

*Podtechnický*

A P R I L • 1 9 2 6



**SIEMENS  
ZEITSCHRIFT**



6. J A H R • H E F T 4

# SIEMENS-ZEITSCHRIFT

APRIL 1926

## I N H A L T

	Seite
Betriebsfragen in Oberflächen-Kondensationsanlagen für Dampfkraftmaschinen. Von Dipl.-Ing. Fr. Gropp . . . . .	169
Ofentransformatoren. Von Carl Albrecht . . . . .	173
Temperaturmessung in Metallschmelzen und Härtebädern. Von Dr.-Ing. Max Moeller . . . . .	177
Die Verwendung der Drehstrom-Kommutatormaschine als Erreger- und Hintermaschine im Walzwerksbetrieb. Von Dipl.-Ing. A. Pagenstecher. (Schluß) . . . . .	180
Röntgenspektroskopie und Nachweis neuer Elemente. Von Dr. O. Berg. (Schluß) . . . . .	187
Stabile Erregermaschinen für weiten Regelbereich. Von Obergeringieur Dr. Fr. Leyerer . . . . .	191
Über die Auswahl von Gasmessern nach dem Differenzdruckprinzip. Von Ing. Th. Vosskämper. (Schluß) . . . . .	198
Erster Gesichtspunkt bei der Bemessung von Fernleitungen mit Höchstspannung. Von Dipl.-Ing. Josef Scherber . . . . .	203

### Kleine Mitteilungen

	Seite
Die Verkaufsniederlage der Abteilung für medizinische Technik des Wiener Werkes . . . . .	205
Elektrizitätswerk Charlottenburg . . . . .	206
Das Fernkabel Brüssel-Aachen . . . . .	207
50 kV-Umspannwerk Sonneberg . . . . .	208
Pupinspulen für Japan . . . . .	208
Eingesandte Bücher . . . . .	210
Verteilungsrahmen für Sockelautomaten S 11 . . . . .	209
Fernkabel Passau-Wien . . . . .	209
Jubiläumsfeier des Hüttentaschenbuches . . . . .	210
Herausgabe eines Werks von Funktionstafeln . . . . .	210

### Bezugs-Bedingungen

Die Zeitschrift erscheint einmal monatlich / Bezugspreis vierteljährlich 3 Goldmark / Bestellungen nimmt jede Postanstalt des Inlandes und der meisten anderen Länder entgegen / Für die Länder, für die der Postbezug nicht in Frage kommt, sind die Bestellungen zu richten an die Schriftleitung der Siemens-Zeitschrift, Berlin-Siemensstadt; der Bezugspreis beträgt dann vierteljährlich 4 Goldmark.

### Anschriften

Sämtliche Zahlungen und Wertbriefe sind zu richten an: Siemens-Schuckertwerke G.m.b.H., Zentral-Verkehrs-Verwaltung / Für Postscheckeinzahlungen ist Konto 1466 Berlin (Siemens-Schuckertwerke G. m. b. H., Zentral-Verkehrs-Verwaltung) zu benutzen / Schecks müssen auf Siemens-Schuckertwerke G. m. b. H., Berlin, ausgestellt sein / Alle den Inhalt und den Versand der Zeitschrift betreffenden Zuschriften sind zu richten an die „Schriftleitung der Siemens-Zeitschrift“, Siemens-Schuckertwerke, Verwaltungsgebäude, Berlin-Siemensstadt.

### Nachdruck

Nachdruck mit genauer Quellenangabe wird gern gestattet, doch ist in jedem Falle vorher die Genehmigung der Schriftleitung einzuholen

# SIEMENS=ZEITSCHRIFT



SIEMENS & HALSKE  
SIEMENS=SCHUCKERT



SCHRIFTFLEITUNG: LITERARISCHES BUREAU DER SIEMENS-SCHUCKERTWERKE

4. HEFT \* BERLIN / APRIL 1926 \* JAHRGANG 6

## Betriebsfragen in Oberflächen-Kondensationsanlagen für Dampfkraftmaschinen

Von Dipl.-Ing. Fr. Gropp, Kraftwerk Moabit.

Will man einen wirtschaftlichen Betrieb seiner Kondensationsanlagen haben, so muß man bestrebt sein, das höchst mögliche Vakuum zu erreichen. Die Grenze, die möglich ist, ergibt die physikalische Eigenschaft des Wasserdampfes sowie die Kühlwassermenge und Kühlwassertemperatur. Es wird oft eine höhere Luftleere (ein kleinerer Kondensatordruck) verlangt, als theoretisch überhaupt erreichbar ist, andererseits findet man auch, daß das Vakuum schlechter ist (hoher Kondensatordruck), als man es auf Grund der örtlichen Verhältnisse tatsächlich erreichen kann. Es wird dann in dem letzten Fall ein unnötiger Mehrverbrauch an Dampf, d. h. Brennstoff, eintreten. Man sollte daher die Betriebsmannschaft in den Stand setzen, die Verschlechterung der Luftleere mit einfachen Hilfsmitteln sofort feststellen zu können, damit der Betriebsmann selbständig die Gründe des Nachlassens des Vakuums beurteilen und dann sofort eingreifen kann.

Die hauptsächlichsten Punkte, die für einen wirtschaftlichen Betrieb von Oberflächen-Kondensationsanlagen in Betracht kommen, und die notwendigsten Meßinstrumente und Kontrollen werden nachstehend angegeben.

Allgemein kann als richtig und vorteilhaft angenommen werden, daß die Dampfturbine und die Gleichstrom-Kolbendampfmaschine ein möglichst hohes Vakuum haben müssen. Kondensatordrücke von 15–30 mm Hg gelten als wirtschaftliche Werte, die erreicht werden müssen. Eine noch höhere Luftleere zu erstreben, bringt bei mancher Dampfturbine keine Verbesserung mehr, weil bei geringer werdendem Druck das spezifische Volumen so ansteigt, daß

die Dampfdurchtritts-Querschnitte der letzten Räder für dies Dampfvolumen zu klein sind, und damit durch den höheren Reibungswiderstand eine Verschlechterung des Turbinenwirkungsgrades eintritt, so daß der Mehraufwand an Antriebsenergie für die Kondensationspumpensätze wieder ausgeglichen wird. Das gleiche kann bei im Querschnitt knapp bemessenem Verbindungstück (Ausdehnungstück oder Wasserstopfbüchse) zwischen Turbine und Kondensator eintreten. Man muß sich aus der Dampftabelle vergegenwärtigen, daß das Dampfvolumen bei 30 mm Hg Kondensatordruck (96 % Vakuum) 34,8 m<sup>3</sup>/kg beträgt und bei 14,5 mm Hg (98 % Vakuum) schon auf das Doppelte steigt. Die normale Wechselstrom-Kolbendampfmaschine ergibt ungünstige Diagramme bei sehr hoher Luftleere, so daß bei dieser Maschinengattung ebenfalls kein wirtschaftlicher Vorteil zu erreichen ist. Meistens verwendet man zum Kondensieren von 1 kg Abdampf 50–60 kg Kühlwasser. Dies ergibt, da man im Mittel etwa 605–610 WE je Kilogramm Abdampf annehmen muß, unter der weiteren Annahme, daß die Temperatur des abfließenden Kondensats 25° C beträgt, eine Erwärmung des Kühlwassers von  $\frac{608-25}{55} = 10,6^\circ \text{C}$ ; da aus

einem vor der Turbine in die Zudampfleitung eingebauten Dampfmesser oder in die Kondensatleitung eingebauten Kondensatmesser die stündliche Dampfmenge feststellbar ist, kann aus der Erwärmung des Kühlwassers die jeweilige Fördermenge der Kühlwasserpumpe für eine normale Betriebskontrolle der Pumpe völlig genau genug ausgerechnet werden:  $\frac{608-25}{10,6} = 55 \text{ kg}$

Wasser je Kilogramm Abdampf. Wenn nun der Kondensatmesser z. B. eine Kondensatwassermenge von 50 t/h anzeigt, so ergibt sich für die Kühlwasserpumpe eine Fördermenge von  $50 \cdot 55 = 2750 \text{ m}^3/\text{h}$ . Die Kühlwassermenge über das 50 bis 60fache der zu kondensierenden Abdampfmenge zu steigern, wirkt normalerweise nicht mehr verbessernd auf den gesamten Dampfverbrauch eines Turbosatzes, weil der größere Kondensations-Eigenbedarf den Gewinn in der Hauptturbine und mehr verbraucht. Außerdem wirken bei Anlagen mit Rückkühlung, von größeren Pumpen abgesehen, auch noch die Kosten für den größeren Kühler selbst sehr erheblich auf die Wirtschaftlichkeit ein. In besonderen Fällen, wo die Wasserförderung und Beschaffung das Primäre der Sache ist — Wasserwerk Tegel benutzt das von der durch eine Dampfturbine angetriebenen Pumpe geförderte Wasser als Kühlwasser, das Wasser erwärmt sich nur um ungefähr  $\frac{1}{2}^\circ \text{C}$  — oder, wo die örtlichen Verhältnisse besonders günstig sind — Flußlauf mit großem Gefälle —, kann eine wesentlich größere Kühlwassermenge noch von Vorteil sein. Rechnet man aber selbst hier das erreichbare Vakuum bei verschiedenen Kühlwassermengen und Kühlwasser-Eintrittstemperaturen nach, so findet man, daß bei niedrigen Kühlwasser-Eintrittstemperaturen ( $0-20^\circ \text{C}$ ) die Steigerung auf über das 80fache fast zwecklos ist. Auch bei höheren Eintrittstemperaturen ist nicht mehr allzuviel zu erreichen, besonders wenn man weiter bedenkt, daß die größeren Wassermengen quadratisch mit der Menge zunehmende Bewegungswiderstände in den Rohrleitungen und dem Kondensator hervorrufen.

Unter der Voraussetzung, daß im Kondensator stets etwas Kondensat vorhanden ist, und weil der Dampf bei einer in Ordnung befindlichen Maschine stets feucht, niemals überhitzt in den Kondensator eintritt, lassen sich auf Grund der Zusammengehörigkeit von Temperatur und Druck des gesättigten oder feuchten Wasserdampfes mehrere Bedingungen für den Oberflächen-Kondensator aufstellen. Weiter setzt sich nach dem Daltonschen Gesetz der Druck im Kondensator aus den Teildrücken des Wasserdampfes und der stets mit vorhandenen Luft zusammen. Zu einer bestimmten Ab-

dampf-temperatur gehört ein bestimmter vom Barometerstand unabhängiger Kondensatordruck.

Die Luftpumpe kann niemals das Vakuum soweit verbessern, daß der Kondensatordruck unter den Teildruck des Wasserdampfes gelangt, da sonst das Kondensat siedet.

Die Absaugung der Luft an einer möglichst hoch unterkühlten Stelle ist unbedingt erforderlich, weil sonst ein Teildruck der Luft, der sich aus der Differenz des Kondensatordruckes und des Teildruckes des Wasserdampfes ergibt, so klein oder gar Null wird, daß die Luftpumpe unter Umständen eine sehr große oder gar eine unendlich große Luftmenge fördern müßte, um die an sich wenigen kg/h absaugen zu können. Der Teildruck des Wasserdampfes ist der Druck, der gemäß der Dampftabelle zur Kondensat-temperatur gehört.

Die Kühlwasser-Austrittstemperatur bzw. die Kondensattemperatur hängen mit dem theoretisch erreichbaren Vakuum zusammen. Niemals kann der Kondensatordruck bei einem in Betrieb befindlichen Kondensator unter den Druck sinken, der gemäß der Dampftabelle zur Kondensat- oder Kühlwasser-Austrittstemperatur gehört. Und zwar bestimmt die höhere der beiden Temperaturen das theoretisch erreichbare Vakuum.

Im praktischen Betrieb findet man normal ein Vakuum, das 1% unter dem theoretisch erreichbaren liegt. Zwischen Abdampf-temperatur (Dampf-temperatur im Abdampf-stutzen) und Kühlwasser-Austrittstemperatur ist ein Unterschied, und zwar ist die erste um  $2-3^\circ \text{C}$  höher, ebenso ist die Kühlwasser-Austrittstemperatur um ungefähr denselben Betrag höher als die Kondensattemperatur. Diese Unterschiede rufen die vorerwähnten 1% hervor. Aus verschiedenen Ursachen kann der Kondensatordruck ansteigen.

Zur einfacheren Erläuterung ein Zahlenbeispiel: Die Kühlwasser-Austrittstemperatur betrage  $28^\circ \text{C}$ , die Kondensattemperatur  $25^\circ$ , so ist nach den vorhergegangenen Ausführungen der erreichbare Kondensatordruck gemäß der Dampftabelle  $28,3 \text{ mm Hg}$ , d. h. bei einem Barometerstand von  $760 \text{ mm Hg}$  beträgt das Vakuum  $760 - 28,3 = 731,7 \text{ mm Hg}$ , in Prozenten ausgedrückt  $\frac{731,7}{760} \cdot 100 = 96,2$  und in  $\text{kg/cm}^2$   $\frac{28,3}{735,6} = 0,0385$ .

Beträgt die Kondensattemperatur unter sonst gleichen Verhältnissen  $35^{\circ}\text{C}$ , so kann man nur ein Vakuum von  $760 - 42,2 = 717,8$  mm Hg, in Prozenten 94,5 erreichen.

Wenn ein derartiges Ansteigen unter gleichen früheren Kühlwasserverhältnissen eintritt, so ist dies für einen Oberflächen-Kondensator die typische Erscheinung der Rohrverschmutzung. Entweder hat sich im Dampfraum, also außen um die Rohre herum, Kesselstein abgesetzt, oder häufiger und besonders in solchen Anlagen, die schlammhaltiges, oft noch mit feinen Moderteilchen versetztes Kühlwasser oder sehr hartes warmes Wasser (Kühltürme) haben, haben sich die Rohrwände innen verschmutzt oder versteint.

Andererseits kommt es auch vor, daß die Kondensattemperatur stark fällt, die Abdampf-temperatur aber angestiegen ist, die Kühlwasser-Austrittstemperatur ihren alten Wert behalten und das Vakuum sich erheblich verschlechtert hat. Dieser Zustand weist stets darauf hin, daß die Luftpumpe nicht in Ordnung ist oder daß an den unter Luftleere stehenden Teilen (Luftleitungen, Kondensator selbst, Stopfbuchse) starke Undichtheiten zu suchen sind.

Wenn Kondensat- und Kühlwasser-Austritts-temperatur gleichzeitig ansteigen, ohne daß hierzu der Grund in einer veränderten höheren Kühlwasser-Zulauf-temperatur zu suchen ist, oder wenn der Kondensator durch zuviel Abdampf überlastet wird, wodurch wiederum das Vakuum fällt (der Kondensatordruck steigt) und fallen muß gemäß der vorher angegebenen Zusammenhänge, so ist nunmehr die Ursache: die Leistung der Kühlwasserpumpe ist zurückgegangen infolge von Undichtheiten an der Saugleitung, Verschmutzung des Pumpeninneren oder des Saugkorbes, Abnutzung der Wellenstopfbüchsen, wodurch Luft eindringt, Abnutzung des Pumpenkreisels oder der Leitkanäle, Abfallen des Saugwasserspiegels, unzulässige Drosselung des Kühlwassers in der Druckleitung, Eindringen von Luft in die Saugseite der Pumpe durch die oft angewandte Lagerkühlwasser-Rückführung, Abfallen der Pumpendrehzahl usw.

Alle aufgeführten Mängel wirken sich natürlich besonders bei vollbelastetem Kondensator aus, man merkt kaum eine Vakuumverschlechterung bei wenig belasteten Dampfturbinen,

wenn man, wie es häufig geschieht, mit einer zwischen Vollast und Leerlauf gleichen, für Vollast reichenden Kühlwassermenge fährt. Schon um Kondensations-Antriebsenergie zu sparen, sollte man, da, wie schon erwähnt, eine Erhöhung der Kühlwassermenge über das 70–80fache keinen Nutzen mehr bringt, die Wassermenge nach der Maschinenbelastung, d. h. nach der zu kondensierenden Dampfmenge, wenigstens in großen Stufen regeln. Wenn man aber plötzlich den Kondensator höher beanspruchen muß, so tritt sofort, wenn einer oder mehrere der angeführten Fehler da sind, die Vakuumverschlechterung ein.

Die Instrumente, die jede Oberflächen-Kondensationsanlage wenigstens zur Beurteilung des Betriebes haben soll, ergeben sich aus dem Vorhergegangenen.

Es sind: Ein Quecksilberbarometer-Vakuummeter, d. h. eine Vakuummeter- und Barometersäule mit einem verstellbaren Schieber, dessen Nullmarke auf den jeweiligen Barometerstand eingestellt wird, so daß man an der Millimetereinteilung des Schiebers die Größe des Kondensatordruckes in mm Hg direkt ablesen kann. Ein Federvakuummeter und ein Barometer zu benutzen, ist erstens unpraktisch, da man den Kondensatordruck nicht direkt nach Einstellung des Schiebers auf die Nullmarke ablesen kann, besonders, weil ein Federvakuummeter sehr ungenau ist, kann man dieses Instrument nur für Betriebsbeobachtungen, nicht aber für eine Betriebsbeurteilung benutzen. Beim Anschluß eines Quecksilber-Vakuummeters soll man ein gutes, nahtloses Rohr benutzen, das, nachdem es entsprechend verlegt ist, genau auf Dichtheit geprüft ist; außerdem soll die Rohrleitung keinen zu engen Querschnitt und keine Wassersäcke haben, endlich muß ein Gefälle zum Kondensator hin über die ganze Leitungslänge vorhanden sein. Denn geringe Undichtheiten und Wassermengen in der Leitung können ein völlig falsches Bild ergeben. Ist die Leitung zwischen Kondensator und Quecksilberbarometer-Vakuummeter unsachgemäß verlegt, so ist je nach Rohrlänge ein so großer Meßfehler vorhanden, daß man ein um 1 bis 2 % scheinbar schlechteres Vakuum ermittelt.

Zur weiteren Überwachung gehört in die Abdampfstützen ein genau zeigendes Thermometer, mit dem man ebenfalls das Vakuum fest-



Bild 1. Millivoltmeter von S & H mit Temperatur- und Druckskala.

Seite nach °C einteilen, die andere Seite gleich in kg/cm<sup>2</sup> oder mm Hg. Da sich Temperaturen sehr bequem auf elektrischem Wege messen lassen, kann das Millivoltmeter bzw. Ampere-meter gleich eine kg/cm<sup>2</sup>- oder mm Hg-Skala erhalten (Bild 1).

Luftabsaugleitung, Kühlwasserein- und -ausstritt sowie Kondensat müssen ebenfalls Thermometer haben.

Der Saug- und Druckhals der Kühlwasserpumpen muß mit je einem Mano-Vakuummeter versehen sein.

Bei Anlagen, die unter schlammhaltigem Kühlwasser zu leiden haben, macht sich eine häufige Reinigung der Kondensatoren notwendig. Nicht selten findet man in solchen Fällen, daß eine Reinigung schon nach nur 50 bis 200 Betriebsstunden erforderlich ist. Das Abnehmen der Kondensatordeckel und Durchbürsten der oft mehr als 6000 Rohre in der meist in der Nachtzeit liegenden Betriebspause erfordert viel Personal und Zeit, ist aber andererseits wegen des bei schmutzig werdendem Kondensator sehr schnell ansteigenden Kondensatordruckes unbedingt erforderlich. Eine Vakuumverschlechterung um 5 % ist keine Seltenheit. In neuerer Zeit hat man wiederholt

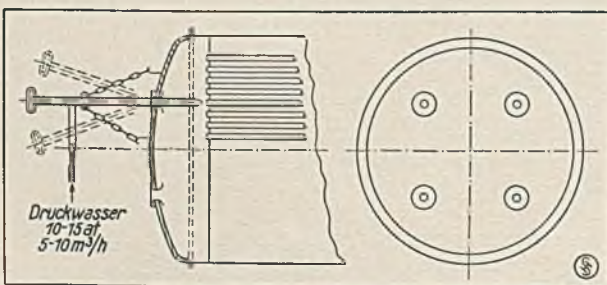


Bild 2. Kondensatorrohr-Spritzvorrichtung, schematische Darstellung.

mit Erfolg versucht, das Losnehmen der Kondensatordeckel und Durchbürsten sowie Spülen der Rohre durch eine Kondensatorrohr-Spritzvor-

stellen kann, da der zu der Temperatur gehörige Dampfdruck der Kondensatordruck ist. Man kann die Skala des Thermometers auf der einen

richtung zuersetzen. Auf einem der beiden Kondensatordeckel werden je nach Größe des Kondensators mehrere Gelenk-Spritzspeerdurchführungen angebracht, so daß ein Bestreichen von annähernd 100 % aller Rohre erreicht wird (Bild 2). Vielfach ist in den Vereinigten Staaten das Schießen der Rohre in Gebrauch; hier muß man allerdings mindestens die Mannlochdeckel abnehmen, d. h. die Anlage muß außer Betrieb gesetzt werden, während beim Spritzen mit dem Speer das Stillsetzen der Turbine nicht nötig ist. Das Schießen geschieht mit Preßluft und Gummipfropfen (Bild 3). Ein Pfropfen wird in das Kondensatorrohr gesteckt und durch Ansetzen einer Preßluftpistole durch Luftüberdruck hindurchgetrieben. Die Reinigungszeit soll beim Schießen im Gegensatz zum Bürsten mit der Hälfte Personal in der halben Zeit möglich sein. Ob das Schießen bei klebrigem, schleimigem Schlamm den gleichen Reinigungserfolg bringt wie Bürsten, Spülen und Spritzen, bleibt für alle vier ange-deuteten Reinigungsarten abzu-warten. Der Ein-bau einer Kühl-wasserreinigung wird stets bei Wasser mit gro-ßen und feinen Verunreinigungen notwendig bzw. zweckmä-ßig sein, selbst ein Sieb-Band-rechen kann aber das Bürsten oder Spritzen der Rohre niemals ganz unnötig machen, sondern wird höchstens die Betriebsperiode verlängern.

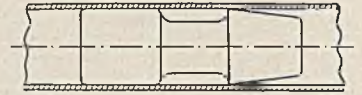


Bild 3. Gummipfropfen zum „Schießen“ der Rohre, schematische Darstellung.

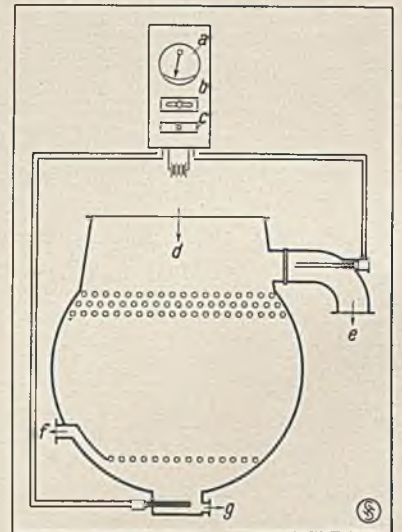


Bild 4. Schematische Darstellung einer elektrischen Anzeigevorrichtung, die dazu dient, festzustellen, ob eine Vakuumverschlechterung durch Undichtigkeit oder Verschmutzung der Rohre hervorgerufen ist.

- a = Anzeigeelement
- b = Regelwiderstand
- c = Kippschalter für Prüfer u. Messer
- d = Abdampf
- e = Warmwasser
- f = Luft
- g = Kondensat

Besonders in Werken, die sehr schmutziges Kühlwasser haben, wird meistens bei jeder Vakuumverschlechterung dies sofort auf einen schmutzigen Kondensator geschoben, ohne daß man zunächst daran denkt, ob nicht vielleicht auch die Ursache in anderen Gründen zu suchen ist. Z. B. sind Undichtheiten der unter Luftleere stehenden Teile keine der seltensten Fehler an einer Anlage. Hier bewährt sich auf Grund der Tatsache: Kondensattemperatur wesentlich ( $5 - 15^{\circ} \text{C}$ ) kleiner als Kühlwasser-Austrittstemperatur = Undichtheit, dagegen Kondensat-

temperatur größer (bis  $20^{\circ} \text{C}$ ) als Kühlwasser-Austrittstemperatur = Verschmutzung, ein elektrisches Meßgerät, bei dem der Zeiger des Instrumentes bei einer in Ordnung befindlichen Anlage ungefähr auf 0 steht, bei Undichtheit, z. B. bis auf  $15^{\circ}$  nach links, bei Verschmutzung bis auf  $20^{\circ}$  nach rechts ausschlägt (Bild 4). Diese Meßvorrichtung kann also sehr wirksam den Betriebsmann unterstützen, der unter Umständen eine Kondensatorrohrreinigung vornehmen läßt, obwohl der Grund der Vakuumverschlechterung gar nicht in der Verschmutzung zu suchen ist.

## Ofentransformatoren

Von Carl Albrecht, Transformatorenwerk der SSW, Nürnberg.

### Einleitung.

Der elektrische Lichtbogenofen hat in den letzten Jahren dauernd an Bedeutung gewonnen, und es werden elektrische Öfen in stetig wachsender Anzahl sowohl in der chemischen wie auch in der metallurgischen Industrie aufgestellt. Für solche Öfen werden sehr hohe Stromstärken bei niedrigen Spannungen benötigt; deshalb ist auch das Bedürfnis nach Transformatoren, die Hochspannung auf niedrige Spannungen und hohe Stromstärken transformieren, sehr groß geworden.

Im Nachfolgenden soll dargelegt werden, welche Anforderungen der Ofenbetrieb an solche Transformatoren stellt und wie die von den Siemens-Schuckertwerken gebauten Transformatoren für Betrieb von Schmelzöfen den Anforderungen genügen.

Während bei Beginn der Entwicklung für Schmelzöfen Trockentransformatoren mit forcierter Luftkühlung verlangt und geliefert wurden, sind später auch die guten Erfahrungen, die überall mit Öltransformatoren gemacht worden sind, auf Transformatoren für Schmelzwecke übernommen, so daß jetzt hauptsächlich Öltransformatoren für diese schweren Betriebe vorgeschlagen und geliefert werden.

Die Trockentransformatoren haben den Vorzug, daß sie, abgesehen von der Ersparnis des Öles, keinen Kessel benötigen und damit auch die Schwierigkeiten, die sich beim Durchführen der Starkstromableitung durch den Kesseldeckel ergeben, fortfallen. Diesen Vorteilen stehen aber Nachteile gegenüber, wenn nämlich die

zur Kühlung der Trockentransformatoren verwendete Luft unsauber und feucht ist. Gerade in solchen Betrieben, wo mit Öfen gearbeitet wird (Karbidgefabriken und Hütten), ist die Luft meistens sehr schmutzig, dann wird der Staub in die Transformatoren geblasen, was zur baldigen Zerstörung der Isolation und unter Umständen zur Verstopfung der Kühlkanäle führt, welche Gefahr weiter erhöht wird, wenn die Luft dazu noch feucht ist. Durch Luftfilteranlagen kann wohl eine Verbesserung erzielt werden, wirtschaftlich ist es jedoch, einen Öltransformator zu wählen, weil die Anschaffungs- und Betriebskosten von Trockentransformator und Luftfilter größer sind als die Kosten eines Öltransformators. Auch die Lebensdauer der Öltransformatoren ist wesentlich länger als die der Trockentransformatoren. Gegen schweren Betrieb sind die Öltransformatoren weniger empfindlich, und sie können längere Überlastungen eher aushalten als Trockentransformatoren. Die Praxis verwendet demnach jetzt meistens Öltransformatoren. Die früheren elektrischen und mechanischen Schwierigkeiten der Herausführung der Starkstromableitungen sind von den Siemens-Schuckertwerken vollständig überwunden. Die Abdichtung der Durchführungen der Starkstromableitungen bei Transformatoren mit Öltransformator, wo also das Öl im Kessel unter Druck steht, ist vollständig öldicht.

Außer den hohen Stromstärken bei verhältnismäßig niedriger Spannung wird für Ofentransformatoren in den meisten Fällen auch noch weitgehende Regelfähigkeit dieser Spannung

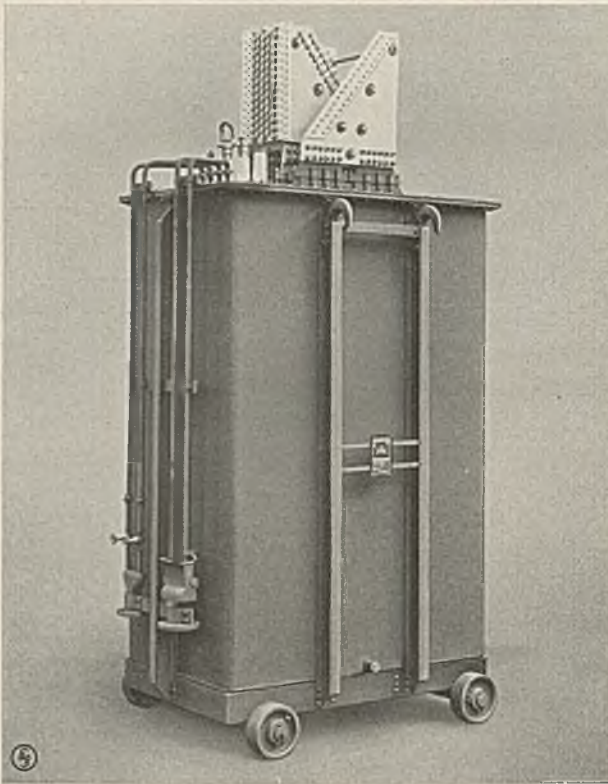


Bild 1. Einphasen-Mantel-Öltransformator mit Wasserkühlung durch innenliegende Kühlschlange, 2000 kVA, 5000/71-65 V, 50 Per, 25 800 A.

