzuführen. Man kann so mit geringem Aufwand eine wirksame Unterkühlung des eintretenden Wassers erreichen und die Gefahr von Dampfbildung verringern. Im übrigen gelten bezüglich Bemessung und Anordnung der Rohrleitungen dieselben Gesichtspunkte wie bei Speisepumpen. Darüber hinaus muß darauf geachtet werden, daß auch unter Temperatur keine Verspannungen durch die meist sehr steifen Leitungen auf die Pumpen kommen. Viele Störungen an den Pumpen, nicht zuletzt an den Stopfbüchsen sind nur auf solche Verspannungen zurückzuführen.

Der Materialauswahl und -prüfung muß bei Umwälzpumpen besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Steile Charakteristik Flache Charakteristik

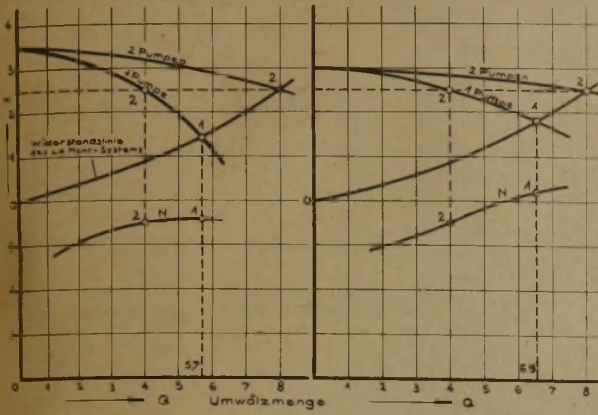


Abb. 11: Einfluß der Kennlinie auf die Änderung von Fördermenge und Kraftbedarf bei Einzel- und Parallelbetrieb

den, da bei den hohen Wassertemperaturen Gehäusebrüche sich katastrophal auswirken würden. Die Gehäuse müssen daher aus erstklassigem Elektrostahlguß mit genügend hoher Warmstreckgrenze und hoher Kerbschlagzähigkeit hergestellt werden. Bei größeren Gehäusen und bei Drücken über 60 atü sollte stets eine Dichtigkeitsprobe mit Petroleum durchgeführt werden. Bei sorgfältiger Konstruktion und Werkstoffauswahl und sinngemäßer Berücksichtigung der besonderen Betriebsbedingungen ist die Umwälzpumpe heute ein absolut betriebssicheres Zubehör des La-Mont-Kessels.

Literaturverzeichnis

- 1) Techn. Richtlinien für den Bau von Kesselspeisevorrichtungen. 1939.
- 2) Z. d. VDI, Bd. 74 (1930), Nr. 15, S. 467.
- 3) „Die Wärme“, Bd. 57 (1934), Nr. 31.
- 4) Z. d. VDI, Bd. 82 (1938), Nr. 48, S. 1382.
- 5) „Archiv für Wärmewirtschaft“, Bd. 20 (1939), Heft 7, S. 175.
- 6) „Die Wärme“, Bd. 61 (1938), Nr. 21, S. 379.
- 7) „Techn. Mitteilungen“ des Hauses der Technik, Essen, 31 Jg. (1938), Heft 24, S. 560.

Der Starkstromkondensator und seine Betriebseigenschaften^{*)}

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

Als Phasenschieber zur Verbesserung des Leistungsfaktors dringt der Kondensator mehr und mehr auch in die Bezirke der Starkstrom- und Hochspannungstechnik ein. Er verdrängt hier allmählich z. T. die dem gleichen Zweck dienenden synchronen und asynchronen Phasenschieber. Aus wirtschaftlichen Gründen erwächst diesen umlaufenden Maschinen im Kondensator als ruhendem (statischem) Phasenschieber auch im Falle größerer und großer Blindleistungen ein ernst zu nehmender Wettbewerber.

Während zu Zeiten des wirtschaftlichen Niedergangs ein Bedürfnis zur besseren Ausnutzung der bestehenden Kraftanlagen kaum bestand, haben sich die Verhältnisse heute ins Gegenteil verkehrt. Bedeutet doch ein schlechter Leistungsfaktor ($\cos \varphi$) bei voller Belastung des elektrischen Teils der Kraftanlage eine nur teilweise Ausnutzung des Kraft- (Dampf-) Teils, ein Zustand, der angesichts der heutigen Anspannung aller Kraftreserven untragbar ist.

Dieser Umstand erfordert auch vom Starkstromtechniker, sich mit der Wirkungsweise und dem Betriebsverhalten des Kondensators eingehend vertraut zu machen, nachdem dieses Gerät als Sitz der elektrostatischen Felderscheinungen in der Fernmeldetechnik mit und ohne Draht schon lange den gleichen Platz einnimmt wie die Spule als Sitz der magnetischen Wirkungen.

Wenn man die Arbeitsweise des Kondensators als Phasenschieber oder Blindstromerzeuger erfassen will, ist es zweckmäßig, zunächst das Entstehen der induktiven Blindleistung zu betrachten, die mit dem abwechselnden Auf- und Abbau des magnetischen Feldes in den Wechselstrommaschinen, insbesondere den asynchronen Drehstrommotoren als den wichtigsten Verbrauchern, naturnotwendig verbunden ist. Diese Feldbildung ist an die Aufnahme eines Magnetisierungs- oder Erregerstromes gebunden und stellt eine unvermeidliche Begleiterscheinung jeder Wicklung oder Spule dar, wenn sie mit Wechselstrom gespeist wird. Zur Überwindung der in einer Spule durch Selbstinduktion entstehenden Gegen-EMK oder ihres induktiven

Widerstandes ist eine Spannung $u = L \frac{di}{dt}$ aufzubringen;

diese wächst also mit der durch die Windungszahl und den Leitwert des magnetischen Kreises gegebenen Induktivität L der Spule und der durch die Betriebsfrequenz bestimmten Geschwindigkeit der Stromänderung $\frac{di}{dt}$. Da nun andererseits die Stromstärke $i = \frac{dQ}{dt}$, d. h. gleich der in der Zeiteinheit durch den Leiterquerschnitt flutenden Elektronenmenge Q ist, kann man die Größe $\frac{di}{dt} = \frac{d^2Q}{dt^2}$ auch als die Elektronenbeschleunigung b_{el} in einem gegebenen Leiterquerschnitt ansehen. Damit erinnert aber die obige Grundbeziehung in der Form $u = L \cdot b_{el}$ an die entsprechende mechanische $p = m \cdot b_{mech}$ nach der die an einer mechanischen Masse

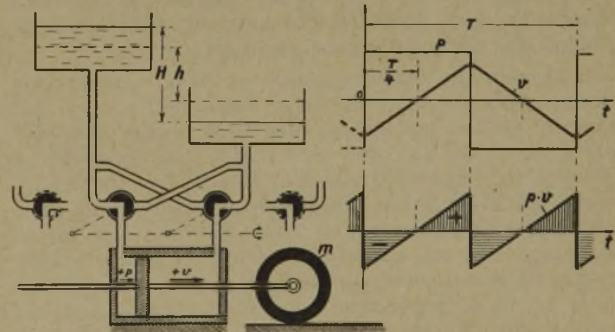


Abb. 1: Trägheitskraft

angreifende Kraft p durch das Produkt aus der Masse m und der Beschleunigung b_{mech} gegeben ist. Man hat danach die Spannung u durch die Kraft p und die Induktivität L durch die Masse m zu ersetzen, um Vergleiche mit den geläufigen Gesetzen der Mechanik ziehen zu können. Läßt man z. B. nach Abb. 1 auf eine reibungslos bewegliche Schwungradmasse mittels eines etwa durch Druckwasser getriebenen Kolbens eine konstante Kraft P wirken, so muß die Geschwindigkeit v proportional der Zeit zunehmen. Ein Umsteuern des Druckes durch Vertauschen des Hoch- und des Niederbehälters mit dem Druckzylinder führt dann zu einer Verzögerung, also einem Absinken der Geschwindig-

^{*)} Experimentalvortrag, gehalten im VDE, Bezirk Ruhr-Lippe, Dortmund.

keit. Wird diese Umsteuerung periodisch und zwar immer in dem Augenblick vorgenommen, in dem sich der Kolben in der Zylindermitte befindet, so ergibt sich eine rechteckig verlaufene Druck- und eine aus Dreiecken zusammengesetzte Geschwindigkeitskurve (Abb. 1 oben rechts). Man erkennt leicht, daß die v -Kurve um $\frac{1}{4}$ der Periodendauer T hinter der p -Kurve n a h eilt. Eine solche „Phasenverschiebung“ ist demnach keine ausschließlich elektrische Erscheinung.

