

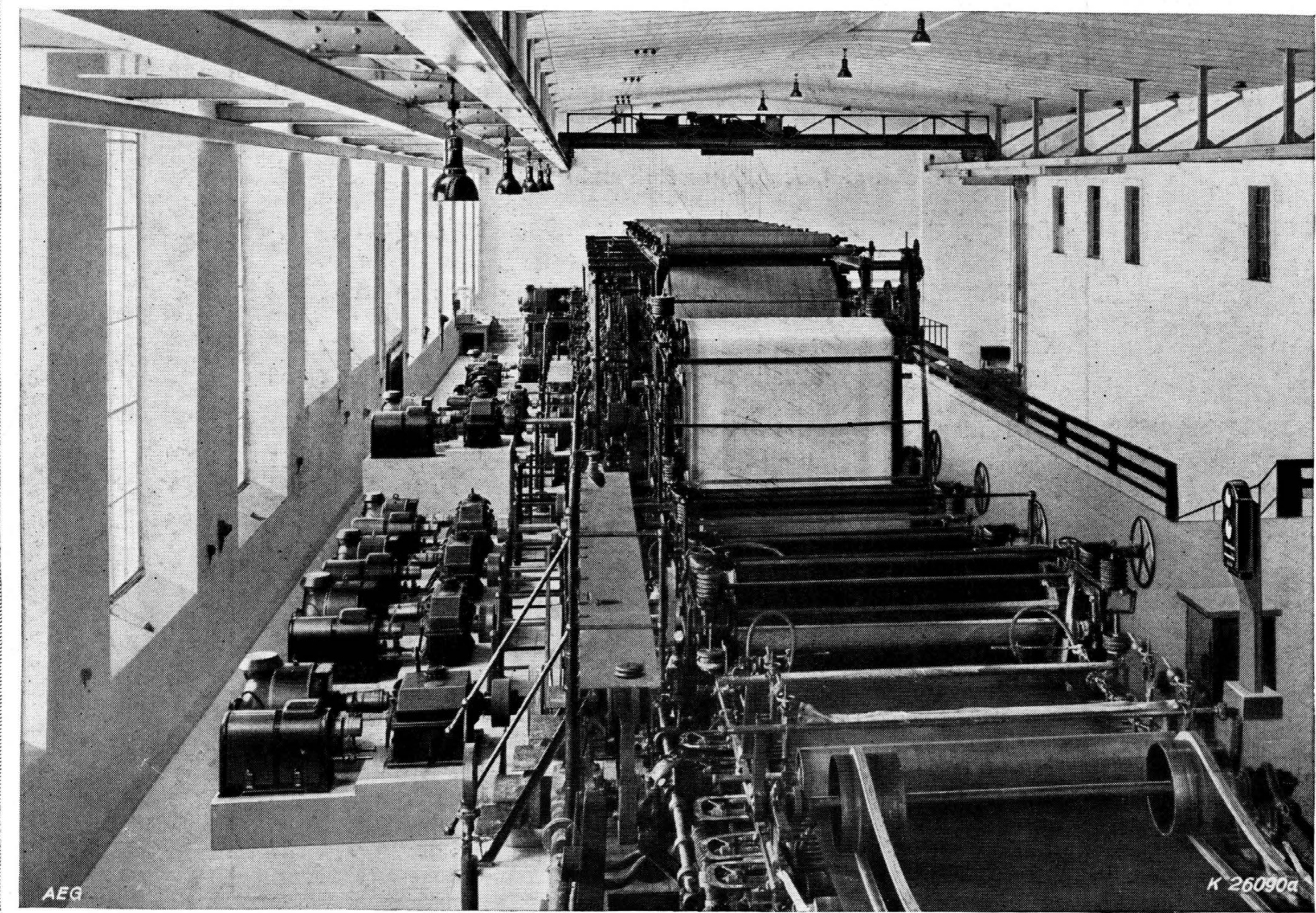
Biblioteka Główna
Politechniki Łódzkiej

P-471

A E G



MITTEILUNGEN



Mehrmotorenantrieb einer Feinpapiermaschine mit Umschaltgetrieben und gemeinsamem Selbstanlasser.

HEFT 2

BERLIN 1932

FEBRUAR

INHALTS-VERZEICHNIS

Die elektrische Anlage des neuen Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule Berlin. Von Prof. Dr. G. Hertz, Direktor des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule Berlin	37
Großgleichrichter in Hüttenwerken. Von E. Westerhoff, Abteilung Fördermaschinen und Walzenstraßen	43
Umformeranlage des Aluminiumwerkes Wolchowstroi. Von Dipl.-Ing. H. Schmidt, Abteilung Rußland	47
Reglung von Gleichstrom- und Asynchron-Dampfturbosätzen in Industriekraftwerken mit Abdampfverwertung. Von Dipl.-Ing. W. Guilhauman, Turbinenfabrik, Abteilung Vertrieb	52
Frequenzreglung durch Isodrom-Vorrichtung. Mitteilung der Abteilung Zentralstationen	56
Verteilung von Einphasenlasten. Von Dipl.-Ing. H. Langrehr, Technische Beratungstelle	57
Lichtelektrische Schnellzähleinrichtung. Von Dipl.-Ing. E. Bornitz, Abteilung Industrielle Röhrentechnik	60
Schnellzählrelais. Von Dipl.-Ing. O. Dworeck, Fabrik Drontheimer Straße	62
Ultraviolettstrahler für Stoffprüfung. Von L. J. Busse, Hohe Tanne bei Frankfurt a. M.	63
Neuerungen in der Ausstellung der Fabriken im Haus der Technik. Von Dipl.-Ing. G. Schmidt, Ausstellung der Fabriken	64
Beilage: Ms/V 259	67

Die Zeitschrift erscheint monatlich. Bestellungen für das Inland werden bei allen Postanstalten und Buchhandlungen angenommen. Bezugspreis monatlich Reichsmark 1,—. Nachdruck des Textes ist mit Quellenangabe gestattet; für die Wiedergabe der Bilder ist die Erlaubnis der Schriftleitung erforderlich. Alle für die Schriftleitung bestimmten Mitteilungen sind nicht an eine persönliche Anschrift zu richten, sondern an das Literarische Büro der AEG, Berlin NW 40, Friedrich-Karl-Ufer 2/4. Bei Ausbleiben von Heften, die durch die Post bezogen werden, sind Beschwerden nicht beim Verlag, sondern sofort bei dem zuständigen Postamt zu führen.

AEG

MITTEILUNGEN

Die elektrische Anlage des neuen Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule Berlin.

Von Prof. Dr. G. Hertz, Direktor des Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule Berlin.

DK 53(072)
621.3

Es werden die von der AEG gelieferten Einrichtungen für die elektrische Anlage des neuen Physikalischen Instituts der Technischen Hochschule Berlin an Hand von Bildern beschrieben.

Zu Beginn des Wintersemesters 1931/32 ist das neue Physikalische Institut der Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg seiner Bestimmung übergeben worden.

In Bild 1 sind die Grundrisse des Instituts wiedergegeben. Das Sockelgeschoß umfaßt Maschinen- und Batterieräume, die Werkstätten und einzelne Arbeitsräume. Das Erdgeschoß enthält im wesentlichen die Übungsräume für den Anfänger-Unterricht, außerdem einen kleinen Hörsaal sowie ein Praktikum für Fortgeschrittene und ein technisches Praktikum für die Studierenden der Physik. Das erste Obergeschoß enthält den großen Hörsaal mit 929 Sitzplätzen, ferner Sammlungs- und Arbeitsräume. In diesem Geschoß ist außerdem das Institut für theoretische Physik untergebracht. Im zweiten Obergeschoß, das nur zu einem kleinen Teil ausgebaut ist, befindet sich eine Anzahl von kleineren Arbeitszimmern.

Von besonderer Bedeutung war es, das Institut mit einer elektrischen Anlage auszurüsten, von der man erwarten konnte, daß sie für absehbare Zeit den bei den Versuchen zu stellenden Anforderungen genüge. Es ist daher das Bestreben gewesen, die Anlage möglichst vielseitig verwendbar zu gestalten.

Das Schaltschema der gesamten Anlage ist in Bild 2 gezeigt. Die elektrische Energie wird dem Physikalischen Institut von der Hochschulzentrale in Form von Gleichstrom 220 V zugeführt. Da die Spannung dieses Gleichstroms stark schwankt, außerdem das Potential der Leiter gegen Erde undefiniert ist und wechselt, so kommt dieser Strom für Experimentierzwecke direkt nur in Fällen in Betracht, in denen es auf konstante Spannungen nicht ankommt. Im übrigen werden alle für die Experimente benötigten Stromarten im Maschi-

nenraum (Bild 3) des Instituts durch Umformer-Aggregate erzeugt.

Für die Erzeugung konstanten Gleichstroms ist ein Gleichstrom-Gleichstrom-Umformer vorhanden, bestehend aus einem Motor, zwei gleichen Generatoren für je 220 V und je etwa 6 kW mit angebauten Erregermaschinen. Die Spannungen beider Generatoren werden durch Tirrillregler konstant gehalten. Der von diesem Aggregat gelieferte Strom wird durch ein Dreileitersystem mit geerdetem Mittelleiter als Ringleitung in sämtliche Arbeitsräume geführt.

Ein zweiter Umformer dient der Erzeugung von Drehstrom 380/220 V, 50 Per/s und einer Leistung von etwa 44 kVA, dessen Spannung durch Tirrill-Schnellregler konstant gehalten wird. Auch der Drehstrom wird durch Ringleitungen in sämtliche Arbeitsräume des Instituts geführt.

Zur Herstellung von Gleichstrom mit höheren Spannungen, insbesondere für Versuche mit Gasentladungen sowie als Anodenspannung für Elektronenröhren, dienen zwei weitere Gleichstromgeneratoren. Der erste erzeugt eine Spannung von 525 V bei einer Leistung von etwa 3 kW. Auch hierfür ist eine Spannung-Schnellreglung eingebaut. Die Zuführung dieses Stromes in die Arbeitszimmer erfolgt über den Hauptverteiler. Der zweite Generator liefert eine Spannung von 1500 V bei einer Leistung von etwa 7,5 kW. Er ist durch eine Ringleitung zu 30 Abnahmestellen in etwa die Hälfte der Arbeitszimmer geführt. Es kann wahlweise der Pluspol oder der Minuspol geerdet werden. Die Spannung wird durch Tirrillreglung konstant gehalten.

Für die Erzeugung von Mittelfrequenz-Einphasenwechselstrom ist ein Maschinensatz aufgestellt, dessen Drehzahl von 1500 bis 3000 U/min regelbar ist, und der Einphasen-Wechselstrom von 500 bis 1000 Per/s liefert. Mit

Hilfe eines angebauten Drehzahlgenerators und eines Tirrillreglers kann jede Frequenz im angegebenen Bereich eingestellt und konstant gehalten werden. Zur Erregung dient ein besonderer