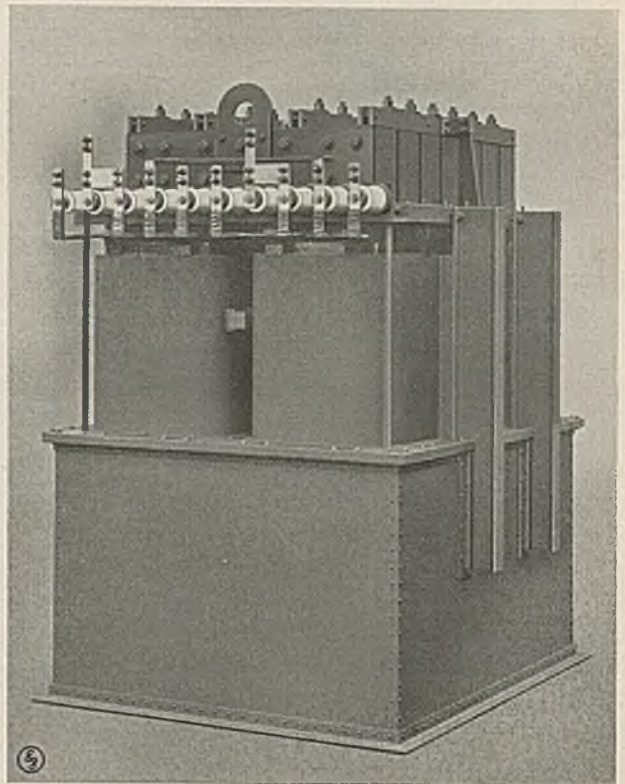


Bild 2. Einphasen-Kern-Trockentransformator für forcierte Luftkühlung durch Ventilator, 4150 kVA, 6200/160-145 V, 50 Per, 25 700 A.

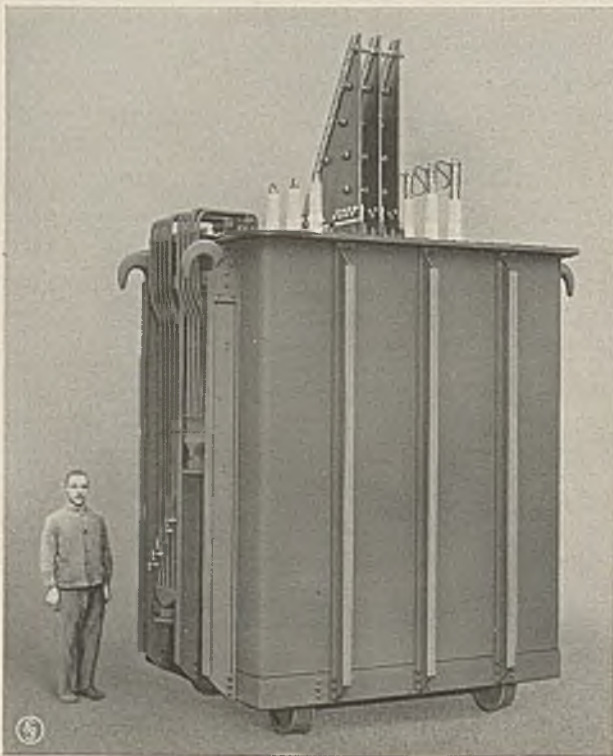


Bild 3. Drehstrom-Mantel-Öltransformator für Ofenzwecke mit Wasserkühlung durch Innenschlange, 6500 kVA, 50 Per, 25 000/135-105 V, 28 100 A.

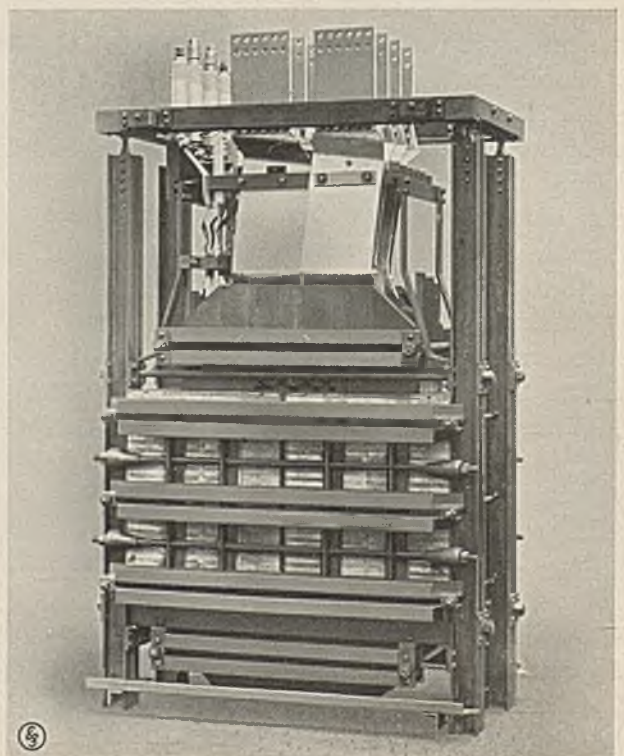


Bild 4. Einphasen-Mantel-Öltransformator für Ofenzwecke, Transformator ohne Kessel, 2000 kVA, 50 Per, 5000/71-65 V, 28 700 A.



verlangt, wobei die Kurzschlußsicherheit der Transformatoren nicht beeinträchtigt werden darf, vielmehr muß der Kurzschlußsicherheit wegen der im Ofenbetrieb häufig vorkommenden Kurzschlüsse in erhöhtem Maße Rechnung getragen und überhaupt auf weitestgehende Betriebssicherheit der größte Wert gelegt werden, um alle Störungen im Ofenbetrieb zu vermeiden.

Im allgemeinen, besonders bei nicht zu großen Leistungen bzw. Stromstärken, bauen die Siemens-Schuckertwerke die Ofentransformatoren als Manteltype (Bild 1), da diese verschiedene für den Ofentransformator erwünschte Vorteile hat. Wenn jedoch die Stromstärken so groß sind, daß die Herausführung der Sekundärableitungen sich konstruktiv günstiger ausbilden läßt, so ist unter Umständen sowohl für Öltransformatoren als auch für Trockentransformatoren die Kerntype vorzuziehen (Bild 2), und zwar wegen der einfacheren Anordnung der meist aus einer Windung je Schenkel bestehenden Starkstromwicklung und der damit auch einfacheren Herausführung der Starkstromableitungen.

#### Manteltransformatoren.

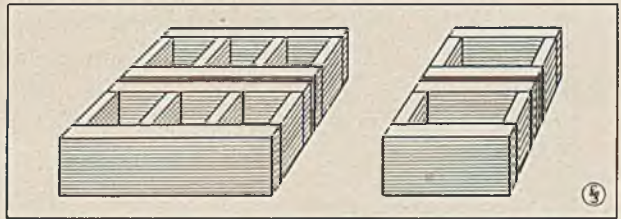
Die Manteltype weicht als Ofentransformator in dem allgemeinen Aufbau von dem normalen Manteltransformator, wie ihn die Siemens-Schuckertwerke bauen, nicht wesentlich ab. Der Aufbau und damit auch die Montage der Manteltransformatoren ist denkbar einfach (Bild 3).

#### Blechkörper.

Die Anordnung der Blechkörper ist aus Bild 5 zu ersehen.

Die Blechkörper sind aus hochlegierten Transformatorblechen von 0,3 mm Stärke zusammengesetzt, die in der üblichen Weise auf einer Seite mit Papier beklebt sind. Große Sorgfalt wird auf die Auswahl der Bleche verwendet und besonders darauf geachtet, daß nur Bleche verarbeitet werden, bei denen im Laufe des Betriebes keine Erhöhung der Verluste auftritt.

Der wirksame Eisenkörper wird vollständig aus stumpf gestoßenen Blechkörpern zusammengesetzt und durch eine sehr kräftige Spannkonstruktion zusammengehalten. Durch Lösen der Verspannung ist der ganze Apparat leicht zu demontieren. Die Spannkonstruktion ist in Bild 4 wiedergegeben.



Drehstrommodell.

Einphasenmodell.

Bild 5. Anordnung der Blechkörper.

Der Eisenkörper ist von entsprechend angeordneten, reichlich bemessenen Ölkanälen durchsetzt, durch die das Öl umläuft, in dieser Weise für ausgiebige Kühlung und Abführung der Verlustwärme aus dem Eisenblechkörper sorgend.

#### Hochspannungswicklung.

Die Hochspannungswicklung ist als Schablonenwicklung ausgeführt und aus flachen Spulen mit nur einer Windung je Lage zusammengesetzt. Diese Scheibenwicklungen sind erfahrungsgemäß in bezug auf Wanderwellen sicherer als Röhrenwicklungen, und zwar wegen der größeren Kapazität der Scheibenwicklungen. Die Isolation der Windungen besteht aus Papier und Baumwolle. Besondere Sorgfalt wird auf die Isolierung der Eingangsspulen verwendet, weil diese den höchsten Beanspruchungen ausgesetzt sind.

Zur Erzielung geringer Streuung und genügender Sicherheit gegen Überspannungen ist die Wicklung reichlich unterteilt.

Die einzelnen Spulengruppen sind durch oben und unten weit vorstehende Preßspannwände und durch Ölkanäle voneinander getrennt. Die Anzahl der Ölkanäle, welche die volle Breitseite der Spule einnehmen,

ist so groß gewählt, daß jede Spule mindestens auf einer Seite direkt vom Öl bestrichen wird. Wärmestauung durch starke Isolationsschichten

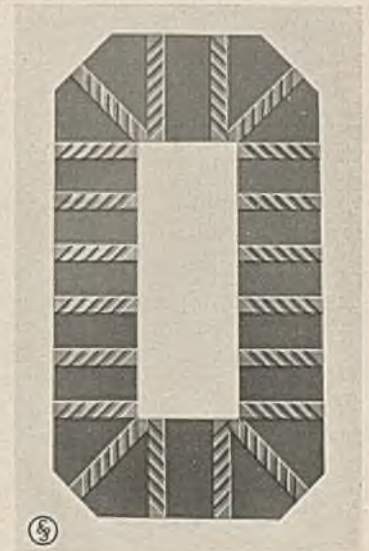


Bild 6. Preßspannscheibe mit darauf befestigten Kanalleisten aus Hartholz, mit eingefrästen Rinnen für den Ölumlaufl.

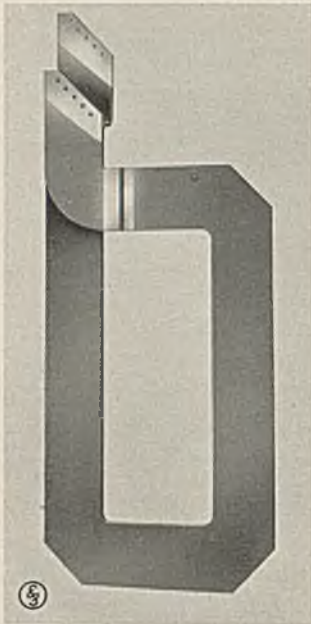


Bild 7. Blechspule für einen Manteltransformator für Ofenzwecke. Die Spule ist aus einer massiven Blechtafel herausgeschnitten.

len, sogenannten Blechspulen (Bild 7). Jede Spule bildet eine Windung und wird aus einer entsprechenden großen Kupfertafel herausgeschnitten. Diese Spulen sind sehr stabil, was für die Kurzschlußfestigkeit sehr von Vorteil ist. Die Anordnung der Spulen in axialer Richtung ist so gewählt, daß auch bei den massiven Blechspulen die Wirbelstromverluste und damit die lokalen Erhitzungen nicht zu groß werden.

Zur Sicherung gegen die bei Kurzschlüssen auftretenden Kräfte wird die Wicklung nach allen Seiten fest verspannt, sowohl innerhalb des ummantelten Teiles als auch die hervorstehenden Spulenköpfe. Ebenso sind auch die von der Wicklung zu den Ausführungsklemmen laufenden Leitungen mechanisch gut untereinander versteift.

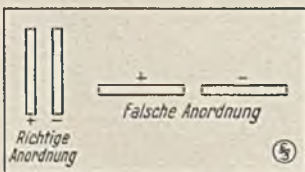


Bild 8. Anordnung der Hochstromableitungen.

ausführungen werden stets so gelegt, daß die Streuung zwischen den stromführenden Schienen verschiedener Phasen bzw. den Eingängen und

und damit verbundene starke Erwärmung einzelner Stellen der Wicklung tritt infolgedessen nirgends auf.

Die Ölkanäle liegen in der Richtung des natürlichen, durch die Erwärmung des Öles entstehenden Ölumlaufer (Bild 6). Die Hochspannungsklemmen der Transformatoren sind Porzellanklemmen mit Kupferbolzen.

#### Die Hochstromwicklung.

Die Unterspannungswicklung besteht aus blanken, massiven Kupferspu-

len, sogenannten Blechspulen (Bild 7). Jede Spule bildet eine Windung und wird aus einer entsprechenden großen Kupfertafel herausgeschnitten. Diese Spulen sind sehr stabil, was für die Kurzschlußfestigkeit sehr von Vorteil ist. Die Anordnung der Spulen in axialer Richtung ist so gewählt, daß auch bei den massiven Blechspulen die Wirbelstromverluste und damit die lokalen Erhitzungen nicht zu groß werden.

#### Die Hochstromableitungen.

Die Ableitungen der Blechspulen bzw. die Hochstrom-

Enden der Phasen möglichst klein ist, d. h. die Kupferschienen sind mit den Flachseiten nebeneinander gelegt und nicht mit den Stirnseiten, was falsch wäre (Bild 8).

Wenn die Kupferquerschnitte für eine Phase zu groß werden, so daß der Querschnitt unterteilt werden muß, so sind die Kupferschienen so nebeneinander zu legen, daß Hin- und Rückleitungen abwechselnd möglichst dicht nebeneinander liegen, wobei die Stärke der einzelnen Kupferschienen so gewählt ist, daß Zusatzverluste nicht auftreten (Bild 9).

Wenn mehrere Leiter durch einen geschlossenen Eisenring geführt werden, so muß, wenn dieser Eisenring nicht unterbrochen werden kann, die Anordnung so getroffen werden, daß die Summe der Ströme innerhalb dieses Eisenrings gleich Null ist. Bei Drehstromtransformatoren ist es manchmal zweckmäßig, Anfang und Ende jeder Phase durch den Deckel des Transformators und weiter bis zum Ofen zu führen und erst am Ofen die Phasen zu schalten. Es kann hierdurch der induktive Spannungsabfall verringert werden, wobei jedoch die höheren Kupferverluste durch die doppelte Leitung in Kauf genommen werden müssen. Die Verringerung des induktiven Spannungsabfalls ist besonders dann von Wichtigkeit, wenn die Transformatoren weit von den Öfen stehen, weil durch die langen Kupferleitungen zum Ofen die induktiven Verluste der gesamten Ofenanlage sehr ungünstig werden. Der induktive Spannungsabfall wird bei der vorher genannten Anordnung der Hin- und Rückleitungen zum Ofen auch in den drei Phasen gleichmäßiger, weil durch die Hin- und Rückleitung der Ströme der Einfluß der sich um die hohen Ströme bildenden magnetischen Felder fast aufgehoben wird und auch die Stromverteilung auf die drei Elektroden im Ofen gleichmäßiger wird.

Bei Verlegung der Starkstromleitungen im Transformator und vom Transformator zum Ofen muß auch auf die Erzielung gleich langer Stromwege in den großen Kupferquerschnitten geachtet werden, d. h. die Kupferlängen müssen auf der ganzen Kupferbreite

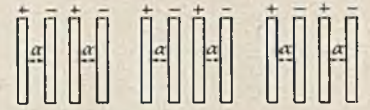


Bild 9. Schema der Leitungsführungen von zwei Hin- und Rückleitungen bei drei Phasen.

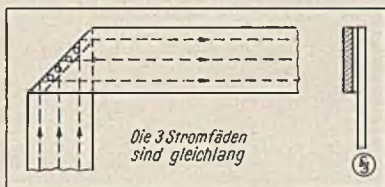


Bild 10.

die gleichen sein, damit sich nicht wegen des kürzeren Stromweges an einer Stelle, also wegen des geringeren Widerstandes in

diesem Stromfaden, der Strom auf diesen kürzeren Weg drängt und so das Kupfer ungleichmäßig und stellenweise zu stark erhitzt. Muß zum

Beispiel eine breite Kupferschiene hochkant abgebogen werden, so geschieht dies bei den Transformatoren der SSW stets auf die in nebenstehender Skizze (Bild 10)

angegebene Weise. Es wäre falsch, wenn etwa das Kupfer ohne weiteres abgebogen würde, wie in Bild 11 angegeben. (Schluß folgt.)

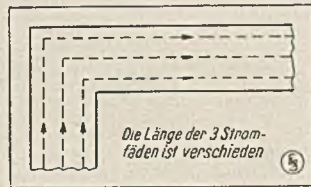


Bild 11.

## Temperaturmessung in Metallschmelzen und Härtebädern

Von Dr.-Ing. Max Moeller, Meßinstrumenten-Abteilung der Siemens & Halske A.-G.

### 1. Anwendungsgebiete und Schwierigkeiten der Temperaturmessung in Metallschmelzen.

Die Aufgabe, die Temperatur von geschmolzenen Metallen zu messen, liegt in der Technik, vor allem in Metallwerken bei der Herstellung der reinen Metalle oder von Legierungen, ferner in Gießereien, endlich beim Härten von Metallen in Bädern, sehr häufig vor. Das hohe Wärmeleitvermögen und die große Wärmeübergangszahl der geschmolzenen Metalle haben für die Temperaturbestimmung den Vorteil, daß man schon mit kleinen Eintauchtiefen des zu verwendenden Thermometers auskommen kann, ohne Fehler infolge Wärmeableitung durch die Armatur befürchten zu müssen. Dagegen ist die Auswahl des zu verwendenden Schutzrohres schwierig. Keramische Schutzrohre springen sehr leicht infolge des schroffen Temperaturwechsels beim Eintauchen und kommen praktisch nur selten in Betracht. Metallschutzrohre müssen sorgfältig ausgewählt werden, da sie sonst leicht mit der umgebenden Schmelze eine Legierung eingehen und hierdurch raschem Verschleiß unterliegen. In manchen Fällen, besonders in geschmolzenem Eisen, ist eine Dauermessung überhaupt nicht möglich.

### 2. Eintauchpyrometer für kurzzeitige Messungen in Metallschmelzen.

Für kurzzeitige Messungen stellt die S. & H. A.-G. ein besonderes Eintauchpyrometer (Bild 1) her, bei dem ein Schutzrohr überhaupt nicht verwendet ist. Das Pyrometer hat ein besonderes Anschlußstück, in das zwei Thermolement-

drähte, z. B. Eisen und Konstantan, von 4—5 mm Stärke und 40 cm Länge eingeschraubt werden können. Beim Eintauchen in das Metallbad bildet dieses an Stelle einer unmittelbaren Verlötung oder Verschweißung der Drähte die leitende Verbindung für das Thermolement. Von dem Anschlußstück führen im Schaft des Pyrometers Drähte gleichen Materials zum Handgriff, und dort stellt ein durch Metallschlauch geschütztes 2 m langes Anschlußkabel die Verbindung mit dem Anzeigeelement her, das in Temperaturgraden geeicht ist. Als solches benutzt man, wenn das Pyrometer an einer Reihe von Tiegeln usw. benutzt werden



Bild 1. Eintauchpyrometer.

soll, ein flaches tragbares Meßgerät (Bild 2) mit bequem ablesbarer Kreisprofilskala, das umgehängt werden kann. Soll dagegen das Pyrometer



Bild 2. Tragbares Anzeigegerät zum Eintauchpyrometer.

stets nur zu Messungen an einem oder zwei benachbarten Tiegeln, Pfannen oder dergleichen benutzt werden, bringt man zweckmäßig in deren Nähe nach Bild 3 ein festes Anzeigeinstrument an und hängt das Pyrometer, wenn es nicht gebraucht wird, in eine an der Wand befestigte Gabel.

Da die Drähte leicht auszuwechseln sind, bedeutet auch eine unter Umständen rasche Abnutzung keinen nennenswerten Nachteil. Führt die Schmelze, was besonders bei Messungen in Aluminium manchmal vorkommt, zu einer starken Oxydation der Drahtoberfläche, so empfiehlt es sich allerdings zur Vermeidung von Übergangswiderständen und dadurch verursachten Meßfehlern, die Drähte an ihrem freien Ende zu verschweißen, wodurch die Ausnutzbarkeit der Drähte vermindert wird. Als thermoelektrisches Material kommt Eisen-Konstantan in Zink, Zinn, Blei, Aluminium, Lagermetall und anderen Legierungen der niedrig schmelzenden Metalle in Betracht, dagegen Nickel-



Bild 3. Fest eingebautes Anzeigegerät zum Eintauchpyrometer.

chrom in Kupfer, Messing, Bronze und dergleichen. Bei der Messung in diesen Metallen ist zu beachten, daß sie, falls das Nieder-

schmelzen in gas- oder kohlegefeuerten Öfen erfolgt, nur außerhalb dieser Öfen und nicht etwa, solange der Tiegel sich auf dem Feuer befindet, vorgenommen werden darf, da sonst Anschlußkopf und Schaft des Pyrometers sehr rascher Abnutzung durch die Flammeneinwirkung ausgesetzt sind. Auch muß das Pyrometer, wenn der Endausschlag erreicht ist, sofort aus dem Bad herausgezogen werden. Die gemessene Temperatur ist, was bei der Bauart des Pyrometers selbstverständlich ist, stets die Oberflächentemperatur des Metallbades, die jedoch in den meisten Fällen wegen der guten Temperaturverteilung in derartigen Bädern von der Innentemperatur nicht wesentlich abweicht.

### 3. Eintauchpyrometer für Dauer-messungen.

Bei dauerndem Einbau von Pyrometern ist die Verwendung von Schutzrohren notwendig. Für Zink, Zinn oder Bleischmelzen oder für die Schmelzen von Legierungen dieser Metalle verwendet die S. & H. A. G. bis zu Temperaturen von etwa 700° Eisengußrohre mit etwa 10mm Wandstärke (Bild 4); die Gußhaut muß unverletzt sein, da gerade sie eine besondere Schutzwirkung gegen den Angriff des Metalls ausübt. Man kann in ein solches Gußrohr bis zu Temperaturen von 500° ein Kupferrohrkonstantanelement (Bild 5) einbringen. Bei diesen Elementen übt der äußere Kupfermantel eine gute Schutzwirkung gegenüber den Metalldämpfen über dem Bad aus. Für höhere Temperaturen empfiehlt es sich, ein besonderes Winkelpyrometer (Bild 6) mit Eisen-Konstantanthermoelement in Eisengußrohr und normalem, außerhalb des Bades gelegenen Anschlußkopf zu verwenden. Die Länge der beiden Schenkel beträgt je 500 mm. An Stelle der Eisengußrohre benutzt man in Bleihärtebädern von mehr als 700° zweckmäßigerweise Nickelchromeisenschutzrohre besonderer Zusammensetzung, die ebenfalls von Siemens & Halske geliefert werden und dem geschmolzenen Blei gegenüber eine

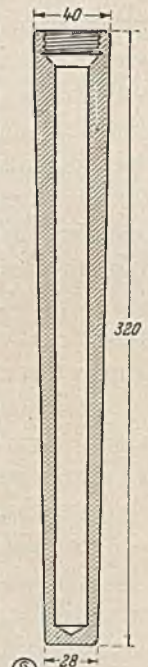


Bild 4. Eisengußrohr für dauernden Einbau von Pyrometern.

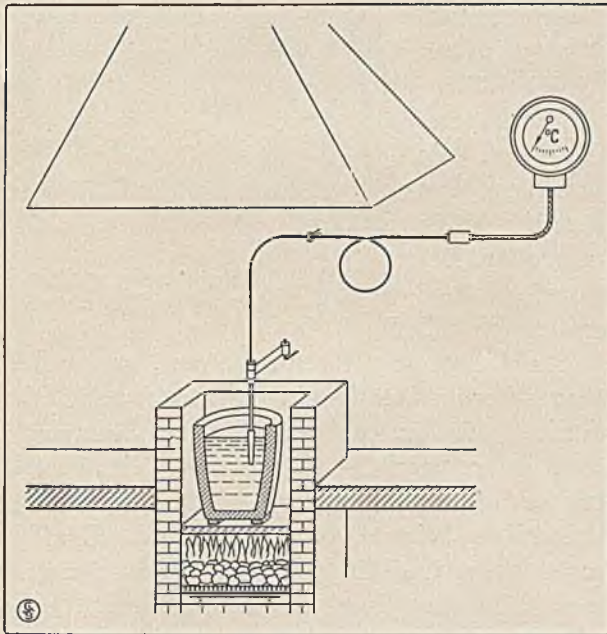


Bild 5. Einbau eines Thermoelements mit Eisenschutzrohr.

hohe Lebensdauer besitzen. Von nichtmetallischen Schutzrohren kommen lediglich Silittrohre in Betracht.

Dauernde Temperaturmessungen in Schmelzen von Aluminium, Kupfer, Messing und Bronze bieten praktisch sehr große Schwierigkeiten. Metalle oder Legierungen, die sich mit diesen Schmelzen nicht legieren, gibt es nicht. Gegenüber Kupfer und seinen Legierungen halten nur Eisenchromrohre einige Stunden. In Aluminium weisen Silittschutzrohre eine gewisse Haltbarkeit auf. Es empfiehlt sich in diesen Fällen, auf die Dauermessung zu verzichten zugunsten einer Messung mit dem unter 1 genannten Eintauchpyrometer und u. U. mit fest eingebautem Anzeigegerät nach Bild 3. Besonders in Aluminiumgiebereien hat sich diese sehr zweckmäßige Anordnung neuerdings mit bestem Erfolge eingeführt.

#### 4. Strahlungs-pyrometer für Metallschmelzen.

Die Verwendung von Strahlungs-pyrometern (Glühfadenpyrometer für kurzzeitige, Ardometern für Dauermessungen) an Stelle von Thermo-Elementen ist bei Metallschmelzen wegen der starken Oxydierung und Verschlackung der anzuvisierenden Badoberfläche trotz des Vorteils, daß man hier angreifbare Teile nicht in das Bad hineinbringen muß, nur in besonderen Fällen zu empfehlen. Es ist meist nicht möglich,

in solchen Fällen mit einem bestimmten Emissionsvermögen zu rechnen. Für

Aluminiumschmelzen ist von M. Moeller und H. Miething<sup>1)</sup> gezeigt worden, daß zwar eine kurzzeitige Messung mit dem

Glühfadenpyrometer unter gewissen Bedingungen durchführbar ist, praktisch aber keine Vorteile vor dem Eintauchpyrometer hat und daher nicht empfohlen werden kann. Dagegen ist für die Temperaturmessung am flüssigen Eisen, wenn man hierzu den ausfließenden Strahl benutzt, lediglich das Siemens-Glühfadenpyrometer anwendbar. Bild 7 zeigt die praktische Ausführung der Messung, Bild 8 die Berichtigungswerte, die bei der Ablesung berücksichtigt werden müssen, um dem Emissionsvermögen der Oberfläche des Strahles Rechnung zu tragen. Hierbei gilt Kurve A für den Fall, daß man die dunklen Stellen des Strahles anvisiert, bei denen es sich um die Oberfläche

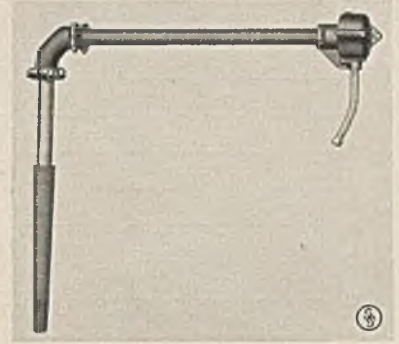


Bild 6. Winkelpyrometer für dauernden Einbau.

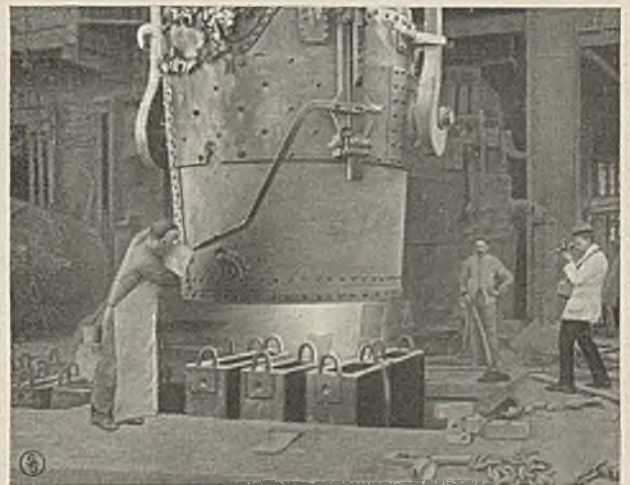


Bild 7. Temperaturmessung von flüssigem Eisen mit Glühfadenpyrometer.

des reinen nicht oxydierten Eisens handelt; Kurve B gilt dagegen für das Anvisieren der

<sup>1)</sup> M. Moeller und H. Miething, Gießerei-Zeitung 21, 444 (1924).

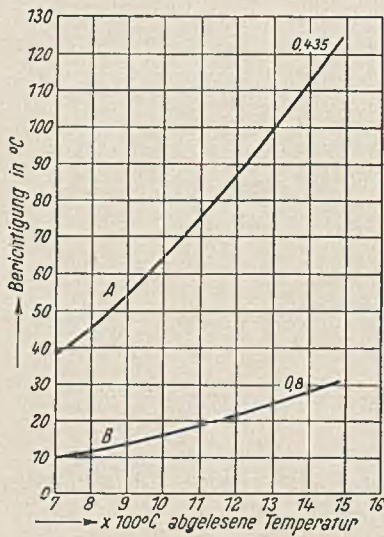


Bild 8. Kurven der Berichtigungswerte für die Temperaturangaben des Glühfadenpyrometers.  
A: am blanken Eisen.  
B: am oxydierten festen Eisen.

hellen Stellen, die aus Schlackenhäuten bestehen; wie man erkennt, haben diese nahezu das Emissionsvermögen des schwarzen Körpers, so daß die Berichtigungen sehr klein sind (Fry)<sup>1)</sup>. Die Unterscheidung dieser Oberflächenpartien und das Anvisieren der Schlackenteile ist allerdings nicht immer praktisch ausführbar, z. B.