Dies gilt auch mit Bezug auf die Blindleistung. Die mechanische Augenblicksleistung ist jederzeit durch das Produkt $p \cdot v$ gegeben. Multipliziert man aber zeitlich zugehörige Ordinaten der p - und der v -Kurve, so erhält man die in Abb. 1 rechts unten gezeichnete sägeförmige Leistungskurve. Die Flächen zwischen dieser Kurve und der Zeitachse stellen die einzelnen Arbeitsanteile dar. Diese sind aber im gleichen Umfang positiv wie negativ, so daß die Leistung im Mittel Null sein muß. Wir haben es daher auch hier mit einer „Blindleistung“

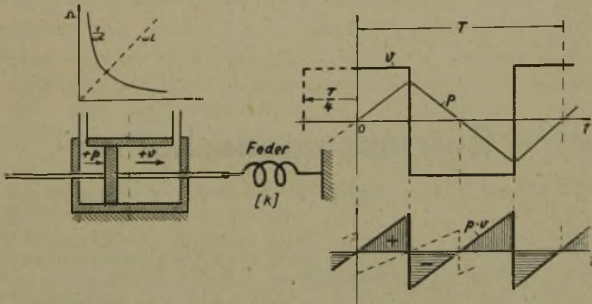


Abb. 2: Elastische Kraft

zu tun. In energetischer Hinsicht wird dies auch dadurch deutlich, daß sich der Wasserspiegel z. B. im Hochbehälter bei dem geschilderten Bewegungsvorgang abwechselnd hebt und senkt, so daß die in ihm aufgespeicherte Energie der Lage im Mittel weder zu- noch abnimmt; sie flutet lediglich zwischen dem Zylinder und z. B. dem Hochbehälter hin und her. Im übrigen pulsiert dabei der Wasserspiegel doppelt so schnell, wie es der Kolbenbewegung entspricht. Dies ist nur ein anderer Ausdruck für die elektrotechnische Ausdrucksweise, nach der die Leistung mit dem Doppelpulsen der Betriebsfrequenz pulsiert.

Ersetzt man die Schwungmasse in Abb. 1 durch eine Feder (Abb. 2) und stellt deren Festpunkt so ein, daß sich der Kolben bei entspannter Feder in der Zylindermitte befindet, so kann auch jetzt eine periodische Bewegung eingeleitet werden. Allerdings nimmt nunmehr die Kraft p bei gleichförmiger Bewegung, d. h. konstanter Geschwindigkeit v des Kolbens von dessen Ruhelage aus im einen oder anderen Sinne gleichmäßig zu, je nachdem, ob die Feder zusammengedrückt oder auseinandergezogen wird. Jetzt hat demnach die periodische Druckkurve (p) die Form von Dreiecken, während die Geschwindigkeitskurve (v) nunmehr die Gestalt von aneinandergereihten Rechtecken aufweist. Man erkennt daraus, daß Druck und Geschwindigkeit gegenüber dem Bewegungsvorgang der trägen Masse ihre Rolle vertauscht haben. Daraus folgt zwangläufig, daß jetzt die Geschwindigkeit dem Druck um $\frac{1}{4}$ der Periode voreilt.

Auch hier ergibt die Bildung des Produktes $p \cdot v$ wieder eine Sägekurve (Abb. 2, rechts unten), jedoch sind die zeitlich gleichgelegenen Arbeitsflächen gegenüber dem entsprechenden Bild in Abb. 1 von umgekehrtem Vorzeichen, d. h. die Arbeit, die z. B. die Schwungmasse aufnimmt, könnte durch eine mit dem Kolben gleichzeitig gekuppelte Feder abgegeben werden und umgekehrt, so daß unter Ausschluß von Reibung eine

einmal eingeleitete Bewegung in Gestalt einer Eigenschwingung aufrechterhalten würde.

Das gleiche Verhalten wie die Feder zeigt der Kondensator; denn auch dessen Isolierschicht als sein wesentlichster Bestandteil ist der Sitz einer „elastischen Kraft“. Diese Isolierschicht läßt sich zweckmäßig mit einer elastischen Membran nach Abb. 3 vergleichen, die in eine Kapsel eingespannt ist. Die Kapsel steht durch Rohrleitungen mit einer Pumpe in Verbindung; Kapsel, Rohre und Pumpenzylinder sind mit Wasser gefüllt. Eine Bewegung des Kolbens z. B. nach links hat eine Durchbiegung der Membran nach rechts zur Folge. Mit zunehmender Durchbiegung steigt die elastische Gegenkraft der Membran (vgl. die Anordnung nach Abb. 2). Der Vergleich der hydraulischen Anordnung nach Abb. 3 mit dem Kondensator (Abb. 3, unten) wird vollkommen, wenn man die Kapsel als Zuführungsorgan für das Druckwasser mit den metallischen „Belegungen“ des Kondensators, die Pumpe mit einer angelegten Gleichspannungsquelle und die Wassertropfen mit den Elektronen vergleicht. Die Berechtigung für diese Vorstellung ist durch den Aufbau der Atome der Nichtleiter gegeben, insofern, als die Elektronen dieser Atome nicht wie bei den Leitern leicht beweglich, sondern durch elastische Kräfte an die Atomkerne gebunden sind. Wie bei der mechanischen Membran ist im übrigen das Fassungsvermögen oder die Kapazität¹⁾ des Kondensators als „elektrische Membran“ um so größer, je größer die Querschnittsfläche und je geringer die Dicke der Isolierschicht ist; außerdem wächst die Kapazität mit der „elektrischen Dehnungsziffer“, d. i. die Dielektrizitätskonstante ϵ .

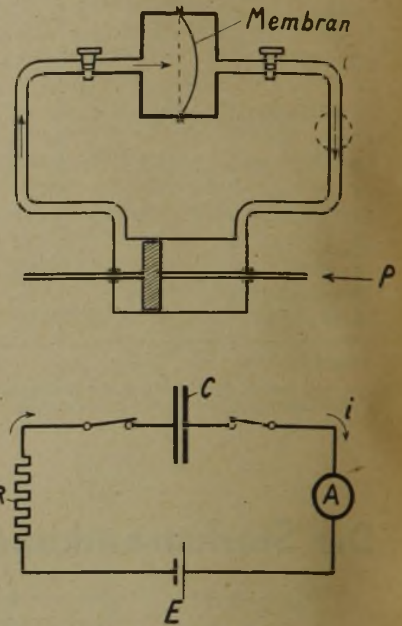


Abb. 3: Der Kondensator als „elastische Membran“

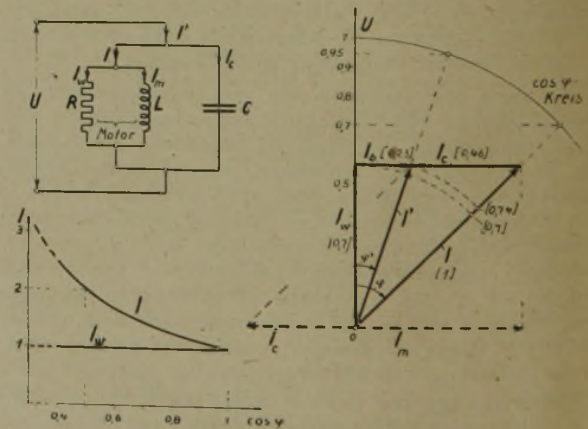


Abb. 4: Phasenverbesserung

¹⁾ Die Einheit der Kapazität, 1 Farad (F), hat derjenige Kondensator, der bei einer gleichförmigen Änderung seiner Spannung um 1 V in 1 s einen Ladestrom von 1 A aufnimmt.

Die Spannung findet beim Anlegen im allgemeinen den entladenen — man würde besser sagen: den entspannten — Kondensator, also die Gegenspannung Null und damit den Widerstand Null vor. Daher muß sich beim Einschalten des Kondensators ein lediglich durch die übrigen Widerstände des Stromkreises begrenzter Stromstoß ergeben, der u. U. durch Vorkontaktwiderstände begrenzt werden muß. Diese Einschaltstromspitzen konnten mit Hilfe des Kathodenstrahlloszillographen leicht sichtbar gemacht werden. Beim Anlegen einer Gleichspannung entwickelt sich der zunehmenden „Durchbiegung“ der Membran entsprechend eine zunehmende Gegenspannung, so daß der Strom von dem durch die Ohmschen Widerstände gegebenen Anfangswert aus allmählich abnimmt. Das gleiche Gesetz befolgt der Entladestrom. Bei genügend hohen Widerständen erfolgt diese Abnahme des Lade- bzw. Entladestromes so langsam, daß sie bequem mit Hilfe eines Drehspul-Strommessers verfolgt werden konnte.