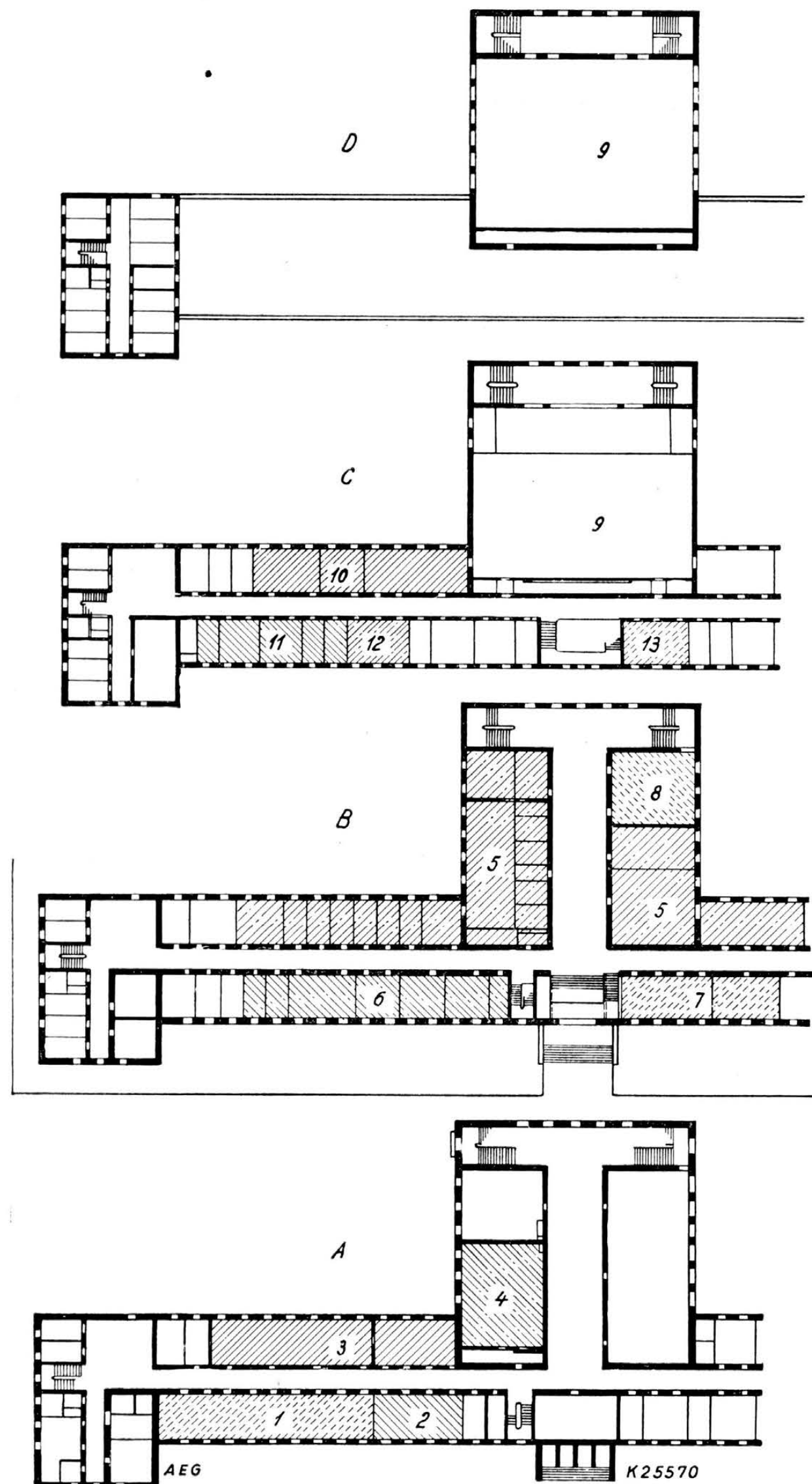
dere Anforderungen an die Konstanz von Frequenz oder Spannung ist noch nachträglich eine ältere, früher zu Sendezwecken auf Schiffen verwandte Maschine mit senkrechter Welle aufgestellt worden, die 8,5 kVA Einphasen-Wechselstrom von 500 Per/s und 220 V liefert. Diese Maschine dient im wesentlichen dem Betrieb von Löschfunkensendern für Hochfrequenzheizung.

Zur Vermeidung von Erschütterungen sind alle Maschinen auf Schwingungsdämpfer gesetzt. Darüber hinaus liegt die Maschinengründung völlig isoliert im Erdreich und ist rings von dämpfenden Schichten umgeben.

Die Akkumulatoren-Batterie des Instituts besteht aus zwei Teilen; die eine, die zwei Gruppen von 110 V umfaßt, wird als Hauskraft-Batterie bezeichnet, weil sie in Serie geschaltet als Stromquelle für das Institut dienen kann, für den Fall, daß die Hochschulzentrale ausfällt. Ihr Fassungsvermögen beträgt 270 Ah. Den anderen Teil bildet die eigentliche Experimentierbatterie, die in folgende einzelne Gruppen aufgeteilt ist: 1×60 , 2×40 , 3×20 , 2×10 , 1×8 und 2×6 V. Das Gesamt-Fassungsvermögen beträgt 162 Ah. Ferner ist eine aus dem früheren Gebäude übernommene Batterie für 24 V und 486 Ah vorhanden sowie eine kleine Hochspannungsbatterie bis 2000 V von 3,5 Ah. Während die Spannungen der erstgenannten Batterien über den Hauptverteiler durch Wahlleitungen in die einzelnen Zimmer geführt werden können, sind die Spannungen der 2000 V-Batterie durch besondere Zuführungsleitungen zu einer geringen Zahl von Zimmern zu führen. Die Batterie ist sowohl im ganzen als auch gleichzeitig in zwei Teilen zu benutzen, wobei sich Spannungen von 600, 1000, 1600 und 2000 V bei wahlweiser Erdung der positiven oder negativen Pole herstellen lassen.

Für die Aufladung der Experimentier- und der Hauskraft-Batterie ist ein Ladeaggregat vorgesehen, das bei der Aufladung mit der Hochschulzentrale in Serie geschaltet oder auch allein zur Aufladung einzelner Batteriegruppen benutzt werden kann. Für die 24 V-Batterie ist ein älteres Ladeaggregat vorhanden. Die 2000 V-Batterie wird in geeigneter Gruppenschaltung unmittelbar aus dem Netz geladen.

Während, wie schon gesagt, der Gleichstrom von 2×220 V und der Drehstrom durch Ringleitungen unmittelbar sämtlichen Arbeitszimmern zugeführt werden, werden alle anderen Spannungen, mit Ausnahme der Hochspannungen von 1500 bzw. 2000 V, vom Maschinenraum aus zunächst an den im ersten Obergeschoß liegenden Hauptverteiler geführt (Bilder 4 bis 6). Von hier aus gehen in jedes Arbeitszimmer zwei Doppel-



- | | |
|-------------------------------|--|
| A = Sockelgeschoß, | 6 = Praktikum für Fortgeschrittene, |
| B = Erdgeschoß, | 7 = Technisches Praktikum, |
| C = 1. Stockwerk, | 8 = Kleiner Hörsaal, |
| D = 2. Stockwerk, | 9 = Großer Hörsaal, |
| 1 = Maschinenraum, | 10 = Sammlung, |
| 2 = Batterieraum, | 11 = Institut für theoretische Physik, |
| 3 = Werkstatt, | 12 = Bibliothek, |
| 4 = Heizraum, | 13 = Chemieraum. |
| 5 = Übungsräume für Anfänger, | |

Bild 1. Grundriß.

Erregersatz. Die Spannung beträgt 220 V bei 500 Per/s, die Leistung 2,4 kVA. Beide nehmen mit der Frequenz bis auf 440 bzw. 4,8 kVA zu. Die Zuführung zu den Arbeitszimmern erfolgt über den Hauptverteiler.

Als Stromquelle für Mittelfrequenz-Wechselstrom höherer Leistung ohne beson-

leitungen, auf die beliebige von den an den Hauptverteiler herangeführten Spannungen geschaltet werden können. Der Hauptverteiler ist nach dem

spannungslos ist. Zwei senkrechte Schienen sind geerdet, so daß jeder beliebige Batteriepol geerdet werden kann. Eine andere Schiene ist unterbrochen

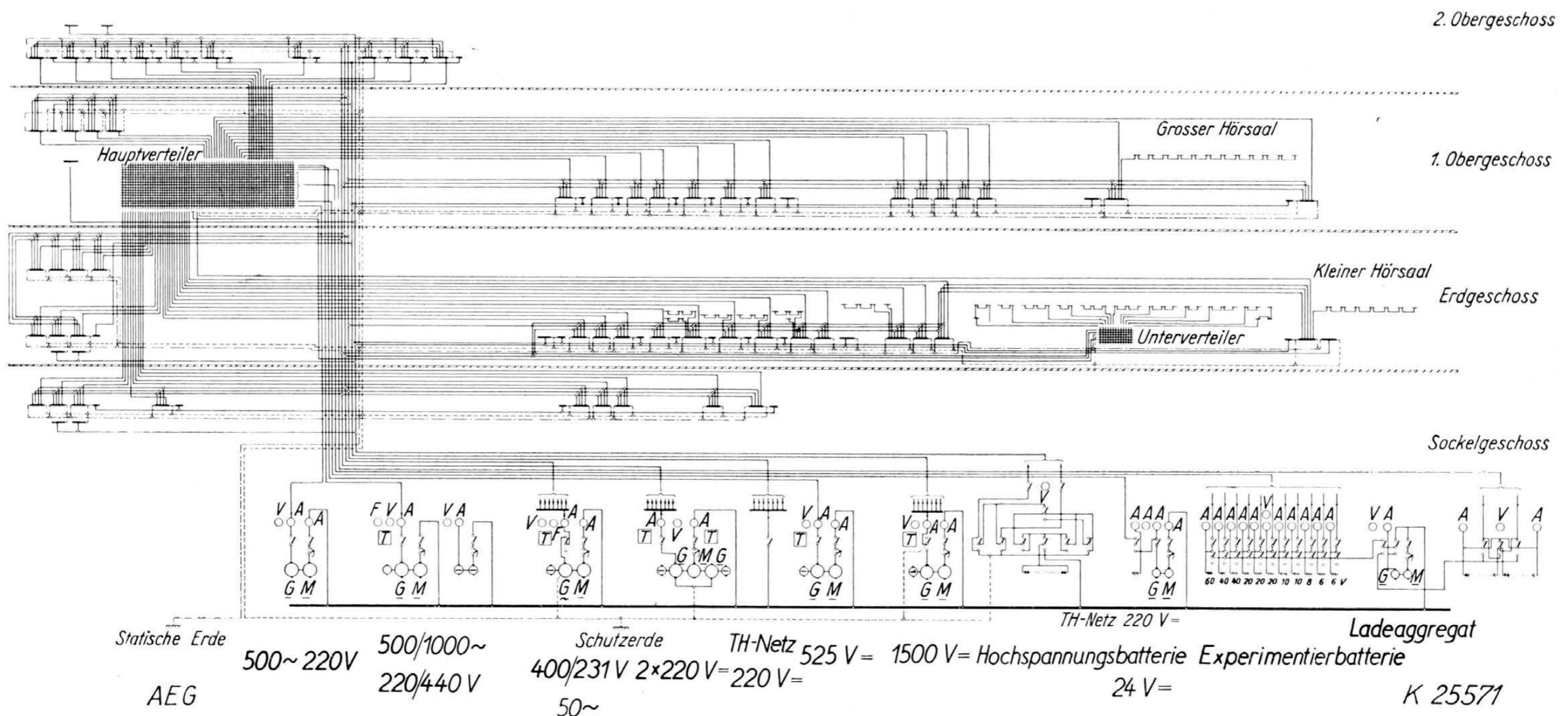


Bild 2. Schaltbild.

Kreuzschienensystem gebaut, und zwar liegen nach AEG-Bauart beide Schienengruppen auf der Rückseite von Marmortafeln. Die von den Umformern

und gibt die Möglichkeit, durch Einschrauben eines Stöpsels benachbarte Batteriegruppen in Serie zu schalten.