5. Temperaturmessung in Salzbadern.

Die Temperaturmessung in Salzbadern von Härteöfen ist bei der großen Bedeutung, die dem genauen Einhalten der Härtetemperaturen zukommt, von außerordentlicher Wichtigkeit. Aber auch hier erfordert die Auswahl des Schutzrohrmaterials wegen der starken chemischen Einwirkung der hochehitzen Salze — man verwendet bekanntlich Nitrate, Chloride und Cyanide der Alkalien und Erdalkalien — reiche Erfahrung. Eintauchpyrometer nach Bild 1 sind natürlich, da es sich bei den Salzschnmelzen um schwach leitende Elektrolyten handelt, nicht anwendbar. Für Temperaturen bis 1100° ge-

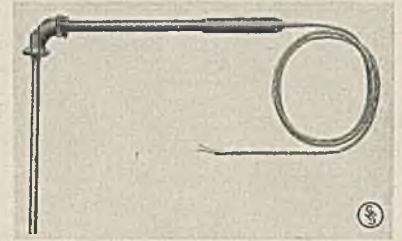


Bild 9. Winkelpyrometer mit Handgriff für kurzzeitige Messungen.

braucht man zu Dauermessungen zweckmäßigerweise Winkelpyrometer nach Bild 6 mit Nickelchromschutzrohr und Nickel-Nickelchrom-Thermoelement. Für kurzzeitige Messungen bedient man sich des Winkelpyrometers mit Handgriff (Bild 9), das für Temperaturen bis 1100° mit Nickel-Nickelchrom-Thermoelement, für Temperaturen bis 1300° mit Platin-Platinrhodium-Thermoelement benutzt wird. Im letzten Falle befindet sich im Scheitelstück des Winkels ein Klemmleistenanschluß, durch den das im senkrechten Schenkel befindliche Plantinelement an die durch den wagerechten Schenkel geführte Kompensationsleitung angeschlossen wird, so daß das hochwertige Element nur eine Länge von 50 cm hat. Als Schutzrohr dient ein gezogenes Nickelchromrohr von 2 mm Wandstärke.

nicht bei Bestimmung der Abstichttemperaturen von Siemens-Martin-Öfen. Genaue Angaben über die Temperaturmessung am flüssigen Eisen mit Hilfe des Glühfadenpyrometers findet man u. a., abgesehen von der bereits genannten Arbeit von Fry, in einem Bericht von C. Popp<sup>2)</sup> und einer Mitteilung des Wärmelaboratoriums der S. & H. A.-G.<sup>3)</sup>.

Die Anwendung des Ardometers für Dauermessungen am flüssigen Eisen kommt, abgesehen von der Unsicherheit über die anzubringenden Berichtigungen, schon deshalb nicht in Betracht, weil lediglich der ausfließende Strahl anvisiert werden kann, der im Fernrohr ein zu kleines Bild erzeugt.

<sup>1)</sup> A. Fry, Kruppsche Monatshefte, Oktober 1924; Stahl und Eisen 44, 1398, 1483 (1924).  
<sup>2)</sup> C. Popp, Mitteilung Nr. 46 des Werkstoffausschusses des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute (1924).  
<sup>3)</sup> M. Moeller, H. Miething und H. Schmick, Zeitschrift für technische Physik 6, 644 (1925).

## Die Verwendung der Drehstrom-Kommutatormaschine als Erreger- und Hintermaschine im Walzwerksbetrieb

Von Dipl.-Ing. A. Pagenstecher, Abteilung Industrie der SSW.

(Schluß.)

Bei allen Antrieben, die mit Schwungmassen zum Ausgleich von Belastungstößen versehen sind, ist es notwendig, die Antriebsmotoren derart auszubilden, daß sie bei Belastung in der Drehzahl abfallen, um die in den Schwung-

massen aufgespeicherte Energie zu entladen. Bei Drehstromantrieb wird hierfür in den Läuferstromkreis ein fester oder mit der Belastung selbsttätig geänderter Widerstand geschaltet. Dieser Widerstand ist nun bei Anwendung einer

Erregermaschine von erheblicher Bedeutung, da deren Spannung beeinflußt ist durch den Widerstand, durch den sie den Magnetisierungstrom treiben muß. Wird also beispielsweise ein Vollslattschlupf von 10% vorgesehen gegenüber etwa 1,5% natürlichem Schlupf des Motors, so muß, da der Widerstand des Läuferkreises auf etwa das  $6\frac{1}{2}$  fache steigt, auch die Spannung der Erregermaschine und damit diese selbst  $6\frac{1}{2}$  mal so groß werden wie bei natürlichem Schlupf des Motors. Infolgedessen ist die in Bild 9 dargestellte Erregermaschine, obwohl der Motor nur 700 kW hat, größer als die in Bild 8 für einen 2200 kW-Motor, da der 700 kW-Motor mit einem zusätzlichen Schlupf fährt, während der andere nur natürlichen Schlupf hat. Bei größeren Schlupfwerten wird bei solchen Antrieben, die viel Leerlauf haben, die Verwendung der Drehstromerregermaschine in manchen Fällen nicht mehr wirtschaftlich.

Bild 13 läßt erkennen, welchen Einfluß die Erregermaschine bei Schlupf auf die Läuferkreisverluste hat. Es ist hierbei ein Leerlaufbedarf von 20% der normalen Leistung eingesetzt worden, wie er bei Walzenstraßen häufig auftritt. In solchen Fällen, in denen bei Verwendung von Schlupfwiderständen und durch die Erregermaschine erhöhtem Läuferstrom zu hohe Verluste im Schlupfwiderstand auftreten, kann die Drehstrom-Kommutatormaschine nicht mehr als reine Erregermaschine verwendet werden, sondern es ist in solchen Fällen zweckmäßiger, auch die Drehzahlbeeinflussung durch sie vorzunehmen.

II. Verwendung als Hintermaschine zur Beeinflussung der Drehzahl.

Soll ein Asynchronmotor in seiner Drehzahl beeinflußt werden, so muß er gezwungen werden, an seinen Schleifringen eine bestimmte Spannung zu entwickeln, deren Größe von der Stillstandspannung und der verlangten Drehzahl abhängt. Unter Stillstandspannung ist diejenige Spannung zu verstehen, die an den offenen Schleifringen des stillstehenden Motors bei eingeschaltetem Ständer auftreten würde. Hieraus ergibt sich, daß durch Einschalten eines festen Widerstandes in den Läuferstromkreis eine bestimmte Drehzahl nicht eingestellt werden kann. Da die vom Widerstand verbrauchte Spannung vom jeweili-

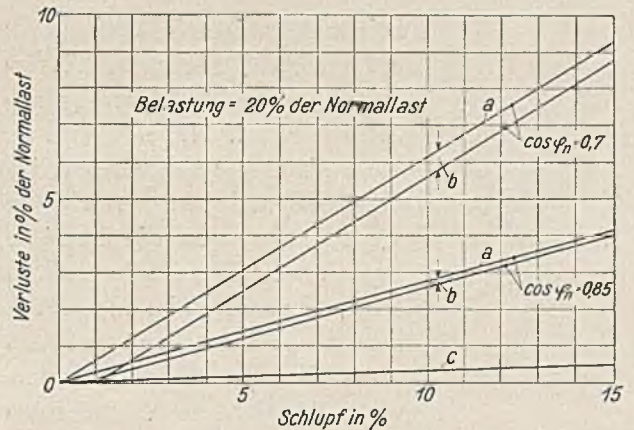


Bild 13. Zusätzliche Verluste bei Verwendung von Erregermaschinen und Schlupfwiderstand.

- a = Läuferverluste mit Erreger.
- b = Verringerung der Ständerverluste.
- c = Läuferverluste ohne Erreger.

gen Läuferstrom abhängt, so ändert sich die Drehzahl mit dem Läuferstrom, also mit der Belastung. Bei Verwendung von Hintermaschinen aber kann der Drehstrommotor zur Hervorbringung einer bestimmten Spannung an den Schleifringen gezwungen werden, die unabhängig von der Belastung ist; es lassen sich also bestimmte Drehzahlen einstellen.

Die läufererregte kompensierte Drehstromhintermaschine ist zur Drehzahlbeeinflussung sehr geeignet, da sie eine sehr genaue, feinstufige Regelung bei hohem Wirkungsgrad ergibt. Sie unterscheidet sich in ihrem äußeren Aufbau nicht von der bisher beschriebenen fremderregten Drehstromerregermaschine, in ihrer Wirkungsweise nur dadurch, daß die Spannung der Erregermaschine senkrecht zur Läuferspannung, die Spannung der Hintermaschine zur Drehzahlbeeinflussung dagegen in Richtung der Läuferspannung liegt. Ist sie der Läuferspannung entgegen gerichtet, so muß sie von dieser überwunden werden. Der Motor muß also in seiner Drehzahl soweit von der synchronen abfallen, bis die Läuferspannung die der Hintermaschine überwiegt. In dieser Hinsicht unterscheidet sich die Drehstromhintermaschine nicht von der im Gleichstromregelsatz verwendeten Gleichstromhintermaschine. Während jedoch bei dem Gleichstromregelsatz die höchste Drehzahl etwa 6—8% unter der synchronen liegt, da andernfalls der Einankerumformer, der den Läuferstrom in Gleichstrom umformt, außer Tritt fallen würde, ist die Drehstromhintermaschine



Bild 14. Spannungen der Kommutatorhintermaschine bei verschiedenen Drehzahlen.

CA = Magnetisierungs-komponente.  
 AB(1-9) = Drehzahl-komponente.  
 CB(1-9) = Spannung der Hintermaschine.

keiner derartigen Beschränkung unterworfen, da ihr der Läuferstrom ohne Veränderung zugeführt wird. Ihre Spannung kann nicht nur ohne Schwierigkeit bis auf Null verringert werden, wodurch die normale asynchrone Drehzahl erreicht wird, sondern es ist auch möglich, durch Umkehr ihrer Spannung die synchrone und darüber hinaus auch übersynchrone Drehzahl zu erreichen.

Diese Eigenschaft bedeutet eine erhebliche wirtschaftliche Überlegenheit der LK-Hintermaschine, da sie bei über- und untersynchroner Regelung nur für eine Regelleistung gebaut zu werden braucht, die halb so groß ist wie die der Gleichstromhintermaschine des Gleichstromregelsatzes. Es wird also beispielsweise, um eine Drehzahlregelung von etwa 20% zu erreichen, die Hintermaschine für  $\pm 10\%$  Regelung

stromregelsatz ist, so wird die erstere auch im Wirkungsgrad überlegen, wobei noch hinzukommt, daß bei ihr die günstigsten Werte bei den am häufigsten gebrauchten mittleren Drehzahlen liegen.

In ähnlicher Weise wie bei dem Gleichstromregelsatz ist es auch bei der LK-Hintermaschine möglich, der die Drehzahl regelnden Spannung noch eine auf ihr senkrecht stehende Komponente zur Erzeugung des Magnetisierungstromes hinzuzufügen und damit einen Leistungsfaktor = 1 für den Vordermotor zu erreichen. Bild 14 zeigt, wie sich die Drehzahl- und die Magnetisierungskomponente in verschiedenen Fällen zusammensetzen. Es ergibt sich, daß die Spannung bei Änderung der Drehzahl sowohl ihrer Größe als auch der Richtung nach geändert werden muß. Bei der LK-Hintermaschine wird diese Änderung durch eine entsprechende Änderung der Erregerspannung erreicht, wodurch wieder im Gegensatz zu anderweitig bekannt gewordenen Anordnungen vollkommene Unabhängigkeit von dem jeweiligen Belastungszustand erreicht wird. Auch der Durchgang durch den Synchronismus vollzieht sich infolge der vom Läuferstrom unabhängigen Läufererregung vollkommen stoß- und pendelfrei und bedarf dazu keiner Hilfsmaschinen oder besonderer Zusatzapparate.

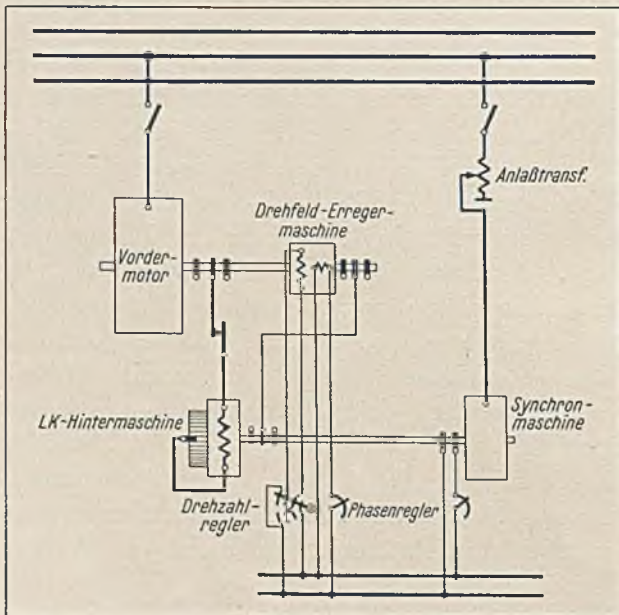


Bild 15. Schaltung des elektrisch gekuppelten LK-Regelsatzes für unter- und übersynchrone Regelung.

vorgesehen. Da ferner die Energieumsetzung bei der LK-Hintermaschine nur eine einmalige gegenüber einer zweifachen bei dem Gleich-

stromregelsatzes für unter- und übersynchronen Betrieb wiedergegeben. Gegenüber dem Motor mit LK-Erregermaschine (Bild 5) besteht nur insofern ein Unterschied, als dem Läufer der Kommutatormaschine keine konstante Erregung von einem Transformator, sondern eine veränderliche Erregung von einem Erregerumformer zugeführt wird. Der Erregerumformer besteht aus einem Synchronmotor für Selbstanlauf, der unmittelbar oder auch über einen Transformator am Netz liegt, und dem Erregergenerator, der durch zwei Gleichstromwicklungen erregt wird, deren Felder aufeinander senkrecht stehen. Die eine Erregerwicklung gibt die Drehzahl, die andere die den Leistungsfaktor beeinflussende Komponente der Erregerspannung.

Die Energieumsetzung beim LK-Regelsatz geschieht derart, daß bei übersynchronem Lauf die Hintermaschine mechanisch angetrieben wird und als Generator elektrische Energie an den Läufer der Vordermaschine abgibt, während untersynchron



die Hintermaschine als Motor läuft, elektrische Energie aus dem Läufer der Vordermaschine aufnimmt und mechanische Energie abgibt. Die Energieumsetzung kann sowohl an der Welle des Vordermotors vor sich gehen als auch mit Hilfe einer Synchron- oder Asynchronmaschine, die am Netz liegt. Im ersten Falle erhält man den mechanisch gekuppelten, im zweiten den elektrisch gekuppelten Regelsatz.

Bild 16 zeigt die Anordnung eines elektrisch gekuppelten LK-Regelsatzes. Hierbei ist die Hintermaschine mit einer am Netz liegenden Synchronmaschine gekuppelt, die bei übersynchronem Lauf des Vordermotors als Motor, bei untersynchronem als Generator arbeitet. Der Erregergenerator wird dabei mit dem Hauptmotor gekuppelt. Es haben also beim elektrisch gekuppelten LK-Regelsatz Kollektormaschine und Erregergenerator ihre Plätze, die sie beim mechanisch gekuppelten innehatten, vertauscht. Doch wird beim elektrisch gekuppelten Regelsatz die Synchronmaschine stets größer ausfallen, da sie die gesamte Schlupfenergie umformen muß, während sie beim mechanisch gekuppelten nur die Erregerenergie hergeben muß.

Infolge der doppelten Energieumsetzung bei dem elektrisch gekuppelten Regelsatz muß bei sonst gleichen Bedingungen der Wirkungsgrad stets etwas schlechter ausfallen als bei dem mechanisch gekuppelten mit nur einfacher Energieumsetzung. Infolge Rückgabe der Schlupfenergie an die Welle hat der mechanisch gekuppelte Regelsatz bei konstanter Leistungsaufnahme auch konstante Leistung, also steigendes Drehmoment mit fallender Drehzahl, während der elektrisch gekuppelte infolge Rückgabe der Schlupfenergie ans Netz nur konstantes Drehmoment, also fallende Leistung mit fallender Drehzahl abgibt. Wegen dieser Eigenschaften wird im Walzwerksbetriebe in der Regel der mechanisch gekuppelte Regelsatz vorgezogen, da seine Eigenschaft, bei niedrigen Drehzahlen ein erhöhtes Moment abzugeben, für den Walzwerksbetrieb besonders wertvoll ist.

Die Regelbarkeit eines durchlaufenden Antriebes wird nämlich vom Walzwerksbetrieb stets dann gefordert, wenn es notwendig ist, auf einer Straße verschiedene Profile zu walzen, wobei für die leichteren Profile die höheren, für

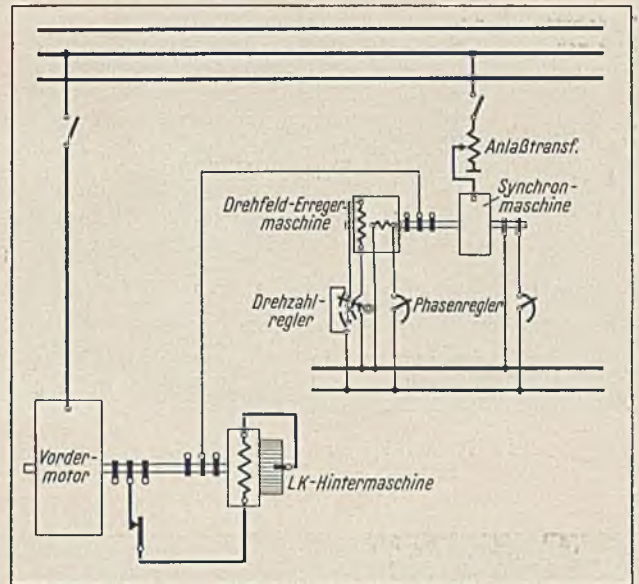


Bild 16. Schaltung des mechanisch gekuppelten LK-Regelsatzes für unter- und übersynchronen Betrieb.

die schwereren Profile die niedrigeren Drehzahlen gebraucht werden. Gerade die schwereren Profile erfordern aber ein erhöhtes Moment, zumal ja auch die Blockgewichte dabei in der Regel größer sind. Es ist daher der mechanisch gekuppelte Regelsatz, der dieses erhöhte Moment bei niedrigen Drehzahlen abgeben kann, für den Walzwerksbetrieb am besten geeignet.

Häufig ist es notwendig, neben der Einstellung verschiedener Drehzahlen auch einen selbsttätigen Drehzahlabfall bei Belastung zu bewirken, um Schwungmassen zum Belastungsausgleich heranzuziehen. Um dieser Forderung beim LK-Regelsatz nachzukommen, ist es nur nötig, den Umkehrregler, der zur Drehzahleinstellung dient, zum Eilregler zu erweitern, der durch ein vom Hauptstrom beeinflusstes Stromrelais gesteuert wird. Die Wirkungsweise ist also ähnlich wie bei der bekannten, durch Stromrelais gesteuerten selbsttätigen Widerstandschlupfregelung, jedoch wird beim LK-Regelsatz die bei der Widerstandsregelung verloren gehende Schlupfenergie zurückgewonnen.

Bild 17 läßt einen LK-Regelsatz erkennen zum Antrieb einer Doppelduostraße für 800 kW, 5000 V und mit einem Regelbereich von 160–260 Umdr/min,  $\cos \varphi = 1$ . Links im Vordergrund sieht man den Erregerumformer mit dem Synchronmotor in der Mitte, während links davon der Erregergenerator und rechts die Gleichstrommaschine angeordnet ist, die den Gleichstrom

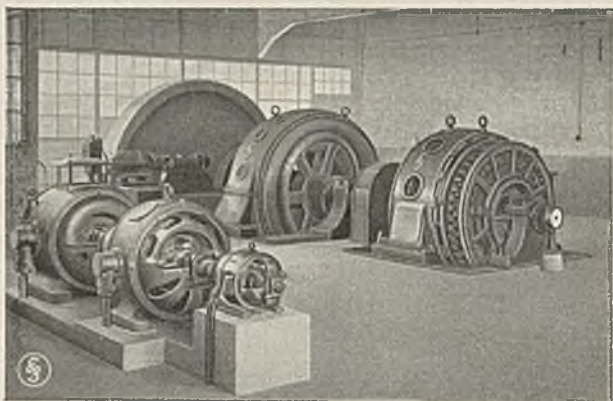


Bild 17. LK-Regelsatz 800 kW, 5000 V,  
160-214-260 Umdr/min.

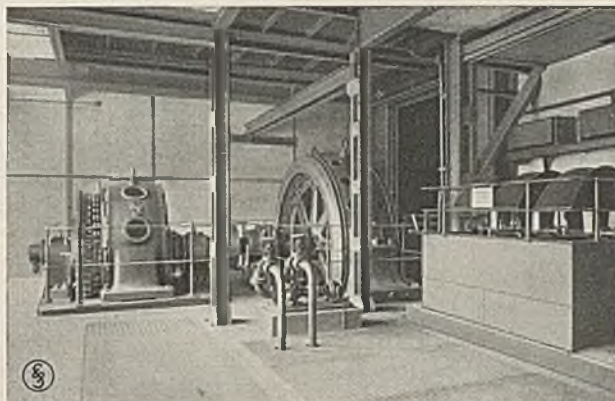


Bild 18. LK-Regelsatz 740 kW, 5000 V,  
65-83-97 Umdr/min.

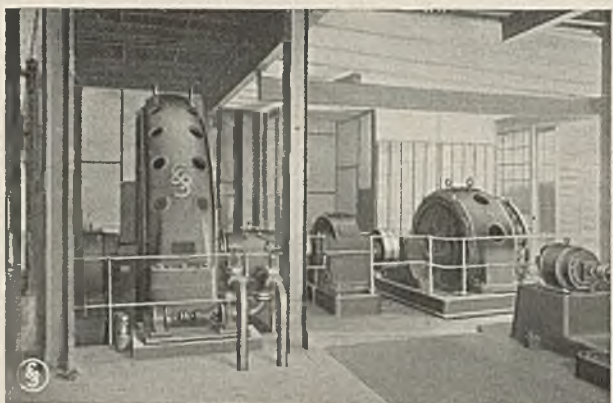


Bild 19. LK-Regelsatz 1100 kW, 5000 V,  
258-214-178 Umdr/min.

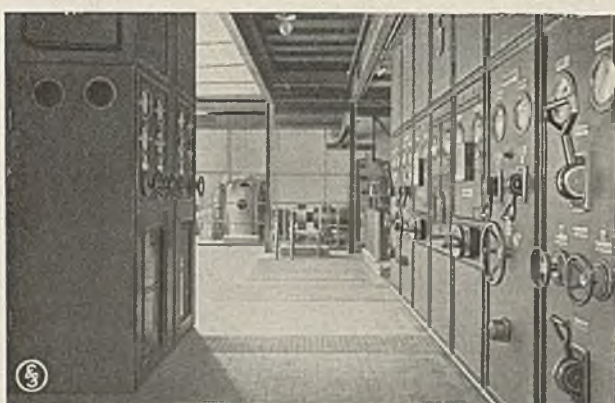


Bild 20. Eisengekapselte Schaltanlage für zwei  
LK-Regelsätze.

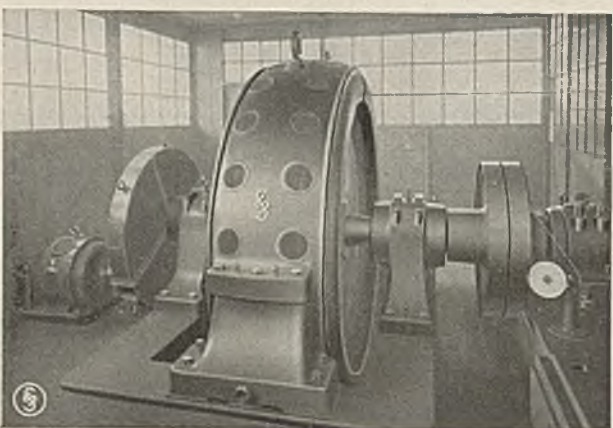


Bild 21. LK-Regelsatz 500 kW, 6000 V, 120-125-130 Umdr/  
min. Walzmotor mit Erregermaschine.

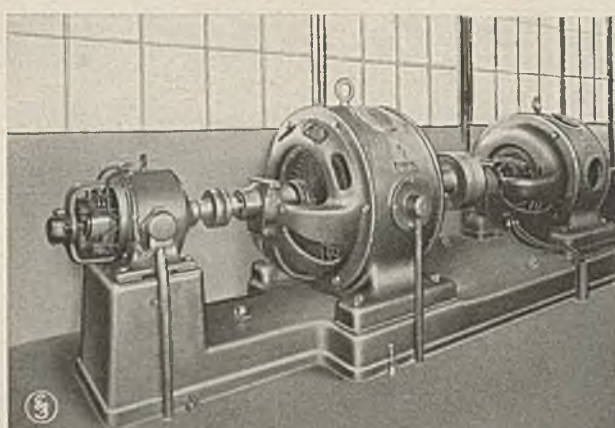


Bild 22. LK-Regelsatz 500 kW, 6000 V, 120-125-130 Umdr/  
min. Hintermaschine mit Synchronmaschine und Gleich-  
stromumformer.

für die Erregung des Synchronmotors und des Erregergenerators liefert. Der Synchronmotor wird mit Anlaßtransformator und Stufenschalter angelassen, die in der Schaltanlage untergebracht

sind. Außerdem sieht man noch einen Teil des Flüssigkeitsanlassers, der mit aufgelöstem Nullpunkt ausgeführt ist, so daß es möglich ist, von vornherein mit auf die Hintermaschine geschalt

tetem Läufer anzufahren; eine Umschaltung nach dem Anlassen ist nicht notwendig; dadurch wird der Anlaßvorgang sehr vereinfacht.

Die Bilder 18 und 19 zeigen den Antrieb einer Feinstraße mit einer Vor- und einer Fertigstrecke. Die Vorstrecke (Bild 18) wird von einem LK-Regelsatz für 740 kW, 5000 V,  $\cos \varphi = 1$  mit einem Regelbereich von 97–65 Umdr/min, die Fertigstrecke von einem LK-Regelsatz für 1100 kW, 5000 V,  $\cos \varphi = 1$  und einem Regelbereich von 258–178 Umdr/min angetrieben. Da sich Kommutatorhintermaschinen nicht für so niedrige Drehzahlen, wie für die Vorstrecke erforderlich, bauen lassen, so ist bei der Vorstrecke die Hintermaschine durch ein besonders gelagertes, in Öl laufendes Zahnrad vorgelege mit dem Vordermotor verbunden. Das Übersetzungsverhältnis wurde so gewählt, daß die Hintermaschinen der Vor- und Fertigstrecke miteinander vertauscht werden können.

Bild 20 gibt die Schaltanlage für diese beiden Regelsätze wieder. Es stand für diese nur ein sehr beschränkter Platz zur Verfügung, da jedoch einschließlich eines Feldes für zwei ankommende Kabel im ganzen nur neun Felder für beide Regelsätze gebraucht wurden, so war die Unterbringung bei einer sehr übersichtlichen Anordnung doch möglich.

In den Fällen, in denen aus räumlichen Gründen die mechanische Kuppelung der Hintermaschine mit dem Vordermotor nicht durchführbar ist, und bei denen eine Regelung bei konstantem Moment ausreicht, wird der elektrisch gekuppelte LK-Regelsatz verwendet.

Die Bilder 21 und 22 zeigen einen solchen elektrisch gekuppelten Satz zum Antrieb einer

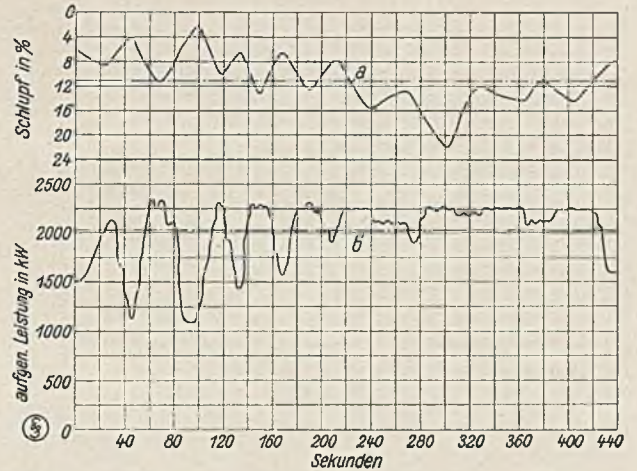


Bild 23. Schlupf- und Leistungsaufnahme eines Ilgners-Umformers.

a = mittlerer Schlupf.  
b = mittlere aufgenommene Leistung.

Vorstraße für 500 kW, 6000 V,  $\cos \varphi = 1$  und mit einem Regelbereich von 120–130 Umdr/min. Bild 21 stellt den Vordermotor und den mit ihm durch Zahnradvorgelege gekoppelten Erregergenerator dar, der sich infolge seines geringen Platzbedarfes in dem vorhandenen Raum noch gerade

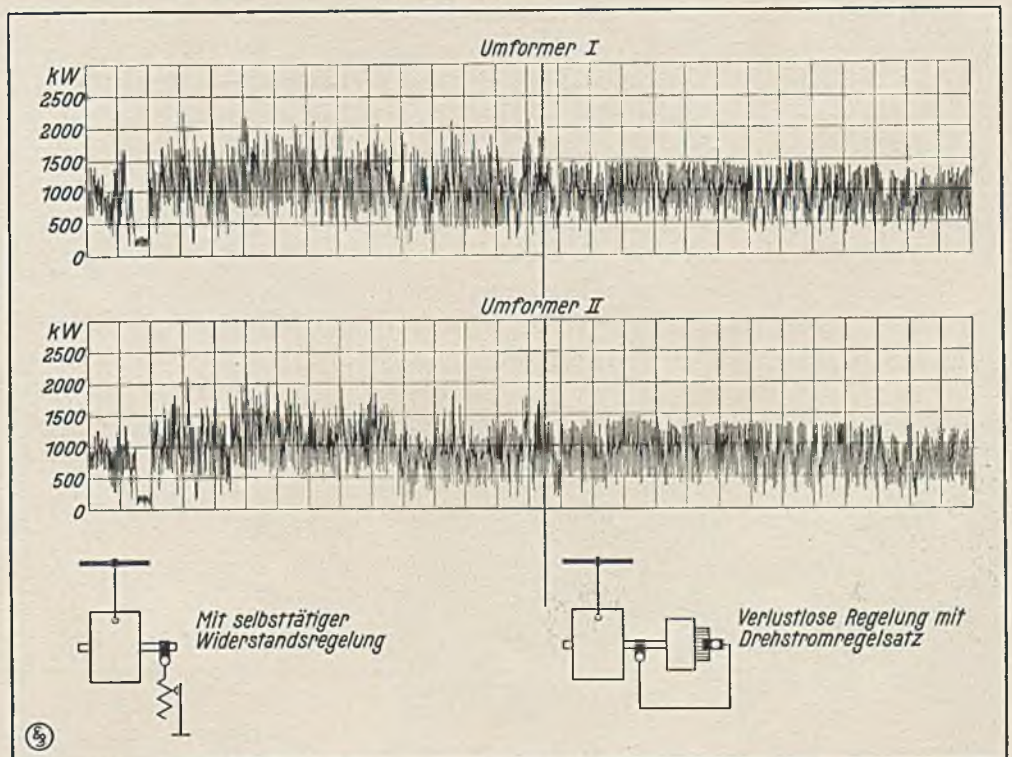


Bild 24. Leistungsaufnahme von Schwungradumformern für Walzmotoren.

unterbringen ließ. Bild 22 zeigt rechts die Kommutatormaschine, in der Mitte die Synchronmaschine und links die Gleichstromerregemaschine.