Seitdem die Starkstromkondensatoren nach eingehender Erforschung der für den Durchschlag verantwortlichen Vorgänge im Isolierstoff (Papier/Öl) bis zu der für den Betrieb erforderlichen Sicherheit durchentwickelt worden sind, können sie durch Zusammenschalten entsprechend vieler Einheiten für beliebig große Spannungen und Blindleistungen bereitgestellt werden. Ihre Hauptaufgabe besteht, wie oben bereits erwähnt, darin, als Lieferant für die durch die Magnetisierung der Motoren bedingte induktive Blindleistung zu dienen. Wird diese Blindstromkompensation am Aufstellungsort der Motoren vorgenommen, so wird nicht nur die Erzeugeranlage, sondern auch die verbindende Leitung vom Blindstrom entsprechend entlastet. Damit wird in den genannten Anlageteilen der Strom mehr und mehr auf den durch die mechanische Nutzlast bedingten Wirkstrom verringert. Gleichzeitig verschiebt sich die mit dem Doppelten der Betriebsfrequenz pulsierende Leistungskurve immer mehr senkrecht zur Zeitachse, so daß die negativen Arbeitsflächen nach und nach kleiner werden und schließlich bis auf Null abnehmen. Die Leistungskurve setzt sich im letzteren Falle z. B. mit ihren unteren Kuppen auf die Zeitachse, womit das zeitweise Zurückfluten der Leistung in den Erzeuger aufgehört hat. Diese Zustandsänderung konnte durch einen mit einer wattmetrischen Schleife bestückten Spiegeloszillographen anschaulich gemacht werden.

Abb. 4 zeigt das Ersatzschaltbild eines durch den Kondensator C kompensierten Motors. Der bei gegebener Spannung unveränderliche Magnetisierungsstrom I_m des Motors kann mehr oder weniger von dem parallelgeschalteten Kondensator bzw. dessen Ladestrom I_c gedeckt werden, so daß vom Netz her nur noch der Restblindstrom I_b zu liefern ist. Dieser ergibt zusammen mit dem der Nutzlast entsprechenden Wirkstrom I_w den auf der Leitung noch verbleibenden Gesamtstrom I' und in Verbindung mit der Betriebsspannung U die zu

liefernde Scheinleistung. Das Verhältnis $\frac{\text{Wirkleistung}}{\text{Scheinleistung}}$ ist der Leistungsfaktor ($\cos \varphi$). Der $\cos \varphi$ des Motors ist bei geringer Belastung niedrig; er steigt bei Vollast je nach der Größe und Bauart der Motoren bis auf etwa 0,85. Das Vektordiagramm in Abb. 4 rechts zeigt den Zusammenhang zwischen dem Aufwand an kapazitivem Blindstrom I_c und damit der Kondensatorblindleistung einerseits und dem durch die Kompensation verbesserten $\cos \varphi'$ andererseits. Einer Hebung des Leistungsfaktors von 0,7 auf 0,95 entspricht demnach ein Rückgang der zuzuführenden Scheinleistung von 100 auf 74%, womit 26% der Kraftwerksscheinleistung für andere Zwecke frei werden. Man erkennt aber auch, daß die weitere Verbesserung des $\cos \varphi'$ von 0,95 auf etwa 1 einen Mehraufwand von 50% der Kondensator-

leistung erfordert (Zunahme des Stromes I_c von 46 auf 69% der Motorscheinleistung), während dem nur ein weiterer Rückgang der Scheinleistung von 74% auf 70% des unkompensierten Betrages, also nur um 5,7% gegenüberstehen würde. Auch diese Zusammenhänge wurden durch den Versuch an einem zweiphasig betriebenen Drehstromkäfigläufermotor erläutert, wobei die Phasenkompensation durch eine mittels Reguliertransformator in weiten Grenzen veränderbare Kapazität eines festen Kondensators vorgenommen wurde.

Der Kondensator arbeitet wie alle Phasenschieber gleichzeitig als Spannungsregler. Mit der durch die Blindstromkompensation verursachten Abnahme des Stromes auf der Leitung ist nämlich naturgemäß ein entsprechend verringerter Spannungsabfall auf der Leitung und damit eine Hebung der Spannung am Leitungsende verbunden. Dieses Verhalten ist für die Spannungshaltung auf der Verbraucherseite insofern von Bedeutung, als das Drehmoment und mit ihm die Leistung der Asynchronmotoren mit absinkender Spannung quadratisch abnimmt.

Besondere Beachtung verdient schließlich noch die Wirkung verzerrter Spannungen auf den Kondensator. Im Gegensatz zur Spule nimmt nämlich der Wechselwiderstand des Kondensators mit zunehmender Frequenz ab. Dies bedeutet, daß eine an einer Kapazität liegende verzerrte Spannung die Oberwellen im Ladestrom verhältnismäßig um so stärker hervortreten läßt, je höher deren Ordnungszahl, d. h. ihre Frequenz ist. Eine wenn auch oft nur in geringem Maße verzerrte Spannung entsteht aber z. B. am Ende einer Leitung sofort dann, wenn dort nichtlineare Verbraucher angeschlossen sind, d. h. solche, die verzerrte Ströme aufnehmen. Dies tun z. B. alle leerlaufenden oder schwach belasteten Transformatoren, sodann Gleichrichterventile aller Art, insbesondere die Stromrichter. Die so verzerrten Ströme verursachen auf der Leitung einen verzerrten Spannungsabfall und damit am Leitungsende eine verzerrte Spannung, auch dann, wenn die Spannung am Leitungsanfang rein sinusförmig, also unverzerrt ist. Wird nun an eine auf diese Weise verzerrte Spannung ein Kondensator gelegt, so weist dessen Ladestrom infolge des erwähnten Frequenzverhaltens des Kondensators noch erheblich stärkere Verzerrungen auf. Dieser stark verzerrte Ladestrom muß aber auf der Speiseleitung zu einer entsprechend ver-

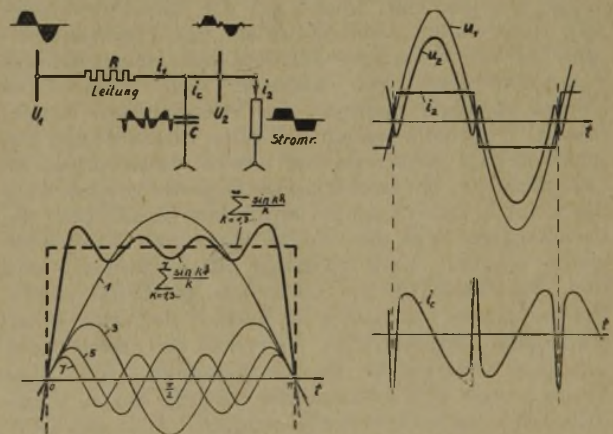


Abb. 5: Entstehung von Verzerrungen

stärkten Verzerrung des Spannungsabfalls und damit auch der Spannung am Leitungsende führen. Dies tritt um so mehr in die Erscheinung, je größer der Ladestrom auf der Leitung im Verhältnis zu dem etwa weniger verzerrten Strom der Hauptverbraucher ist. Auch aus diesem Grunde ist daher von einer zu weit-

gehenden Kompensation abzurufen. Eine solche wird in einfacher Weise durch Verwendung der Stufenkompensation verhindert, bei der die Kondensatorbatterien in einzelnen — etwa 2 bis 4 — Leistungsgruppen zu- bzw. abgeschaltet werden können, zweckmäßig selbsttätig durch eine Relaisautomatik, die in Abhängigkeit von der induktiven Blindlast der Verbraucher arbeitet.