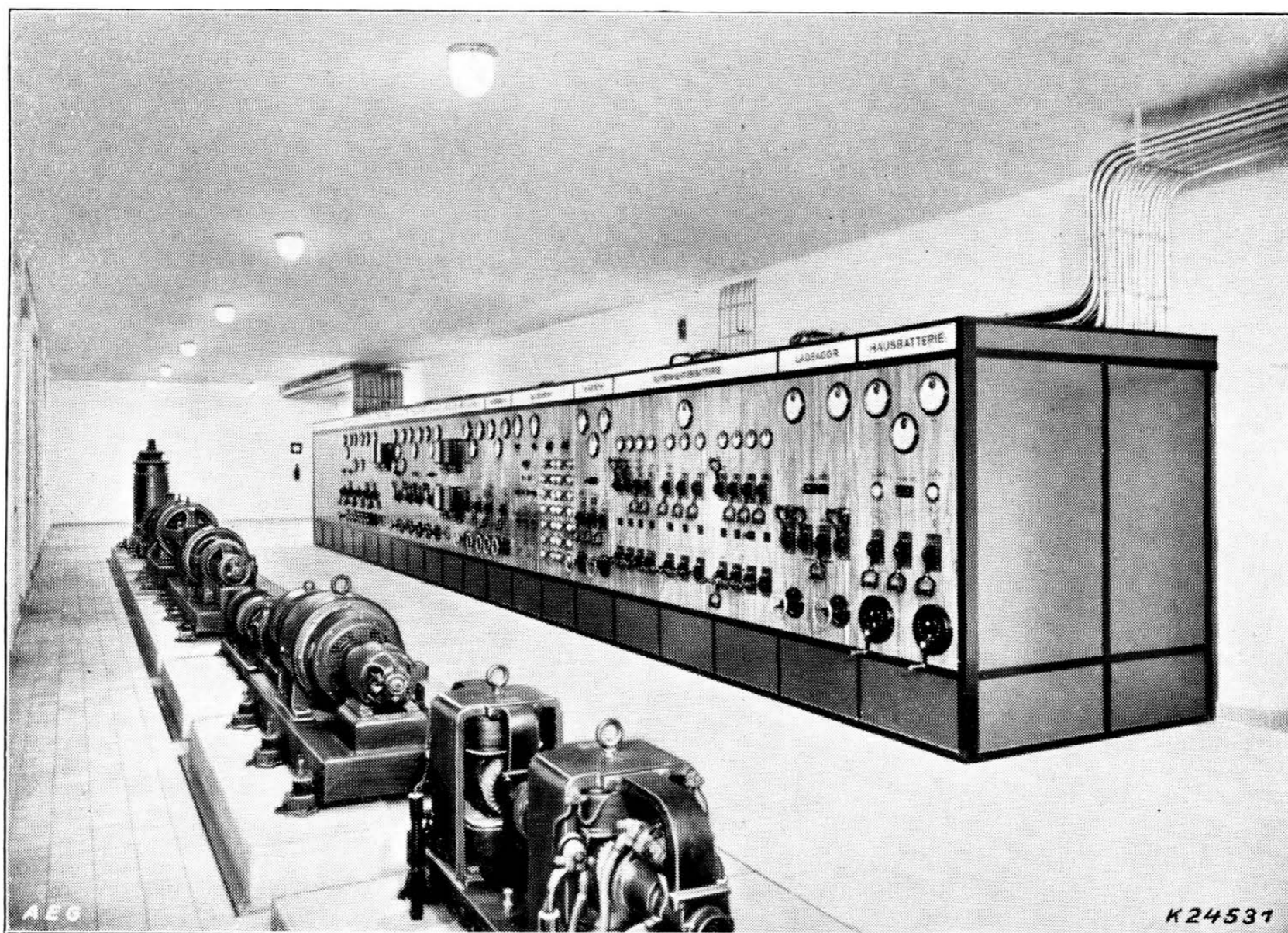


Bild 3. Maschinenraum.

und Batterien herkommenden Leitungen gehen an die waagerechten Schienen, während von den senkrechten Schienen über Sicherungen und Schalter die Wahlleitungen nach den Zimmern abgehen. Die Schalter werden durch mittelbaren Antrieb betätigt, so daß die Vorderseite der Tafeln völlig

Die bei den physikalischen Versuchen oft nötige Erdung einzelner Batteriepole wird auf diese Weise stets nur am Hauptverteiler vorgenommen, so daß Kurzschlüsse durch gleichzeitige Erdung beider Pole einer Gruppe vermieden werden können. In besonderen Fällen, in denen eine

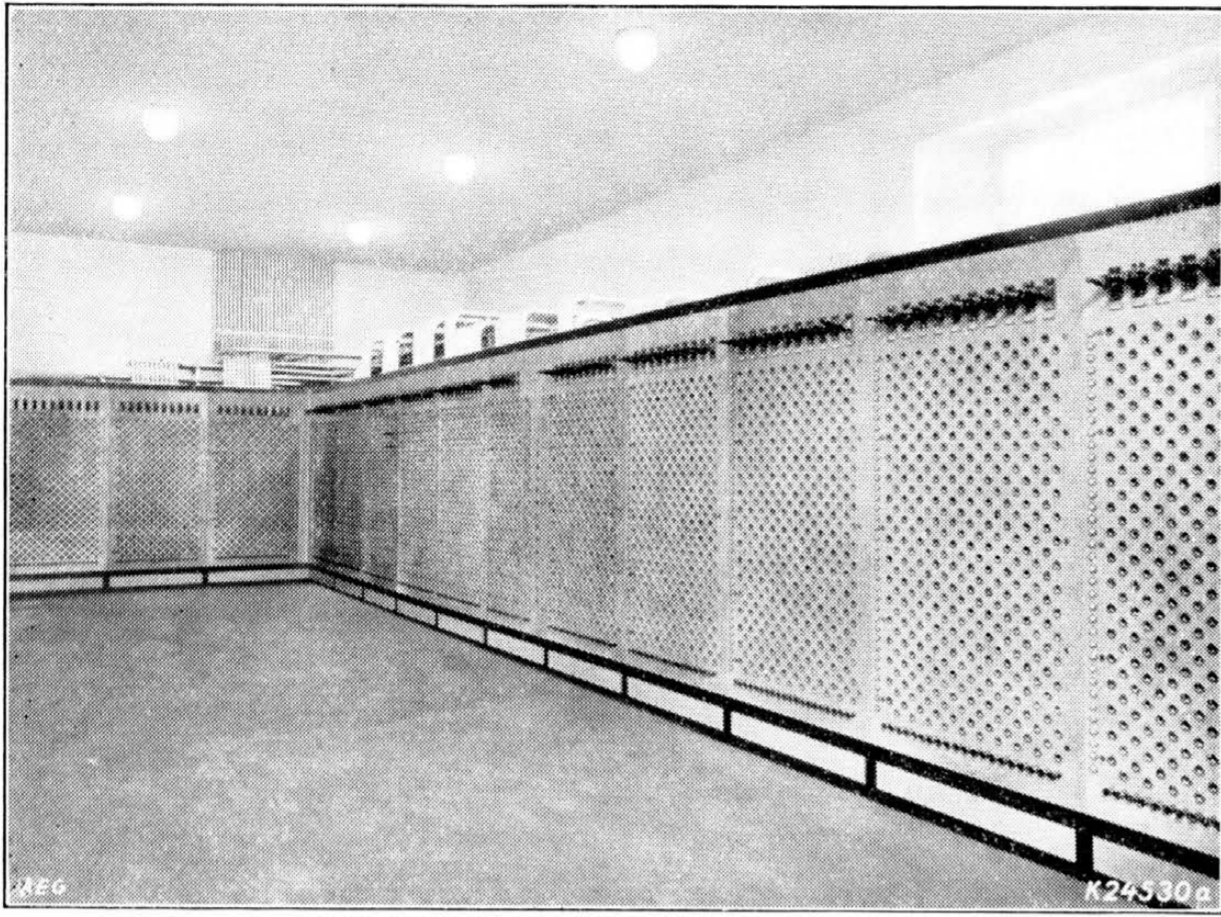


Bild 4. Hauptverteiler.

wechselnde Erdung an der Verbrauchsstelle selbst notwendig ist, werden die Erdungslöcher der betreffenden Batteriegruppen im Verteilerraum durch Blindstöpsel verschlossen. Von einigen senkrechten Schienen führen Leitungen zu einem Unterverteiler (Bild 7) für die physikalischen Anfängerübungen, von dem aus die Spannungen auf die in den einzelnen Übungsräumen angebrachten Abnahmetafeln weitergeschaltet werden können. Auf der Vorderseite der Marmortafel des Hauptverteilers sind mit Isolierstoff umpreßte Anschlußklemmen angebracht, die rückseitig an den senkrechten Schienen angeschlossen sind und nötigenfalls eine Verbindung zweier Schienen miteinander ermöglichen. Der Hauptverteiler ist auf der Rückseite durch einen breiten Gang zugänglich.

Die Abnahmetafeln in den einzelnen Arbeitsräumen, deren äußerer Aufbau aus Bild 8 ersichtlich ist, enthalten folgende Anschlüsse: $+220\text{ V}$ und -220 V gegen Erde, Drehstrom $380/220\text{ V}$, zwei vom Hauptver-

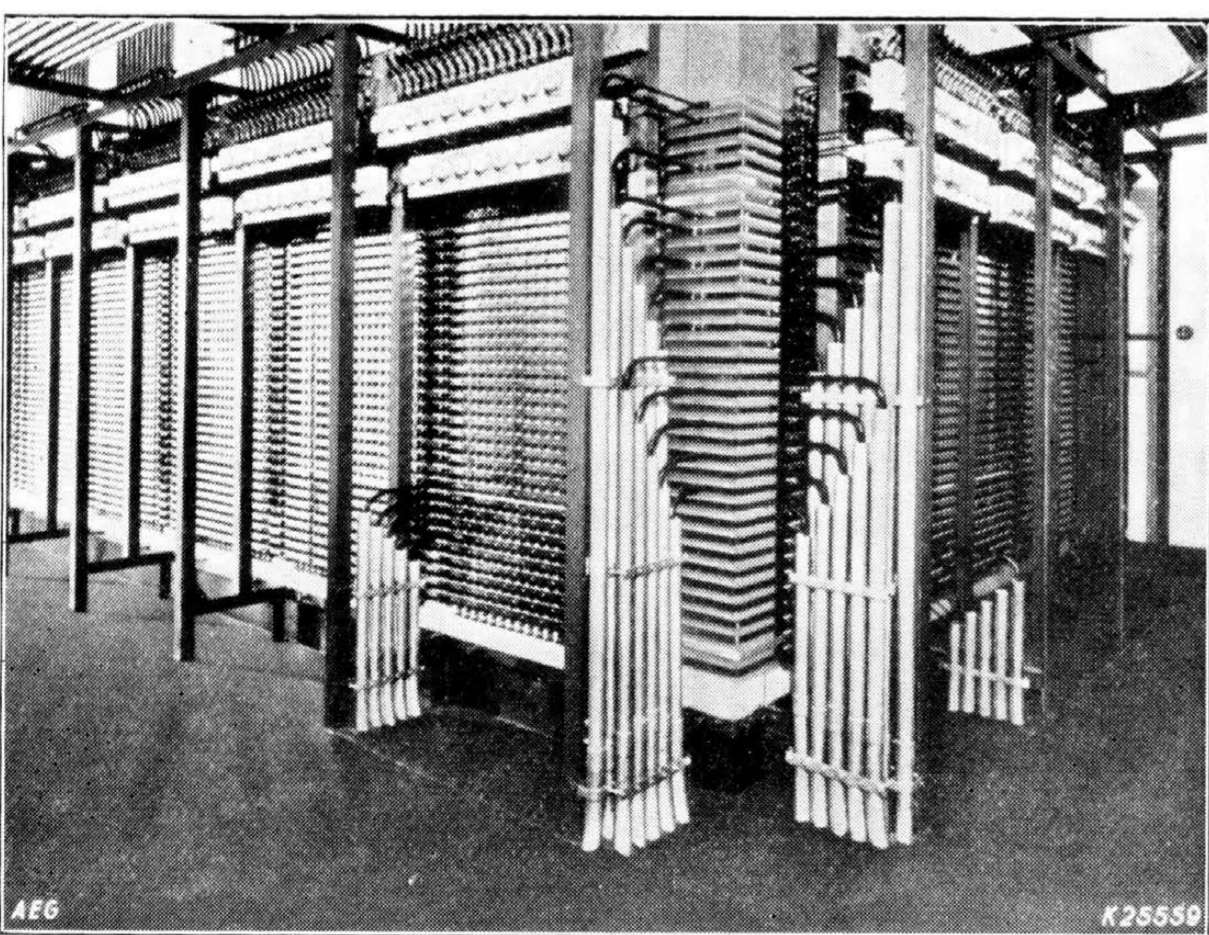


Bild 5. Hauptverteiler, Rückseite.

teiler kommende Wahlspannungen, einen Steckeranschluß des 220 V -Netzes der Hochschulzentrale und zwei Erdklemmen. Von diesen beiden ist die eine mit der allgemeinen Schutzerde verbunden, während die andere zu einer besonders isolierten Erdleitung führt, die zur Benutzung als Erdanschluß bei elektrometrischen Messungen bestimmt ist.

Um bei Gefahr die Abnahmetafeln von den zugeführten Spannungen über 220 V sofort abtrennen zu können, sind in den einzelnen Experimentierräumen sowie in den Hörsälen Gefahren-Druckknöpfe (Bild 8) angeordnet. Beim Betätigen dieser Druckknöpfe werden die Antriebsmotoren der Maschinensätze sofort vom Netz abgeschaltet und abgebremst, ferner werden die betreffenden Batterien abgeschaltet.