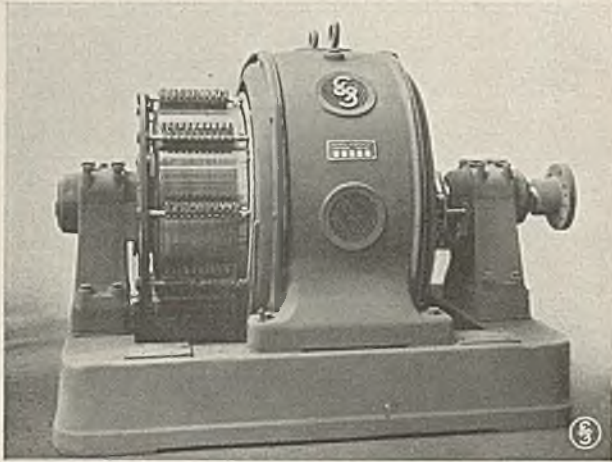


Bild 25. Hintermaschine für LK-Regelsatz für 2000 kW.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß es bei solchen Antrieben, die zur Heranziehung von Schwungmassen mit größeren Drehzahlabfällen bei Belastung arbeiten müssen, unwirtschaftlich ist, mit Schlupf Widerständen und Drehstromerregemaschine zu arbeiten, wenn man bei solchen Antrieben den Leistungsfaktor verbessern will.

Durch Verwendung eines LK-Satzes ist es möglich, eine wirtschaftlich arbeitende Anordnung zu erreichen. Es wird dabei von einer veränderlichen Drehzahleinstellung abgesehen; der Satz hat bei Leerlauf stets die gleiche höchste Drehzahl, die dann je nach Größe und Dauer der Belastung durch den bereits erwähnten Eilregler herabgeregelt wird. Die Vorteile der über- und untersynchronen Regelung lassen sich auch hierbei in gleicher Weise zur Anwendung bringen, so daß also, wenn beispiels-

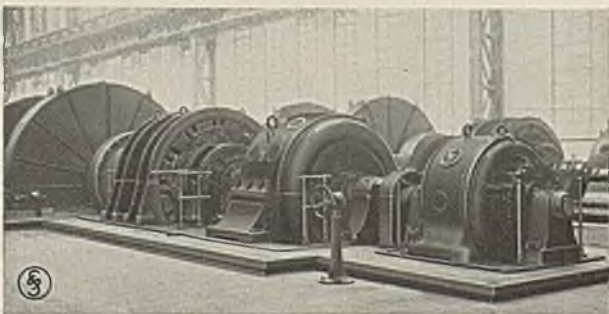


Bild 26. Ilgner-Umformer mit LK-Regelsatz, 2000 kW, 5000 V, 550-500-450 Umdr./min.

weise 15% Schlupf erforderlich sind, der Satz bei Leerlauf  $7\frac{1}{2}\%$  übersynchron läuft und bei Belastung bis zu  $7\frac{1}{2}\%$  untersynchron abfallen

kann. Mit dieser Anordnung erhält man nicht nur eine wirtschaftliche Verbesserung des Leistungsfaktor, sondern es wird auch noch die sonst verlorengelende Schlupfenergie zum Teil zurückgewonnen.

Besonders günstig hat sich diese Anordnung bei Ilgner-Umformern erwiesen, da bei diesen infolge der Größe der Steuermotoren sowohl die Schlupfverluste als auch der Blindleistungsbedarf selbst bei gutem Leistungsfaktor hoch sind. Beispielsweise beträgt der Blindleistungsbedarf eines 2000 kW-Steuer-motors bei Vollast und einem Leistungsfaktor = 0,9 etwa 1000 kVA.

Daß auch die Schlupfverluste erheblich sind, geht aus Bild 23 hervor, das Leistungsaufnahme und Drehzahl eines Ilgner-Umformers erkennen läßt. Aus der Drehzahlkurve ergibt sich ein mittlerer Schlupf von 11,5%, aus der Leistungskurve eine mittlere Aufnahme von 2030 kW, so daß unter Berücksichtigung der Ständerverluste der mittlere Schlupfverlust etwa 200 kW beträgt. Die Rückgewinnung derartig beträchtlicher Energiemengen macht auch die Anwendung größerer Kosten schon in kurzer Zeit bezahlt, selbst wenn der Nutzen der Leistungs-faktorverbesserung nicht berücksichtigt wird. Da die Pufferung mit Eilregler infolge der geringen zu bewegenden Massen schneller vor sich geht als bei der Widerstandspufferung und die Schlupfenergie im ersten Fall an die Welle zurückgegeben wird, so tritt bei Verwendung des LK-Regelsatzes ein bedeutend besserer Belastungsausgleich ein.

Bild 24 zeigt die Leistungsaufnahme zweier miteinander gekuppelter Umformer. Die Unterschiede in den Belastungspitzen bei gleichem Walzprogramm betragen mehr als 500 kW.

Bild 25 gibt die Kommutatorhintermaschine eines derartigen Ilgner-Umformers wieder. Sie gestattet eine Drehzahländerung von  $\pm 10\%$  bei einem Leistungsfaktor = 1.

Bild 26 zeigt die an den Steuermotor angebaute Hintermaschine.

Es sind bis jetzt 10 Ilgner-Umformer mit LK-Sätzen in Betrieb gekommen. Die hiermit gemachten günstigen Erfahrungen berechtigen zu der Erwartung, daß diese neue Anwendungsart der LK-Drehstrom-Kommutatormaschine in Zukunft vielfach Verwendung finden wird.

## Röntgenspektroskopie und Nachweis neuer Elemente

Von Dr. O. Berg, Physikalisches Laboratorium des Wernerwerks M der Siemens &amp; Halske A.-G.

(Schluß.)

## Bau und Stabilität der Atome.

**A**uf die zum Teil sehr umstürzlerischen Anschauungen, die sich zur Erklärung der Strahlungsvorgänge in den letzten Jahren allmählich entwickelt haben, kann hier nur kurz hingewiesen werden. Man betrachtet das Atom als eine Art Planetensystem. Als Planeten umkreisen Elektronen (Elementarteilchen negativer Elektrizität) einen positiv geladenen Kern. Die Gesamtzahl der kreisenden Elektronen ist gleich der Atomnummer des betreffenden Elementes. Der Kern besitzt ebensoviel freie positive Elementarladungen, so daß das Atom nach außen neutral erscheint. So ist die sogenannte Kernladungszahl ebenfalls gleich der Atomnummer. Danach würde im Wasserstoffatom nur ein Elektron um den Kern kreisen, im Zink deren 30, im Uran 92. Die Elektronen teilen sich in Gruppen von mehr oder weniger enger Verbindung mit dem Kern. Die äußersten, d. h. am lockersten gebundenen Elektronen sind maßgebend für die chemische Betätigung des Atoms; an Vorgänge in ihrem Bereich ist auch die Lichtemission gebunden. Dagegen entsteht die Röntgenstrahlung durch Vorgänge in den dem Kern nahen Elektronen, und zwar in den am festesten gebundenen Elektronen auch die kurzwelligste Strahlung, die K<sub>α</sub>-Strahlung. Darum ist auch zur Anregung der kurzwelligsten Strahlung der stärkste Eingriff in das Atom nötig, und so scheint es verständlich, daß man zur Erzeugung der K<sub>α</sub>-Strahlen die größte Elektronengeschwindigkeit, d. h. die größte Spannung am Röntgenrohr braucht. Die zur Erzeugung der Röntgenstrahlen führenden Vorgänge sind auf die chemische Betätigung der Außenelektronen des Atoms ohne Einfluß, daher die Unabhängigkeit des Röntgenspektrums von der chemischen Bindung.

Durch quantitative Annahmen über die Wechselwirkung zwischen den Bewegungsvorgängen der Elektronen und der Strahlung kam man zu ganz bestimmten Vorstellungen über den Aufbau der Elektronenhülle bei den einzelnen Elementen, die der Stellung des Elementes im periodischen System und gleichzeitig den

Gesetzmäßigkeiten seines Spektrums Rechnung tragen. (Lenard, Kossel, Bohr und andere.)

Von den Vorgängen in der Elektronenhülle bleibt der Kern unbeeinflusst, jedoch kennen wir automatisch verlaufende Vorgänge im Kern, die mit Änderung der Kernladung verbunden sein können, dementsprechend mit Umwandlungen eines Elementes in ein anderes: die radioaktiven Vorgänge. Sie spielen besonders bei den großen Atomen der Elemente mit hoher Ordnungszahl eine Rolle. Große Atome scheinen nicht sehr beständig zu sein. Deshalb ist der Größe des Atoms eine gewisse Grenze gesetzt, und die Reihe der Elemente wird über eine gewisse Atomnummer nicht hinausreichen. Damit ist nicht gesagt, daß die Atomnummer 92 (Uran) bereits diese Zahl ist, d. h. daß hinter dem Uran keine unbekannteren Elemente mehr zu suchen sind. Nicht einmal, daß alle transuranischen Elemente weniger beständig sein müßten als die uns bekannten radioaktiven Elemente kann behauptet werden, denn ihre Beständigkeit nimmt keineswegs gleichmäßig mit der Atomnummer ab. Swinne hat in einem Vortrag in der Gesellschaft für technische Physik jüngst die Auffassung vertreten, daß die Beständigkeit der Atome mit steigender Atomnummer periodische Schwankungen zeigt, so daß man erwarten könnte, hinter dem Uran bei gewissen Atomnummern wieder verhältnismäßig beständige Elemente anzutreffen. Die Reihe der Elemente würde dann nicht plötzlich abbrechen, sondern, ehe sie ganz abbricht, lückenhaft werden.

Man kann fragen, ob die in Tafel I angegebenen Lücken bereits so aufzufassen sind. Auffällig ist, daß sie ziemlich hohen Atomnummern entsprechen (außer 43: 61, 75, 85, 87), während in dem der Röntgenspektroskopie unzugänglichen Gebiet unterhalb der Atomnummer 11 (Natrium) nach unserer heutigen Auffassung vom periodischen System neue Elemente nicht mehr zu erwarten sind. Immerhin hätte diese gelegentlich geäußerte Vermutung doch nur bei den Elementen 85 und 87, die radioaktiv sein dürften, einige Begründung.

Um recht seltene Elemente wird es sich bei den fehlenden Elementen jedenfalls handeln.

#### Häufigkeit der Elemente.

Die Seltenheit eines Elementes kann verschiedene Gründe haben. Ein Element kann an sich infolge seines Atombaus selten sein in dem Sinne, daß in der Natur überhaupt nur wenig von dem Element gebildet werden konnte. Über die Häufigkeit der Elemente hat Harkins 1917 eine eigentümliche Regel aufgestellt, nach der die Elemente mit ungerader Atomnummer seltener sind als die mit gerader Atomnummer oder — nach einer späteren strengeren Fassung — seltener als ihre Nachbarn rechts und links mit gerader Atomnummer. Diese zunächst wie Zahlenmystik anmutende Regel hat ihren guten physikalischen Sinn, da, wie wir oben sahen, auch die Atomnummer eine physikalische Bedeutung hat. Sie gibt die Zahl der um den Atomkern kreisenden Elektronen an. Untersuchungen von V. M. Goldschmidt über das Vorkommen der seltenen Erden scheinen zu bestätigen, daß es sich hier wirklich um eine im Atombau begründete Gesetzmäßigkeit handelt, d. h. daß Atome mit gerader Anzahl von Elektronen im allgemeinen stabiler sind als solche mit ungerader Anzahl.

Ein Element kann aber auch aus ganz anderen Gründen lediglich für unsere Beobachtung selten sein, indem es auf der Erde überhaupt oder in der uns allein zugänglichen dünnen Schicht an der Erdoberfläche nur selten vorkommt. Bekanntlich pflegt man anzunehmen, daß im Innern der Erde neben anderen schweren Metallen sich Eisen in größeren Mengen in gediegenem Zustand befindet. Vor der Bildung der harten Erdkruste aus dem feuerflüssigen Planeten sind diese schweren metallischen Massen in die Tiefe gesunken, während eine später erstarrende Silikatschlacke, selbst stark eisenhaltig, an der Oberfläche blieb. Nach den Arbeiten von V. M. Goldschmidt, Oslo, richtet sich die Verteilung der verschiedenen Elemente in der Erdkruste wesentlich nach deren Tendenz, im glutflüssigen Zustand in diese Phasen des Eisens, der Silikatschmelze und einer von ihm dazwischen angenommenen Eisensulfidschmelze, einzugehen. Auf Grund eines großen durch eigene Versuche ergänzten Beobachtungsmaterials

teilt er nach dieser Tendenz die Elemente der festen Erdkruste in siderophile (Eisenphase), chalkophile (Sulfidphase) und lithophile (Silikatphase). Er findet dabei interessante Beziehungen zum Atombau. Wenn es sich darum handelt, Mineralien zu suchen, in denen irgendwelche unbekannte Elemente gesucht werden sollen, wird man von derartigen Betrachtungen ausgehen. Stark siderophil und schon darum selten sind z. B. die Platinmetalle. Auch die beiden fehlenden Elemente 43 und 75 hält Goldschmidt nach ihrer Stellung im periodischen System für siderophil.

#### Die Elemente 43 und 75.

Das Suchen nach den Elementen 43 und 75 bot besonderen Reiz. Einmal weil sie mit dem Mangan, das bisher in seiner Gruppe allein stand, homolog sind (Tafel I), dann weil es relativ am meisten Erfolg versprach. Das fehlende Element 61 ist eine seltene Erde, chemisch darum schwer faßbar. Die Elemente 85 und 87 sind vermutlich radioaktiv und vielleicht wenig stabil. Nach den Elementen 43 und 75 wurde darum von verschiedenen Seiten eifrig gesucht. Eine starke Ermunterung erhielten diese Versuche durch die Entdeckung des Hafniums (Atomnummer 72) durch Koster und Hevesy (1923), das mit Hilfe des Röntgenspektrums in Zirkonmineralien nachgewiesen wurde. Wegen seiner großen Ähnlichkeit mit dem Zirkon ist es chemisch von diesem schwer zu trennen und konnte darum lange der Aufmerksamkeit entgehen, obwohl es in einigen Mineralien in relativ großer Menge enthalten ist. Es konnte vermutet werden, daß eine starke chemische Verwandtschaft mit anderen Elementen, auch bei den Elementen 43 und 75, die Auffindung erschwerte. Daher hat man vielfach in solchen Mineralien gesucht, deren Bestandteile chemische Verwandtschaft zu den genannten Elementen haben konnten.

Im physikalischen Laboratorium des Wernerwerks der Siemens & Halske A. G. kam der Verfasser auf Grund röntgenspektroskopischer Beobachtungen zu der Vermutung, daß die Elemente in Wolframmineralien zu suchen seien. Dazu kamen andere Gesichtspunkte, die Herr K. W. Haußer vermuten ließen, daß die Elemente im Wolfram und in Wolframverbindungen

als geringe Beimengungen enthalten seien. Die sich anschließenden systematischen Versuche wurden abgebrochen, als Herrn Haußer Arbeiten von Herrn Walter Noddack und Frl. Ida Tacke bekannt wurden, die bereits seit längerer Zeit im Gange waren. Es kam nun eine Arbeitsgemeinschaft zustande. Die röntgenspektroskopischen Arbeiten wurden unter Mitbeteiligung des Frl. I. Tacke im Physikalischen Laboratorium des Wernerwerks fortgesetzt, die weiter zu besprechenden chemischen Arbeiten von W. Noddack und I. Tacke an der bisherigen Arbeitsstelle: der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und dem Physikalisch-Chemischen Institut der Universität. Über den Erfolg der Untersuchung wurde von den drei Verfassern in den „Naturwissenschaften“, in den „Sitzungsberichten der Preußischen Akademie der Wissenschaften“ und in verschiedenen Vorträgen berichtet.

W. Noddack und I. Tacke gehen von der Auffassung aus, daß es sich bei den fehlenden Elementen nicht um ein Verstecktsein aus chemischen Gründen, sondern um wirkliche Seltenheit handelt. Tatsächlich haben außer den Elementen 43 und 75 auch die anderen fehlenden Elemente 61, 85, 87 ungerade Atomnummern, während das Hafnium die gerade Nummer 72 hat. Dazu kommt, daß die Elemente 43 und 75 nach V. M. Goldschmidt als siderophil anzusehen und darum auch durch ihre geochemische Verteilung selten sind. Noddack und Tacke suchen die Häufigkeit der Elemente zahlenmäßig zu erfassen und benutzen dabei Häufigkeitschätzungen bekannter Elemente der Erdkruste, die verschiedene Autoren auf Grund eines großen Beobachtungsmaterials gewonnen und zusammengestellt haben. Der Harkinsschen Regel entsprechend machen sie den Ansatz, daß die Elemente mit ungerader Atomnummer etwa 10 mal seltener sind als die darauf folgenden mit gerader Atomnummer und kommen so zu einer quantitativen Schätzung des Gehaltes der gesuchten Elemente in der Erdoberfläche; sie finden, daß sie nur etwa den  $10^{-13}$ ten Teil der Erdkruste bilden. Damit würden sie zu den seltensten Elementen gehören, und die Aussicht, sie mit Hilfe des Röntgenspektrums in einem Mineral unmittelbar nachzuweisen, würde äußerst gering sein, denn für Anhäufungen von einer solchen Stärke, daß der für den Nach-

weis der Röntgenstrahlen nötige Gehalt in einem natürlichen Mineral erreicht würde (etwa  $10^{-5} = 1/10\%$ ), ließen sich Gründe schwer angeben. Es war danach eine weitgehende Anreicherung durch chemische Vorarbeit nötig, ehe der röntgenspektroskopische Nachweis erfolgen konnte.

Diese Vorarbeit setzte einerseits bestimmte Vermutungen über das Vorkommen der Elemente in den Mineralien voraus, andererseits auch bestimmte Vorstellungen über die chemischen Eigenschaften der Elemente, die ja bei dem Gang des Anreicherungsverfahrens bestimmend sein mußten. Eine Voraussage der chemischen Eigenschaften ergab sich nach dem Muster von Mendelejeff aus der Stellung im periodischen System; sie erstreckte sich auf Farbe und Zusammensetzung der Oxyde, Salze und Sulfide. Dabei wurde auf eine gewisse Verschiebung Rücksicht genommen, die sich in der Verwandtschaft der Elemente zwischen der vierten und fünften horizontalen Reihe der Tafel I bemerkbar macht. Eine Reihe von Elementen der fünften Reihe haben nämlich in mancher Beziehung größere Ähnlichkeit mit dem linken Nachbarn der über ihnen stehenden Homologen als mit diesen selbst, z. B. ist Titan (22) in vieler Hinsicht dem Niob und Tantal sehr verwandt, Vanadin (23) dem Molybdän und Wolfram. Demnach hätte man damit zu rechnen, daß die Ekamangane 43 und 75 in mancher Hinsicht dem Chrom näher verwandt sein würden als dem Mangan. Dazu rechnen Noddack und Tacke z. B. das Verhalten der Sulfide. Chrom läßt sich im Gegensatz zu seinem Nachbarn in wässriger Lösung nicht als Sulfid fällen. Noddack und Tacke nehmen an, daß die Ekamangane sich in den höchsten Oxydationsstufen analog verhalten. Darauf gründet sich zum großen Teil ihr Anreicherungsverfahren.

Für die Wahl der diesem Verfahren zu unterwerfenden Mineralien stellen Noddack und Tacke Betrachtungen über das vergesellschaftete Vorkommen der Metalle von Skandium (21) bis zum Uran (92) an. Danach kommen für diese Metalle zwei Gruppen des Vorkommens in Betracht:

1. Das gediegene Vorkommen, dessen Hauptvertreter die Platinerze sind, die in erster Linie Platin und Eisen, daneben einige Prozente anderer Elemente enthalten.

2. Das oxydische Vorkommen, dessen Hauptvertreter Tantalite und Columbite sind. Sie enthalten Eisen, Niob, Tantal und einige Prozente bzw. geringere Mengen anderer Elemente.

Eine Übersicht über die in beiden Gruppen vorkommenden Elemente gibt Tafel II. Man

tischen Grunde in erster Linie das oxydische Vorkommen in Betracht. Es war naheliegend, auch in Manganerzen<sup>1)</sup> nach den Ekamanganen zu suchen. Derartige Versuche haben uns zu keinem positiven Ergebnis geführt, was ebenfalls in Einklang mit einer von V. M. Gold-

Tafel II.

Das vergesellschaftete Vorkommen der Elemente (nach Noddack und Tacke).

I	(Sc)	Ti	V	Cr	Mn	<u>Fe</u>	Co	Ni	Cu	Zn	(Ga)	(Ge)	As
II	Y	Zr	<u>Nb</u>	(Mo)	43	Ru	Rh	Pd	Ag	(Cd)	(In)	(Sn)	(Sb)
III	(La)	(Hf)	<u>Ta</u>	W	75	Os	Ir	<u>Pt</u>	Au	Hg	Tl	Pb	(Bi)
IV		(Th)		U		Platinerz							

Columbite

Die Tafel stellt einen Ausschnitt aus dem periodischen System dar.

Die in den Platinerzen vorkommenden Elemente sind durch starke Umrahmung gekennzeichnet. In den Columbiten und Tantaliten kommen die durch punktierte Umrahmung gekennzeichneten Elemente vor. Die beiden Gruppen überschneiden sich bei Cr, Mn, Fe. Die Hauptbestandteile beider Erzgruppen sind durch Unterstreichen gekennzeichnet, die nur in Spuren vorkommenden Elemente durch Einklammern. Man sieht, daß der Gruppierung nach die Elemente 43 und 75 gleich gut in jede der Erzgruppen passen würden.

sieht aus der Darstellung, daß die benachbarten Elemente Eisen, Chrom, Mangan in beiden Gruppen vorkommen, Eisen sogar als Hauptbestandteil. Für die unter dem Mangan fehlenden Elemente 43 und 75 kann, ohne Kenntnis der chemischen Eigenschaften, das Vorkommen in jeder der beiden Gruppen als gleich wahrscheinlich angenommen werden. Noddack und Tacke vermuten sie in erster Linie in den Platinerzen und sind damit in Übereinstimmung mit V. M. Goldschmidt, der beide Elemente für siderophil hält, ohne daß ihm der experimentelle Nachweis in den Platinerzen ganz geglückt wäre. Noddack und Tacke dagegen glauben diesen Nachweis auf chemischem Wege geführt zu haben. Da ihr Material bei Beginn unserer gemeinsamen Untersuchung jedoch nicht mehr zur Verfügung stand, war der Beweis durch das Röntgenspektrum noch nicht zu führen. Nur beim Sperrylith, das Platin in nicht gediegenem Zustand enthält, konnten wir später eine Spur des Elementes 43 auffinden.

Für den röntgenspektroskopischen Nachweis der gesuchten Elemente kam aus diesem prak-

schmidt geäußerten Vermutung steht. Dagegen führte die Aufarbeitung von Erzen aus der Gruppe der Tantalite und Columbite zum Nachweis der beiden Elemente.

So wurde z. B. 1 kg Columbit verarbeitet derart, daß nach dem Aufschließen nacheinander das Eisen, das Mangan und die übrigen Schwermetalle unter ständiger chemischer Kontrolle der Niederschläge und der Lösung abgeschieden oder gefällt wurden. Die Operation führte durch eine Reihe von Sulfidfällungen zu 1 g Substanz, in dem die ganze ursprüngliche Menge an Ekamanganen enthalten sein sollte. Tatsächlich ließen sich deren erste Spuren im Röntgenspektrum nachweisen. Dieses Gramm Substanz wurde nun weiterverarbeitet, dabei jede Fällung und Abscheidung röntgenspektroskopisch untersucht, um festzustellen, ob die vorgenommene chemische Operation jeweils den gewünschten

<sup>1)</sup> Neuerdings teilten Dolejšek und Heyrovský aus Prag in einem Brief an die „Nature“ mit, daß sie das Element 75 in „reinem“ Mangan nachgewiesen hätten. Ihre Versuche bedürfen noch der Nachprüfung und Bestätigung.



Erfolg gehabt hatte. Dabei bewährte sich die Röntgenspektroskopie als ein unentbehrliches Hilfsmittel. Sie machte eine Kontrolle des chemischen Arbeitsganges auch da möglich, wo wegen der geringen Substanzmenge die chemische Analyse versagt hätte, und gestattete es insbesondere, die Anreicherung der gesuchten Elemente in den Präparaten ständig zu verfolgen. Endlich ergaben sich Präparate, die etwas größere Mengen der gesuchten Elemente enthielten. Die Konzentration des Elementes 43 konnte bis auf etwa 0,5%, die des Elementes 75 bis auf etwa 5% gesteigert werden. Diese Zahlen ließen sich aus der Stärke der Spektrallinien schätzungsweise gewinnen. Auch in einer Reihe anderer Mineralien konnten Spuren der Ekamangane nachgewiesen werden.

In den Röntgenspektren der erfolgreich untersuchten Präparate wurden mit Sicherheit drei Linien der K-Serie des Elementes 43 erkannt. Beim Element 75 mußte, entsprechend der in der Abbildung gegebenen Übersicht, mit der L-Serie gearbeitet werden. Es wurden vier Linien dieser Serie sichergestellt. Eine Verwechslung mit Linien anderer Elemente ließ sich bei dieser Zahl von Linien ausschließen, wobei natürlich von allen Hilfsmitteln Gebrauch gemacht werden mußte, die für solche Untersuchungen zur Verfügung stehen. Zu einer Wiedergabe eignen sich nur wenige der Spektrogramme. Bild 6 gibt die Vergrößerung eines Spektrogrammes mit der stärksten Linie des

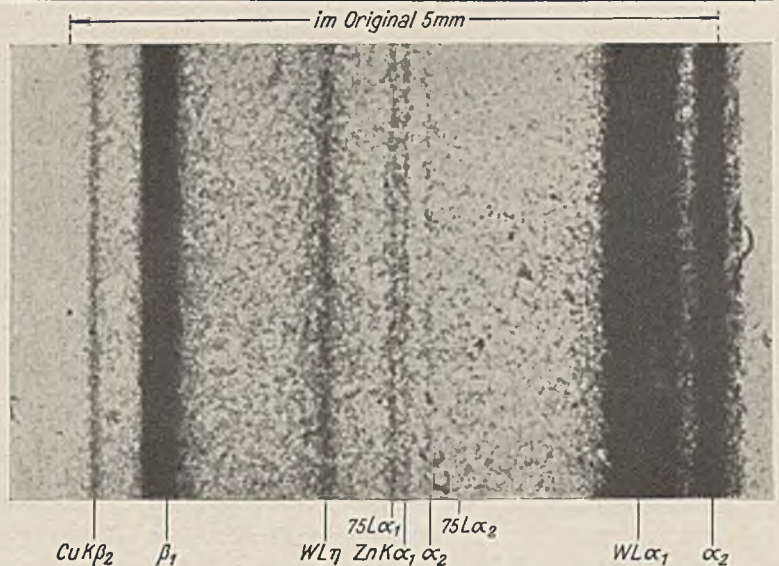


Bild 6. Vergrößerung eines Ausschnitts aus einem Spektrogramm mit den  $L\alpha$ -Linien des Elementes 75 (Rhenium).

Infolge der starken Vergrößerung (siehe die oben angegebene Länge von 5 mm im Original) erscheint das Korn der photographischen Platte. Die stärkeren unnatürlich breit erscheinenden Linien (namentlich Wolfram  $L\alpha_1$ ) sind durch Überfließen der photographischen Wirkung infolge der starken Strahlung so verbreitert. Zu beachten ist die Trennung der entscheidenden stärksten Rheniumlinie ( $75L\alpha_1$ ) von der benachbarten Zinklinie  $ZnK\alpha_1$ .

Elementes 75, der Linie  $L\alpha_1$ . Man sieht, daß sie einer K-Linie des Zinks, der Linie  $K\alpha_1$ , sehr nahe liegt. Die Entfernung auf dem Originalspektrogramm ist nur etwa 0,1 mm. Trotzdem ist die Trennung einwandfrei erkennbar. Sie stellt natürlich erhebliche Anforderungen an die Feinheit der Spektrallinien.

Trotz der Geringfügigkeit der bisher gewonnenen Mengen muß der Nachweis der neuen Elemente als gesichert angesehen werden, da der durch das Röntgenspektrum geführte Beweis eindeutig ist, sofern das Spektrum selbst mit Sicherheit nachgewiesen ist.

Für die neuen Elemente haben wir die Namen Masurium (43 Ma) und Rhenium (75 Re) vorgeschlagen.

## Stabile Erregermaschinen für weiten Regelbereich Die Ossannasche Spaltpolmaschine<sup>1)</sup>

Von Dr. Fr. Leyerer, Oberingenieur des Dynamowerks der SSW.