Die hier geschilderten Vorgänge sind in Abb. 5 dargestellt. Oben links stellt die mit U_1 bezeichnete Sammelschiene das Kraftwerk dar, das eine rein sinusförmige Spannung erzeugen möge. An die Leitung, z. B. ein Kabel, sei ein der Einfachheit halber einphasiger Stromrichter angeschlossen. Zur Verringerung der Welligkeit auf der Gleichstromseite befindet sich hier, wie üblich, eine „Kathodendrossel“. Ihre Verwendung erzwingt auf der Gleichstromseite einen nahezu konstanten Strom, dem jedoch zur Herstellung des Amperewindungsgleichgewichts wechselstromseitig eine nahezu trapezförmige bis rechteckige Stromkurve gegenüberstehen muß (s. die Zeichnung oben rechts in Abb. 5). Derartige Kurvenformen enthalten aber in hohem Maße Oberwellen, wie das Bild unten links für die Rechteckkurve zeigt, für die die ersten vier Komponenten (Grundwelle, 3., 5., 7. Oberwelle) eingezeichnet sind. Dem so verzerrten Strom ist nun der Spannungsabfall proportional, wenn sich die Kabelleitung, wie hier angenommen, vorwiegend ohmisch verhält. Zieht man diesen trapezförmigen Spannungsabfall von der sinusförmigen Anfangsspannung u_1 ab, so erhält man die nicht sinusförmige Spannung u_2 am Leitungsende (Abb. 5 oben rechts). Nun ist der Ladestrom i_c im Kondensator seinem Verlauf nach durch die zeitliche Änderung seiner Spannung u_2 gegeben. Die auf diese Weise folgende Kurvenform für i_c zeigt die Zeichnung unten rechts in Abb. 5. Um eine Vorstellung von dem Grad dieser Verzerrungen zu gewinnen, wurde eine Kabelleitung durch eine Drosselspule nachgebildet und an ihrem Ende durch einen Trockengleichrichter mit einem Arbeitswiderstand auf der Gleichstromseite belastet (Abb. 6). Mit Hilfe des Kathodenstrahloszillographen konnten die Ströme und Spannungen an verschiedenen Stellen der Anordnung in ihrem zeitlichen Verlauf sichtbar gemacht werden. So konnte z. B. auch der oben geschilderte Einfluß der Kathodendrossel gezeigt werden. Wurde diese kurzgeschlossen, d. h. unwirksam gemacht, so war der Strom auf der Gleichstromseite sehr stark wellig, während er auf der Wechselstromseite nahezu Sinusform aufwies; bei eingeschalteter Kathodendrossel war dagegen der Gleichstrom nahezu konstant, dagegen der Wechselstrom trapezförmig. Dies hatte wegen des oben geschilderten Zusammenhangs außerordentlich starke Verzerrungen im Ladestrom des am Leitungsende angeschlossenen Kondensators C zur Folge. Ein noch klareres Bild über die Ordnungszahl und die relative Höhe der Oberwellen wurde erhalten, wenn zwischen die Abgriffstelle und den Oszillographen ein Oktavsieb geschaltet wurde. Dieses ließ — wenigstens im Bereich der Oberwellen niedrigerer Ordnungszahl — immer nur jeweils eine bis zwei Oberwellen einzeln passieren. Auf diese Weise wurde eine anschauliche Analyse der zu untersuchenden verzerrten Welle möglich. Auch ein Laut-

sprecher vermochte, wenn auch nur in qualitativer Hinsicht, die einzelnen Komponenten durch immer höher werdende Tonlagen anzuzeigen.

Die Frage der Aufteilung der Kondensatorleistung auf die einzelnen Netzpunkte kann hier nur angedeutet werden. Man hat in dieser Hinsicht zwischen Einzel-, Gruppen- und Zentralkompensation zu unterscheiden. Hier entscheiden neben wirtschaftlichen Gesichtspunkten weitgehend solche betrieblicher Art, insbesondere die Forderung nach einer guten Spannungshaltung. Offenbar läßt sich diese verbessern, wenn die Ursache für die Spannungsabfälle auf den Leitungen, insbesondere der Einfluß ihres induktiven Widerstandes, durch eine richtig verteilte Belastung mit Kondensatoren mehr oder weniger aufgehoben wird. In diesem Falle wird allerdings eine Regelung der Kompensationsleistung in Abhängigkeit von der nutzbaren Durchgangsleistung unumgänglich.

Die Eigenverluste der Kondensatoren liegen außerordentlich niedrig (unterhalb 1% ihrer Blindleistung), ein Umstand, der diesen Geräten weitgehend zu ihrem Vorsprung gegenüber den umlaufenden Phasenschiebern verhilft. Allerdings steigen die Verluste mit der Frequenz, also bei verzerrten Spannungen nicht unerheblich, ein Umstand, auf den mit Rücksicht auf

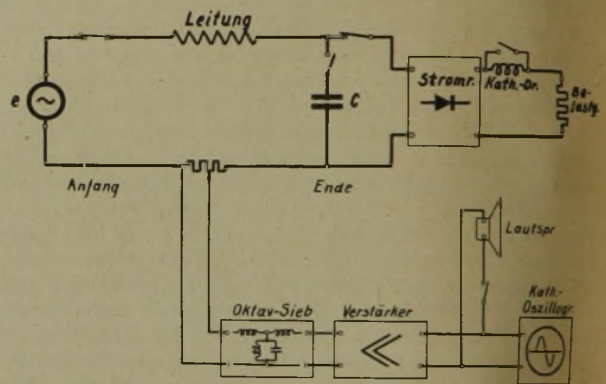


Abb. 6: Versuchsschaltung zu Kurvenverzerrungen

die damit verbundene gesteigerte Verlustwärme und die mit ihr zusammenhängende Spannungsfestigkeit einigermaßen geachtet werden muß. Die zur Entladung nach der Abschaltung dienenden meistens hochohmigen Widerstände, mit denen die Kondensatoren dauernd überbrückt bleiben, beeinflussen die Verluste nur unwesentlich.

Auf die Möglichkeit der Ausbildung von Resonanzerscheinungen, die gegebenenfalls durch das Zusammenwirken der Kondensatoren mit den Induktivitäten des Netzes, insbesondere beim Vorhandensein von Oberwellen in der Spannungs- bzw. Stromkurve zustande kommen können, soll hier nur hingedeutet werden, ebenso wie auf die Mittel, mit denen man diesen Erscheinungen u. U. begegnen kann.

Die technische Entwicklung der neueren Zeit läßt eindeutig erkennen, daß der in der Starkstrom- und Hochspannungstechnik früher mit viel Mißtrauen aufgenommene Kondensator mittlerweile zu einem Anlagebestandteil geworden ist, der ebenso wie etwa der Leistungsschalter das Gesicht unserer Hochspannungsanlagen nicht unwesentlich verändert bzw. bereichert.

BENUTZEN SIE DIE

Bücherei

UND DIE AMTLICHE PATENTSCHRIFTEN-
AUSLEGESTELLE DES HAUSES DER TECHNIK



Streiflichter aus der Arbeit unserer Flugversuchsgruppe

Von Dr. Rudolf Schmidt, Dornier-Werke G. m. b. H., Friedrichshafen (Bodensee)

Nur wenige haben Gelegenheit, unsere Flugversuchsingenieure bei ihrer Arbeit zu beobachten, und nur wenige können sich daher ein richtiges Bild davon machen, wie es in unserer Flugversuchsgruppe zugeht. Als kleiner Teil gehört sie mit zu unserer großen Versuchsabteilung, die mitten im technischen Geschehen und in der technischen Entwicklung unserer Flugzeuge steht. Die Fragen der Festigkeit der Bauteile bei ruhender und wechselnder Beanspruchung, die Arbeitsweise der Triebwerke, Kühler u. ä. werden von besonderen Gruppen der Versuchsabteilung bearbeitet, das Verhalten des Flugzeuges und seiner Teile im Fluge aber von der Flugversuchsgruppe untersucht. Geschwindigkeit, Steigvermögen, Startfähigkeit, Stabilität und Steuerbarkeit sind nur einige wenige Begriffe, die zum täglichen Brot unserer Flugversuchsingenieure gehören. Wie solche Versuche und Messungen durchgeführt werden, welche Vorbereitungen für ihre erfolgreiche und rasche Lösung nötig sind, welcher Kampf hierbei mit den Tücken des Objektes ausgefochten werden muß und welche Menge Arbeit, die dem Außenstehenden unsichtbar bleibt, in den Versuchsergebnissen und -berichten steckt, davon sollen im folgenden unsere Flugversuchsingenieure selbst berichten:

Anruf der Flugleitung 8 Uhr morgens: „Hallo? — Hier Flugversuchsgruppe! Ihre Maschine ist in einer Stunde flugklar zur Steig- und Geschwindigkeitsmessung.“ — „Wir kommen sofort!“ Tags vorher haben Versuchsingenieure und die Mechaniker der Versuchswerkstatt die Vorbereitungen zum Versuchsflug getroffen. Eine besondere Düse mußte zur Staudruckmessung an einem Mast auf dem Dach des Führerraumes angebracht werden, Fahrtschreiber, Höhenschreiber und Aneroid zur Messung des Luftdrucks wurden im Flugzeug so befestigt, daß der Meßbeobachter diese Geräte ablesen und bedienen kann; die Kabeltrommel für das Dornier-Schlepplog ist befestigt, ebenso die Batterie für den Antrieb der Meßgeräte und das Luftthermometer an geeigneter Stelle eingebaut; die Schlauchleitungen von der Düse zu den Meßgeräten mußten verlegt und auf ihre absolute Dichtheit geprüft werden. Was gab es hier bereits alles zu bedenken und zu überlegen, zumal, wenn der Platz beschränkt ist, und das ist im Rumpf eines modernen schnellen Flugzeuges ja gerade keine Ausnahme. Die Flugabteilung hat das Flugzeug noch gewogen, den Ballast verstaut und eisern festgebunden (damit er nicht verrutschen kann), und nun wäre es soweit — d. h. wenn wir Glück haben und Petrus nicht gegen unsere Arbeit Sabotage treibt — Diskussion über Versuchsprogramm und Wetterlage mit dem Versuchspiloten in der Flugleitung. Man beschließt, noch etwas zu warten, bis die Löcher in der Wolkendecke größer geworden sind, denn ohne Erdsicht ist der Flug nicht zu verantworten, starker Höhenwind könnte uns sonst allzuleicht über die Grenzen zu unseren lieben Nachbarn blasen. — Die Startverschiebung wird gern dazu benutzt, nochmals alle Meßgeräte durchzuprüfen, denn — wehe dem armen Versuchsingenieur, dem es passiert, daß ein Meßgerät versagt. Wie ein armer Sünder steht er dann nach dem abgebrochenen Versuchsflug vor der Maschine, die geringschätzenden Blicke des umsonst zum Versuchsflug bemühten Flugkapitäns verraten ihm seine grundsätzliche Unfähigkeit (auch, wenn er nichts dafür kann). Freilich nur allergrößte Gewissenhaftigkeit und Sorgfalt vermögen solche Störungen auf die Fälle höherer Gewalt zu beschränken, und das ist ja heute aus Spar-

samkeitsgründen besonders wichtig, wenn man bedenkt, daß manchmal bei einem Meßflug eine Benzinmenge verbraucht wird, mit der ein mittelgroßer Kraftwagen ein ganzes Jahr auskommt.

Die Sonne ist heute endgültig Sieger geblieben. Flugzeugführer und Versuchsingenieure haben dickes Lederzeug angezogen. Die Kappe ist aufgesetzt, die Sauerstoffmaske angehängt und geprüft und der Fallschirm von hilfsbereiten Händen festgeschnallt worden. Die Ingenieure haben die vorgedruckten Meßprotokollblätter, in welche die von den Meßgeräten angezeigten Werte eingetragen werden, vorbereitet und die Stoppuhren um den Hals gehängt. So stehen sie nun tatendurstig mit dem Piloten vor dem Flugzeug und bemühen sich beim Lärm der eben mit Vollgas abgebremsten Motoren, diesem durch seine mit Watte verstopften Ohren zu erklären, worauf bei der Messung besonders geachtet werden muß. — Festgeschnallt, jeder auf seinem Platz (strenge Vorschrift) wird gestartet, nach Erreichen genügender Höhe werden die Plätze gewechselt zum Meßflug. Das Fahrwerk ist eingezogen, der Pilot stellt den Ladedruck des Motors genau ein, bringt durch „Trimmen“ mit dem Hilfsrudder das Flugzeug in den Gleichgewichtszustand, und dann gibt der Meßbeobachter das Zeichen zum Beginn der Steigflugmessung. Die Stoppuhren werden gedrückt, die Tätigkeit der Ingenieure beginnt. Genau jede Minute werden die Meßgeräte abgelesen und im Protokoll eingetragen, fortwährend muß die Luftschraubensstellung nachgestellt werden, damit die Drehzahl konstant bleibt, fortwährend muß darauf geachtet werden, daß der Ladedruck und der Flugstaudruck die vorgegebene Größe aufweisen und fortwährend müssen die schreibenden Meßgeräte beobachtet werden, ob sie richtig arbeiten. Aus dem Fenster herausgucken und die schöne Alpenwelt bewundern? Dazu bleibt den Meßbeobachtern nur selten Zeit, vielleicht beim Rückflug, wenn die Messung beendet ist. Und dann werden in 4000 Meter Höhe die Sauerstoffmasken angelegt, nur noch mit Zeichensprache ist jetzt eine Verständigung möglich. Immer kälter wird es. Schließlich zeigt das Variometer nur noch $\frac{1}{2}$ Meter pro Sekunde Steiggeschwindigkeit an; die praktische Gipfelhöhe ist damit erreicht, der Steigflug wird abgebrochen. Schnell wird auf eine geringere Höhe heruntergegangen, wo die erste Geschwindigkeitsstufe gemessen werden soll. Das Schlepplog wird unten aus dem Flugzeug an seinem 30 Meter langen Kabel herausgelassen und betriebsfertig gemacht. Der Flugzeugführer hat unterdessen das Flugzeug auf Höchstgeschwindigkeit gebracht, die Messung beginnt. Die Stoppuhren werden wieder gedrückt, alle Meßgeräte abgelesen und im vorgedruckten Protokoll eingetragen. Ein Meßingenieur bedient das Schlepplog, der andere muß alle 10 Sekunden den Staudruckmesser ablesen. Etwa drei Minuten dauert dies, dann kann der Mittelwert aller Ablesungen genau genug als der wirkliche Meßwert gelten. Je sorgfältiger der Flugzeugführer fliegt und je ruhiger das Wetter ist, desto genauer wird die Messung. Dieser Vorgang wird nun in mehreren Stufen, immer etwa 1000 Meter tiefer, wiederholt, da die Fluggeschwindigkeit sehr stark von der Höhe abhängt. Zum Schluß werden durch mehrmaliges Abfliegen einer Stoppstrecke in geringer Höhe mit verschiedenen Geschwindigkeiten die Geschwindigkeitsmeßgeräte geeicht und dann: — „Fahrwerk raus, Landeklappen raus, — schwanzlastiger!“ — Ein sanfter Stoß, wir stehen wieder vor der Halle. Und schon wird der Versuchs-

ingenieur an den Fernsprecher gerufen und von Ungeduldigen nach den Ergebnissen befragt. So schnell geht's nun leider nicht; die Protokolle müssen erst einer gründlichen Behandlung unterworfen werden, bevor die wirklichen Fluggeschwindigkeiten festgestellt werden können. Tabellen mit Zahlen füllen sich unter sachkundigen Händen, aus den Eichkurven der Meßgeräte werden die wahren Meßwerte abgelesen, die Schriebe der Höhen- und Fahrtschreiber müssen ausgewertet werden, die Steiggeschwindigkeiten müssen aus den abgelesenen Werten errechnet werden, und schließlich müssen die Ergebnisse auf den sogenannten „Normaltag“ umgerechnet werden, denn ein Flugzeug hat im Winter andere Flugleistungen als im Sommer, da die Lufttemperatur hierbei eine große Rolle spielt. Eine gewaltige Menge Arbeit wartet auf den Versuchsingenieur, wenn der Meßflug beendet ist. Und zum Schluß werden die Meßergebnisse in Diagrammen aufgetragen, und der Bericht wird geschrieben. Armer Versuchsingenieur, wenn die gemessene Fluggeschwindigkeit etwas geringer ist, als sie vorausgerechnet wurde! Dann bist nur du allein daran schuld. Aber langjährige Erfahrung und sorgfältigstes Arbeiten geben die Gewähr für die Richtigkeit der Meßergebnisse —, sollte nicht auch die Rechnung manchmal etwas unsicher sein? Ein andermal: Vor dem Leitwerk des Flugzeugs soll die Strömungsgeschwindigkeit und die Anströmrichtung gemessen werden. Lange und gründliche Versuchsvorbereitung ist nötig: Zunächst muß am Reißbrett ein großer verspannter Mast konstruiert werden, an dem die einzelnen Meßdüsen befestigt werden können. Die Versuchswerkstatt baut den Mast, befestigt ihn am Flugzeug, legt ein dickes Bündel Rohrleitungen von Meßdüsen durch den Rumpf zu einem Manometerbrett mit vielen Glasrohren vorne im Besatzungsraum. Schließlich steht das Flugzeug mit dem „Weihnachtsbaum“ versuchsklar vor der Halle. Die Meßgeräte sind geeicht worden (teilweise im Windkanal), das Meßprogramm ist vorbereitet, der Versuchspilot über seine Aufgaben unterrichtet. Manchmal wird auch erst ein Probeflug gemacht, um zu prüfen, ob alle Meßgeräte in Ordnung sind und manchmal auch, um erst das Fliegen und Messen in anomalen Fluglagen zu üben. Bei den einzelnen Flug-