In der Hälfte der Arbeitsräume befindet sich außer der Abnahmetafel noch eine kleinere Ab-

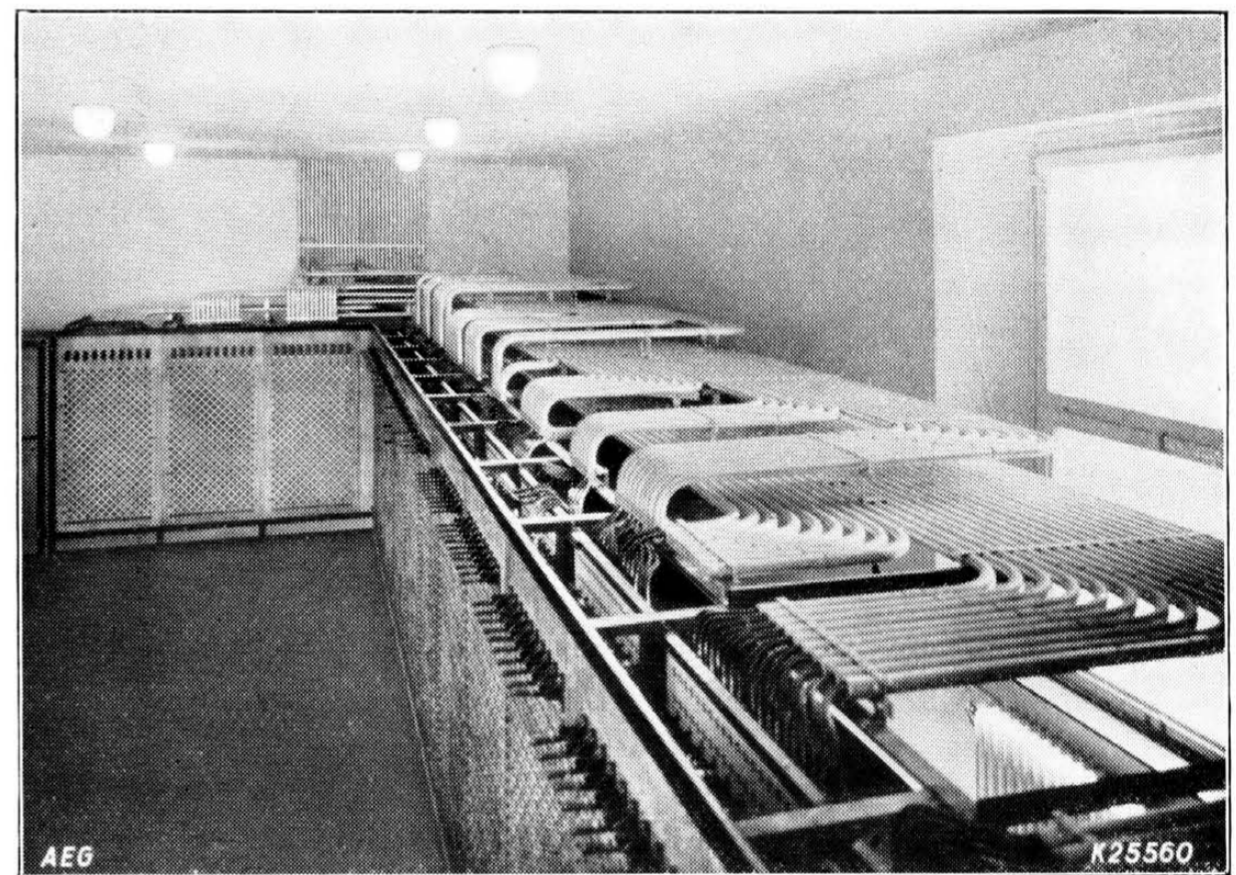


Bild 6. Hauptverteiler, von oben gesehen.

nahmetafel, die den Anschluß für 1500 V Gleichspannung trägt und in Bild 8 ebenfalls zu erkennen ist. Während für die niedrigen Spannungen mehrpolige Hebelschalter vorgesehen sind, ist hier ein Drehschalter angebracht. Die eine Anschlußklemme ist ohne Zwischenschaltung einer Sicherung fest geerdet, die andere ist auf $+1500\text{ V}$ gegen Erde geschaltet. Sollte es sich bei besonderen Versuchen als notwendig erweisen, diesen Pol auf -1500 V gegen Erde zu legen, so kann diese Umschaltung im Maschinenraum vorgenommen werden. Die Abnahmetafeln für die 2000 V -Batterie sind in gleicher Weise ausgeführt.

Im großen Hörsaal (Bild 9), der keinen festen Experimentiertisch enthält, dienen zur Abnahme der benötigten Spannungen 12 kleine Abnahmetafeln, von denen 7 vor der vorderen Bankreihe, 4 an der Tafelwand und eine auf der Galerie angebracht sind. Diese Tafeln enthalten Anschlüsse für 220 V vom Hochschulnetz, $+220, 0$ und

— 220 V gegen Erde, Drehstrom mit Nulleiter, vier Wahlspannungen und Erde. Um im Vorlesungsbetrieb schnelles Anschließen zu ermöglichen, sind diese Anschlüsse als Buchsen ausgebildet, in die ge-

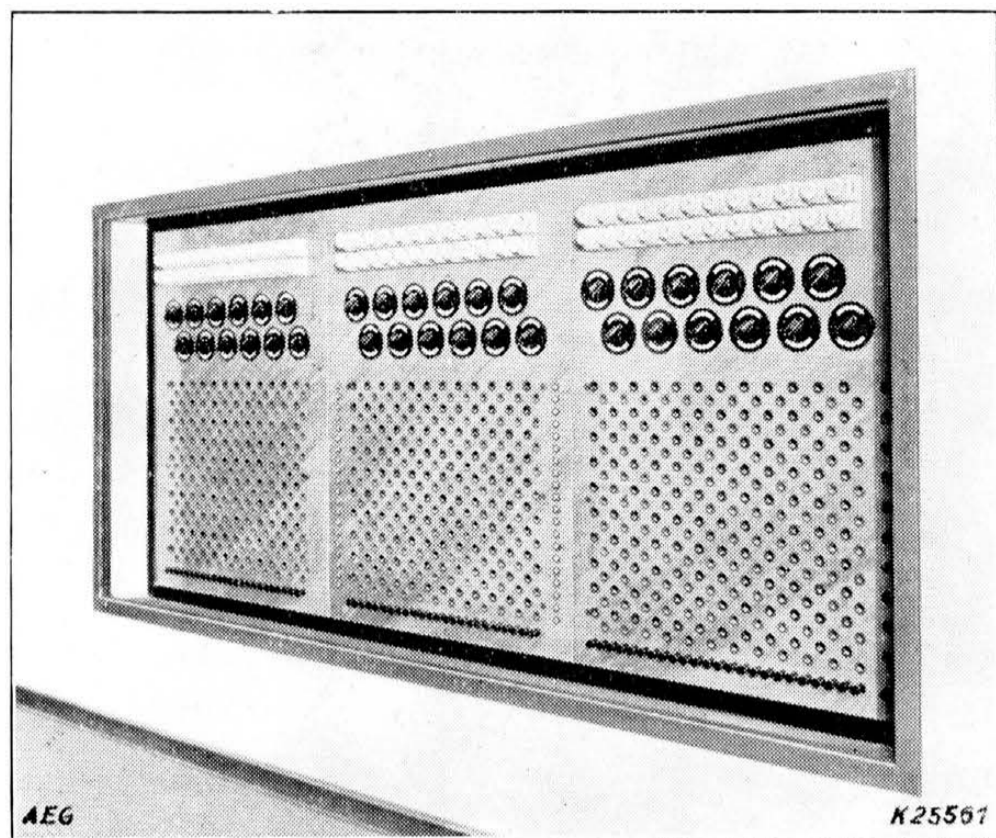


Bild 7. Unterverteiler.

wöhnliche Stecker passen. Vom Hochschulnetz sind auf jeder Tafel vier parallel geschaltete Anschlüsse vorgesehen, davon einer zur Entnahme größerer Stromstärken. Auch eine der Wahlleitungen hat einen Anschluß zur Entnahme großer Stromstärken. Sämtliche Tafeln sind durch Ringleitungen verbunden. Durch Hebelschalter, die auf einer an der Wand befindlichen Tafel angebracht sind, können diese Leitungen stromlos gemacht werden.

Für den an der Rückwand des Hörsaales angebauten Kinoraum sind Stromzuführungen für Gleichstrom 220 V, Drehstrom 380/220 V, ein gegen Störungen gesichertes Verbindungskabel zum Vortragspodium und ein Erdanschluß vorgesehen, um Film- und Tonfilm-Geräte anschließen zu können.

Für die Fenster-Verdunkelungsvorrichtungen sowie die Sonnenvorhänge sind Elektromotoren auf dem Hörsaalboden angeordnet. Die Regelung der Beleuchtung des Hörsaales erfolgt durch motorisch angetriebene Widerstände.

Für die Erzeugung von hochgespanntem Gleichstrom war ursprünglich ein großer Hochspannungs-Gleichstromgenerator vorgesehen. Dem Fortschritte der Technik entsprechend ist von der Aufstellung dieses Generators und dem Verlegen des Hochspannungsnetzes abgesehen worden. Es sind für diesen Zweck von der AEG vier fahrbare Gleichrichtersätze (Bild 10) geliefert worden, und zwar ein Aggregat von etwa 10 kW Leistung für 20 kV Gleichspannung und drei für je 10 kW bei 10 kV. Als Ventile sind die von der AEG entwickelten Quecksilberdampf - Glühkathodenröhren in

Benutzung. Jeder Satz besteht aus zwei fahrbaren Gestellen. Das eine enthält in Form eines Schaltpultes die Niederspannungs-Schaltapparatur mit der Einrichtung zur primären Spannungsreglung und den Hochspannungs-Transformator, das zweite enthält die Ventile, die Heizwandler, eine Glättungseinrichtung und den Hochspannungsschalter. Die Aufteilung jedes Gleichrichters in zwei einzelne Wagen ergab sich aus der Forderung, daß die Anlage in jedem Laboratorium verwendbar sein und keinesfalls die zulässige Deckenbelastung überschritten werden sollte. Innerhalb weniger Minuten und nach Herstellung ganz einfacher Schaltverbindungen (Anschluß an das Drehstromnetz und an die Erdleitungen, Verbindung der Hochspannungsklemmen des Transformators mit den Ventilen, Einführung einer Signalleitung in zwei Steckbuchsen) ist die Anlage nach Anheizung der Ventile betriebsfertig. Wenn man hinsichtlich der unabhängig voneinander herstell- und belastbaren Spannungen das gleiche mit umlaufenden Maschinen erreichen wollte, so hätte es dazu einer umfangreichen Maschinenanlage mit einem sehr verwickelten Verteilungsnetz bedurft.

Zur Beleuchtung der Räume sind einheitlich Deckenleuchten für 75 W-Lampen in entsprechender Zahl vorgesehen. Die Gänge erhielten