**B**is vor einigen Jahren erfolgte die Erregung der Wechselstromgeneratoren durch Erregermaschinen für ungefähr konstante Spannung und die Regelung mit Widerständen im Läuferkreis der Generatoren, die als Hauptstromregler bezeichnet werden. Die Konstant-

haltung der Erregermaschinenspannung wurde bewirkt entweder von Hand durch einen kleinen Nebenschlußregler oder selbsttätig durch eine Compoundwicklung oder in der letzten Zeit durch Justierwiderstände in der sogenannten „Brückenschaltung“ (Bild 1). Die festen Widerstände  $R_1$  und  $R_2$  können nämlich dabei so bemessen werden, daß beim Verstellen des Haupt-

<sup>1)</sup> Erweiterung eines auf der Danziger Tagung des V. D. E. September 1925 gehaltenen Referates.

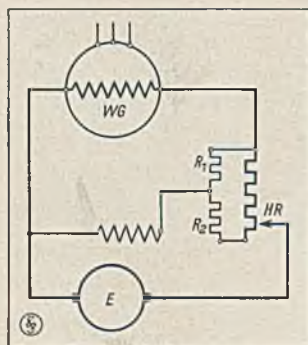


Bild 1. Erregermaschine in Brückenschaltung.

WG = Wechselstromgenerator.  
E = Erregermaschine.  
R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> = Justierwiderstände.  
HR = Hauptstromregler.

stromreglers HR die Spannung der Erregermaschine E im Bereich zwischen Leerlauf- und Vollast-Erregerstrom des Wechselstromgenerators WG ungefähr konstant bleibt. Die Zunahme der Größe der Generatoren führte zu sehr umfangreichen und teuren Hauptstromreglern, die wegen der dauernd zu vernichtenden Energie unwirtschaftlich arbeiteten. Man hat deshalb die Nebenschlußregelung im Erregerkreis der Erregermaschine zu Hilfe genommen und ist bei mittleren Generatoren zu der gemischten Regelung übergegangen. Man regelt zuerst im Nebenschluß der Erregermaschine so weit herab, wie es die Stabilität der Erregermaschine ohne weiteres gestattet; die weitere Herabregelung der Läuferströme geschieht mittels des Hauptstromreglers. Die Regelung kann dabei auch mit ein und derselben Kurbel eines kombinierten Reglers vorgenommen werden. Bei größeren Generatoren verwendet man nur noch die reine Nebenschlußregelung, bei der die Hauptstromregler gänzlich wegbleiben können. Um eine

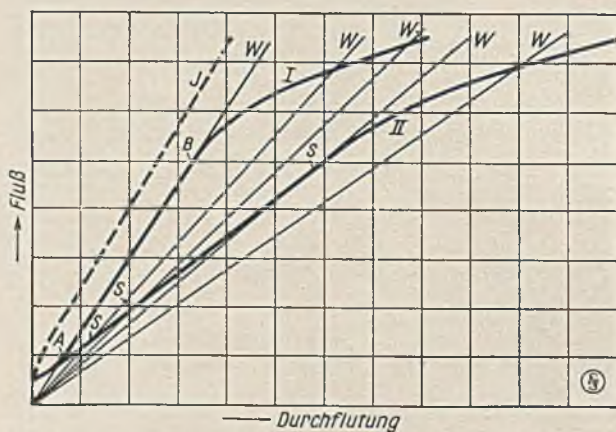


Bild 2. Charakteristik einer Maschine mit Isthmus.

J = Isthmus-Charakteristik.  
W = Widerstandsgerade.  
I u. II = Maschinen-Charakteristik.

stabile Regelung und eine genügend gleichmäßige Abstufung der mit vielen Kontakten auszuführenden Nebenschlußregler zu erhalten, muß

man für geeignete Gestaltung der Charakteristik der Erregermaschine sorgen. Die gewöhnliche Erregermaschine hat nämlich eine zwischen A und B (Bild 2) annähernd geradlinige Charakteristik I, so daß die Widerstandsgeraden (Abhängigkeit der Durchflutung vom Fluß) mit der Charakteristik in diesem Bereich keine eindeutigen Schnittpunkte geben und eine eindeutige Einstellung der Spannung also nicht möglich ist. Nach Einführung eines Isthmus, bekanntlich einer kurzen Strecke mit engem Eisenquerschnitt im magnetischen Pfad, dessen Charakteristik J sein möge, geht die Charakteristik I in die Charakteristik II über, die nun mit den Widerstandsgeraden Schnittpunkte S und damit brauchbare Regelung liefert. Der Isthmus kann in der verschiedensten Weise ausgeführt werden (Bild 3).

Man kann die erforderliche Charakteristik auch dadurch erzielen, daß man z. B. von allen Polen zwei Pole voll erregt läßt, ihren Kraftfluß also nicht schwächt, und die Regelung, also die Feldschwächung, nur an den übrigen Polen vornimmt.

Für sehr weitgehende Regelung der Erreger-spannung reicht die Nebenschlußregelung der selbsterregten Erregermaschine in bezug auf Stabilität nicht mehr aus. Das ist z. B. der Fall, wenn es sich um die Erregung von Synchronmaschinen handelt, die auch bei hoher, stoßweise auftretender Überlastung ihre Spannung unveränderlich halten sollen, oder die wegen stark kapazitiver Belastung durch große Freileitung-netze oder wegen Verwendung als Phasenschieber stark, d. h. nahe bis Null, untererregt werden müssen. Ferner wenn durch stoßweise auftretende Belastung des Generators die Erreger-spannung vom Läufer her umgeworfen werden kann, oder wenn zur Beseitigung der durch die Remanenzen des Generators und der Erregermaschine bedingten Restspannung negative, d. h. Gegenerregung gegeben werden muß. Auch

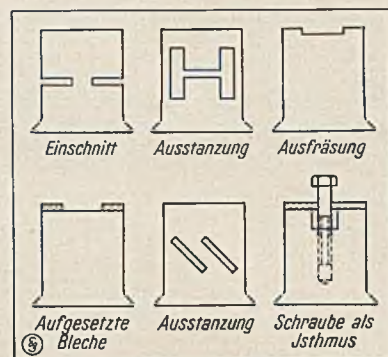


Bild 3. Polformen mit Isthmus.

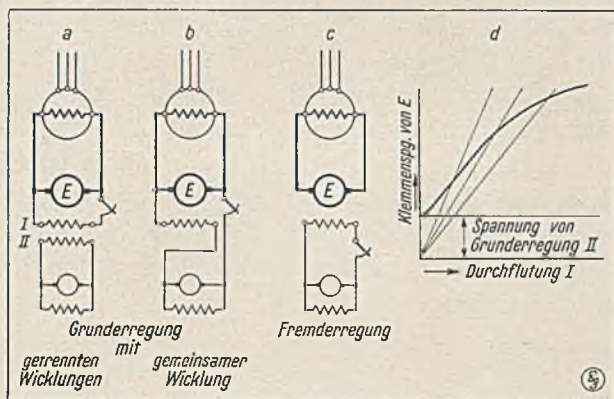


Bild 4. Erregung mit Hilfserregermaschine.

wenn schnelle Entregung verlangt wird, ist solche Gegenerrregung erforderlich. Näheres darüber siehe später. Man muß in allen diesen Fällen Fremderregung der Erregermaschine aus einer Stromquelle konstanter Spannung (Netz, Hilfs-erregermaschine) zu Hilfe nehmen. Damit kann man entweder nur eine Grunderrregung (Bild 4a und b) geben, wenn die Erregerspannung nicht bis auf Null herabgeregelt werden muß. Wenn man jedoch unter die durch die Stabilität bedingte Grunderrregung regeln will, muß die Haupterregermaschine vollständig fremderregt werden (Bild 4 c). Im ersten Fall ist die Wirkung in bezug auf Stabilität dann so, als ob die Erregermaschine eine künstlich vergrößerte Remanenz erhalten hätte (Bild 4 d). Eine solche künstlich vergrößerte Remanenz kann man auch dadurch erzeugen, daß man ein Stück der Hauptpolkerne aus gehärtetem Stahl mit großer Remanenz macht. Statt die Grunderrregungswicklung durch Hilfserregermaschine fremd zu erregen, kann man sie auch von der Maschine aus selberregen, wenn ihr Erregersstrom durch einen Strombegrenzer (Variationswiderstand, d. i. Eisendrahtwiderstand in Wasserstoff oder Elektronenröhre oder dergl.) praktisch konstantgehalten wird. Statt einer größeren Haupt- und einer kleineren Hilfserregermaschine kann man auch zwei gleiche mittelgroße Erregermaschinen aufstellen, wobei nach Bild 5 die zweite Maschine in Zu- und Gegenschaltung mit der ersten Maschine arbeitet. Die zweite, z. B. zwischen +110 und -110 V regelbare Maschine, wird von der ersten mit konstant 110 V arbeitenden Maschine fremderregt, so daß die Gesamterregerspannung zwischen 220 und 0 V geregelt werden kann. Diese Schaltung ist z. B. zweckmäßig bei Bahnmotor-

generatoren, die Drehstrom von 50 Per/s in Einphasenstrom von  $16\frac{2}{3}$  Per/s umwandeln. Der Synchronmotor wird von der ersten Maschine mit 110 V konstant erregt, der Einphasengenerator, der wegen stoßweise auf-

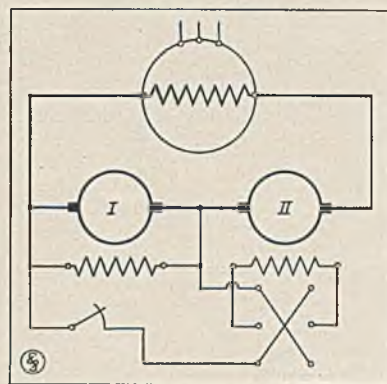


Bild 5. Zwei Erregermaschinen in Zu- und Gegenschaltung.

treten der Überlastung weiten Regelbereich des Läuferstromes erfordert, kann dann von Maschine I und II mit 0 bis 220 V erregt werden.

Diese Anordnung nach Bild 5 kann nach dem Vorschlag von Geheimrat Ossanna (DRP. Nr. 346 466) auch in einer einzigen Maschine ausgeführt werden, was für die Konstruktion, für den Anbau der Erregermaschine und für den Betrieb viele Vorteile hat. Diese Maschine ist dann ein selbsterregter Gleichstromgenerator, dessen Spannung in beliebig weiten Grenzen stabil regelbar ist. Die Spannung kann ohne Verwendung einer Fremderregungsquelle von einem positiven Höchstwert vollkommen stabil bis zu einem verlangten positiven Kleinstwert oder bis zu 0, oder bis zu einem verlangten negativen Wert geregelt werden. Die Maschine kann dann für alle oben genannten Fälle, die weitestgehende Regelung erfordern, verwendet werden, wobei die teureren und unwirtschaftlichen Hauptstromregler wegfallen.

Die Ossanna-Maschine, auf die im folgenden etwas näher eingegangen werden soll, wird entsprechend Bild 6 als Spaltpolmaschine ausgeführt. Jeder der bei Gleichstrommaschinen sonst vorhandenen Pole (das Schema ist das einer zwei-

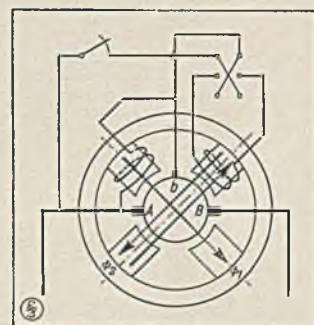


Bild 6. Schema der Ossanna'schen Spaltpolmaschine.

- A, B = Hauptbürsten.
- b = Hilfsbürste.
- $\phi_1$  = Konstanter Fluß.
- $\phi_2$  = Veränderlicher Fluß.

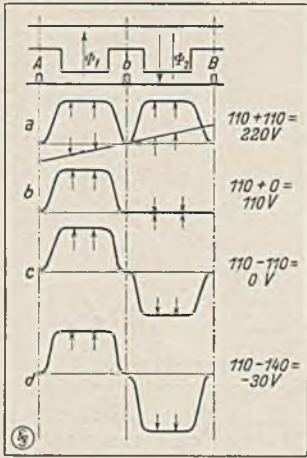


Bild 7. Kraftflüsse der Osannaschen Spaltpolmaschine.

A, B = Hauptbürsten.  
 b = Hilfsbürste.  
 $\phi_1$  = Konstanter Fluß.  
 $\phi_2$  = Veränderlicher Fluß.

halten wird, so daß auch die Spannung A—b praktisch unverändert bleibt, z. B. 110 V. Von ihr wird die Erregerwicklung des zweiten Spaltpoles gespeist, die mittels eines Umkehrreglers beliebig weitgehend geregelt werden kann, so daß sich der Kraftfluß  $\phi_2$  dieses zweiten Spaltpoles weitgehend ändern läßt und die von ihm erzeugte Spannung b—B z. B. zwischen + 110 und — 140 V geregelt werden kann. Die



Bild 8. Osanna-Erregermaschine, Magnetgestell.

Klemmenspannung der Maschine, d. i. die Spannung zwischen A und B, ändert sich dann zwischen  $110 + 110 = 220$  V und  $110 - 140$

Maschine doppelt so viel Hauptpole hat wie eine normale Maschine. Zwischen den beiden Hauptpolen des einen Poles ist eine Hilfsbürste b angeordnet. Die Hauptbürsten sind mit A und B bezeichnet. Die Spannung der Maschine setzt sich nun aus den Teilspannungen A—b und b—B zusammen. Die Spannung A—b wird erzeugt von dem Fluß  $\phi_1$ , der konstant ge-

= - 30 V. Die bei dieser Regelung auftretenden Kraftflüsse sind in Bild 7 dargestellt.

Die Maschine kann man sich in der Weise entstanden denken, daß man die beiden Maschinen der vorhin erwähnten Anordnung (Bild 5) in Zu- und Gegenschaltung in axialer Richtung so zusammenschiebt, daß die Pole der einen zwischen die Pole der anderen Maschine zu liegen kommen.

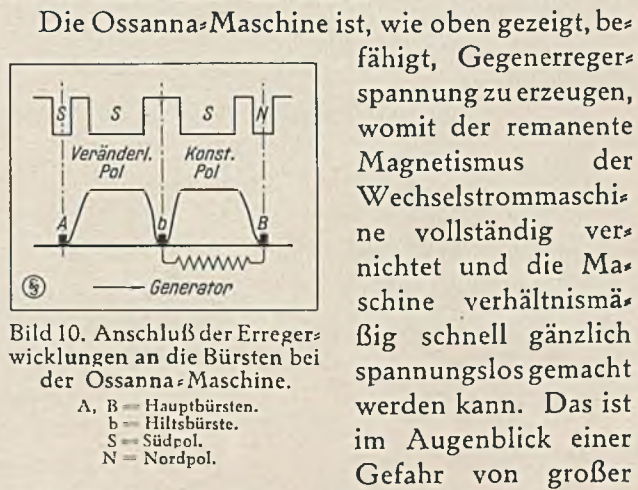
An Besonderheiten sind zu erwähnen: Da die Hilfsbürsten b nur die Erregerströme zu führen haben, brauchen bei mehrpoligen Maschinen von den möglichen Hilfsbürstenbolzen nur einige vorgesehen zu werden. Sie werden von einer Hilfsbürstenbrücke getragen, die auf der Hauptbürstenbrücke verschiebbar befestigt ist, so daß die Hilfsbürsten unabhängig von den Hauptbürsten eingestellt werden können. Die Haupt- und Hilfsbürsten werden so aufgesetzt, daß die Hilfsbürsten auf den von den Hauptbürsten bestrichenen Bahnen laufen, wodurch die Kommutatoroberfläche ein einheitliches Aussehen erhält.

Bei der gewöhnlichen Gleichstrommaschine übt der Anker, wenn die Bürsten in der neutralen Zone stehen, keine Gegenerrregung aus, da auf der einen Polhälfte das Polfeld durch das Ankerfeld geschwächt, auf der anderen Seite um ebensoviel verstärkt wird, wenn man von Sättigungserscheinungen absieht. Beim Spaltpolgenerator dagegen, bei dem die beiden Polhälften getrennt angeordnet sind und jede Polhälfte ihre eigene Bewicklung hat, wird z. B. nach Bild 7a der linke Spaltpol durch das Ankerfeld geschwächt, der rechte verstärkt. Diese Ankerrückwirkung kann, wenn man die Teilspannungen unabhängig vom Ankerstrom machen will, durch Anordnung einer Reihenschlußwicklung auf jedem Teilpol ausgeglichen werden. Auf den Wendepol wirkt die gesamte Ankerrückwirkung, die deshalb von der Wendepolwicklung kompensiert werden muß. Um die also an drei Stellen erforderliche Aufhebung der Ankerrückwirkung zu vermeiden und um also weniger Wicklungen zu erhalten, was erwünscht ist, da die Wickelräume für die Polwicklungen wegen der hohen Polzahl der Spaltpolmaschinen meist sehr beschränkt sind, ist es zweckmäßig, die Rückwirkung durch eine einzige der Ankerwicklung äquivalente Kompen-



Bild 9. Feldkurven der Ossanna-Erregermaschine.

bei voller, halber und Nullspannung. Die Zacken sind durch die Nuten der Kompensationswicklung bedingt. Wie man sieht, geht bei gleicher Polarität der beiden Spaltpole das Feld zwischen den Polen nicht bis auf Null zurück. Damit dieses Feld in bezug auf die Kommutierung unter der Hilfsbürste die richtige Polarität hat, ist erforderlich, daß die Erregerwicklungen an die Hilfsbürste b und die in der Drehrichtung vorausgehende Hauptbürste B angeschlossen wird (Bild 10). Denn nur dann ist bei b die entgegengesetzte Polarität wie bei B vorhanden, und da diejenige bei B, die auch Hauptbürste ist und unter einem Wendepol liegt, für die Kommutierung sicher richtig ist, ist es dann auch die bei b.



Wichtigkeit, um beim Auftreten von inneren Schäden im Ständer (durch Erdschluß, Windungsschluß oder sonstige Isolationsfehler) die Ausdehnung

sationswicklung, die in Nuten der Polschuhe untergebracht wird, aufzuheben.

Der Aufbau der Pole und deren Wicklungen ist aus Bild 8 zu ersehen, der oszillographisch aufgenommene Feldverlauf einer auf Läuferwiderstand belasteten Maschine aus Bild 9, und zwar

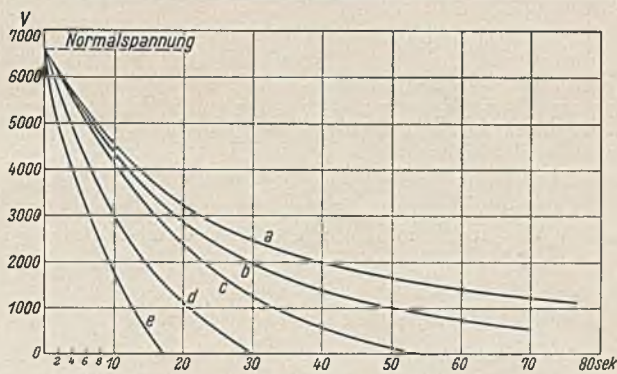


Bild 11. Entregung eines Wechselstromgenerators.

- a = Plötzliche Erzeugung einer Schleifingspannung von  $\pm 2,5$  V.
- b = „ „ „ „ „  $- 2,5$  V.
- c = „ „ „ „ „  $- 5,0$  V.
- d = „ „ „ „ „  $- 45,0$  V.
- e = Entregung mit Schwingungswiderstand.

eines entstehenden Brandes möglichst zu verhindern oder doch einzuschränken. Der auf diese Weise an einer größeren Maschine beobachtete Entregungsvorgang ist aus Bild 11 zu ersehen. Der Spannungsverlauf ist dort dargestellt bei einer plötzlichen Einstellung der Erregermaschinen-spannung auf  $+ 2,5$  V,  $- 2,5$  V,  $- 5$  V und  $- 45$  V (Kurven a bis d).

Es ergibt sich, daß mit Zunahme der Gegenerrregung die Restspannung des Generators schnell bis auf 0 abnimmt und auch die Entregungszeiten schnell kleiner werden. Bei einer Gegenerrregung von  $- 5$  V beträgt die Entregungszeit noch 53'', bei  $- 45$  V nur noch 30''. Beim Durchgang durch 0 müßte natürlich der Erregerkreis selbsttätig unterbrochen werden, da sonst der Erregerstrom im anderen Sinne wieder ansteigen und die Generatorspannung wieder zunehmen würde. Die Entregungszeiten sind verhältnismäßig lang, da die Versuche an einer sehr großen Maschine mit großen Zeitkonstanten gemacht worden sind.

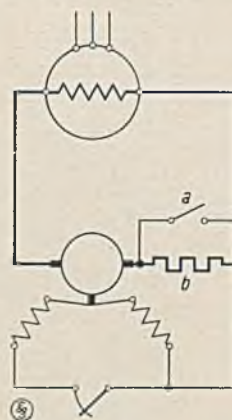


Bild 12. Schema der Entregung der Ossanna-Maschine mit Schwingungswiderstand.  
a = Kurzschlußschalter.  
b = Schwingungswiderstand.

Eine noch schnellere Entregung kann auch bei der Ossanna-Maschine mittels des bekannten Schwingungswiderstandes bewerkstelligt werden. Der Spannungsverlauf ist aus der Kurve e zu ersehen. Bei diesem Verfahren wird (siehe SSW-Druck-

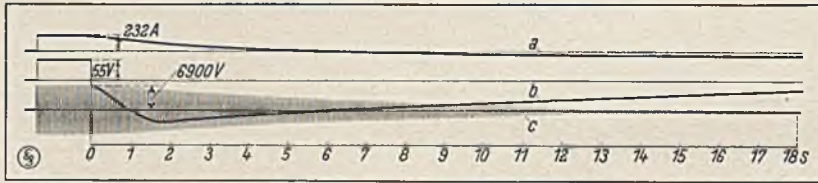


Bild 13. Oszillogramm der Entregung der Ossanna-Maschine mit Schwingungswiderstand.

schrift 2187) entsprechend Bild 12 ein Ohmscher Widerstand b durch Öffnen eines parallel liegenden Kurzschlußschalters a vor den Anker der Erregermaschine geschaltet. Dadurch wird die Stromverteilung im gesamten Erregerkreis labil und kommt zum Zusammenbrechen.

Über die Wirkungsweise dieser Anordnung erhält man ein anschauliches Bild, wenn man einen extremen Fall betrachtet. Würde man nämlich bei vollem Betrieb der Maschine die Erregerankerleitung plötzlich unterbrechen, beispielsweise durch Abheben einer Bürste, so würde der Erregerstrom des Generators durch die Wirkung seiner großen Selbstinduktion trotzdem weiterfließen. Er würde sich seinen Weg durch die Nebenschlußwicklung bahnen und diese dabei umpolen. Schließt man den Erregeranker jetzt wieder an, so vernichtet seine nunmehr entgegengesetzt gerichtete Spannung den Erregerstrom sehr schnell und kehrt ihn um. Dieses Umpolen tritt auch ein, wenn man den Erregeranker nicht vollständig abschaltet, sondern ihm nur einen angemessen großen Widerstand vorschaltet. Das Oszillogramm der Entregung mit



Bild 14. Ossanna-Maschine als Zentral-Hilfserrregermaschine 20 kW, 230 V, 1450 Umdr./min.

Läuferwiderstandes, die Entregungszeit bis zum Nullwert der Generatorspannung beträgt 17". Die Aberregung ist vollständig, die Generator-

Schwingungswiderstand an der gleichen Maschine ist in Bild 13 wiedergegeben. Die Entregung geht, wie bereits erwähnt, nach Kurve e in Bild 11 vor sich. Der Schwingungswiderstand beträgt etwa 1,3 des

spannung geht bis 0 herab und bleibt 0. Auch die Spannung der Erregermaschine wird 0, sie verliert ihre Remanenz, so daß sie von selbst gar nicht wieder auf Spannung kommt. Zur Wiedererregung genügt es, eine Hilfsspannung von einigen Volt, die ja in jeder Zentrale für die Betätigung der Schaltapparate vorhanden ist, an die Nebenschlußwicklung zu legen, um das Remanenzfeld der Erregermaschine wieder aufzubauen.

Zum Schluß noch einige Bilder von gelieferten Ossanna-Maschinen.

Bild 14 zeigt eine der kleinen für die Innwerke gelieferten Hilfserrregermaschinen, von denen jede eine Reihe von Haupterrregermaschinen großer Drehstromgeneratoren speist, so daß deren ganze Regelung im Nebenschluß der kleinen Ossanna-Maschine erfolgt.

Bild 15 zeigt ihre Einzelteile. Bild 16 und 17 stellen für Ostpreußenwerk Friedland gelieferte Erregermaschinen dar, Bild 18 drei von den vier Maschinen dieser Zentrale, an die ausgedehnte Freileitungen angeschlossen sind, die stark kapazitive Belastung der Maschinen verursachen können.

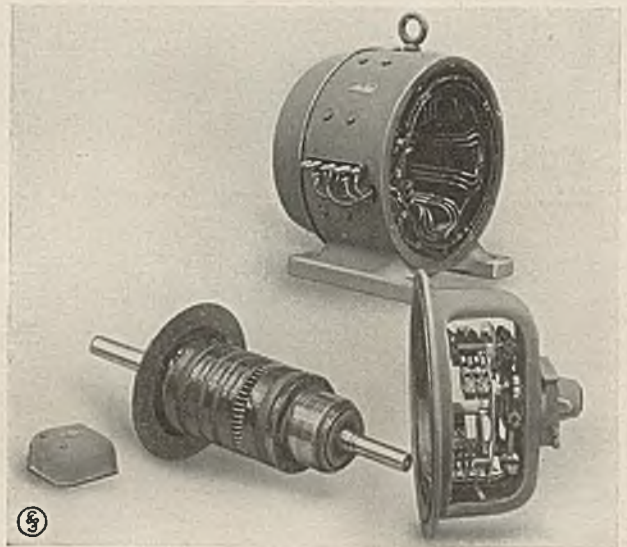


Bild 15. Ossanna-Maschine als Zentral-Hilfserrregermaschine 20 kW, 230 V, 1450 Umdr./min.

In Bild 19 ist eine der für das Kraftwerk Eitting der Mittleren Isar A.G. gelieferten Maschinen wiedergegeben.

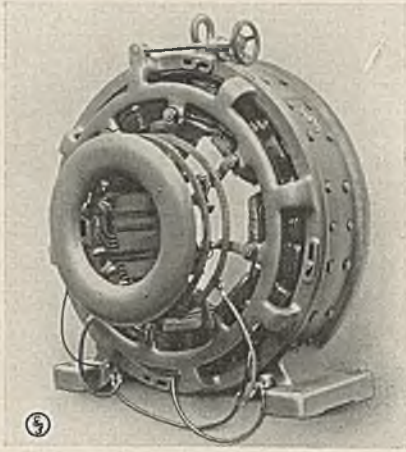


Bild 16. Ossanna-Maschine 46 kW, 220 V, 250 Umdr./min.

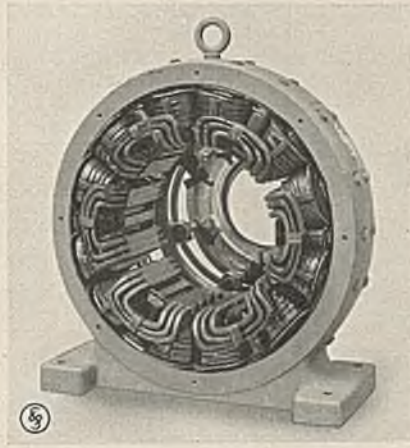


Bild 17. Ossanna-Maschine 21 kW, 220 V, 375 Umdr./min.

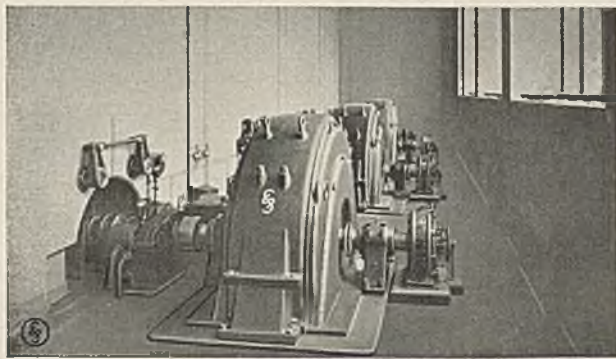
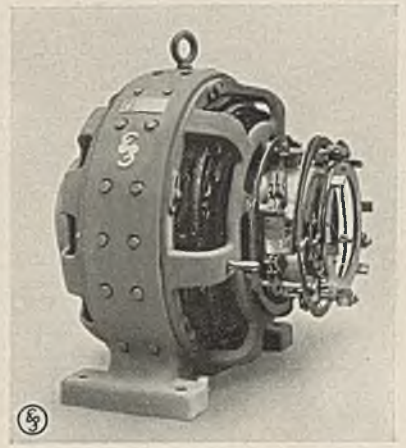


Bild 18. Ostpreußenwerk Friedland, Drehstromgeneratoren mit Ossanna-Erregermaschinen.

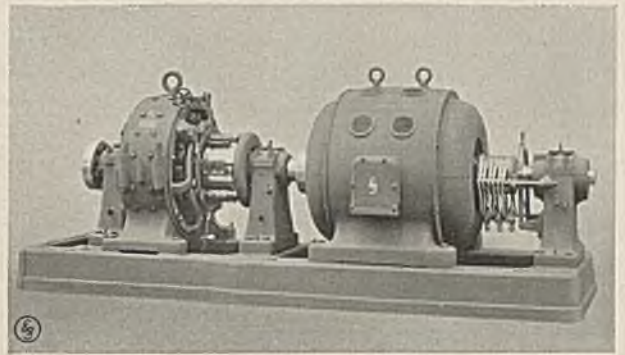


Bild 19. Ossanna-Erregermaschine 120 kW, 220 V, 980 Umdr./min, angetrieben durch Asynchronmotor.