zuständen wird das Manometerbrett mit einer Kleinbildkamera von einem Meßingenieur photographiert, weil er nicht gleichzeitig alle 25 Rohre ablesen kann. Zwei Stunden und mehr dauert solch ein Flug, mehrmals muß das Flugzeug auf 4000 Meter Höhe klettern, um dann in wenigen Sekunden steil bis in Bodennähe herabzustürzen, mit größter Konzentration muß diese kurze Zeit zur Messung ausgenutzt werden; fünf solcher Flüge sind nötig, bis das gesamte Feld vor dem Leitwerk vermessen ist, nach jedem Flug wird der Mast mit den Meßdüsen in eine andere Stellung gebracht. Solch umfangreicher Flugversuch kann Wochen, ja Monate, dauern, da nur bestes Flugmeßwetter genaue Ergebnisse erwarten läßt. Dann kommt die Auswertung der Filme. Die Manometer müssen auf den vielen Filmbildern in einem Vergrößerungsgerät abgelesen werden, endlose Tabellen füllen sich mit Zahlen, ganze Blöcke Diagrammpapier werden verbraucht, aber dann liegt eines Tages nach vieler Mühe das Ergebnis vor, das neue, bisher unbekannte Erscheinungen aufdeckt, Wege zeigt, Schwierigkeiten zu beseitigen, zu vermeiden und dem Projektbüro und aerodynamischen Büro beim nächsten Neuentwurf als Ratgeber dient.

Diese kurzen Einblicke in den Flugversuchsbetrieb zeigen schon, daß der Flugversuchsingenieur Konstrukteur und Physiker sein muß, um seine Meßverfahren richtig anwenden, ja, sogar um sich selbst eigene neue Meßgeräte bauen zu können; ferner muß er aber auch Aerodynamik und Flugmechanik beherrschen, damit er nicht nur Vorgänge am Flugzeug konstatieren, sondern auch deuten kann. Und gerade letzteres ist das Entscheidende: Jahre lange Erfahrung und die Kenntnis der Strömungs- und Bewegungsvorgänge am fliegenden Flugzeug in Theorie und Praxis setzen ihn allein in den Stand, eine Flugversuchsaufgabe richtig und erfolgreich anzupacken. Die Feststellung von Flugleistungen und -eigenschaften unserer Flugzeuge ist nur ein Teil seiner Aufgabe, der wichtigere jedoch besteht darin, die Vorgänge zu erforschen und daraus neue Erkenntnisse zu sammeln, um damit seinen Teil zu der großen und schönen Aufgabe beizusteuern, die späteren Flugzeugmuster immer noch schneller und immer noch besser und immer noch sicherer zu machen.

Aus den Vereinen

VDI, Lenne-Bezirksverein

Ingenieur und Kleisenindustrie

Vortrag des Wirtschaftsingenieurs H. Kaeßberg im Lenne-Bezirksverein des VDI in Hagen

Als ich 1913 nach Hagen übersiedelte — ich kam aus dem Maschinenbau —, war ich etwas verwundert über die verhältnismäßig geringe Anzahl von Ingenieuren in der Kleisenindustrie selbst und über deren allgemeine Stellung. Den Bestand des VDI machten hauptsächlich die beamteten Ingenieure, die der großen Werke und einige selbständige Ingenieure aus. Woher kam das? Zwei Gründe erscheinen mir dafür maßgebend:

1. Die Entwicklung der Kleisenindustrie vom Handwerk zur Industrie,
2. der Berufseinsatz von Handwerker, Kaufmann und Ingenieur in der Kleisenindustrie.

Der Unterschied zwischen Handwerk und Industrie ist im wesentlichen ein organisatorischer. Er liegt in der geistigen Vorarbeit technischer Aufgaben und ihrer Durchführung. Entscheidend ist in Abhängigkeit vom Erzeugnis das Prinzip der Arbeitsteilung, nicht die Größe des Betriebes. Tiefgegliederte Betriebe, wie die Erzeugung von Stahl, scheiden natürlich für das Handwerk aus. Der Handwerker fertigt sein Erzeugnis von Anfang bis Ende selbst, z. B. ein

Möbelstück, und verkauft es auch. Der Industriearbeiter hingegen erledigt oft nur einen einzigen Arbeitsgang, z. B. das Stanzen von Laschen bei Fahrradketten. Einkauf, Fertigung und Vertrieb liegen in der Industrie in getrennten Händen. So zersplitterte der ehrsame Handwerkerberuf in eine Reihe Industriearbeiterberufe. Die Arbeit des alten Heugabelschmiedes z. B., der seine Gabel von A bis Z fertigmachte, wurde aufgeteilt in den Stanzer, Recker, Breiter, Bieger, Härter, Schleifer, Einstieler, Packer. Mit solchen grundlegenden Änderungen wurde bekanntlich die soziale Struktur des vergangenen Jahrhunderts stark erschüttert in Verbindung mit der vielfach rein kapitalistischen Ausnutzung der menschlichen Arbeitskraft. Mit dem Nationalsozialismus erst wurde diese üble Entwicklung abgefangen. Trotz seiner etwas starren Organisation zeigt sich der Industriebetrieb oft wendiger als der Handwerksbetrieb, weil er stärker mit dem technischen Fortschritt geht. Der Handwerker hält zu gern fest am alten. — Gewiß! Er hat eine Tradition zu hüten, bei der die Erfahrungen in langer Zeit zusammengetragen wurden und sich Jahrhunderte bewährt haben. Aber jetzt muß er im Industriebetrieb der Kleisenenerzeugung umlernen, seine Erfahrungen dem technischen Fortschritt, technisch-wissenschaftlichen Forderungen preisgeben, denen er fremd gegenübersteht. Deshalb geht die Entwicklung vom Handwerk zur Industrie meist langsam durch Generationen vor sich, wird aber doch erzwungen. Wer nicht mitzieht, ist eben ein Dickkopf, dem

zwar niemand seine Verdienste bestreitet, dem aber eine zukünftige Entwicklung durch seine Haltung abgeschnitten ist. Hier liegt oft die Tragödie zwischen Vater und Sohn gegenüber der Forderung des Tages.

Ständig erleben wir die Entwicklung in der Kleineisenindustrie:

1. Aufbau eines Handwerksbetriebes.
2. Übergangsbetrieb.
3. Reiner Industriebetrieb.

Die Kleinindustrie ist ja gerade der Born, dem immer neue Betriebe entquellen, die dem Selbstständigkeitsdrang tüchtiger Handwerker Gelegenheit geben, sich weiterzubringen. Aus diesem Grund befindet sich aber der Ingenieur in der Kleineisenindustrie in einer besonderen Lage. Die Meisterwirtschaft herrscht in solchen Betrieben lange vor. Das ist selbstverständlich im Handwerksbetrieb, verständlich auch im Übergangsbetrieb, aber auch der Industriebetrieb wird von dieser alten Tradition berührt. So übernimmt man oft im Industriebetrieb die Stellung des Meisters als Vorgesetzter, wie man sie aus dem Handwerksbetrieb kennt, d. h. die volle technische Leitung, während doch die handwerklichen Kenntnisse des Meisters ausgenutzt werden sollten, denn die organisatorischen, technisch-wissenschaftlichen und technisch-wirtschaftlichen Aufgaben sind das Gebiet des Ingenieurs auf Grund seiner Vorbildung, die dem Meister fehlt. Das bedeutet nicht, daß es auch hervorragende Betriebsleiter aus dem Meisterstande gibt. Sie sind vereinzelt, und der VDI erkennt ja auch einen solchen Mann nach seinen Satzungen als Ingenieur an. Er hat sich eben über den Meistertyp autodidaktisch hinausentwickelt.