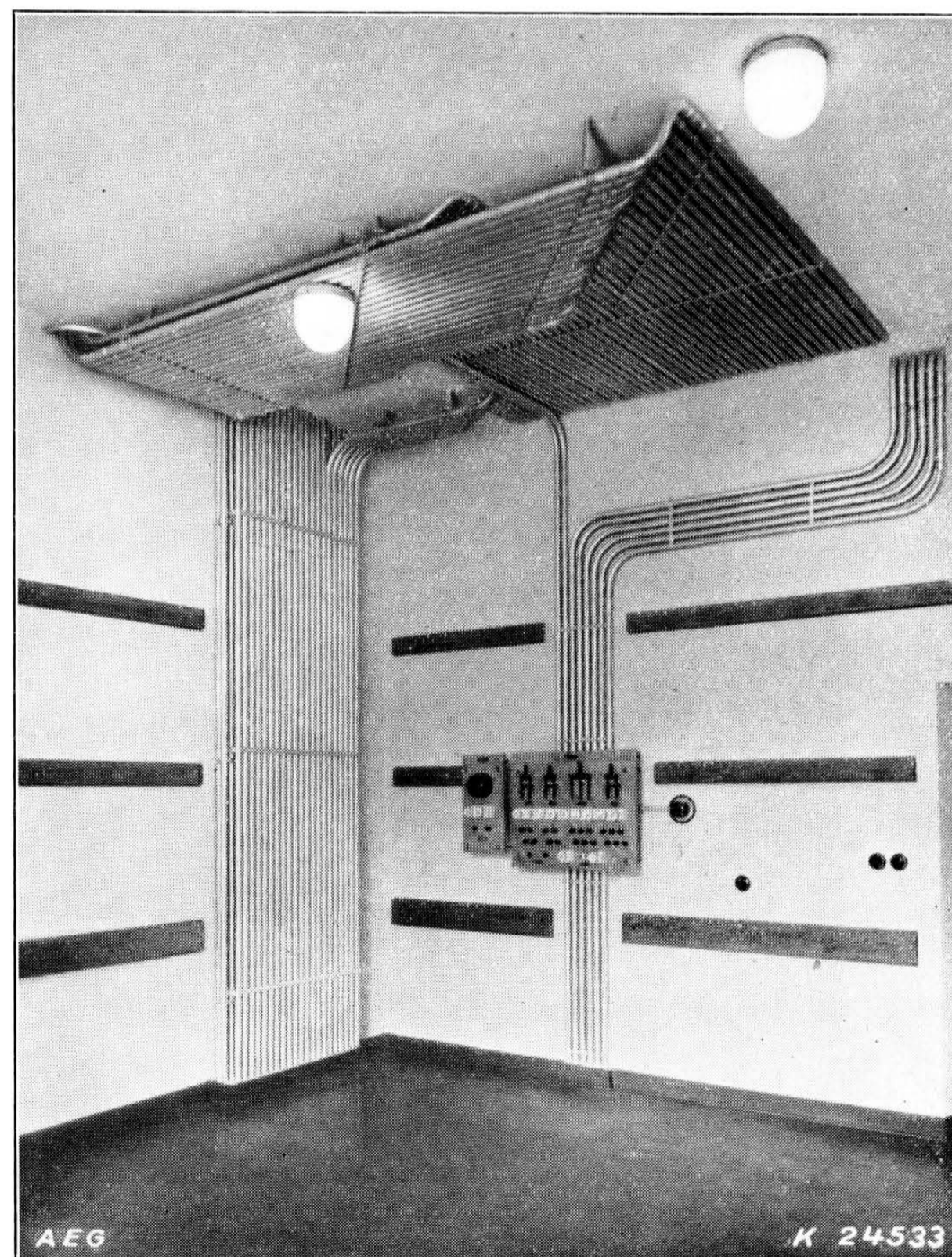


Bild 8. Abnahmetafeln und Gefahren-Druckknopf in einem Arbeitsraum.



Bild 9. Großer Hörsaal.

mit den Metallteilen völlig in das Mauerwerk eingelassene Wandbeleuchtungen, deren flache Schalen zum Auswechseln der Lampen herausschraubbar sind. Für den Hörsaal (Bild 9) ist zur Erzielung von blendungsfreiem Licht bei möglichst geringem Stromverbrauch eine neuartige Beleuchtung gewählt worden, die von Herrn Reg.-Baurat Schirmer von der Preußischen Bau- und Finanzdirektion in Gemeinschaft mit der Zeiss-Ikon A.-G. entwickelt worden ist. Tiefstrahlende

stärke beträgt etwa 100 bis 125 Lx. Zur besonderen Erhellung der Experimentierbühne und der Wandtafel mit etwa 250 bis 350 Lx sind in einem Deckeneinschnitt asymmetrische Spiegellichter und Scheinwerfer mit Streuscheiben aufgehängt. Neben der normalen Beleuchtungsanlage

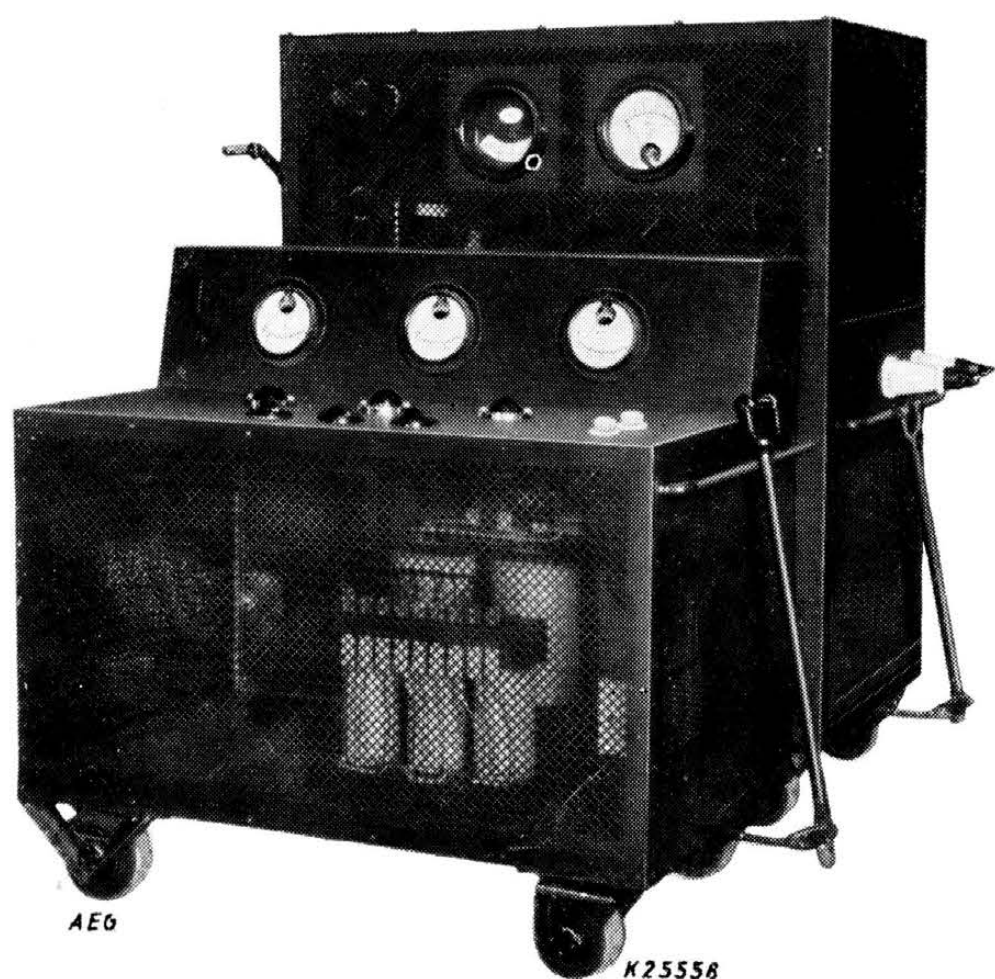


Bild 10. Fahrbarer Gleichrichtersatz.

Spiegellampen sind oberhalb der Decke angebracht und leuchten durch entsprechende runde Öffnungen nach unten; Gipskegelaufsätze verkleiden diese Öffnungen und dienen gleichzeitig als Träger für die Beleuchtungskörper. Die mittlere Beleuchtung-

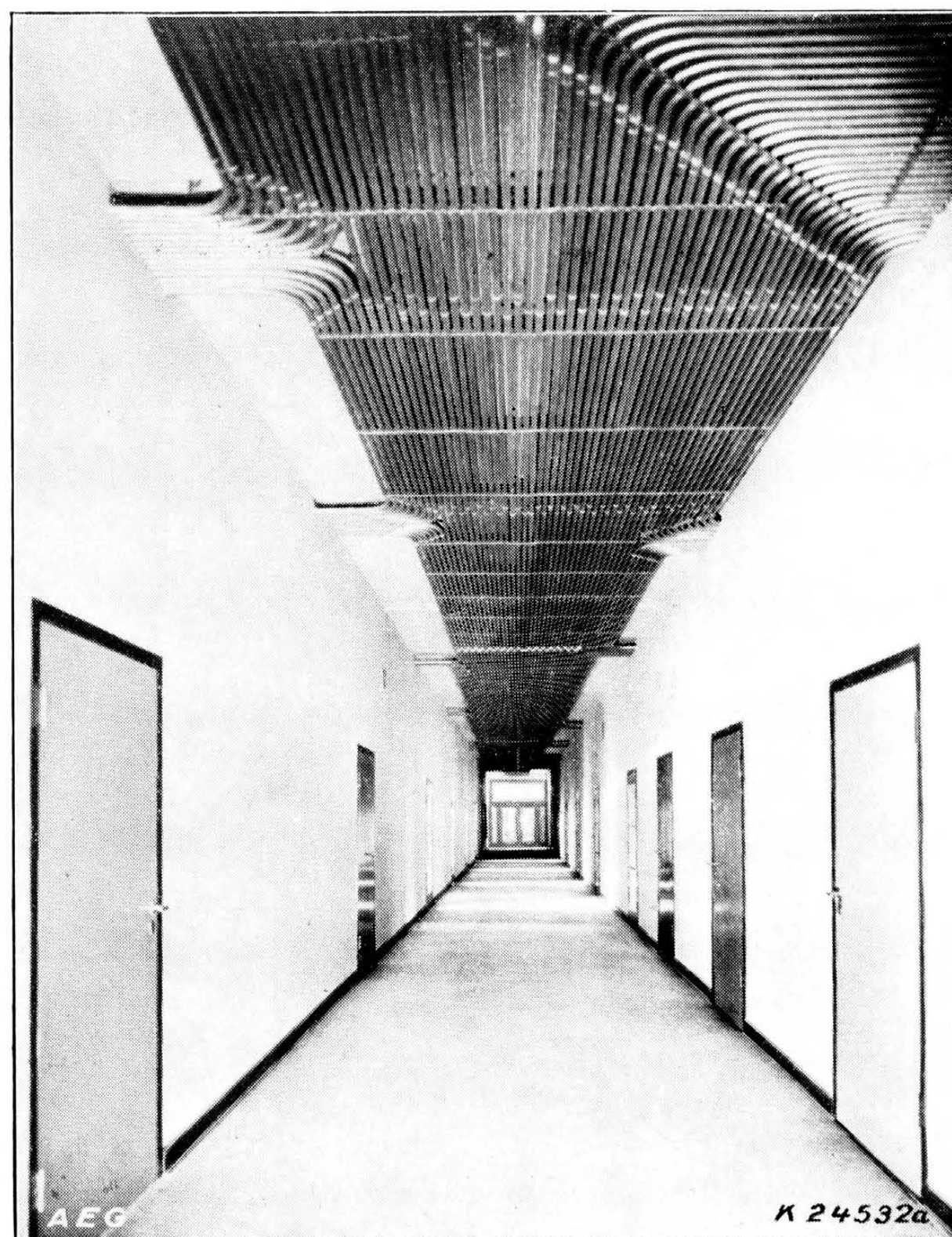


Bild 11. Leitungen im Gang.

sind eine Not- sowie eine Panikbeleuchtung vorgesehen, die beim Versagen des Hochschulnetzes sich selbsttätig auf Batteriestrom umschalten.

Sämtliche Leitungen sind zur Vermeidung von Störungen in geerdeten Stahlrohren verlegt. Diese Stahlrohre sind jederzeit zugänglich offen verlegt und an Registern befestigt. Daß durch die Rohre eher eine Hebung als eine Beeinträchtigung des architektonischen Bildes bewirkt ist, läßt Bild 11 erkennen. Alle Rohre und Register sind miteinander metallisch und an zahlreichen Stellen mit der Wasserleitung verbunden, wodurch eine sehr gute Schutzerde geschaffen ist. An diese Erdleitung sind auch der Sternpunkt des Drehstromsystems und die Mittelleiter der Dreileiternetze angeschlossen. Außerdem ist ein besonders

isoliert in Rohren verlegtes Erdleitungssystem vorhanden.

Mit der Lieferung und Installation der elektrischen Maschinen, des elektrischen Verteilungsnetzes und der Beleuchtung war die AEG betraut worden.

Die Anlage ist jetzt bereits seit einigen Monaten in Betrieb und hat sich bisher ausgezeichnet bewährt. Der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft, insbesondere den bei der Projektierung und der Ausführung der Anlage beteiligten Herren, möchte ich auch an dieser Stelle meinen besten Dank sagen für das lebhaftes Interesse, mit dem sie sich der Aufgabe gewidmet haben, eine den Bedürfnissen des Instituts in jeder Beziehung voll entsprechende Anlage zu schaffen.

Großgleichrichter in Hüttenwerken.

Von E. Westerhoff, Abteilung Fördermaschinen und Walzenstraßen.