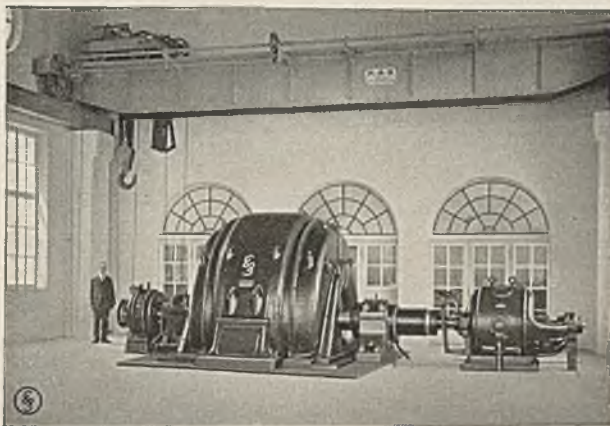


Bild 20. Bayernwerk, Umspannwerk Nürnberg, Phasenschieber mit Ossanna-Maschine 44/55 kW, 220 V, 750 Umdr./min.

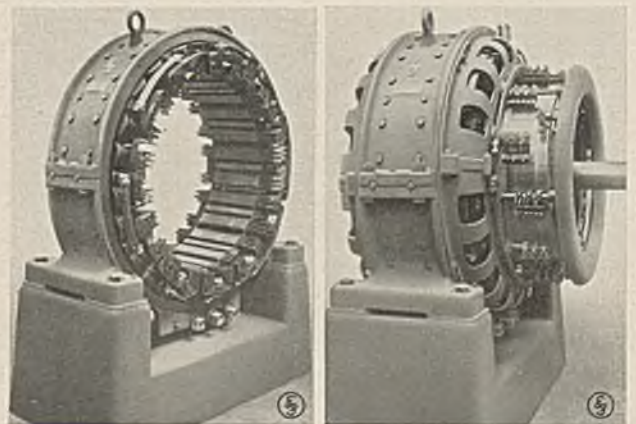


Bild 21. Ossanna-Erregermaschine 117 kW dauernd, 154 kW während 3 Min., 220 V, 250 Umdr./min.

Bild 20 zeigt einen Phasenschieber mit Ossanna-Erregermaschine des Umspannwerkes Nürnberg des Bayernwerkes.

In Bild 21 sind die Erregermaschinen der großen Einphasengeneratoren des Walchenseewerkes wiedergegeben.

# Über die Auswahl von Gasmessern nach dem Differenzdruckprinzip

Von Ingenieur Th. Vosskämper, Wassermesser-Abteilung der Siemens & Halske A.-G.

(Schluß.)

## 4. Differenzdruck und Druckverlust.

Die bei den Messungen mittels Einschnürungsorgans auftretenden Differenzdrücke kommen dadurch zustande, daß der statische Druck wegen der Einschnürung abnimmt. Gleichzeitig nimmt die Geschwindigkeit des Gases um einen entsprechenden Betrag zu. Bei der nachfolgenden allmählichen Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit auf den dem Rohrquerschnitt entsprechenden Wert setzt sich die freiwerdende Geschwindigkeitshöhe wieder in statischen Druck um. Diese Umsetzung erfolgt jedoch nicht verlustfrei, und infolgedessen ergibt sich ein Druckverlust, der namentlich von dem auftretenden Differenzdruck, der Art des Einschnürungsorganes und dem Querschnittsverhältnis abhängt.

Der Druckverlust ist stets kleiner als der Differenzdruck und läßt sich für jedes Einschnürungsorgan in Hundertteilen des Differenzdruckes ausdrücken. Den geringsten Verlust weisen die Venturirohre auf. Riffart fand bei Versuchen mit sorgfältig bearbeiteten Verdichtungsdüsen, die den Venturi-Auslaufrohren entsprechen, daß rund 84% der Abnahme an Geschwindigkeitshöhe in statischen Druck umgesetzt wurden, so daß also der Druckverlust rund 16% betrug. Nach Messungen an mehreren hundert Venturirohren im Wernerwerk der S. & H. A.-G. beträgt der Druckverlust für gut ausgeführte Venturirohre 13 bis 20% des Differenzdruckes.

Für Stauränder und Düsen läßt sich der Druckverlust als Carnotscher Stoßverlust errechnen. Die Annahme, daß der Druckverlust dem Carnot-

schen Stoßverlust entspricht, ist unsicher, und neuere, über die Durchflußbeiwerte der Stauränder ausgeführte Versuche, die sich nach dieser Richtung hin auswerten lassen, zeigen, daß der Druckverlust besonders für Stauränder mit großen Werten von  $m$  ( $m$  ist das Verhältnis des engsten Querschnittes zum Rohrquerschnitt) etwas größer ist. Immerhin kann man die als Carnotscher Stoßverlust errechneten Werte ohne erheblichen Nachteil dazu verwenden, Energieverluste bei Messungen mittels Einschnürungsorganen vorauszubestimmen.

Bild 11 zeigt angenähert den auftretenden Druckverlust in Hundertteilen des Differenzdruckes in Abhängigkeit von  $m$  für Stauränder, Düsen und Venturirohre. Diese Darstellung führt jedoch leicht dazu, die Düse unbegründeterweise zu bevorzugen, da deren geringerer Druckverlust im Vergleich zum Staurand bei gleichem Querschnittsverhältnis in die Augen springt.

Praktisch ist fast stets für eine Messung mittels Staurandes oder Düse bei gleichem Meßbereich der gleiche Differenzdruckmesser zu verwenden. Infolgedessen fällt das Querschnittsverhältnis für den Staurand größer aus, und damit verschwindet der Vorteil, den die Düse in bezug auf den Druckverlust gegenüber dem Staurand hat. Zum Ermitteln der Druckverluste ist daher vorteilhafter Bild 12 zu benutzen, das den Druckverlust in Hundertteilen des Differenzdruckes in Abhängigkeit von  $z$  (über die Bedeutung von  $z$  siehe vorigen Abschnitt) erkennen



Bild 10<sup>1)</sup>. Differenzdruckmesser als Ferngeber bei hohen stat. Drücken.

Differenzdruckbereich:  
2 m WS. 6 m WS.  
Zulässiger stat. Druck:  
30 at. bis zu höchsten  
Drücken.  
Füllflüssigkeit:  
Quecks. Quecks.

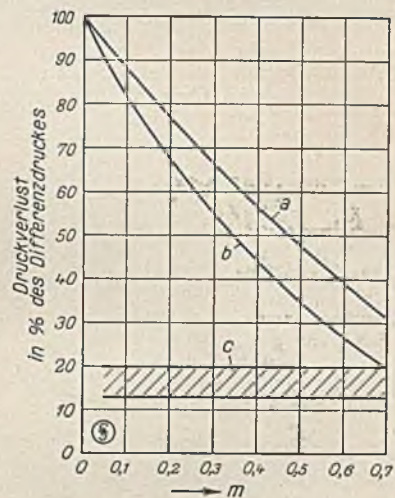


Bild 11. Darstellung der Druckverluste in Prozenten des Differenzdruckes in Abhängigkeit vom Querschnittsverhältnis  $m$ .

a = Staurand.  
b = Düse.  
c = Venturirohr.

<sup>1)</sup> Dazugehöriger Text auf Seite 146.



läßt. Danach hat das Venturirohr einen wesentlich geringeren Druckverlust als die anderen Einschnürungsorgane. Staurand und Düse haben gleiche Druckverluste bei gleichem  $z$ ; die Düse ergibt nur dann einen geringeren Druckverlust als der Staurand, wenn sie in Grenzfällen die Wahl eines Differenzdruckmessers mit geringem Differenzdruckmeßbereich ermöglicht.

Beispiel 2:

Ein solcher Fall ist in dem Beispiel 1 des vorigen Abschnittes gegeben. Für die darin behandelten Meßverhältnisse wird der größte Druckverlust

a) bei Wahl eines Venturirohres:

nach Bild 12 etwa 17% des Differenzdruckmeßbereiches, also

$$0,17 \cdot 40 = 6,8 \text{ mm WS,}$$

b) bei Wahl einer Düse:

mit  $z = 0,475$  nach Bild 12 etwa 27,5% des Differenzdruckmeßbereiches, also

$$0,275 \cdot 40 = 11 \text{ mm WS,}$$

c) bei Wahl eines Staurandes:

in diesem Grenzfall kann bei Wahl eines Staurandes nicht der gleiche Differenzdruckmesser verwendet werden, weil dann  $z$  den für Stauränder zulässigen Wert übersteigen würde. Man muß daher den Differenzdruckmesser mit  $p_{\max} = 350 \text{ mm WS}$  wählen, so daß für den Staurand  $z = 0,0543$  wird. Der Druckverlust beträgt dann (nach Bild 12) 63% des Differenzdruckmeßbereiches, also

$$0,63 \cdot 350 = 220 \text{ mm WS.}$$

Schliesse man in diesem Falle mit der Düse ohne Rücksicht auf die Möglichkeit, den Apparat mit geringerem Differenzdruckmeßbereich zu benutzen, den gleichen Apparat an, wie er für den Staurand erforderlich ist, so hätte man auch den gleichen Druckverlust. In allen praktischen Bedarfsfällen liegen die Meßverhältnisse im allgemeinen so, daß Grenzfälle der vorbeschriebenen Art, die einen Vorteil der Düse gegenüber dem Staurand in bezug auf den Druckverlust ergeben, selten eintreten. Im nachstehenden Beispiel sei daher ein anderer Fall behandelt.

Beispiel 3:

Der Meßbereich eines Apparates für den Einbau in die Leitung eines Stahlwerksgebläses soll

1200 m<sup>3</sup>/min Luft vom Normalzustand betragen. Der Druck an der Meßstelle ist im Mittel 2 at, die Temperatur 15°C. Der

Rohrdurchmesser sei 600 mm ( $F = 0,2835 \text{ m}^2$ ). Das Volumen der durchfließenden Luft beträgt 20 m<sup>3</sup>/s Luft vom Normalzustand.

Das spezifische Gewicht der Luft an der Meßstelle beträgt, wenn der mittlere Barometerstand 750 mm Hg ist,

$$\gamma = 1,293 \cdot \frac{750 + 2 \cdot 735}{760} \cdot \frac{273}{273 + 15} = 3,58 \text{ kg/m}^3.$$

Das Volumen der sekundlich an der Meßstelle durchfließenden Luft wird

$$V_s = \frac{20 \cdot 1,293}{3,58} = 7,22 \text{ m}^3/\text{s}$$

und die zugehörige Höchstgeschwindigkeit

$$w = \frac{7,22}{0,2835} = 25,5 \text{ m/s,}$$

damit wird

$$p_d = \frac{25,5^2 \cdot 3,58}{2 \cdot 9,81} = 118,4 \text{ mm WS.}$$

Als Differenzdruckmesser ist beispielsweise der Registrierapparat nach Bild 7 mit  $p_{\max} = 350 \text{ mm WS}$  geeignet.

Dann ist

$$z = \frac{118,4}{350} = 0,338,$$

und der größte Druckverlust wird

a) bei Wahl eines Venturirohres

$$0,17 \cdot 350 = 59,6 \text{ mm WS,}$$

b) bei Wahl einer Düse nach Bild 12 rund 34% des Differenzdruckmeßbereiches, also

$$0,33 \cdot 350 = 115,5 \text{ mm WS,}$$

c) bei Wahl eines Staurandes

wie bei der Düse 115,5 mm WS.

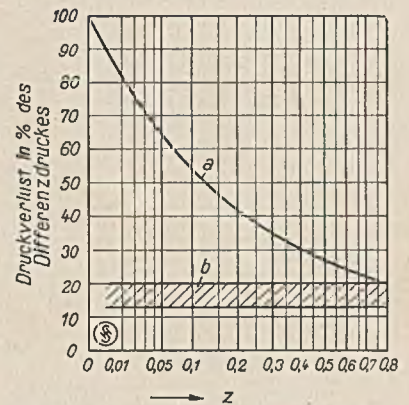


Bild 12. Darstellung des größten Druckverlustes in Prozenten des höchsten Differenzdruckes in Abhängigkeit von  $z$ .  
a = Staurand und Düse.  
b = Venturirohr.

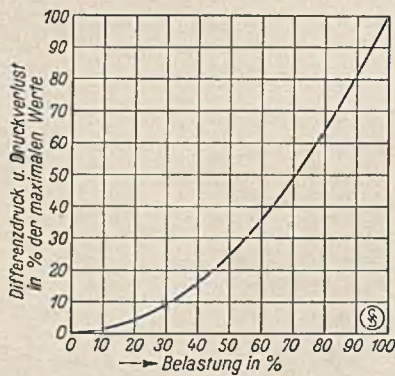


Bild 13. Darstellung des Druckverlustverlaufes in Prozenten des größten Druckverlustes in Abhängigkeit von der Belastung.

Der in vorstehender Weise ermittelte Druckverlust bezieht sich auf den Vollausschlag des Differenzdruckmessers, zu dem der größte meßbare Differenzdruck gehört. Bei kleineren Durchflußmengen werden auch die

Druckverluste den zugehörigen Differenzdrücken oder den Wurzeln der Durchflußmengen proportional kleiner. Die größten auftretenden Druckverluste sind daher bei den verschiedenen Leistungen mit den aus der Kurve Bild 13 zu entnehmenden Faktoren zu multiplizieren.

#### Beispiel 4:

Ist der in Beispiel 3 gewählte Messer, der einen Meßbereich von 1200 m<sup>3</sup>/min hat, mit 840 m<sup>3</sup>/min, also mit 70% belastet, so beträgt der augenblickliche Druckverlust nach Bild 13 nur 49% des größten. Der augenblickliche Druckverlust ist also

- bei eingebautem Venturirohr  
 $0,49 \cdot 59,6 = 29,2$  mm WS,
- bei eingebauter Düse  
 $0,49 \cdot 115,5 = 56,6$  mm WS,
- bei eingebautem Staurand  
wie bei der Düse, 56,6 mm WS.

#### 5. Wahl des Stauorganes.

In allen Fällen, in denen es nach den bisherigen Ausführungen noch nicht feststeht, welches Stauorgan man zu wählen hat, ist zu prüfen, ob die für den Staurand etwas geringere Genauigkeit den Ansprüchen genügt. In den meisten Fällen wird dies der Fall sein, wenn es sich um Betriebsmessungen von Generator-, Hochofen- und Kokereigas handelt. Da diese Gase vielfach verschmutzt sind, ist hier der Staurand ohnehin am Platze, weil er weniger empfindlich gegen Schmutzablagerungen ist. Nur bei Abgabe gereinigten Leuchtgases gegen Bezahlung ist gewöhnlich ein Venturirohr wegen seiner größeren Genauigkeit vorzuziehen.

Der Hauptwert bei der Entscheidung für Staurand, Düse oder Venturirohr als Stauorgan ist auf den Druckverlust zu legen. Wenn nicht gerade aus besonderen Gründen im weiteren Verlaufe der Strömung eine Drosselung des Gasdruckes beabsichtigt ist, bringt jeder Druckabfall in der Leitung wirtschaftliche Nachteile. Andererseits ist er ein notwendiges Übel, da für die Messung Verstellkräfte (Differenzdrücke) erforderlich sind und die Druckverluste nach dem vorangegangenen Abschnitt je nach Ausführung des Stauorganes einen bestimmten Prozentsatz des Differenzdruckes ausmachen. In vereinzelt Fällen darf der Druckverlust schon mit Rücksicht auf vorhandene Betriebseinrichtungen einen gewissen Wert nicht überschreiten, weil sonst die einzuhaltenden Leistungen nicht mehr erreicht werden können. Dieser Fall tritt namentlich dann ein, wenn Meßapparate in vorhandene Anlagen eingebaut werden sollen und die für die Fortbewegung des Gases vorhandenen Gebläse usw. knapp bemessen sind, so daß eine nennenswerte Erhöhung des Gegendruckes nicht mehr zulässig ist.

Im allgemeinen ist der durch ein Stauorgan verursachte Druckverlust nur wegen des dadurch hervorgerufenen Leistungsmehraufwandes von Bedeutung. Die Kosten für die Energie, die zum Ausgleich des durch ein Stauorgan verursachten Druckverlustes aufzuwenden sind, sind im Hinblick auf die durch die Messung erzielbaren Vorteile praktisch stets erträglich, hat doch in manchen Fällen schon ein scharfer Krümmer oder ein Ventil in der Leitung einen größeren Druckverlust zur Folge als ein zweckmäßig gewähltes Stauorgan. Trotzdem sollte, ebenso wie man grundsätzlich danach strebt, Ventile durch Schieber zu ersetzen, und statt scharfer Winkelstücke immer mehr Bogenstücke mit großem Radius einbaut, auch in jedem Falle das gewählte Stauorgan auf größte Wirtschaftlichkeit hin geprüft werden. Durch zahlenmäßige Untersuchungen der Ersparnisse an Energiekosten bei Verwendung eines Venturirohres läßt sich leicht feststellen, ob die Mehrkosten für ein Venturirohr gegenüber den anderen Einschnürungsorganen ausreichend schnell getilgt werden. In nachstehenden Beispielen 5 bis 8 sind derartige Rechnungen für einige Fälle durchgeführt, wobei die Druckverluste nach den vorangegangenen Abschnitten ermittelt wurden:

**Beispiel 5:**

Messung der Luftmenge eines durch Dampf-  
turbine angetriebenen Turbokompressors.  
Verlangter Meßbereich 25 000 m<sup>3</sup>/h Luft vom  
Normalzustand  
Druck an der Meßstelle 6,5 atü  
Temperatur an der  
Meßstelle . . . . . 40° C  
mittlerer Barometerstand 750 mm Hg  
Rohrdurchmesser . . . . 250 mm  
gewählter Differenz-  
druckmesser . . . . . Geber nach Bild 10  
mit  $P_{J \max} = 2 \text{ m WS}$

Der Druckverlust ergibt  
sich für Staurand oder  
Düse bei 70 % Be-  
lastung zu . . . . . 461,0 mm WS

Der Druckverlust ergibt  
sich für Venturirohr  
bei 70 % Belastung zu 166,5 mm WS

Der Druckverlust ver-  
mindert sich bei Wahl  
des Venturirohres um 294,5 mm WS

Da sich bei 70 % Belastung das Volumen der  
an der Meßstelle sekundlich durchströmenden  
Luft nach den gemachten Angaben zu 0,77  
m<sup>3</sup>/s errechnet, wird die Energieersparnis  
bei Annahme eines Kompressorwirkungsgrades  
von 0,70

$$L = \frac{0,77 \cdot 294,5}{0,70 \cdot 75} = 4,32 \text{ PS}_e \quad (1 \text{ PS}_e = 75 \text{ m kg/s})$$

Bei 7000 Betriebsstunden im Jahr werden dann  
durch ein Venturirohr gespart

$$A = 7000 \cdot 4,32 = 30200 \text{ PS}_e \text{ h im Jahr.}$$

Rechnet man mit einem Dampfverbrauch der  
Turbine von 5 kg/PS<sub>e</sub>h, sind ferner die Dampf-  
kosten 4 M für die Tonne, so betragen die  
Ersparnisse durch ein Venturirohr

$$30200 \cdot 0,005 \cdot 4,0 = 604 \text{ M im Jahr.}$$

Dieser Ersparnismöglichkeit steht der höhere  
Anschaffungspreis des Venturirohres gegenüber.

**Beispiel 6:**

Messung der Luftmenge eines durch Elektro-  
motor angetriebenen Gebläses.

Verlangter Meßbereich . . . . . 400 m<sup>3</sup>/min  
Luft vom Meßzustand  
Druck an der Meßstelle . . . . 0,6 atü  
Temperatur an der Meßstelle . 15° C  
mittlerer Barometerstand . . . . 750 mm Hg

Rohrdurchmesser . . . . . 550 mm  
gewählter Differenzdruckmesser:  
Mechanischer Registrierap-  
parat nach Bild 7 mit  $p_{\max} = 350 \text{ mm WS}$   
Der Druckverlust ergibt sich für  
Staurand oder Düse bei 70 %  
Belastung zu . . . . . 68,5 mm WS  
Der Druckverlust ergibt sich für  
Venturirohr bei 70% Belastung zu 29,2 mm WS  
Der Druckverlust vermindert sich  
bei Wahl des Venturirohres um 39,3 mm WS

Da sich bei 70 % Belastung das Volumen der  
an der Meßstelle sekundlich durchströmenden  
Luft nach den gemachten Angaben zu 4,66 m<sup>3</sup>/s  
errechnet, wird die Energieersparnis bei An-  
nahme eines Kompressorwirkungsgrades von  
0,70

$$L = \frac{4,66 \cdot 39,3}{0,70 \cdot 75} = 3,5 \text{ PS}_e \quad (1 \text{ PS}_e = 75 \text{ m kg/s})$$

Bei 7000 Betriebsstunden im Jahr werden dann  
durch Venturirohr gespart

$$A = 7000 \cdot 3,5 = 24500 \text{ PS}_e \text{ h im Jahr.}$$

Rechnet man mit einem Stromverbrauch des  
Antriebmotors von 0,80 kW für die PS<sub>e</sub> und  
mit einem Strompreis von 0,07 M für die kWh,  
so betragen die Ersparnisse durch ein Venturi-  
rohr

$$24500 \cdot 0,80 \cdot 0,07 = 1370 \text{ M für das Jahr.}$$

Dieser Ersparnismöglichkeit steht der höhere  
Anschaffungspreis des Venturirohres gegenüber.

**Beispiel 7:**

Messung der Leuchtgasmenge in einer Fern-  
gasversorgungsleitung bei Gasmotorantrieb  
des Gebläses.

Verlangter Meßbereich . . . . . 5000 m<sup>3</sup>/h  
Gas vom Normalzustand  
spezifisches Gewicht bezogen auf  
0° und 760 mm Hg . . . . . 0,48 kg/m<sup>3</sup>  
Druck an der Meßstelle . . . . 7 m WS  
Überdruck  
Temperatur an der Meßstelle . 15° C  
mittlerer Barometerstand . . . . 750 mm Hg  
Rohrdurchmesser . . . . . 300 mm  
gewählter Differenzdruckmesser:  
Geber nach Bild 9 mit  $p_{\max} = 350 \text{ mm WS}$   
Der Druckverlust ergibt sich für  
Staurand oder Düse bei 70 %

Belastung zu . . . . . 145,6mm WS  
 Der Druckverlust ergibt sich für  
 Venturirohr bei 70 % Belastung  
 zu . . . . . 29,2mm WS

Der Druckverlust vermindert sich  
 bei Wahl des Venturirohres um 116,4mm WS

Da sich bei 70 % Belastung das Volumen des  
 an der Meßstelle durchströmenden Gases nach  
 den gemachten Angaben zu 0,623 m<sup>3</sup>/s errechnet,  
 wird die Energieersparnis bei Annahme eines  
 Kompressorwirkungsgrades von 0,70

$$L = \frac{0,623 \cdot 116,4}{0,70 \cdot 75} = 1,38 \text{ PS}_e \text{ (1 PS}_e = 75 \text{ m kg/s)}$$

Bei 7000 Betriebstunden im Jahr werden dann  
 durch ein Venturirohr gespart

$$A = 7000 \cdot 1,38 = 9650 \text{ PS}_e \text{ h im Jahr}$$

Rechnet man mit einem Gasverbrauch des  
 Antriebsmotors von 0,5 m<sup>3</sup> für die PS<sub>e</sub> h und  
 nimmt man den Wert des Gases mit 0,05 M  
 für das m<sup>3</sup> an, so betragen die Ersparnisse  
 durch ein Venturirohr

$$9650 \cdot 0,5 \cdot 0,05 = 241 \text{ M im Jahr.}$$

Dieser Ersparnismöglichkeit steht der höhere  
 Anschaffungspreis des Venturirohres gegenüber.

Beispiel 8:

Messung der Menge des von elektrisch an-  
 getriebenen Saugern beförderten Kokereigases.

Verlangter Meßbereich . . . . . 4000 m<sup>3</sup>

vom Meßzustand

spezifisches Gewicht des Gases

0,56 kg/m<sup>3</sup> bei 0° und 760mm Hg

Druck an der Meßstelle . . . . . 200mm WS  
 Überdruck

Temperatur an der Meßstelle . 15° C

mittlerer Barometerstand . . . . . 750 mm Hg

gewählter Differenzdruckmesser: Geber nach  
 Bild 8 mit  $p_{j \max} = 40 \text{ mm WS}$

Der Druckverlust ergibt sich  
 für Staurand oder Düse bei  
 70 % Belastung zu . . . . . 10,85 mm WS

Der Druckverlust ergibt sich  
 für Venturirohr bei 70 %  
 Belastung zu . . . . . 3,33 mm WS

Der Druckverlust vermindert  
 sich bei Wahl des Venturi-  
 rohres um . . . . . 7,52 mm WS

Da sich bei 70 % Belastung das Volumen  
 des an der Meßstelle sekundlich durchströmen-

den Gases nach den gemachten Angaben zu  
 0,778 m<sup>3</sup>/s errechnet, wird die Energieersparnis  
 bei Annahme eines Kompressorwirkungsgrades  
 von 0,70

$$L = \frac{0,778 \cdot 7,52}{0,70 \cdot 75} = 0,1113 \text{ PS}_e \text{ (1 PS}_e = 75 \text{ m kg/s)}$$

Bei 7000 Betriebstunden im Jahr werden  
 dann durch ein Venturirohr gespart

$$A = 7000 \cdot 0,1113 = 780 \text{ PS}_e \text{ h im Jahr.}$$

Rechnet man mit einem Stromverbrauch des  
 Antriebsmotors von 0,80 kW für die PS<sub>e</sub> und  
 mit einem Strompreis von 0,07 M für die  
 kW h, so betragen die Ersparnisse durch ein  
 Venturirohr

$$780 \cdot 0,8 \cdot 0,07 = 33,70 \text{ M im Jahr.}$$

In diesem Falle deckt der geringere Druck-  
 verlust des Venturirohres dessen höhere An-  
 schaffungskosten kaum.

D. Schluß.

Obwohl das Venturirohr meist wirtschaft-  
 licher als die anderen Einschnürungsorgane ist,  
 findet man in der Praxis vielfach Stauränder  
 angewendet. Bei Wandermessungen, vorüber-  
 gehenden Feststellungen und vorläufigen Er-  
 mittlungen ist es auch durchaus zweckent-  
 sprechend, Stauränder zu benutzen, weil in  
 diesem Falle die rein praktischen Erwägungen  
 im Vordergrund stehen müssen. Der Staurand,  
 für dessen Aufnahme die Rohrleitung nicht  
 verändert zu werden braucht, läßt sich fast  
 immer ohne störende Betriebsunterbrechungen  
 einbauen. Für dringende Messungen kann der  
 Staurand gegebenenfalls an Ort und Stelle schnell  
 hergestellt werden. In Fällen der genannten Art  
 sind diese Vorteile meist von ausschlaggebender  
 Bedeutung. Sie dürfen jedoch, wie in den  
 Beispielen des letzten Abschnittes nachgewiesen  
 ist, nicht dazu führen, grundsätzlich den Stau-  
 rand zu bevorzugen, denn für alle Betriebs-  
 dauermessungen erfordert das Streben, alle  
 laufenden Unkosten weitgehend herabzusetzen,  
 genaues Nachprüfen der Wirtschaftlichkeit für  
 das zu wählende Meßorgan. Für den über-  
 wiegenden Teil der in der Praxis zu über-  
 wachenden Meßstellen wird man dann finden,  
 daß sich die höheren Anschaffungskosten und  
 der etwas schwierige Einbau eines Venturirohres  
 bei Dauermessungen in kurzer Zeit durch die  
 Ersparnisse an Energiekosten bezahlt machen.

## Erster Gesichtspunkt bei der Bemessung von Fernleitungen mit Höchstspannung

Von Dipl.-Ing. Josef Scherber, Abteilung Industrie der SSW.

Verwendete Literatur: Professor Dr. C. Breinfeld, Wechselstrom-Fernleitungen, Verlag Vieweg. Herzog-Feldmann: Berechnung elektr. Leitungsnetze, Verlag Springer. Journal of the American Institute of Electrical Engineer 1924 Bd. 12. Siemens-Zeitschrift 1924 Heft 1.

Die nicht aufzuhaltende Entwicklung, die dazu drängt, die Wasserkräfte des deutschen und österreichischen Alpengebietes auszubeuten und die so gewonnenen, großen Energiemengen auf weite Entfernungen von über 500 km nach Mitteldeutschland und noch weiter zu übertragen, führt zwangsläufig dazu, die bisherige Übertragungsspannung von 100 kV zu verlassen und eine Spannung von mindestens 200 kV zu wählen. Der Entwurf der Freileitungen für eine so hohe Spannung hat nun vor allem unter Berücksichtigung der Korona zu erfolgen, zumal hier Gebiete in Betracht kommen (Paßübergänge, Hochtäler), wo während eines großen Teils des Jahres „Schlechtwetter“ wie Regen, Rauheif, Hagel, Schnee und Nebel usw. herrscht.

Größere Koronaverluste werden außerdem auch durch die Nähe der Meeresküste und sonstiger großer Wasserflächen verursacht, wie Mashon bei seinen Prüfungen an den Niagarafällen fand.

Peek fand bei seinen grundlegenden Versuchen über Koronaverluste, daß bei einer Betriebsspannung von 205 kV und bei einer 1095 m langen Versuchsleitung die Koronaverluste von 7,53 kW bei gutem Wetter auf 17,46 kW bei Schlechtwetter steigen, was also ein Sinken der kritischen Spannung, die nach der unten folgenden Formel vor allem die Koronaverluste bedingt, bei Schlechtwetter auf den 0,8 fachen Wert bedeutet. Bei der 220 kV Pit-Vacaleitung der Pacific Gas and Electric Company über 325 km, die einen Höhenunterschied von 1600 m überwindet, also durch ein Gebiet führt, wo oft Schlechtwetter herrscht, werden bei Ausföhrung als Doppelleitung und bei 60 Per/s die jährlichen Koronaverluste auf etwa 22 000 000 kWh geschätzt, d. i. ungefähr der neunte Teil der gegenwärtig vom Walchenseewerk abgegebenen jährlichen Leistung und entspricht einem durchschnittlichen Verlust von 7,8 kW auf 1 km Doppelleitung.