In vielen Fällen ist aber der Handwerksmeister auch in größeren, wirklichen Industriebetrieben heute noch der einzige technische Berater des meist kaufmännisch geschulten Inhabers, und hier behaupten wir Ingenieure, daß trotz des Wagnerwortes „Verachtet mir die Meister nicht“, der Meister doch oft fehl am Platze ist. Seine eigentlichen Fähigkeiten werden gar nicht mehr ausgenutzt, er wird zu seinem Schaden und dem der Firma falsch eingesetzt. Der Inhaber bekommt oft eine ganz falsche Meinung von technischem Wissen und Können und ist oft mehr gegen als für den notwendigen technischen Fortschritt eingestellt. Es hat sich sogar fälschlicherweise die Meinung unter den Kaufleuten gebildet, daß nur die Praxis schöpferisch sei, und daß der Berufseinsatz des Ingenieurs in vielen Werken der Kleinindustrie eine überzogene Situation sei. Gewiß! In den Handwerksbetrieb paßt der Ingenieur nicht. Anders im Übergangs- und Industriebetrieb. Stellte man aber schon mal einen Ingenieur ein, so nahm man oft unerfahrene Kräfte, die vor allen Dingen nichts kosten sollten. Der erwartete Erfolg trat nicht ein. So brachte man der Mentalität des Ingenieurs oft zu wenig Verständnis entgegen, und so hat der Ingenieur oft nicht die erforderliche Resonanz in der Kleinindustrie gefunden. Sein Aktionsradius und Wirkungsgrad blieben zu klein, und damit fielen Ansehen und Stellung. Der richtige Berufseinsatz des Ingenieurs ist also ein wichtiges Moment in der Kleinindustrie. Man sehe doch, in welcher schwingvoller Weise der Ingenieur im Maschinenbau, in der Elektrotechnik, in der Chemie, im Bauwesen, in der Eisen und Stahl erzeugenden Industrie die technischen und wirtschaftlichen Probleme aufgegriffen und seinen Wirkungskreis stark vertieft und verbreitet hat, ohne den anderen Berufsgruppen, wie dem Kaufmann, dem Juristen, dem Handwerker irgendwie etwas von seiner Bedeutung zu nehmen. Die Kleineisenindustrie — der Name heißt keinesfalls Technik im kleinen — war einst der erste Zweig der gewerblichen Wirtschaft. Sie hat sich lange durch eine gewisse Absonderung vom technisch-wissenschaftlichen Leben auf einer ganzen Reihe von Gebieten ausgezeichnet. Der Lenne-BV. des VDI verfügt über einige Erfahrungen auf diesem Gebiet. Er hat in den langen Jahren seines Bestehens immer begeisterte Ingenieure gehabt, die einmal richtig erkannte Ideen jahrzehntelang propagierten, bis sie endlich Eingang in die Praxis fanden. Mag früher Umsatz an Material (also mehr Handelsgeist als technischer Geist) der Kleineisenindustrie eine gute Existenzgrundlage gegeben haben, so kennzeichnet heute die Verfeinerung der Fabrikation durch geistige Vertiefung der technischen Vorgänge überall den technischen Fortschritt, und diese Entwicklung ist tatsächlich schneller vor sich gegangen, als

man in der Praxis oft wahrhaben will. Der Ingenieur kennt und sieht die Unzahl der wissenschaftlichen Probleme der Technik in der Kleineisenindustrie. Wieviel Fehlschläge sind zu vermeiden, wie viele Kosten können gespart werden, wenn man z. B. die Werkstofffrage, die Arbeitsvorbereitung, die Fertigung nach neuesten technischen, wissenschaftlichen Erkenntnissen beherrscht. Kleineisenindustrie ist ja meist Massenerzeugung und umfaßt die Gebiete von der Nähnadel und dem Hosenknopf bis zur Badewanne und Autoachse. Aber nicht allein nur das reine Fachwissen, wie Gießerei-, Schmiede-, Stanzereitechnik usw., machen den Ingenieur aus, sondern die größeren Linien des technischen Denkens, die Kraft- und Wärmewirtschaft, Betriebswirtschaft, Refa-Gedankengut. Solche Dinge müssen die Stärke des Ingenieurs der Kleineisenindustrie sein. Der Ingenieur der Kleineisenindustrie ist hauptsächlich Betriebsingenieur, bisweilen auch Betriebsführer, denn allmählich haben sich auch mehr Söhne entschlossen, Technik zu studieren, anstatt Kaufmann zu werden. Es ist besser, auf eine technische Grundlage hin die kaufmännischen Kenntnisse zusätzlich zu erwerben als umgekehrt, denn die technische Ausbildung verlangt zeitlich längere Konzentration für rein wissenschaftliche Arbeit; während kaufmännisches Wissen sich leichter in einzelnen Stufen und in der Praxis erwerben läßt. Die Technik aber bleibt nicht stehen. Daher das Bedürfnis des Ingenieurs nach dauernder Fortbildung durch Schriften, Vorträge, persönliche Arbeit. Der Betriebsingenieur muß insbesondere dem Problem: Maschinenarbeit und menschliche Arbeit viel Beachtung schenken. Die Nachwuchsausbildung unseres Berufs in der Praxis ist ebenso wichtig. Die technischen Schulen, auch die Hochschulen, setzen uns nun einmal keine fertigen Menschen und Ingenieure vor. In neuzeitlichen Betrieben muß daher zwangsläufig stets etwas für die Fortbildung des Ingenieurs getan werden. Trotz Spezialisierung muß in der Kleineisenindustrie Fühlung mit allen Grenzgebieten gehalten werden. Der Betriebsingenieur ist außerdem verpflichtet, seine Anordnungen so zu treffen, daß sie nicht nur seiner beziehungsweise einer Abteilung, sondern dem ganzen Werk zugute kommen. Hierzu rechnet auch die Aus- und Weiterbildung der Arbeiterschaft. Der steigende Lebensstandard des deutschen Arbeiters verlangt hochwertigste Arbeiter. Schließlich hebt auch nichts den Kulturstand eines Volkes mehr als eine wohlgedachte vertiefte und verfeinerte Erziehung zu persönlicher Arbeit. Hier ist noch viel zu tun. Eine ausgesprochene Ingenieuraufgabe! Die Ausbildung des Arbeiters ist nicht mit der Berufsschule und der Lehrlingsausbildung zu Ende. Eins ist sicher: Die Kraftquellen der Kleineisenindustrie sind nicht mehr Bodenschätze wie früher, sondern Persönlichkeitswerte, Erfahrung, körperliche Geschicklichkeit, geistige Beweglichkeit, Wissen, charaktervolle Haltung und seelischer Schwung.

Die Kleineisenindustrie ist oft stolz auf ihre Tradition, auf die gewerbliche Erfahrung von Generationen, ihre technisch-wirtschaftlichen Kenntnisse, die ständige Weiterentwicklung der Herstellungsverfahren in bestimmten Unternehmer- und Arbeiterfamilien. Tradition ist aber nicht ein bequemes Gefühl über die Leistungen einer stolzen Vergangenheit, sondern ein Ehrbegriff, eine Verpflichtung zu neuen Taten, damit spätere Generationen ebenfalls einmal stolz auf die Vorfahren blicken können. Nicht nur die Politik, auch die Technik war in vergangenen Zeiten das Schicksal der Kleineisenindustrie. Die Entziehung der Rohstoffgrundlage durch Versiegen der Erzquellen, die Umstellung auf Weiterverarbeitung, die Änderung der Herstellungsverfahren, z. B. vom Schmieden der Eisenstäbe und Bleche auf das Walzen, neue Werkstoffe, verursachten wesentliche Eingriffe in der Struktur der Kleineisenindustrie. Um so eigenartiger ist, daß die Wirksamkeit der Kleineisenindustrie nach außen mehr kaufmännischer als technischer Natur ist. Der Kleinindustrielle treibt gern neben Fabrikation noch Handel. Das ist augenscheinlich noch ein traditionelles Gefühl aus der Zeit, da es noch keine Industrie, sondern nur ein selbständiges Handwerk gab und der Kaufmann, der Kommissionär, der Reidemeister der alten Zeit, die Finanzierung der Erzeugung und den Handel besorgte. Deshalb fanden sich die Industriellen zu Preisverabredungen in Verbänden und zur Produktionsregelung in Kartellen für gleichgeartete Waren leicht zusammen, aber klare technische Quer-

schnitte durch die Kleineisenindustrie, wie die Kaltwalz-, Zieh-, Schmiede-, Gieß-, Stanzertechnik sind erst vor wenigen Jahren durch die Organisation der gewerblichen Wirtschaft im Dritten Reich geschaffen worden. Technische Ausschüsse konnte man überhaupt nicht. Die technischen Fragen der Produktion sind aber ebenso wichtig wie die wirtschaftlichen. Nur eine starke Technik sichert eine starke Wirtschaft im Rahmen der Kleineisenindustrie. Die Führung der Kleineisenindustrie braucht also gleichwertige technische wie kaufmännische Kräfte, nicht aber Unterstellung der Technik unter die Wirtschaft.

Was ist denn Ingenieurarbeit? Sie umfaßt: Forschung, Konstruktion — Fertigung — Betriebswirtschaft — Verwaltung — Vertrieb, zwar ein ganz arbeitsteiliges Schaffen, aber ein zusammenhängendes Gebilde. Diese Arbeit des Menschen — Technik genannt — reicht Jahrtausende in die graue Vorzeit zurück. Ein kleiner Rückblick stärkt unsere Achtung vor uns selbst und den vergangenen deutschen technischen Menschen.