DK 621.314.6
621.73

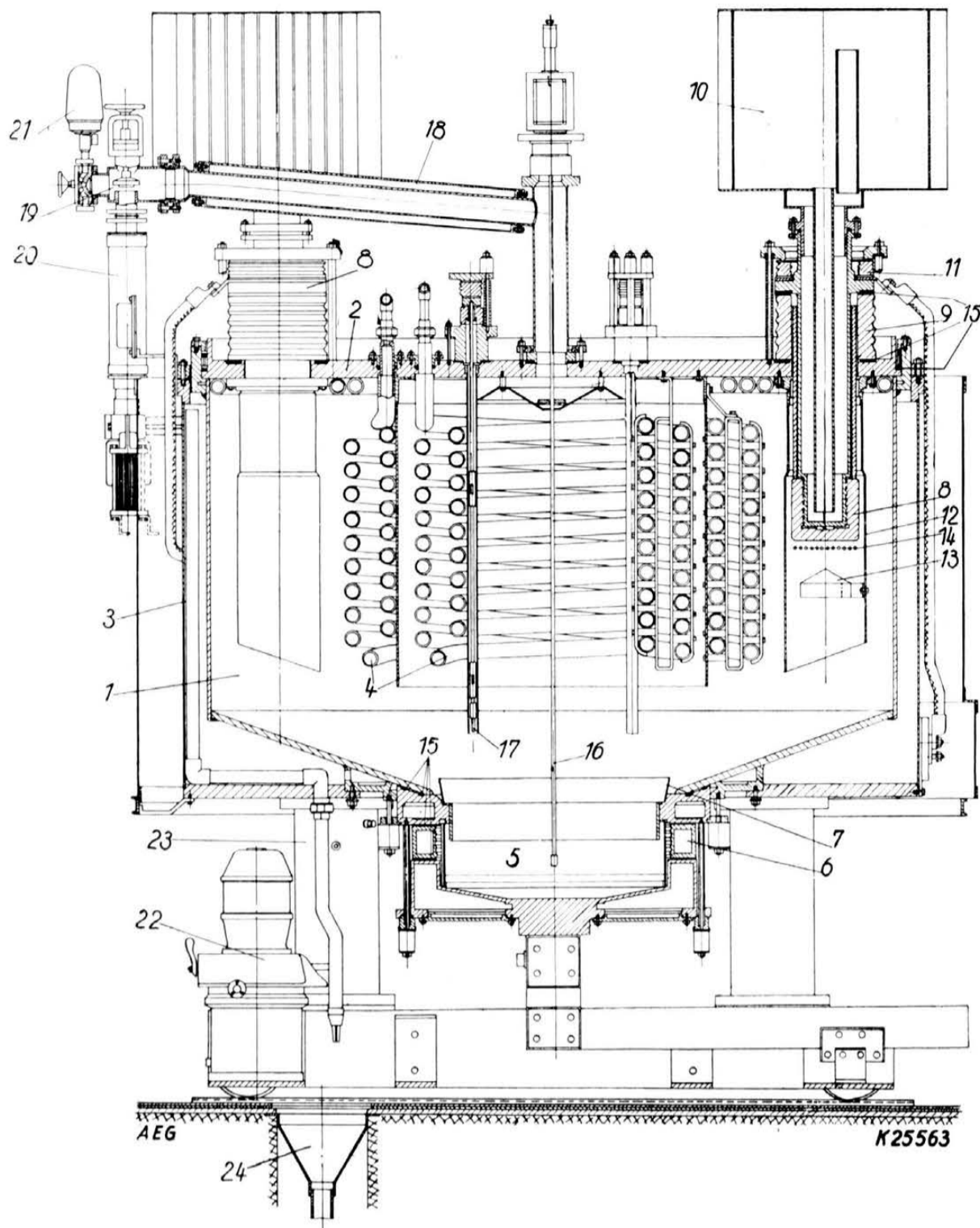
Es wird das Anwendungsgebiet der Großgleichrichter gestreift und eine Beschreibung der neuesten Ausführungen gegeben.

Die Verbesserungen an der Bauweise und die Vereinigung größter Leistungen in einem Gefäß lassen den Großgleichrichter stärker als bisher in Hüttenwerken als Wettbewerber der umlaufenden Umformer hervortreten.

Eine besondere Bedeutung hat der Großgleichrichter für Hüttenwerke erlangt, in denen die gesamte Umformung von Drehstrom in Gleichstrom in Umformerzentralen erfolgt und in denen von diesen Zentralen aus die elektrische Energie außer an Walzwerkantriebe noch an andere Gleichstromverbraucher abgegeben wird. Für derartige Betriebsbedingungen bevorzugte man früher Einankerumformer und Motorgeneratoren besonders dort, wo sowohl Gleichstrom- als auch Drehstromerzeuger in Hüttenwerk - Kraftwerken vorhanden waren und die Umformer hierbei Kuppelglieder zwischen beiden Spannungsarten darstellten. Da bei den ersten Elektrifizierungen von Hüttenwerken zunächst der Gleichstrom vorherrschend war und mit der Einführung des Drehstromes für die Übergangszeit noch dessen größter Anteil in Gleichstrom umgewandelt werden mußte, fiel den umlaufenden Umformern in der Regel diese Aufgabe zu. Es wurde jedoch unter diesen Betriebsbedingungen gewöhnlich die Forderung gestellt, daß die Umformer imstande wären, auch vom Gleichstromnetz nach dem Drehstromnetz Energie abzugeben, wenn beim Ausfall eines Drehstromerzeugers und bei Fehlen einer Reserve diese Betriebsumstellung sich als notwendig erweisen würde. Für diese Fälle war selbstverständ-

lich der Einankerumformer oder der Synchronumformer grundsätzlich am Platze. Da die heutigen Hüttenwerkzentralen aber gewöhnlich nur Drehstrom erzeugen, eine Anzahl Generatoren genügend große Leistungen einschließlich der notwendigen Reserve aufweisen und etwa vorhandene Gleichstromerzeuger wegen ihrer unwirtschaftlichen Arbeitsweise jetzt eine nur untergeordnete Rolle spielen, ist die im erwähnten Betriebsbeispiel gestellte Forderung nicht mehr von so großer Bedeutung. Auch hat in vielen Fällen der Fremdstrombezug in Form von Drehstrom Platz gegriffen, bei dem aus verständlichen Gründen von den Elektrizitätswerken kein Wert auf Energierücklieferung an ihr Netz gelegt wird. Läßt man also die Forderung auf beiderseitige Energieliefermöglichkeit im Umformerbetrieb fallen, so kann der Großgleichrichter wegen seiner betrieblich wertvollen Eigenschaften — wie schnelle Inbetriebsetzung und Parallelschaltung wegen Fortfalls des Synchronisierens und Polarisierens, Unabhängigkeit von Frequenzschwankungen, hohe — insbesondere stoßweise — Überlastbarkeit, Unempfindlichkeit bei Kurzschlüssen, ferner geringer Anspruch auf Wartung und hohe Lebensdauer — für den rauen Hüttenwerksbetrieb als besonders geeignet bezeichnet werden. Hinzu kommen als weitere Vorteile der gute Wirkungsgrad, insbesondere bei hohen Spannungen und Teillasten und damit der hohe Jahreswirkungsgrad bei stark schwankenden Belastungen, ferner das geringe Gewicht, das Fehlen jeglicher schwerer umlaufenden Massen und damit die billige und wenig Platz beanspruchende Aufstellungsart.

Der Großgleichrichter kann in Hüttenwerken auch überall dort angewendet werden, wo es sich um die Erweiterung bestehender



- | | |
|------------------------------------|-------------------------|
| 1 = Vakuumgefäß, | 13 = Blende, |
| 2 = Deckel, | 14 = Gitter, |
| 3 = Kühlgefäß, | 15 = Gummidichtungen, |
| 4 = Innerer Kühlkörper, | 16 = Zündanode, |
| 5 = Kathode, | 17 = Erregeranode, |
| 6 = Gekühlter Kathodenisolierring, | 18 = Absaugrohr, |
| 7 = Filterring, | 19 = Hauptabsperrentil, |
| 8 = Anode, | 20 = Hochvakuumpumpe, |
| 9 = Anodenisolator, | 21 = Vakuummeßpumpe, |
| 10 = Anodenkühlkörper, | 22 = Vorpumpe, |
| 11 = Anodenpreßisolator, | 23 = Vorvakuumbehälter, |
| 12 = Anodenschutzrohr, | 24 = Abflußtrichter. |

Bild 1. Schnitt durch den Großgleichrichter.

Umformeranlagen der oben besprochenen Art oder um die Beschaffung einer Reserve für andere Umformerarten handelt. Weiter eignet er sich ganz besonders für die Speisung elektrisch betriebener Hüttenwerksbahnen und elektromagnetischer Hebevorrichtungen sowie für die Versorgung bestehender Gleichstromantriebe oder von Antrieben, für die man bei Neuanschaffung mit Vorzug Gleichstrom wählt.

Da über Wirkungsweise und allgemeinen Aufbau der AEG-Großgleichrichter an dieser Stelle*) bereits mehrfach eingehend berichtet worden ist, so seien nur die besonderen Merkmale und Vorzüge

*) AEG-Mitteilungen 1929, Heft 3, S. 85 und 1930, Heft 3, S. 178.

der neuesten Ausführung hervorgehoben. Das Gleichrichtergefäß (Bild 1) hat einen leicht abnehmbaren, mit einem Gummiring gedichteten Deckel 2, auf dem die ebenfalls durch Gummiringe 15 gedichteten Anodendurchführungen 9 aufgebaut sind. Als Dichtungsgummi wird wärmebeständiger, wenig gasender Sondergummi verwendet, der zur Verhinderung der Gasabgabe durch Eisenblech abgedeckt ist. Die Schweißungen am Gleichrichtergefäß sind als Doppelnähte ausgeführt, damit doppelte Sicherheit gegen Korrosion durch das Kühlwasser gegeben ist. Die Kathode 5 des Gleichrichters wird durch zwei Gummiringe 15 und einem wassergekühlten, innen emaillierten Eisenring 6 vom Gleichrichtergefäß isoliert. Auf diese Weise ist der wegen seines großen Durchmessers leicht brechende Porzellanisolator an der Kathode vermieden.

Die Kathode ist gut zugänglich und kann bei einer Nachschau leicht abgenommen und mit einem Sonderwagen herausgefahren werden. Zur Reinigung des zur Kathode zurückfließenden Quecksilbers von Zerstäubungsprodukten, die sich beim Gleichrichterbetrieb bilden, ist über ihr ein Filterring 7 angeordnet (DRP).

Die Anoden der Gleichrichter werden aus einem vorbehandelten Sondergraphit hergestellt. Graphit kann wegen seiner höheren Wärmestrahlung und seines hohen Schmelzpunktes elektrisch wesentlich höher als Eisen belastet werden, ohne daß Rückzündungen im Gleichrichter auftreten. Bei Stromstärken bis 3000 A ist bei der guten Wärmestrahlung des Graphits eine besondere Kühlung der Anoden überflüssig; bei höheren Stromstärken kühlt man, um Übertemperaturen an den Gummidichtungen zu vermeiden, die Anodenbolzen durch eine Umlaufkühlung mit aufgebauten Rippenkühlgefäßen 10 (Bild 2, Rippenkühler oben besonders