Aus diesen Zahlenwerten ersieht man die Wichtigkeit der Leitungsbemessung unter Berücksichtigung der Koronavermeidung bei Schlechtwetter. Die Koronaverluste ergeben sich nun nach der Peek'schen Formel, deren Richtigkeit durch die im Hochspannungsraum der Siemens-Schuckertwerke stattgefundenen Versuche bestätigt wurde, für 1 km einer aus drei Leitern bestehenden Drehstromleitung

$$N_{Dr} = \frac{344}{10^5} \frac{f}{\delta} \sqrt{\frac{q}{A}} (E - E_0)^2 \text{ in kW/km,}$$

für 1 km einer aus zwei Leitern bestehenden Einphasenleitung mit der Hälfte dieses Wertes

$$N_{Ei} = \frac{1}{2} \frac{344}{10^5} \frac{f}{\delta} \sqrt{\frac{q}{A}} (E - E_0)^2 \text{ in kW/km.}$$

Hierin bedeutet f die Frequenz, E die verkettete Spannung und  $E_0$  die kritische Spannung, beide in kV. Diese ergibt sich mit:

$$E_0 = K_1 K_2 m_0 21,1 \delta q 2,3 10 g \frac{A}{q}, \text{ wobei}$$

$$K_1 = 1,73 \text{ für Drehstrom,}$$

$$= 2 \text{ für Einphasenstrom,}$$

$$K_2 = \text{Berücksichtigung des Wetters:}$$

$$\text{bei schönem Wetter} = 1,$$

$$\text{bei schlechtem Wetter} = 0,8,$$

$$m_0 = \text{Berücksichtigung der Leiteroberfläche (Ruß, Oxydation):}$$

$$\text{für blanke polierte Drähte} = 1,$$

$$\text{für alte Drähte} = 0,93-0,98,$$

$$\text{für Seile} = 0,83-0,87,$$

$$21,1 = \text{Durchschlagsfestigkeit der Luft in kV je cm bei gutem Wetter,}$$

$$\delta = \text{Berücksichtigung des Barometerstandes}$$

$$\text{und Temperatur} = \frac{3,92b}{273 + t}$$

$$b = \text{Barometerstand in cm,}$$

$$t = \text{Grade in Celsius,}$$

$$q = \text{Leiterradius in cm,}$$

$$A = \text{Leiterentfernung in cm bedeutet.}$$

Aus den Gleichungen geht hervor, daß mit Sicherheit die Koronaverluste auf der ganzen Leitung immer verschwinden, sobald die kritische Spannung bei Schlechtwetter gleich oder größer

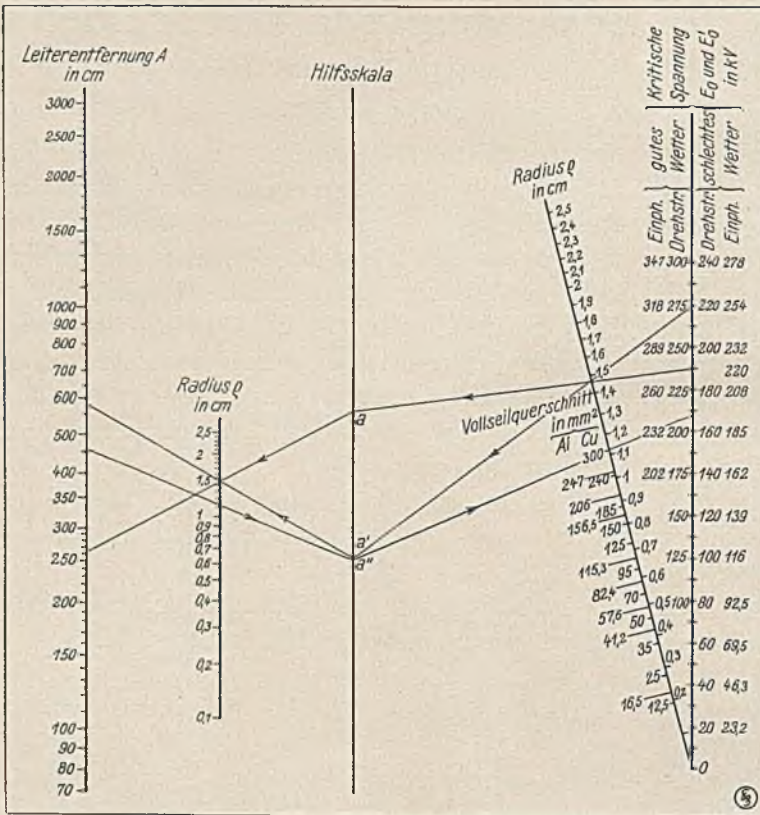


Bild 1. Kritische Spannung  $E_0$  und  $E_0'$  in kV für Dreh- und Einphasenstrom in Abhängigkeit von der Entfernung A in cm und dem Seilradius  $\rho$  in cm  $m_0 = 0,83$   
 $E_0$  in kV bei schlechtem Wetter  $\delta = 1,03$   $b = 72$  cm  $t = 0^\circ$   
 $E_0'$  = kV „ gutem „  $\delta = 1,03$   $b = 76$  „  $t = 15^\circ$

als die maximal auftretende Generatorspannung ist, die bei Vollast auftritt.

Bild 1<sup>1)</sup> erlaubt nun für Dreh- und Einphasenstrom bei den verschiedensten Spannungen die entsprechenden Werte von Leiterentfernung und Leiterradius zu bestimmen, die Koronaverluste bei schlechtem und gutem Wetter ausschließen.

Das Nomogramm wird z. B. bei gegebener Spannung E und Leiterradius  $\rho$  folgendermaßen benutzt. Eine Linie, welche durch die den gegebenen Maßen von E und  $\rho$  (auf der rechten Skala) entsprechenden Werte gezogen wird, schneidet die Hilfsskala in einem Punkte a, der markiert wird. Dieser Punkt wird mit dem Wert von  $\rho$  auf der linken Skala verbunden und ergibt so den entsprechenden Wert der Leiterentfernung A. Die Übertragungsspannung sei z. B. 200 kV, so ergibt sich 220 kVA als maximale Generatorspannung bei einem zulässigen 10%igen Span-

nungsabfall. Wenn man nun ein Seil mit einem Radius von  $\rho = 1,47$  cm zur Verfügung hat, so ergibt sich bei Schlechtwetter für Drehstrom eine Leiterentfernung A = 580 cm, bei Einphasenstrom dagegen nur eine solche von A = 261,3 cm.

Die Größen schließen bereits bei Schlechtwetter die Korona aus, jedoch wird es sich aus Sicherheitsgründen empfehlen, mit diesen Werten noch etwas höher zu gehen.

Der Entwurf einer Höchstspannungsleitung beruht vor allem auf dem zu verwendenden Seilradius, denn je größer dieser, desto geringer die Leiterentfernung und die Mastkonstruktion.

Die Anwendung von Hohlseilen, die außerdem den Vorteil einer fast verschwindenden Stromverdrängung haben, gestattet, durch große Seilradien die Leiterentfernungen stark herabzusetzen. So ergeben sich z. B. bei einer Leiterentfernung von 580 cm und bei Schlechtwetter bei folgenden verketteten Drehstromspannungen folgende entsprechende Seilradien  $\rho$

in Zentimetern:						
kV:	120	140	160	180	200	220
$\rho$ :	0,72	0,865	1,01	1,165	1,32	1,47

Andererseits ergeben sich bei Verwendung des größten normalen Kupferseiles von 300 mm<sup>2</sup>, entsprechend einem Radius von  $\rho = 1,125$  cm und Schlechtwetter bei folgenden verketteten Drehstromspannungen folgende entsprechende minimale Leiterentfernungen A in cm:

kV:	120	140	160	180	200	220
A:	80,56	163,6	339,7	677,9	1426,2	2826,2

Man ersieht daraus das sprunghafte Wachsen der Leiterentfernungen mit steigender Spannung.

Bei der eingangs erwähnten 220 kV Pit-Vaca-leitung werden für die letzte Teilstrecke von 229 km Kupferseile mit einem Radius von 1,155 cm bei einer Leiterentfernung von 460 cm verwendet. Diese Anordnung schließt wohl bei gutem Wetter die Korona ungefähr aus, jedoch nicht bei Schlechtwetter, wo sich eine kritische

<sup>1)</sup> Nomographie, Fritz Kraus, Verlag Springer.

Spannung von etwa 167 kV ergibt. Das Auftreten der erwähnten großen Verluste erklärt sich also aus den zu geringen Seilradien bei den gewählten Leiterentfernungen für diese Doppelleitung.

Sind nun die Leitungsmaße nach diesem Gesichtspunkte festgelegt, so können Widerstand,

Induktivität und Kapazität bestimmt und Spannungsabfall sowie Energieverlust vorläufig überschlägig gerechnet werden. Diese müssen sich natürlich unter den zulässigen Werten bewegen, denn sonst müßte der Leiterquerschnitt vergrößert oder, was naheliegender ist, die Leiterzahl je Phase vermehrt werden.

## KLEINE MITTEILUNGEN

Die Verkaufsniederlage der Abteilung für medizinische Technik des Wiener Werkes.

Von Dr. Cäsar Russo, Wiener Werk der Siemens & Halske A.G.

Im Juli 1922 wurde vom Wiener Werk der S. & H. A. - G. eine „Medizinisch-Technische Lehr- und Forschungsstelle“ gegründet. Die Aufgaben dieser Stelle werden in einer Veröffentlichung in der „Wiener klinischen Wochenschrift“ (1922, Nr. 47) gekennzeichnet als „Förderung der Idee eines gemeinsamen Zusammenarbeitens in der medizinischen und technischen Wissenschaft zwecks Schaffung von Bedingungen für eine den wirklichen Bedürfnissen der Medizin angepaßte Entwicklung der elektromedizinischen Technik sowie Organisation dieser Zusammenarbeit“.

Die Lehr- und Forschungsstelle veranstaltet medizinisch-technische Kurse und Einzelvorträge für Ärzte und ist auch in der Lage, Untersuchungen und Nachprüfungen vorzunehmen, die im Zusammenhange mit eingegangenen Anfragen stehen. Sie ist auch Auskunftstelle und beantwortet Anfragen aus den Grenzgebieten der medizinischen und technischen Röntgenologie und der Elektrotherapie, ohne dabei auf irgendwelche geschäftliche Beziehungen Rücksicht zu nehmen.

Die S. & H. A. - G. befolgt bei diesen neuen Einrichtungen den auch sonst stets von ihr vertretenen Grundsatz, daß sie ihre Kunden nicht nur zu beliefern, sondern auch zuverlässig und sachgemäß zu beraten habe. In weiterer Entwicklung dieses Grundgedankens hat die Abteilung für medizinische Technik des Wiener Werkes in der nächsten Nähe der Wiener Universitäts-Kliniken im September 1924 eine Verkaufsniederlage eröffnet.

Auch die Verkaufsniederlage soll nicht unbedingt Apparate verkaufen, sondern sie soll den Arzt beraten, ihm Gelegenheit geben, sich mit dem Arbeiten an Röntgen- und elektromedizinischen Apparaten vertraut zu machen und ihre Konstruktion und Handhabung praktisch kennenzulernen.

Der von der Straße kommende Besucher betritt zunächst einen Ausstellungsraum (Bild 1 und 2) und wird von dort in den Empfangsraum geleitet (Bild 3). Vom Empfangsraum führt eine Treppe in einen unteren Ausstellungsraum, mit dem ein Vortragsraum zusammenhängt.

Im Vortragsraum können Versuche gemacht, Apparate vorgeführt und Lichtbilder gezeigt werden. Durch eine Kinoeinrichtung ist dafür gesorgt, daß Vorgänge, die sich im Rahmen eines Vortrages oder Kurses nicht wohl un-

mittelbar vorführen lassen, die aber doch für den Arzt von Bedeutung sind, wie z. B. die Herstellung von Röntgen-Apparaten, im belebten Bilde dargestellt werden können. Von den Kursen, die in diesem Raum abgehalten worden sind, behandelte z. B. ein mehrwöchiger die allgemeine Röntgentechnik; andere behandelten die Elektrokardiographie oder gaben eine Einführung in die Röntgen- und besonders in die Apparatechnik.

An den Empfangsraum für die Besucher schließt sich ein Bureauraum (Bild 4) an. Von dem Bureauraum führen verschiedene Türen in Nebenräume und zu dem Ausgang ins Lager. Zu diesen Nebenräumen gehört auch eine schallsichere Fernsprechkabine. Sämtliche Räume mit Ausnahme der Nebenräume hängen miteinander zusammen, wodurch die ganze Verkaufsniederlage einen architektonisch sehr wirkungsvollen Eindruck macht, wie die beigelegten Bilder wohl erkennen lassen.

In den Ausstellungsräumen sind verschiedene elektromedizinische und Röntgen-Apparate ausgestellt, die fast durchweg betriebsfertig angeschlossen sind und von geschultem Personal vorgeführt werden können. So sind auf Bild 1 u. a. ein Diathermie-Apparat, ein elektrisches Hauslichtbad, eine künstliche Höhensonne, ein kleiner, „Explorator“ genannter Röntgen-Apparat mit angebaute Stativ zu erkennen. Bild 2 zeigt u. a. einen Fieberregistrierapparat und einen Pantostaten. Ein reichhaltiges Lager an kleineren Gegenständen, wie Röntgen-Zubehör, Elektroden usw. sichert den Ärzten die Annehmlichkeit, diese Dinge in der Regel sofort zu erhalten. Seit Oktober 1925, da das Wiener Werk die Vertretung der „Siemens-Reiniger-Veifa, Gesellschaft für medizinische Technik m. b. H.“ übernommen hat, sind nicht nur Apparate von Siemens & Halske, sondern auch solche von Reiniger, Gebbert & Schall und von den Veifa-Werken ausgestellt.

Die Grundsätze, die eingangs erwähnt wurden, sind natürlich durch diese Änderung nicht berührt worden. Der Arzt wird in den Räumen der Verkaufsniederlage in das für ihn erforderliche technische Wissen eingeführt und hat, wenn er einen Apparat kauft oder zu kaufen beabsichtigt, die Möglichkeit, seine Konstruktion und Handhabung praktisch kennenzulernen. Nicht darauf kommt es an, daß er etwas kauft, sondern daß er, wenn er etwas kauft, das für seine Zwecke Richtige erhält.

Zusammenfassend kann man sagen, daß die Errichtung der Verkaufsniederlage zum Ziele hatte, jenes Verhältnis zwischen Arzt und Lieferer zu schaffen, das der Amerikaner „service“ nennt. Die Bereitschaft zur „Dienst-

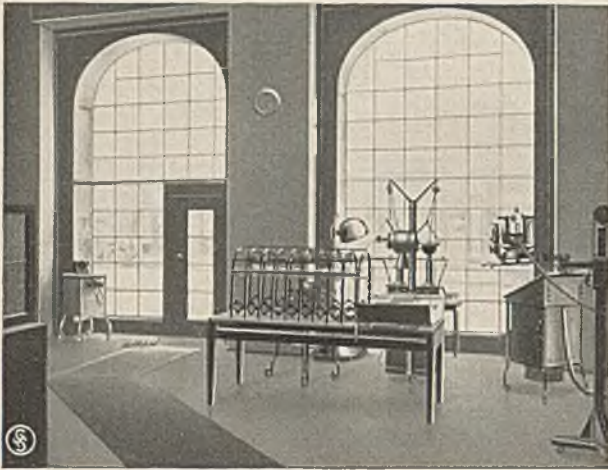


Bild 1. Oberer Ausstellungsraum, Blick nach der Eingangsseite.

Zu sehen sind (von links nach rechts): Diathermicapparate, elektrisches Hauslichtbad, dahinter Universal-Anschlußapparat und künstliche Höhensonne, Explorer, davor auf dem Tisch Buckyblende, Schalttisch für Universal-Röntgen-Apparat, einfaches Röhrenstativ.



Bild 2. Oberer Ausstellungsraum, Blick nach dem Ausgang zum Bureauaum.

Zu sehen sind links: Sterilisatoren und Warmwasserapparate der SSW, ein Fieberregistrierapparat, rechts: Universal-Anschlußapparat, dahinter Einankerumformer zum Diathermicapparat für Anschluß an Gleichstromnetz.

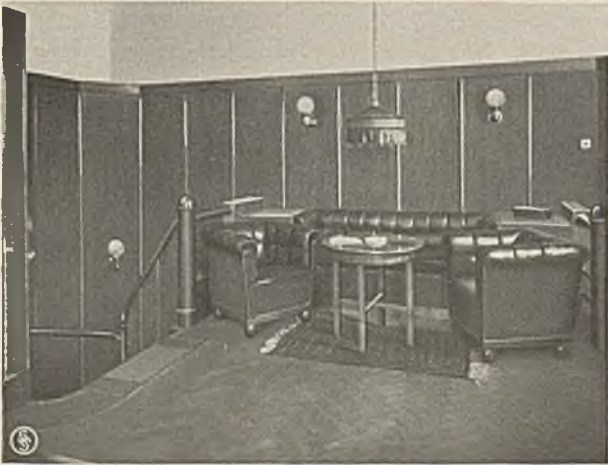


Bild 3. Kundenempfangsraum.



Bild 4. Bureauaum.

leistung“ gründet sich auf den Gedanken, daß der Lieferer mit dem abgeschlossenen Verkauf auch über die Lieferverpflichtung hinausreichende Verbindlichkeiten dem Käufer gegenüber eingeht und gipfelt in der Auffassung, daß die Auftragserteilung erst der Beginn jedes Geschäftes ist. Diese gegenseitige Einstellung von Hersteller und Gebraucher ruht auf einer gesunden und das angeborene Rechtsempfinden befriedigenden Voraussetzung, so daß es wohl nur eine Frage der Zeit ist, bis sie sich allgemein durchgesetzt haben wird. Der moralische und geschäftliche Erfolg, der bisher durch die Verkaufsniederlage in Wien erzielt wurde, kann wohl als praktischer Beweis für die Richtigkeit dieser Anschauung aufgefaßt werden.

#### Elektrizitätswerk Charlottenburg.

Am 16. März sprach Herr Oberingenieur Ohlmüller (Abteilung Zentralen der Siemens-Schuckertwerke) vor

dem Elektrotechnischen Verein über das kürzlich von den SSW fertiggestellte Kraftwerk Charlottenburg der Bewag<sup>1)</sup>.

Über die technischen Neuerungen des Baues, wie z. B. das 35 at-Hochdruckdampf-Regenerativverfahren und die Fernheizung, wurde an dieser Stelle bereits früher berichtet<sup>2)</sup>. Der fortschrittlichen Leitung der Bewag ist es zu danken, daß das Kraftwerk Charlottenburg mit diesen Einrichtungen zu den technisch bemerkenswertesten Kraftwerken gehört. Ohne auf den wesentlichen Inhalt des Vortrages einzugehen, sei hier nur kurz über den Verlauf der Bauarbeiten berichtet.

<sup>1)</sup> Der Vortrag wird in einiger Zeit als Sonderdruck nach der Veröffentlichung in der E. T. Z. zur Verfügung stehen.

<sup>2)</sup> Siemens-Zeitschrift, 1925, Heft 2, S. 102 und Heft 11, S. 498.



Bei der Auftragserteilung an die SSW war zur Bedingung gemacht, daß die Niederdruckmaschinen Ende des Jahres in Betrieb genommen werden konnten. Obwohl mit dem Abbruch der alten Maschinen und Kessel erst im Januar 1925 begonnen werden durfte und trotz eines 10 Wochen dauernden Bauarbeiterstreikes wurde die erste Maschine Ende November und die zweite im Dezember in Betrieb genommen.

Die gesamten Bauarbeiten waren der Siemens-Bauunion in Verbindung mit der Firma Hallert für die Hochbauten übertragen worden. Mit dem Abbruch der alten Maschinen und Kessel wurde am 2. Januar 1925 begonnen. Die Maschinen waren am 1. Februar, die Kessel am 10. Februar 1925 abgebrochen und entfernt, die letzten Fundamente jedoch erst Mitte März. Die Bauarbeiten begannen mit dem Ausschachten der beiden Verlängerungen vom Kessel- und Maschinenhaus am 18. Dezember 1924, innerhalb des freigemachten Maschinen- und Kesselhauses jedoch erst Anfang März 1925. Mit dem Eisenhochbau für das Kesselhaus wurde durch Aufstellen der Bunkerstützen am 23. März begonnen. Das erste Kesselfundament wurde am 25. April fertiggestellt, das erste Turbinenfundament am 2. Mai. Als eine der wichtigsten Voraussetzungen für die weiteren Montagearbeiten wurde die 50 t-Verladebrücke der Demag an der Spree am 9. Mai 1925 dem Betrieb übergeben. Nach diesem Zeitpunkt begann die Anlieferung der schweren Montageteile, so daß nunmehr auch mit der Montage der Kessel und Turbinen begonnen werden konnte. Mitte Juni waren die ersten Kessel in Montage, ebenso wurde um diese Zeit mit der Montage der ersten Turbine begonnen. Ende Juni erfolgte der Einbau der Conveyer über dem Kesselhausbunker, da die Zeit drängte, unter freiem Himmel, das Dach wurde erst wesentlich später fertig. Im Juni wurde mit der Montage des 30000 V-Schalthauses begonnen. Am 6. Oktober 1925 wurden die fertiggestellten Teile des Schalthauses unter Spannung gesetzt. Es wurde so möglich, unter Verwendung einer alten 6000 kW-Turbine, die nach Fertigstellung der Kühlwasserkanäle wieder betriebsfähig geworden war, die verschiedenen Hilfsmaschinen auszuprobieren. Am 10. Oktober 1925 wurde die Kohlenförderanlage in Betrieb gesetzt und mit der Bekohlung des Lagerplatzes begonnen. Ende November schließlich wurde die erste Niederdruck-Turbine in Betrieb gesetzt und über das Schalthaus Strom abgegeben. Die zweite Niederdruck-Turbine folgte Mitte Dezember, so daß beide Maschinen noch während der letzten Jahres-spitze, wie geplant, den Strombedarf Berlins mit decken konnten. Stellt schon der Neubau eines Kraftwerkes an alle Beteiligten hohe Anforderungen, so ist dies in erhöhtem Maße bei einem Umbau der Fall. Nur dem hervorragenden Zusammenarbeiten aller Teile und der Anspannung aller Kräfte (es arbeiteten auf der beengten Baustelle zeitweilig bis zu 1600 Arbeiter) ist es zu danken, daß das Kraftwerk rechtzeitig wieder zur Stromversorgung Berlins herangezogen werden konnte.

### Das Fernkabel Brüssel—Aachen.

Das belgische Ministerium für Post und Telegraphie hat neuerdings den Ausbau eines neuzeitlichen Fern-

kabelnetzes innerhalb Belgiens beschlossen. Zunächst werden zwei große Verbindungslinien gebaut: die eine, in ostwestlicher Richtung zwischen Aachen, Brüssel und La Panne (in der Nähe von Ostende), die die Verbindung mit dem deutschen Fernkabelnetz und — über ein Seekabel nach England — mit dem englischen Fernkabelnetz herstellt, und eine zweite Linie in nordsüdlicher Richtung von Roosendaal in Holland über Antwerpen, Brüssel nach Lille, zur Verbindung des holländischen Netzes mit dem französischen Kabelnetz. Der Auftrag auf den Bau der Fernkabelanlage von Brüssel nach Aachen bis zur deutschen Grenze wurde der Siemens & Halske A. & G. übertragen, und zwar als Reparationsauftrag. An den Kabellieferungen sind noch zwei andere deutsche Kabelwerke beteiligt. Der zugrunde liegende Vertrag wurde im Februar seitens der Reparationsstellen in Paris genehmigt.

Die Entfernung zwischen Brüssel und dem Grenzort Hergenrath an der Landesgrenze unweit Aachen beträgt rd. 140 km. Das Kabel wird von Brüssel über Tirlemont, St. Truiden, Lüttich nach Hergenrath geführt, von dort aus auf deutschem Boden bis nach Aachen fortgesetzt werden und in Aachen Anschluß an das deutsche Fernkabelnetz erhalten. Das rd. 100 km lange Kabel zwischen Brüssel und Lüttich wird 81 Adervierer enthalten, und zwar:

19 Vierer mit 1,5 mm starken Kupferleitern,  
57 " " 1,3 " " " " " " und  
5 " " 0,9 " " " " " " "

das rd. 40 km lange Kabel zwischen Lüttich und der deutschen Grenze 50 Adervierer, nämlich:

16 Vierer mit 1,5 mm starken Kupferleitern und  
34 " " 1,3 " " " " " " "

Die Sprechkreise mit 1,5 mm und 0,9 mm Leitern werden mittelschwer pupinisiert mit einer Induktivität von 170 mH in den Stammkreisen und

63 " " " Viererkreisen,

die 1,3 mm Sprechkreise teils in der gleichen Weise mittelschwer, teils für Vierdrahtbetrieb leicht mit einer Induktivität von

44 mH in den Stammkreisen und

25 " " " Viererkreisen.

Der Abstand der Pupinspulen wird 1830 m betragen. 10 Adervierer 1,3 mm sind für Telegraphierbetrieb vorgesehen und werden nicht mit Spulen belastet. Die mittelschwer belasteten Sprechkreise sollen dem Nahverkehr, in erster Linie also dem Sprechverkehr innerhalb Belgiens dienen, während die Vierdrahtleitungen für die weitergehenden Verbindungen, also vor allem für den Durchgangsverkehr zwischen England und Deutschland bestimmt sind. Die Vorschriften für die Ausführung der Kabel und der Pupinspulen entsprechen im allgemeinen den Beschlüssen des Comité consultatif international in Paris, die für den Bau von neuzeitlichen Fernkabelanlagen als maßgebend festgelegt wurden. Die Kabel werden im allgemeinen als bandeisenbewehrte Erdkabel ausgeführt und unmittelbar in die Erde gebettet; nur in den größeren Städten werden Röhrenkabel mit blankem Bleimantel zum Einziehen in das vorhandene Röhrensystem geliefert. Die Pupinspulenkasten werden nach der Konstruktion der Siemens & Halske A. & G. ausgeführt und ebenfalls un-

mittelbar in die Erde gebettet; sie entsprechen in ihrer äußeren Form den im deutschen Fernkabelnetz verwendeten Kasten der gleichen Form und sind auch schon für frühere belgische Fernkabelaufträge, beispielsweise für das im Jahre 1914 fertiggestellte Fernkabel Brüssel—Antwerpen geliefert worden.

Für das Nebensprechen zwischen verschiedenen Sprechkreisen sind Grenzwerte gemäß den Vorschriften des Comité consultatif international in Paris festgesetzt. Um diese Werte zu erreichen, wird das Kondensatorausgleichverfahren angewendet werden. Die Pupinspulen sind neuzeitliche Massekernspulen mit hoher magnetischer Stabilität.

Mit der Verlegung der Kabel auf der Strecke und dem Einbau der Pupinspulen wird man schon in diesem Sommer beginnen. Die gesamte Anlage soll noch bis Jahresende fertiggestellt sein. Unter der Voraussetzung, daß auch das Verbindungstück zwischen Hergenrath und Aachen anschließend hieran fertiggestellt wird, ist also damit zu rechnen, daß schon zu Anfang des nächsten Jahres eine große Anzahl von Fernkabelverbindungen für den Sprechverkehr zwischen Brüssel und dem Deutschen Reich zur Verfügung stehen wird.

### 50 kV-Umspannwerk Sonneberg.

Das neue 50 kV-Umspannwerk Sonneberg des Thüringenwerkes (Bild 1) wurde am 15. November in Betrieb genommen. Dieses Werk setzt die Fernleitungsspannung von 50 kV auf 15 kV herab und versorgt die Stadt Sonneberg und das Netz der Licht- und Kraftwerke „Südthüringen“ mit elektrischer Energie.

Der Hochbau wurde nach Bauplänen der SSW ausgeführt, die gemeinschaftlich mit der Direktion des Thüringenwerkes aufgestellt wurden. Der Bau selbst wurde vom Thüringenwerk unter Mitwirkung des Stadtbauamtes Sonneberg ausgeführt.

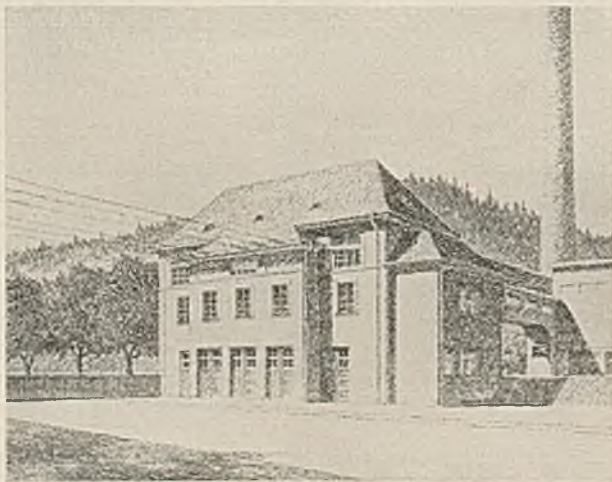


Bild 1. 50 kV-Umspannwerk Sonneberg.

Die gleichzeitig errichtete 28 km lange 50 kV-Zuleitung von Probstzella bis Sonneberg bildet im Anschluß an die neue Leitung Pößneck—Saalfeld—Probstzella einen Teil des zukünftigen Ringnetzes des Thüringenwerkes. Die Fern-

leitung überschreitet den Thüringer Wald in 727 m Höhe; sie muß, mit Rücksicht auf die dort auftretenden Stürme und die außergewöhnliche Rohfrostgefahr, ganz besonderen Bedingungen genügen.

Die als Gittermaste ausgebildeten Trag-, Abspann- und Kreuzungsmaste sind für  $2\frac{1}{2}$ -fache Knicksicherheit nach Tetmayer berechnet. Außerdem können sie eine Verdrehungsbeanspruchung aufnehmen, die dem Differenzzuge entspricht, der auftritt, wenn in einem Felde die volle Eislast wirkt, während sie in den Nachbarfeldern abgefallen ist. Die durchschnittliche Höhe der Gittermaste ist 20 m. Zur Überwindung einiger Bergrücken waren Maste bis zu 36 m Höhe erforderlich.

Mehrere Täler werden in Spannweiten bis zu 400 m gekreuzt. Als Stützpunkte dienen hier starkgespreizte Bockmaste, die bei einer Breite von etwa 4 m an der Erdoberfläche große Standsicherheit gewährleisten.