Die Erfindung des Schießpulvers machte den deutschen Büchsenmeister in der ganzen Welt berühmt. Der deutsche Arzt und zugleich Berg- und Hütteningenieur Georg Agricola war mit seinem Buch DE RE METALLICA, das 1556 erschien, jahrhundertlang der Lehrmeister auf diesem Gebiet. Der erste deutsche Ingenieur, der sich selbst so nannte, nachdem man immer vom Baumeister und Kunstmeister und dergleichen sprach, war der Magdeburger Bürgermeister Otto von Guericke in der Zeit des 30jährigen Krieges. Die eigentliche deutsche Technik begann aber erst mit der Inbetriebnahme der ersten in Deutschland konstruierten und gebauten Dampfmaschine in Hettstedt im Jahre 1785 zur Regierungszeit Friedrichs des Großen. Es ging langsam voran; 17 Jahre später, 1802, hatte Deutschland erst 2 Feuermaschinen, England schon 5000 in Betrieb. Man möge daraus erkennen, mit welcher Dynamik der deutsche Ingenieur sich in weiteren 100 Jahren die Spitze erkämpfte. Aber die Technik war zur Zeit der Freiheitskriege noch Geheimnis. Der Ingenieur entwarf und baute seine Maschine noch selbst. Die Pioniere einer kommenden deutschen Industrie traten auf den Plan: Krupp, Dinnendahl, Harkort, meist ohne materiellen Gewinn für sich, nur für die technische Idee eingestellt. Die ersten technischen Schulen, die Gewerbeakademien entstanden, in Berlin durch Beuth, dann Dresden, Chemnitz, Karlsruhe, Darmstadt. 1876 wurde in Berlin die erste technische Hochschule errichtet, aber erst 1919 gelang es um die Jahrhundertwende, die Gleichstellung der technischen Hochschulen mit den Universitäten durchzusetzen. Der Ingenieur wurde, wie es der Ingenieur und Schriftsteller Max Maria von Weber damals klar aussprach, als Handwerker mit wissenschaftlichem Anstrich angesehen, d. h. als damals nicht salonfähig. Aber bald hat der über alle deutsche Kleinstaaterei 1856 hinweggegründete Verein Deutscher Ingenieure seine Wirksamkeit begonnen. Er schuf den Stand der Ingenieure. Er setzte mit Hochdruck die technische Gemeinschaftsarbeit ein. Jede Generation schaffte an ihrer Aufgabe. Und nach dem Weltkrieg, der Inflation, den Wirtschaftskrisen kamen die ersten großen technologischen Aufgaben für Technik und Wirtschaft, die beiden Vierjahrespläne als Aufgabe der heutigen Generation.

Dieser kurze Abriss der Technikgeschichte läßt uns aus der Geschichte erkennen, daß uns in unserer Stellung als Ingenieur nichts geschenkt wurde. Stets aufs neue müssen wir uns dafür einsetzen, daß wir den Stolz eines Standes verkörpern dürfen, der eine hohe Tradition im Dienst am Volk aufweist. Auf jeden fortschrittlich gesinnten Ingenieur stürzt sich die technische Entwicklung mit gewaltigem Nachdruck. Gleichzeitig entwickeln sich aus seiner eigenen schöpferischen Tätigkeit eine Unzahl Probleme, deren Lösung erforderlich ist, zu denen er unter Umständen Richtung, Ziel und Lösung angeben kann, die aber meist, wie alle technisch-

wissenschaftlichen beziehungsweise technisch-wirtschaftlichen Probleme, über die Grenzen des eigenen Betriebes hinweggehen und daher von ihm selbst nicht umfassend geklärt werden können. Die Entwicklung der Technik ist daher heute in erster Linie Gemeinschaftsarbeit. Gemeinschaftsarbeit kommt nur durch Begeisterung zur Sache, Liebe zum Beruf und opferwillige Hingabe zustande. Das nenne ich Ingenieurgeist. Die Erledigung der täglichen Pflichten mag achtungsgebietend sein, mitreißend ist sie nicht.

Warum müssen aber wir Ingenieure denn über die engeren Grenzen unseres Berufslebens hinwegdenken? Der deutsche Ingenieur ist durchaus an wirtschaftliches Denken gewöhnt, an reale Wirklichkeit, aber auch an eine ideale wissenschaftliche Geisteshaltung. Jedoch das Fachwissen allein entscheidet nicht. Je älter wir werden, um so stärker erkennen wir den Wert guter Allgemeinbildung, die die Persönlichkeit ausmacht. Wir sind alle nur ein Glied im Rahmen der deutschen Volkswirtschaft, mit der Pflicht, unseren Wirtschaftszweig auf größte technische Höhe zu entwickeln. Darüber hinaus ist ohne Technik die wirtschaftliche, geistige und kulturelle Entwicklung Deutschlands einfach undenkbar. Die Technik beherrscht die Naturkräfte, besetzt den Stoff mit menschlichem Geist, denn ohne diesen wären die technischen Werke, wie Lokomotiven, Flugzeug, Arbeitsmaschine und Radio ein toter Materialhaufen. Deshalb ist der Widerhall wissenschaftlicher Arbeit in der Praxis dringend notwendig, stärker als heute in der Kleineisenindustrie üblich. Technik ist nun einmal angewandte Wissenschaft. Sie wandelt Erfahrung, die mit ihrem Besitzer stirbt, in bleibende Erkenntnisse um. Das ist auch für die Kleineisenindustrie nicht zu hoch gedacht, sondern sie ist verpflichtet, sich der gebotenen Wissenschaft zu bedienen. Hier hat der wissenschaftlich geschulte Ingenieur stärkstens einzusetzen. Der Ingenieur ist der Mittler zwischen Wissenschaft und Praxis. Das wird oft noch viel zu wenig erkannt und zu wenig, nicht nur im Rahmen der Kleineisenindustrie danach gehandelt, auch seitens der Ingenieure selbst.

Zum Schluß soll auch noch auf eine erfreuliche Entwicklung auf dem Gebiet der Betriebswirtschaft hingewiesen werden. Die neuen gesetzlichen Buchhaltungs- und Kostenrechnungsrichtlinien sind nicht ohne starke Einwirkung des Ingenieurgeistes entstanden. Sie zwingen den Kaufmann, heute auch eine dem Ingenieur verständliche Buchhaltung zu führen, da der Kaufmann sich künftig in ganz anderer Weise wie bisher um betriebliches Geschehen zu kümmern hat infolge der vorgeschriebenen Wertebildung auf kalkulatorischer Grundlage. Dadurch ist eine ganz andere Verbindung zwischen Kaufmann und Ingenieur geschaffen worden zum Wohle beider Berufe.

Ingenieur sein, ist keine Frage des bloßen Erwerbs. Die materielle Frage darf keine Grenze der beruflichen Tätigkeit sein. Wenn schon die Politik vom deutschen Ingenieur mit Recht seine Mitarbeit am deutschen Schicksal fordert, wieviel mehr hat dann der Ingenieur die Pflicht, über den Rahmen seines Amtes oder seiner geschäftlichen Stellung hinaus als Lebensaufgabe, die ihm sein Beruf stellt, am Aufbau der deutschen Technik, zur Sicherung des deutschen Volkes mitzuwirken. Das ist seine politische Zweckbestimmung. Wir stehen in großer Zeit. Der Ingenieurberuf ist eine Berufung zum Gestalten und Führen mit allen anderen Geistesrichtungen des Volkes zusammen. Dazu gehört aber, daß der Ingenieur aus sich bewußt eine schöpferische Persönlichkeit macht.

Berichtigung

Die Fußnote auf Seite 128 in Heft 15/16 muß richtig heißen: Vortrag, gehalten von B. v. Borries im Haus der Technik, Essen, am 24. November 1939.

Inhaltsverzeichnis: Tagung „Werkstoffumstellung im Maschinen- und Apparatebau“, S. 171 / Sonderausstellung „Heimat und Technik“, S. 172 / Dr.-Ing. F. Krisam: „Kreiselpumpen für Dampfkraftwerke“, S. 174 / Dr.-Ing. P. Werners: „Der Starkstromkondensator und seine Betriebseigenschaften“, S. 179 / Dr. R. Schmid: „Streiflichter aus der Arbeit unserer Flugversuchsgruppe“, S. 183 / Ing. H. Kaessberg: „Ingenieur und Kleineisenindustrie“, S. 184

Der heutigen Ausgabe dieser Zeitschrift liegen Prospekte der Firmen F. Klöckner KG., Köln-Bayenthal, und Jos. C. Huber's Verlag, Dissen vor München, bei, auf die wir besonders hinweisen möchten.