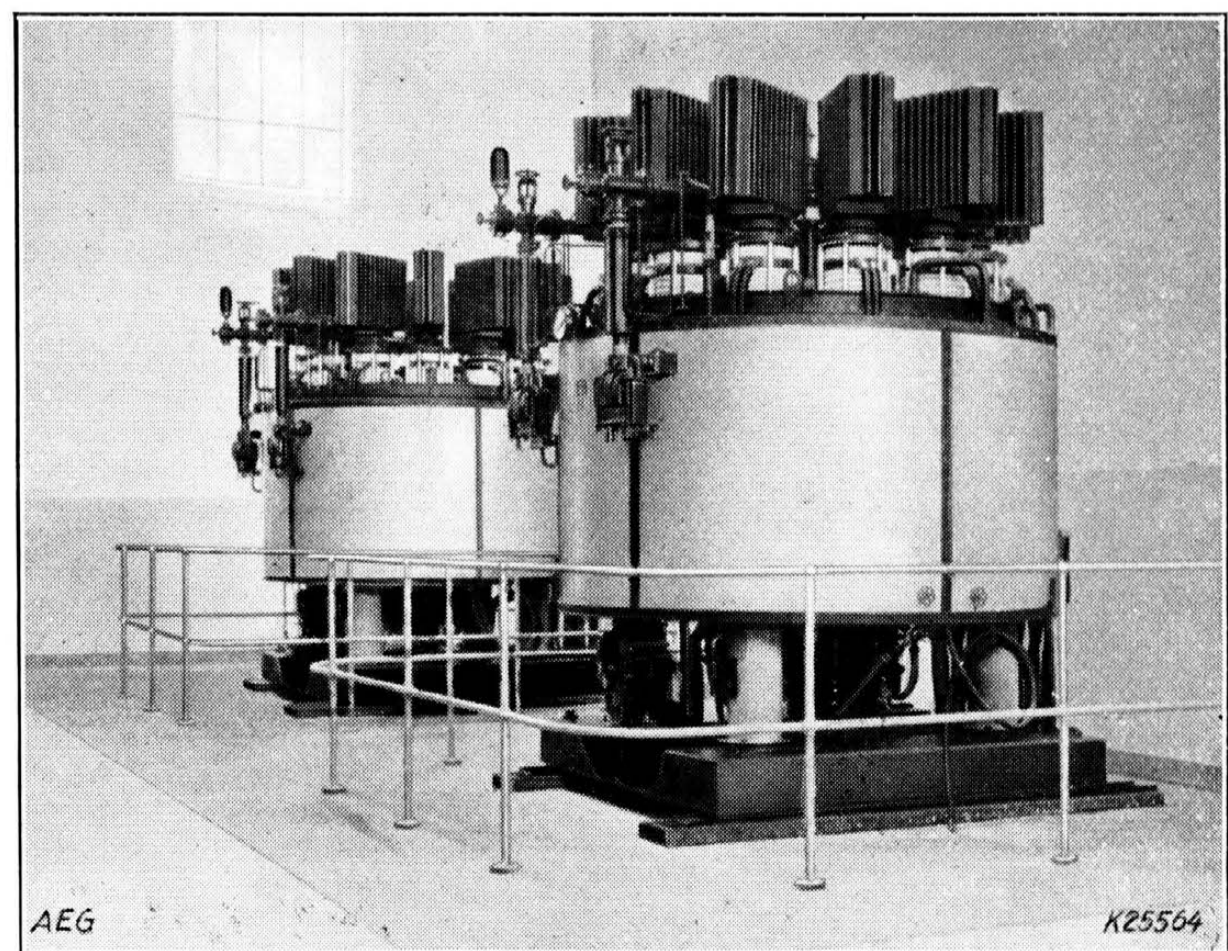


Bild 2. Zwei Großgleichrichter-Sätze je 3640 A, 550 V.

deutlich sichtbar). Die Anoden sind von Schutzrohren 12 aus Eisen umgeben, die vom Gleichrichterdeckel isoliert sind. Zur Vermeidung von Rückzündungen sind im Anodenschutzrohr besonders geformte Gitter 14 und Blenden 13 eingebaut, so daß eine günstige Verteilung des Stromes auf die Anodenoberfläche und eine rasche Beseitigung der von der Arbeitsperiode im Anodenschutzrohr verbleibenden Restladungen erzielt wird. Wichtig für die Rückzündungssicherheit der Gleichrichter sind ferner die richtige Führung und rasche Kondensation des Quecksilberdampfes im Gleichrichtergefäß sowie an den Kühlschlangen und Körpern im Innern des Gleichrichters. Die Innen-Frischwasserkühlung des Gleichrichters erfordert zwar häufigere Nachschau des Kühlwasserweges auf Niederschläge, doch ist bei der Bauart der AEG dafür Sorge getragen, daß die Kühlkörper leicht ausgewechselt oder bei neueren Ausführungen ohne Öffnung des Gleichrichters gereinigt werden können.

Innenkühlung der Gleichrichter wird von 2000 A aufwärts vorgesehen, bei geringeren Stromstärken genügt die wassergekühlte Oberfläche des zur Kondensation besonders erhöhten Gleichrichtergefäßes.

Für die Herstellung des für den Gleichrichterbetrieb erforderlichen hohen Vakuums ($1/1000$ bis $3/1000$ mm Quecksilbersäule) dient ein mit besonderer Sorgfalt durchgebildeter Pumpensatz. Außer einer dreistufigen Quecksilberdampf-Strahlpumpe 20 hoher Saugleistung als Feinpumpe hat jedes Gleichrichtergefäß noch eine umlaufende Vorpumpe 22. Zwischen beiden Pumpen befindet sich ein Vorvakuumbehälter 23, der gegen die Feinpumpe durch ein Rückschlagventil, gegen die Vorpumpe durch einen Hahn abgeschlossen ist. Ist der Gleichrichter genügend luftarm gepumpt, so braucht die umlaufende Pumpe nur in größeren Zeitabständen von einigen Tagen in Betrieb genommen zu werden und dann nur kurzzeitig (10 bis 15 min), um die von der dauernd arbeitenden Feinpumpe in den Vorvakuumbehälter geförderten Luft- und Gasreste abzusaugen. Durch Verwendung kurzer und weiter Saugrohre sowie eines Absperrhahnes mit großer Öffnung bleibt die hohe Saugleistung der Feinpumpe erhalten. Das Vakuum kann mit Kompressionsmanometer nach Mac Lead oder unmittelbar anzeigenden elektrischen Vakuummeter gemessen werden; Überwachungs- und Alarmvorrichtungen bei Überschreitung zu hohen Druckes im Gleichrichter oder im Vakuumbehälter sind vorgesehen.

Wesentlich ist neben dem Vorhergesagten auch eine richtige Anpassung der Kühlung bei allen Belastungsgrößen. Dies ist durch eine selbsttätig wirkende Kühlwasserzuflußreglung in Abhängigkeit

von der Belastung bzw. der eintretenden Gleichrichtertemperatur erreicht. Sie bringt auch wesentliche Ersparnisse im Kühlwasserverbrauch mit sich, was besonders dort von Vorteil ist, wo das Kühlwasser fremd bezogen und bezahlt werden muß.

Der AEG-Gleichrichter bildet in seinem Aufbau und den zugehörigen Hilfseinrichtungen eine geschlossene und übersichtliche Einheit. Ebenso wie die Vakuumapparatur sind alle Verbindungsleitungen und die Kühlwasserführung anschlusfertigt am Gleichrichter verlegt, wodurch die Aufstellung des Gleichrichters sehr erleichtert wird.

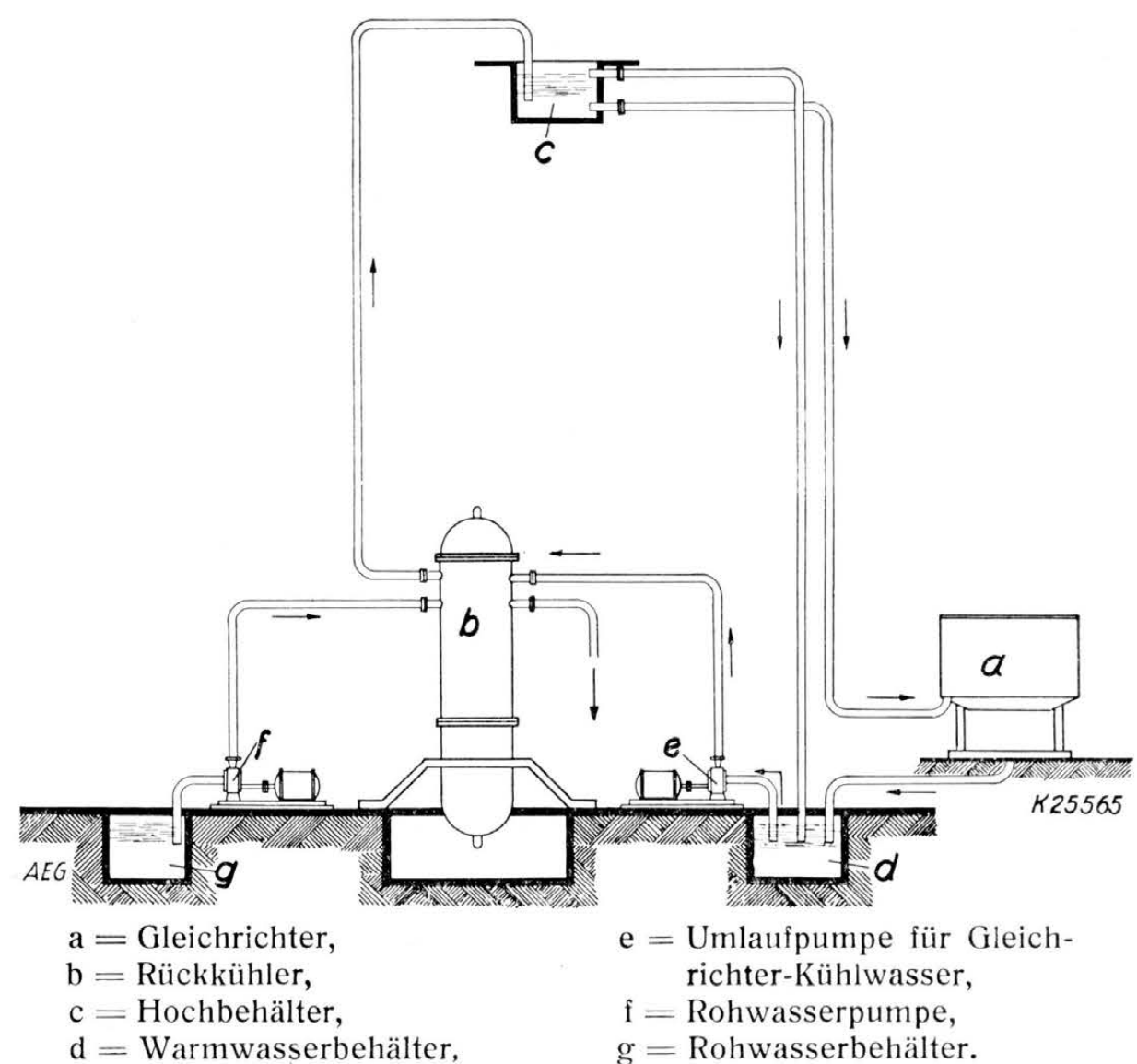


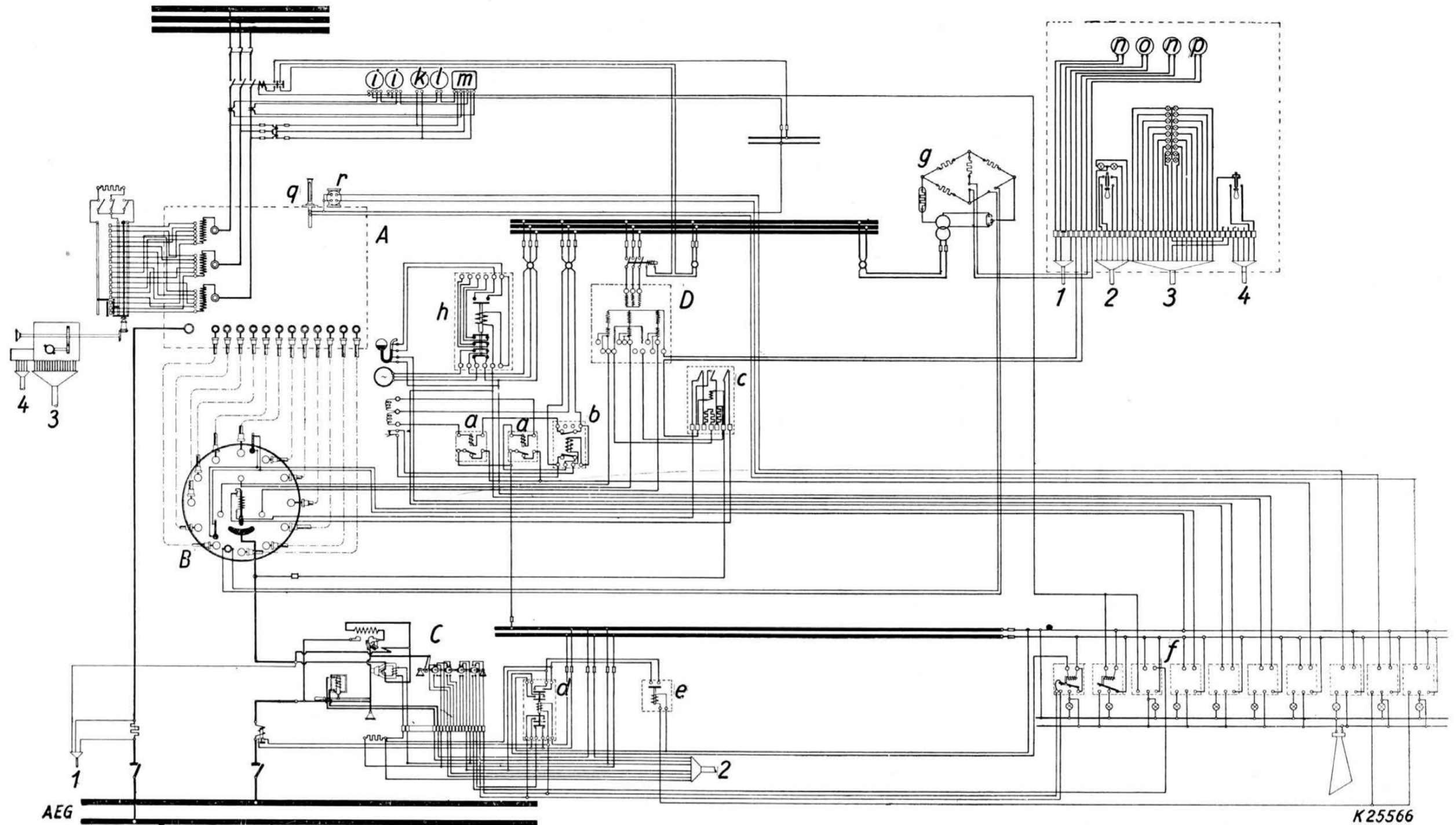
Bild 3. Rückkühlanlage mit Kühlwasserweg.