Die Fundamente für diese Maste bestehen aus vier abgestuften, miteinander nicht verbundenen Betonblöcken, während die sonstigen Kreuzungs- und Abspannmaste nur auf je einem derartigen Block fundiert sind. Die Tragmaste stehen auf Schwellenfüßen.

Im Rauhreifgebiet ist Bronzeseil von hoher Festigkeit verlegt, und es wurde der größeren Eisbelastung dadurch Rechnung getragen, daß hier die Seile mit geringerem Zuge als auf der übrigen Strecke gespannt wurden.

Um einem Umbruch der Tragmaste im Rauhreifgebiet vorzubeugen, sind die Leitungen an Auslöseklemmen aufgehängt, die sich öffnen und das gerissene Seil durchgleiten lassen, wenn die Kette unter dem einseitigen Zuge des gerissenen Seiles bis zu einem bestimmten Winkel ausgeschwungen ist.

Da die engen Täler des dort verhältnismäßig dicht besiedelten Thüringer Waldes stark mit Schwachstrom-, Niederspannungs- und Mittelspannungsleitungen besetzt sind, mußte auch hierauf bei der Trassenwahl besonders geachtet werden, vor allem um bei längeren Parallelverläufen mit Fernsprechleitungen deren störende Beeinflussung zu vermeiden.

### Pupinspulen für Japan.

Im Jahre 1924 ist in Japan das erste deutsche Pupinkabel, das zwischen Osaka und Kioto verlegt worden ist<sup>1)</sup> vom japanischen Verkehrsministerium in Betrieb genommen worden. Es hat sich seither im Betrieb ausgezeichnet bewährt und zu keinerlei Klagen Veranlassung gegeben. Im Sommer 1925 konnte die Siemens & Halske A.-G. weitere 46 Pupinspulenkasten für das japanische Verkehrsministerium liefern. Diese Kasten sind für die Strecke Hiroschima—Okajama bestimmt, die einen Teil der Eisenbahnlinie von Kobe nach Schimonoseki bildet. Neuerdings hat das japanische Verkehrsministerium einen weiteren Auftrag auf Lieferung von 14 Pupinspulenkasten zur Pupinisierung von 27 Viererkreisen an die Siemens-Werke vergeben. Diese Kasten sind für das 11½-paarige Kabel der Strecke Tokyo—Ishikawa und Yokohama—Totsuka vorgesehen. Den Wünschen der japanischen Verwaltung entsprechend, werden die Pupinspulenkasten ab-

<sup>1)</sup> Siemens-Zeitschrift, 1925, S. 47.

weichend von der gewöhnlichen Ausführungsform in runder Form geliefert. Die Maße der Pupinspulenkasten passen sich den von der japanischen Verwaltung eingeführten Brunnen zur Aufnahme der Pupinkasten an.

wird der freie Raum neben dem Automaten durch Füllbleche ausgefüllt (Bild 4).

Ähnliche Verteilungsrahmen in etwas geänderter Ausführung finden auch Verwendung zum Anbau an Zählertafeln.

### Verteilungsrahmen für Sockelautomaten S 11.

Der Sockelautomat, der nach den Leitsätzen für Installations-Selbstschalter des VDE gebaut ist, dient bekanntlich dazu, den Verbrauch von Sicherungspatronen einzuschränken, was bei manchen Anlagen von besonderer Bedeutung ist. Die Hauptanwendungsgebiete des Sockelautomaten sind Kraft- und Lichtinstallationen in Privathäusern, Bureau- und Warenhäusern, in Gasthäusern und gewerblichen Anlagen ähnlichen Umfangs. Er ist überall dort am Platze, wo ein zu starker Verbrauch an Sicherungspatronen und die Verwendung geflickter Patronen oder ihre Überbrückung mit Rücksicht auf die Betriebssicherheit auf jeden Fall verhindert werden soll. Deshalb ist er auch für die Installation in der Landwirtschaft von Bedeutung, besonders wenn neben reinem Lichtstrom auch Strom für Heiz- und Kochzwecke in den Haushaltungen verwendet wird. In industriellen und gewerblichen Anlagen, bei großen städtischen Betrieben, Bahn- und Postverwaltung, wo das Bestreben vorhanden ist, den Verbrauch an Sicherungspatronen der Kosten wegen einzuschränken und ohne Ersatzteile die Anlage stets betriebsbereit zu halten, wird der Sockelautomat gern verwendet. Bild 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer solchen Anlage, die von den Siemens-Schuckertwerken für die Westfalenhalle in Dortmund ausgeführt worden ist.

Nach Bild 2 können die Sockelautomaten auch zu Verteilungsgruppen zusammengefaßt werden; die zur Verbindung der Apparate untereinander erforderlichen Sammelschienen werden nach Bild 3 in die Sockel eingelegt, so können sie für beliebig viele Stromkreise aneinandergereiht werden. Die Verteilungsrahmen werden in zwei Größen hergestellt. Größe III kann 1 bis 3 Automaten, Größe IV 1 bis 4 Automaten aufnehmen. Bei Verwendung der Rahmen Größe III für 1 und 2 Automaten und der Rahmen Größe IV für 1 bis 3 Automaten

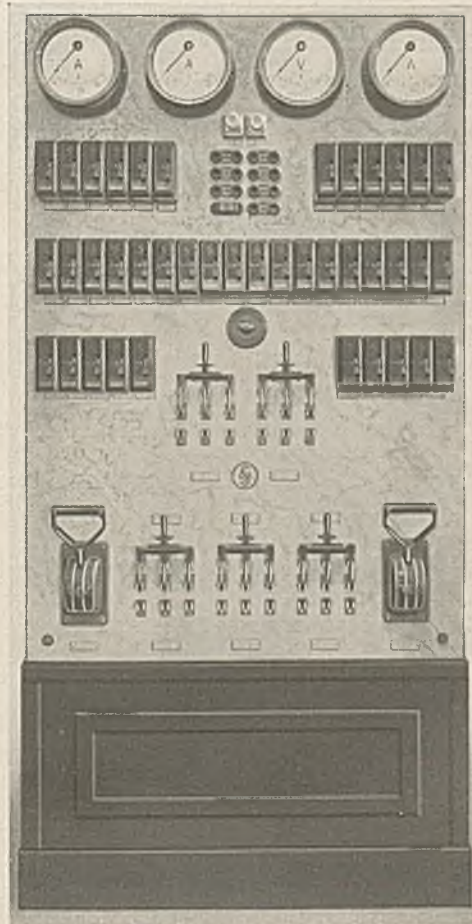


Bild 1. Verteilungsanlage mit Sockelautomaten für die Westfalenhalle in Dortmund.

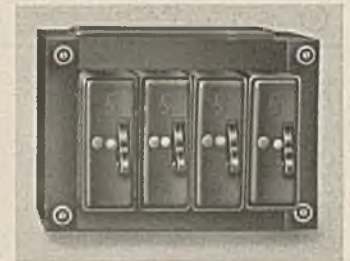


Bild 2. V=UZD=R IV/4g mit 4 Automaten S 11 I, geschlossen und offen.

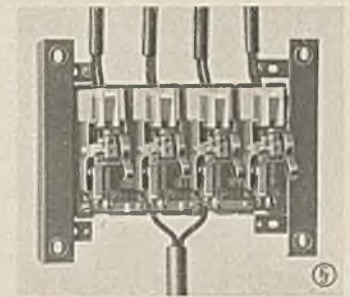


Bild 3. Verteilung, bestehend aus vier einpoligen Schaltern mit eingelegeten Verteilungslaschen.



V=UZD=R III/1g mit 1 Automaten S 11 I.



V=UZD=R III/2g mit 2 Automaten S 11 I.



V=UZD=R III/3g mit 3 Automaten S 11 I.

Bild 4.

### Fernkabel Passau-Wien.

Die Generaldirektion für das Post-, Telegraphen- und Fernsprechwesen in Wien hat nunmehr mit dem Ausbau des österreichischen Fernkabelnetzes begonnen. Zunächst wird als wichtigste Strecke die Fernkabelstrecke Wien-



Bild 1: Übersichtskarte für die Kabelstrecke Passau–Wien.

Passau gebaut, die in Passau an das deutsche Fernkabelnetz anschließen wird. Die technischen Einzelheiten der Fernkabelanlage entsprechen völlig denen im deutschen Fernkabelnetz. Zwischen Passau und Wien wird ein 98-paariges deutsches Normalkabel mit 40 Aderpaaren von 1,4 mm Leiterstärke und 58 Aderpaaren von 0,9 mm Leiterstärke verlegt. Der Kernvierer dieses Kabels ist durch einen besonderen Bleimantel geschützt. Auch die Pupinisierung entspricht vollkommen der im deutschen Fernkabelnetz eingeführten, die Anlage wird mit Stamm- und Viererspulen in Abständen von je 2 km ausgerüstet. Der Kernvierer dient u. a. auch zur Musikübertragung für Rundfunkzwecke und ist dementsprechend im Viererkreis besonders leicht pupinisiert. Der Ausgleich des Nebensprechens erfolgt nach dem Kondensator-Ausgleichsverfahren.

Die Gesamtlänge der Anlage zwischen Passau und Wien beträgt 270 km. Die erforderlichen Fernsprechverstärker werden in den Verstärkerämtern St. Pölten, Amstetten und Linz untergebracht (Bild 1). Der größte Teil der Kabellieferung und die gesamte Lieferung der Pupinsspulenkasten ist der Siemens & Halske A. & G. übertragen worden, die auch die Gesamtbauleitung für die Anlage übernimmt. Mit den Verlegungsarbeiten wird noch in diesem Frühjahr begonnen werden. Nach Fertigstellung der Anlage und Anschluß des Kabels Wien–Passau an das deutsche Fernkabelnetz ist Österreich durch eine große Anzahl betriebsicherer Kabelsprechkreise mit dem deutschen Fernkabelnetz verbunden, so daß dann eine bedeutend bessere Sprechverständigung zwischen den wichtigsten deutschen Sprechzentren und Wien erreicht sein wird als zur Zeit unter Benutzung der Freileitungen. Da das deutsche Fernkabelnetz schon mit dem schweizerischen verbunden ist und der Anschluß des holländischen Fernkabelnetzes an das deutsche dicht bevorsteht, wird durch das neue Fernkabel auch die Verbindung zwischen Österreich und der Schweiz sowie Holland und England durch betriebsichere Fernkabel ermöglicht. Das Fernkabel

Passau–Wien wird ferner in Zukunft ein wichtiges Glied für die Verbindung zwischen Deutschland und Ungarn bilden, wenn die geplante Fernkabelstrecke Wien–Budapest durchgeführt sein wird.

### Jubiläumsfeier des Hüttentaschenbuches.

Das Hüttentaschenbuch, das jedem Ingenieur ein unentbehrlicher Ratgeber geworden ist, erscheint gegenwärtig in 25. Auflage. Das heute vierbändige Werk ist das Ergebnis einer Entwicklung, die mit einem schmächtigen Vademekum ihren Anfang genommen hat. Der Beschluß, das Hüttentaschenbuch herauszugeben, wurde vom Akademischen Verein „Hütte“ am 20. April 1856 gefaßt, des Gründungsjahres des Vereins deutscher Ingenieure durch Mitglieder der „Hütte“ auf deren 10. Stiftungsfest. Die „Hütte“ hat inzwischen eine Verbreitung von mehr als  $\frac{1}{3}$  Million Exemplaren gefunden und ist in die wichtigsten Weltsprachen übersetzt worden. 70 Jahre nach diesem Beschluß begeht der Akademische Verein „Hütte“ die Feier des Erscheinens der 25. Auflage seines Taschenbuches, zu der die Vertreter des Reiches und der Länder sowie führende Persönlichkeiten aus Industrie und Wissenschaft geladen sind.

### Herausgabe eines Werks von Funktionstafeln.

Der Wissenschaftliche Beirat des Vereins deutscher Ingenieure hat auf mehrfache Anregung hin Schritte unternommen, um ein erschöpfendes Verzeichnis aller vorhandenen veröffentlichten und noch nicht veröffentlichten Funktionstafeln aufzustellen. Hierzu ist die Mithilfe aller Sachverständigenkreise erwünscht und nötig. Es handelt sich um Tafeln nicht nur mathematischer Natur, sondern auch solcher, die für physikalische, astronomische und anschließende Gebiete im weitesten Sinne von Bedeutung sind.

Der Verein deutscher Ingenieure ladet alle hieran beteiligten Kreise ein und bittet, zweckdienliche Mitteilungen über vorhandene, vergriffene, noch nicht veröffentlichte oder im Privatbesitz schlummernde Tafeln der gedachten Art an seinen Wissenschaftlichen Beirat, Berlin NW 7, Ingenieurhaus, gelangen zu lassen.

### Berichtigung.

In dem Aufsatz: „Über die Auswahl von Gasmessern nach dem Differenzdruckprinzip“ ist in der Unterschrift zu Bild 8 auf Seite 149 irrtümlich Quecksilber statt Öl als Füllflüssigkeit angegeben.

## E I N G E S A N D T E B Ü C H E R

(Ausführliche Besprechung einzelner Bücher vorbehalten.)

Statistik für die Jahre 1923 und 1924 der Vereinigung der Elektrizitätswerke. Geschäftsstelle der Vereinigung der Elektrizitätswerke, Berlin, 1925. 1082 Seiten. Preis geb. M 50,-.

Das Werk enthält in der bekannten Übersichtlichkeit und sorgfältigen Bearbeitung die Elektrizitätswerke im deutschen Reichsgebiet und außerdeutschen Staaten, geordnet nach dem Alphabet, nach der Stromabgabe und

nach der Betriebskraft. Die Statistik ist ein längst unentbehrlich gewordenes Hilfsmittel für die Elektroindustrie und die Elektrowirtschaft.

„Hütte“, Taschenbuch der Stoffkunde. Herausgegeben vom Akademischen Verein „Hütte“ e. V. und Dr.-Ing. A. Stauch. Unter Mitwirkung der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure im Verein

- Deutscher Ingenieure. Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 1926. 1173 Seiten, 356 Abb. Preis in Leinen geb. M 22,80, in Leder geb. M 25,80.  
Aus dem Inhalt: Chemie. Materialprüfung. Metalle. Nichtmetalle und Verbindungen. Mineralien und keramische Stoffe. Pflanzenstoffe. Tierstoffe. Fossile Pflanzen- und Tierstoffe. Sprengstoffe.
- Auskunftsbuch für Kabeltechnik. Teil I. Kabel und Leitungen für Starkstrom. Von Paul Ludewig. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig, 1925. 145 Seiten, 73 Abb. Preis geh. M 6,50.  
Aus dem Inhalt: Kabelberechnung und Kabelbelastung. Kabelarten und Kabelkonstruktionen. Die Kabelprüfungen. Die Meßverfahren.
- Leitungsinstallation. Von P. Jacobi, Beratender Ingenieur, Braunschweig. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig, 1925. 104 Seiten, 275 Abb. Zweite durchgesehene und ergänzte Auflage. Preis geh. M 4,50.  
Aus dem Inhalt: Installation in trockenen Räumen ohne leicht entzündlichen Inhalt. Installation in feuchten Räumen und in durchtränkten und mit ätzenden Dünsten erfüllten Betriebsstätten und Lagerräumen. Installation in Sonderfällen. Installation in elektrischen Betriebsräumen. Freileitungen.
- Bibliothek der gesamten Technik. I. Band. Die Montage elektrischer Licht- und Kraftanlagen. Ein Taschenbuch zum Gebrauch für Ingenieure, Elektromonteur, Installateur, Betriebsführer. Schalttafelwärter, Kesselwärter, Maschinisten sowie die Besitzer elektrischer Anlagen. Von H. Pohl, Oberingenieur. 13., erweiterte Auflage. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig, 1926. 268 Seiten, 375 Abb. Preis geh. M 3,85.  
Aus dem Inhalt: Grundbegriffe. Allgemeines über Aufbau und Betrieb. Elektrische Maschinen. Elektrische Motoren. Fehler an Dynamomaschinen und Motoren. Ausgleicher. Umformer. Akkumulatoren. Meßgeräte und Messungen. Schalt- und Sicherheitsapparate. Schaltanlagen. Die Leitungen. Freileitungen. Kabel. Beleuchtung. Der elektrische Antrieb von Hebezeugen. Bergwerke unter Tage. Schiffsinstallationen. Landwirtschaftliche Anlagen. Die Installation elektrischer Anlagen in verschiedenen, besonders gefährdeten Räumen. Der Elektromonteur und seine Fortbildung.
- Tiefbohrwesen, Förderverfahren und Elektrotechnik in der Erdölindustrie. Von Dipl.-Ing. L. Steiner. Verlag Julius Springer, Berlin, 1926. 340 Seiten, 223 Abb. Preis geb. M 27,—.  
Aus dem Inhalt: Das Bohren. Das Fördern des Erdöls. Hilfs- und Nebenbetriebe. Beleuchtungsanlagen. Erzeugung und Verteilung der elektrischen Energie. Motoren und Apparate.
- Die Grundlagen der Hochfrequenztechnik. Eine Einführung in die Theorie. Von Dr.-Ing. Franz Ollendorf, Charlottenburg. Verlag Julius Springer, Berlin, 1926. 639 Seiten, 379 Abb. u. 3 Tafeln. Preis geb. M 36,—.  
Aus dem Inhalt: Begriff und Aufgaben der Hochfrequenztechnik. Grundlagen der Hochfrequenzphysik. Einteilung der Hochfrequenztechnik. Die Träger der Hochfrequenzfelder. Die Schwingungserzeugung. Die Schwingungsgleichrichtung. Die Kopplung. Die Strahlung.
- Überströme in Hochspannungsanlagen. Von J. Biermanns, Chefelektriker der AEG-Fabriken für Transformatoren und Hochspannungsmaterial. Verlag Julius Springer, Berlin, 1925. 452 Seiten, 322 Abb. Preis geb. M 30,—.  
Aus dem Inhalt: Der einfach verkettete magnetische Fluß. Der mehrfach verkettete magnetische Fluß. Die Kollektormaschine. Größe und Verlauf des Kurzschlußstromes in Hochspannungsnetzen. Mechanische Wirkungen des Kurzschlußstromes. Thermische Wirkungen des Kurzschlußstromes. Fernwirkungen des Kurzschlußstromes. Schutzeinrichtungen gegen die Gefahren des Kurzschlußstromes.
- Hirsch-Wilking — Elektro-Ingenieur-Kalender 1926. Herausgegeben von Arthur H. Hirsch, Dipl.-Ing. in Berlin, und Fr. Heintzenberg, Dipl.-Ing. in Berlin. 21. Jahrgang. Verlag Oscar Coblentz, Berlin, 1926. 420 Seiten, 62 Abb. Preis geb. M 7,—.  
Aus dem Inhalt: Tafeln. Bauausführung elektrischer Kraftwerke. Wahl der Betriebskraft. Die Kraftmaschinen. Transmissionen. Kraftwerke. Leitungsanlagen Licht und Kraft. Kraftverbrauch und Leistung der Arbeitsmaschinen. Elektrische Bahnen. Betriebskostenberechnungen. Gesetze und Bestimmungen.
- Illustrierte Technische Wörterbücher in sechs Sprachen: Deutsch, Englisch, Russisch, Französisch, Italienisch, Spanisch. Herausgegeben von Alfred Schломann. Band XVI: Weberei und Gewebe. Oldenbourg-Verlags-A.-G., München, 1925. 710 Seiten, 1300 Abb. 9000 Wortstellen. Preis geb. M 34,—.  
Aus dem Inhalt: Webstoffe. Vorarbeiten für das Weben. Das Weben. Handweberei im Besonderen. Mechanische Weberei im Besonderen. Besondere Webstühle. Zähl- und Meßvorrichtungen. Hilfsmittel für den Betrieb. Musterzeichnen. Jacquardkarte. Gewebe. Gewebepfung. Gewebeberechnung.
- Aufgabensammlung über die Gleichstrommaschine mit Lösungen. Von Prof. Dipl.-Ing. Fr. Saltinger. Sammlung Göschen Nr. 912. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig, 1925. 108 Seiten, 38 Abb. Preis geb. M 1,25.
- Über die Natur der Elektrizität. Von Leo Gilbert. I. Welche Energieform ist die Elektrizität? Mechanistische Grundlegung. Anzengruber-Verlag Brüder Suschitzky, Wien und Leipzig, 1925. 64 Seiten, 11 Abb.
- Elektromotoren für aussetzenden Betrieb und Planung von Hebezeugantrieben. Von Carl Schiebeler. Band IV des Werkes „Elektrizität in industriellen Betrieben“. Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. e. h. W. Philippi. Verlag S. Hirzel, Leipzig, 1926. 150 Seiten, 71 Abb. Preis geh. M 14,—.

Aus dem Inhalt: Eigenschaften und Verhalten der Elektromotoren. Arbeitsbedingungen der Hebezeug-Triebwerke. Die elektrische Belastung der aussetzend betriebenen Motoren. Kritik der Zeitleistung. Bauart und Normung der Kranmotoren. Planung von Hebezeugantrieben. Energieverbrauch und Netzbelastung bei Hebezeugantrieben.

Die Wissenschaft. Sammlung von Einzeldarstellungen aus den Gebieten der Naturwissenschaft und der Technik. Herausgegeben von Prof. Dr. Eilhard Wiedemann. Band 74, Theorien des Magnetismus. Bericht des Komitees über Theorien des Magnetismus des National Research Council in Washington von S. J. Barnett, L. R. Ingersoll, J. Kunz, S. L. Quimby, E. M. Terry, S. R. Williams, A. P. Wills. Nach der im Bulletin of the National Research Council erschienenen Veröffentlichung, übersetzt von Joseph Würschmidt. Verlag Fr. Vieweg & Sohn, A.-G., Braunschweig, 1925. 309 Seiten, 67 Abb. Preis geh. M 16,—, geb. M 18,—.

Aus dem Inhalt: Magnetische Theorien vor der Entdeckung des Elektrons. Der Fortschritt in der Entwicklung der Theorien des Para- und Diamagnetismus von 1900—1920. Theorien des Ferromagnetismus. Innere Felder. Theorien der magnetischen Kristalle und das Magneton. Magnetostriktion und ihre Bedeutung für die magnetischen Theorien. Theorien der Magnetostriktion. Das Impulsmoment des Elementarmagneten. Magneto-Optik.

Sammlung Vieweg. Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik Heft 78: Theorie des Entmagnetisierungsfaktors und der Sche- rung von Magnetisierungskurven. Von Joseph Würschmidt. Verlag Fr. Vieweg & Sohn, A.-G., Braunschweig, 1925. 118 Seiten, 31 Abb. Preis geh. M 6,—.

Aus dem Inhalt: Das homogene Magnetfeld. Magnetische Induktion und Magnetisierung. Pole, Polstärke, magnetisches Moment und Feld eines Polpaares. Der homogene magnetische Zylinder. Der Entmagnetisierungsfaktor. Das Brechungsgesetz der Kraftlinien und der Induktionslinien. Die Magnetisierungskurve und ihre Sche- rung. Der ballistische Entmagnetisierungsfaktor beim Kreiszyylinder.

Sammlung Vieweg. Tagesfragen aus den Gebieten der Naturwissenschaften und der Technik. Heft 81: Die schnellbewegten Elektronen. Stand und Entwicklung der heutigen Kenntnis, mit besonderer Rücksicht auf die Vorgänge beim radioaktiven Zerfall. Von Dr. Franz Wolf, Danzig-Langfuhr. Verlag Fr. Vieweg & Sohn, A.-G., Braunschweig, 1925. 125 Seiten, 26 Abb. Preis geh. M 7,50.

Metallurgie (mit Ausnahme der Eisenhüttenkunde). Von Dr. Aug. Geitz, Diplom. Chemiker in Haan Rhld. 1925. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig. I = zweite, neubearbeitete Auflage. 114 Seiten, 10 Abbildungen. Sammlung Göschen Nr. 313. II = zweite, neubearbeitete Auflage. 131 Seiten, 14 Abb. Sammlung Göschen Nr. 314. Preis je Band geb. M 1,25.

Technisches Wörterbuch, enthaltend die wichtigsten Ausdrücke des Maschinen- und Schiffbaues. I. Deutsch-Englisch. Von Erich Krebs, Ziviling. in Elbing. 2. Auflage. Sammlung Göschen Nr. 395. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig, 1925. 149 Seiten, Preis geb. M 1,25.

Dynamik. II. Dynamik von Körpersystemen. Von Dr. Wilhelm Müller. Sammlung Göschen Nr. 903. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig, 1925. 137 Seiten, 51 Abb. Preis geb. M 1,25.

Das Leben eines amerikanischen Organizers: F. B. Gilbreth. Von Dr. Lillian M. Gilbreth, Montclair N.-J. Berechtigte Übertragung ins Deutsche, mit einer Einleitung und fachlichen und kritischen Würdigung von I. M. Witte-Berlin. Verlag C. E. Poeschel, Stuttgart, 1925. 88 Seiten, 3 Bildnisse. Preis geb. M 4,50.

Fließarbeit, Beiträge zu ihrer Einführung. Herausgegeben im Auftrage des AWF von Dipl.-Ing. Frank Mäckbach, Obmann des Ausschusses für Fließarbeit beim AWF, und Dr.-Ing. Otto Kienzle. VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin, 1926. 360 Seiten, 132 Abb., 2 Zahlentafeln und 2 Tafeln. Preis geb. M 12,—.

Bisher fehlte es für die deutsche Industrie an einer systematischen Erfassung der für die Fließarbeit maßgebenden Gesichtspunkte, um die praktische Anwendung dieser Erwägungen auch denen nahe zu bringen, für deren Betriebe sie mit Vorteil eingeführt werden kann.

Diesem Mangel ist durch das vorliegende Buch „Fließarbeit“ abgeholfen, an dem eine Reihe von Mitarbeitern im Ausschuß für Fließarbeit beim AWF mitgewirkt haben. — Im ersten Teil des Buches nehmen die beiden Herausgeber selbst zu den allgemeinen Fragen der Fließarbeit Stellung, geben Hilfsmittel und rechnerische Überlegungen an, die in der Praxis ohne weiteres angewendet werden können.

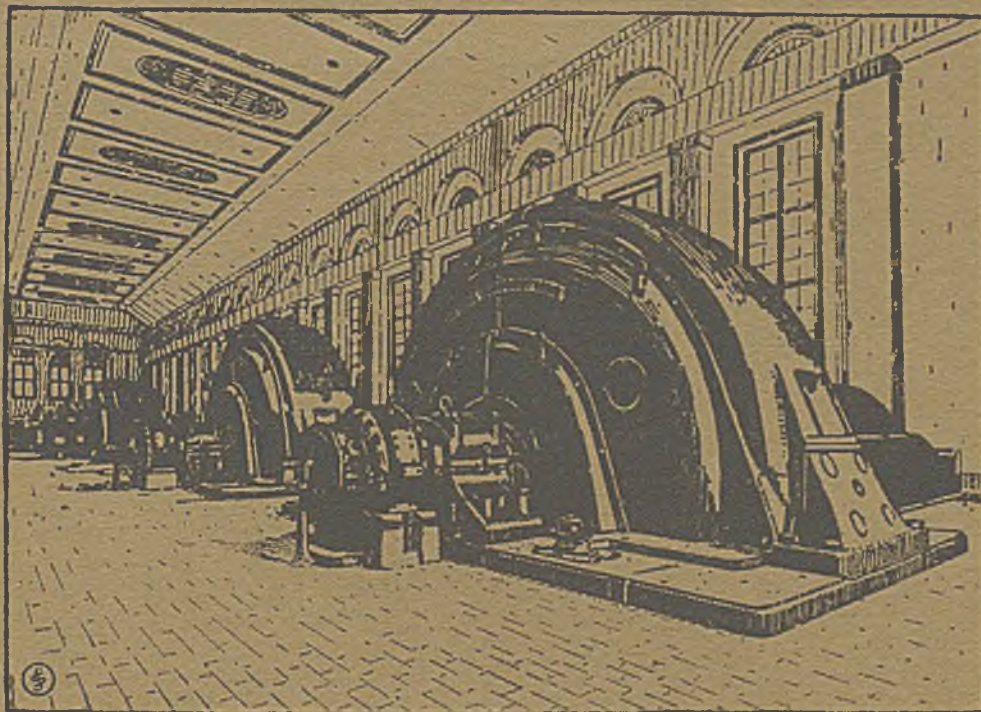
Der zweite Teil bringt Erläuterungen zu den einzelnen Teilaufgaben, wie sie bei Einführung der Fließarbeit gelöst werden müssen, beginnend bei der organisatorischen und technischen Vorbereitung und den Voraussetzungen für den Austauschbau. Weiterhin werden Materialzu- und -abfuhr sowie die dabei anzuwendenden Fördermittel, die Fließarbeit bei den verschiedenen Arbeitsverfahren (Gießerei, Schmiede, mechanischen Werkstätten), Fließarbeit in der Oberflächenbehandlung und im Zusammenbau erörtert. Besondere Kapitel sind der Revision in der Fließarbeit, der Gebäudeanordnung, der Organisation, der Fehlerarbeit und dem Übergang zur Fließarbeit unter Berücksichtigung der Umstellung auf andere Erzeugnisse gewidmet. Auch die für die Selbstkostenberechnung wichtigen Punkte und endlich auch die sozialen, physiologischen und psychologischen Wirkungen werden erörtert. Wertvolle Anregungen sind für diejenigen Industriezweige gegeben, die die Einrichtungen für Fließarbeit zu liefern haben, hier vor allem für die Werkzeugmaschinenindustrie.

Der dritte Teil, im AWF selbst bearbeitet, enthält ein vollständiges Verzeichnis aller Literaturquellen über Fließarbeit, soweit sie bisher gesammelt werden konnten.

# GENERATOREN

FÜR

## Wasserkraftanlagen



Maschinenhalle des Walchenseewerks.

Im Vordergrund zwei Einphasen-Generatoren der SSW je 10 850 kVA dauernd,  
 $\cos \varphi = 0,75$ , 18 $\frac{1}{2}$  Per, 250 Umdr/min, mit

Erregermaschine nach Patent Ossana.



# SIEMENS-SCHUCKERT