Wesentlich für die Betriebsicherheit des Großgleichrichters und die Lebensdauer der Kühleinrichtungen ist die Güte des angewendeten Kühlwassers. In gleicher Weise wie man der Beschaffenheit des Kühlwassers bei Kondensations-Turboaggregaten besondere Aufmerksamkeit schenkt, ist dies in erhöhter Weise bei Gleichrichtern notwendig, da Kühlrohre und hiermit zusammenhängende Ventile usw. nicht die Abmessungen haben wie bei jenen. Es sollte daher in Fällen, in denen für die Kühlung von Gleichrichtern genügende Wassermengen zur Verfügung stehen, vor Benutzung des Wassers eine genaue Untersuchung angestellt werden, ob es frei von schädlichen Bestandteilen ist und nicht zur Absatzbildung neigt. Ist dies der Fall oder zweifelhaft, so sollte unter allen Umständen eine Rückkühlanlage gewählt werden.

Sind mehrere Gleichrichter vorhanden, so erhält jeder Gleichrichter zweckmäßig eine besondere Rückkühlanlage; es genügt in Sonderfällen jedoch eine gemeinsame Anlage, die dann so zu bemessen ist, daß sie für die Kühlung aller Gleich-

richter ausreicht. Es empfiehlt sich hierbei allerdings die Aufstellung eines Reserveaggregates mit einer entsprechenden Umschaltvorrichtung, das dann benutzt werden kann, wenn an dem im Be-

wasser zur Verfügung, so ist es vorteilhaft, Gegenstromkühler aufzustellen. Andernfalls kann mit gutem Erfolg die Kühlung des Gleichrichter-Kühlwassers in Lamellenkühlern, die mit Luft an-



- | | |
|--|---|
| 1 bis 4 = Kabel und Verbindungsleitungen, | d = Unterscheidungsrelais für Überstrom, |
| A = Gleichrichter-Transformator mit Regelschalter, | e = Hilfsrelais, |
| B = Gleichrichter, | f = Signalrelais, |
| C = Schnellschalter, | g = Elektrische Vakuummessung, |
| D = Erreger- und Zündtransformator, | h = Einschalterschütz für umlaufende Pumpe, |
| a = Stromüberwachungsrelais für Hochvakuumpumpe, | i = Maximalrelais, |
| b = Schaltschütz, | k bis o = Meßinstrumente, |
| c = Zündstromschalter, | p = Vakuummeter, |
| | q = Kontaktthermometer, |
| | r = Buchholzschutz. |

Bild 4. Schaltbild einer Großgleichrichter-Anlage.

trieb befindlichen Apparat Reinigungs- oder Instandsetzungsarbeiten notwendig sind.

Steht für die Rückkühlung des Gleichrichter-Kühlwassers eine genügend große Menge Roh-

geblasen werden, vorgenommen werden. Bild 3 zeigt eine schematische Anordnung des gesamten Kühlwasser-Kreislaufes. Die Rückkühlung des Gleichrichter-Kühlwassers erfolgt hier durch Rohwasser; eine ähnliche Anordnung kommt selbstverständlich auch in Betracht, wenn an Stelle von Rohwasser Luft für die Rückkühlung verwendet wird.

Das Schaltbild (Bild 4) einer normalen Großgleichrichter-Anlage zeigt den Zusammenhang aller zu einem Gleichrichteraggregat gehörigen Hilfseinrichtungen und -geräte, wie sie in Hüttenwerken gewöhnlich in Betracht kommen sowohl drehstrom- als auch gleichstromseitig. Es sei noch besonders auf die einzelnen Überwachungseinrichtungen hingewiesen, die mit Hör- und Sichtzeichen selbsttätig anzeigen:

1. zu hohe Übertemperatur im Gleichrichter,
2. Unterbrechung des Kühlwasserzuflusses zur Quecksilberdampfmaschine,

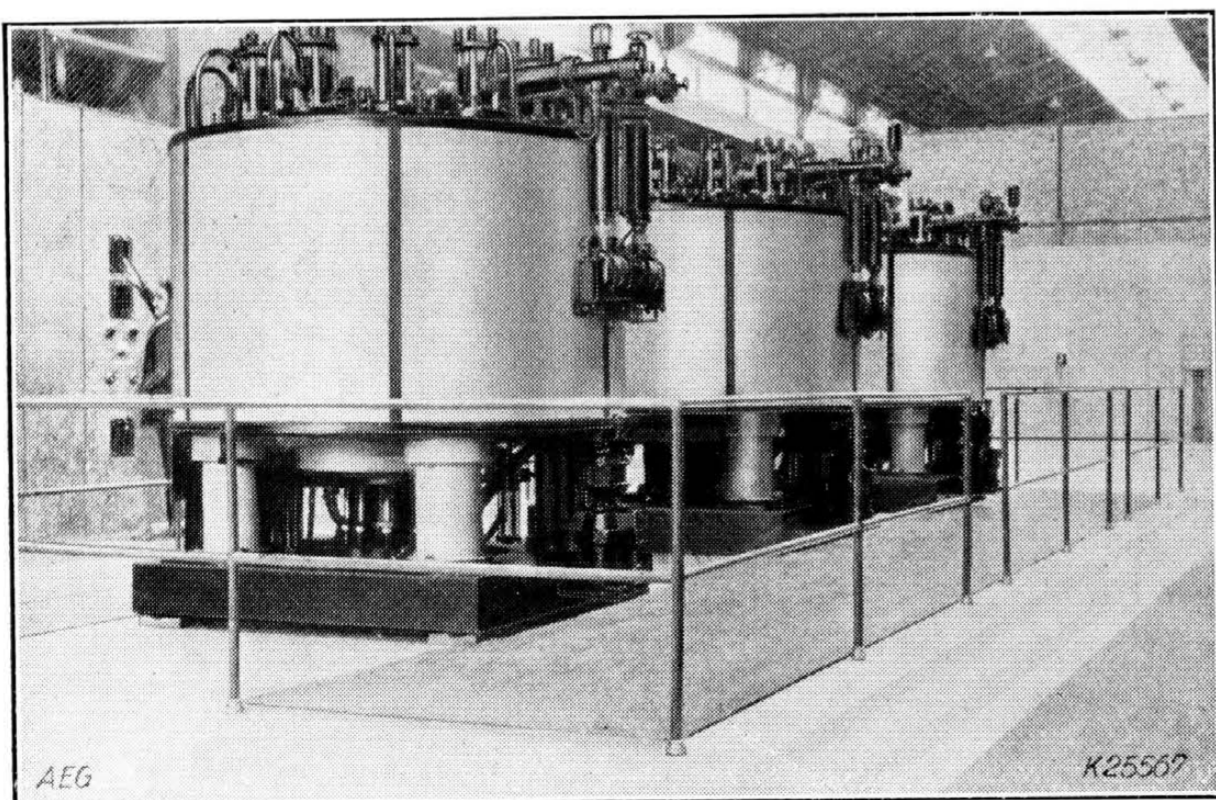


Bild 5. Drei Großgleichrichter-Sätze je 2150 A, 465 V.

3. Unterbrechung des Heizstromes der Quecksilberdampf-pumpe,
4. Unterbrechung in den Stromzuführungen zur umlaufenden Vorpumpe,
5. Erreichung des höchst zulässigen Grenzvakuums,
6. Abschaltung des Gleichstrom-Schnellschalters durch Rückstrom, wobei gleichzeitig der Ölschalter drehstromseitig abgeschaltet wird,
7. Erreichung einer zu hohen Übertemperatur im Gleichrichter-Transformator,

8. Beschädigung im Gleichrichter-Transformator mit Warnung und Abschaltung vom Netz.

Bild 5 zeigt drei Großgleichrichter-Sätze je 2150 A bei 465 V, überlastbar mit 4300 A während 1 min, in Abständen von je 6 min, und Bild 2 zwei Großgleichrichter-Sätze je 3640 A bei 550 V, überlastbar mit 4000 A während 2 h, 6000 A während 2 min und 8000 A stoßweise. Sie stehen in Hüttenwerk-Umformerzentralen und versorgen unter anderem Rohr-Walzwerksantriebe; sie sind kürzlich dem Betrieb übergeben worden.

Umformieranlage des Aluminiumwerkes Wolchowstroj.

Von Dipl.-Ing. H. Schmidt, Abteilung Rußland.

DK 621.314.1
669.713.7
(47)

Der Wunsch der russischen Regierung, die eigene Aluminiumerzeugung auszubauen, führte zur Planung mehrerer Anlagen für Aluminiumelektrolyse, von denen die erste zurzeit in Wolchowstroj im Bau ist. Die für dieses Werk gelieferten Umformer, deren Aufstellung und Überwachung sowie die für die Umformer gelieferte Leistungsreglung mit Strom- und Spannungsbegrenzung werden beschrieben.

Im Rahmen des Fünfjahresplanes war von der russischen Regierung eine starke Entwicklung der eigenen Aluminiumerzeugung vorgesehen. Die Versuche, hierfür ein geeignetes Verfahren auszuarbeiten, wurden schon in den Jahren 1929 und 1930 durchgeführt. Aus ihnen entstand ein eigenes Elektrolyseverfahren, das Ende 1930 so weit durchgebildet war, daß bereits Anfang 1931 die Bestellungen auf die Maschinen der ersten am Flusse Wolchow bei Leningrad zu errichtenden Anlage vergeben werden konnten.

Nachdem die verschiedenen technischen Möglichkeiten für die Stromerzeugung eingehend geprüft worden waren — es wurde die Aufstellung von Quecksilberdampf-Gleichrichtern, Einankerumformern oder Motorgeneratoren erwogen —, entschied man sich mit Rücksicht darauf, daß es sich um die erste größere, nach dem neuen Verfahren arbeitende Anlage handelte und keine genügenden praktischen Erfahrungen vorlagen, zur Aufstellung von Motorgeneratoren. Ausschlaggebend war hierbei der beim Anfahren der Bäder erforderliche große Spannungsregelbereich, der mit Motorgeneratoren am einfachsten zu erreichen war. Da außerdem im ersten Ausbau nur drei Maschinensätze aufgestellt werden sollten, kam auch die Aufstellung zweier Maschinentypen — Einankerumformer mit geringem Spannungsregelbereich für den Dauerbetrieb und Motorgeneratoren für das Anfahren der Bäder — nicht in Frage.

Maschinen.

Die drei Motorgeneratoren wurden der AEG Anfang 1931 in Auftrag gegeben. Jeder Maschinensatz (Bild 1) besteht aus einem Synchronmotor,

zwei parallelgeschalteten Gleichstrommaschinen und zwei Erregermaschinen, eine für die beiden Gleichstromgeneratoren und die andere für den Synchronmotor. Jede Gleichstrommaschine ist für eine Stromstärke von 13 000 A und einen Spannungsregelbereich von 100 bis 500 V ausgelegt. Die normale Betriebsspannung liegt jedoch bei 350 V, wobei Überlastungen von 10% und ein entsprechender Spannungsanstieg auf 385 V zulässig sind. Bei der höchsten Spannung von 500 V kann jeder Generator noch 9100 A abgeben. Die Leistung jedes Generators beträgt somit 4550 kW, die Gleichstromleistung des ganzen Umformersatzes ist mit 9100 kW begrenzt. Die niedrigen Spannungen von rund 100 V sind für das Anfahren der Bäder erforderlich.

Die drei Hauptmaschinen sind mit starr gekuppelter Welle, Stehlagern auf gemeinsamer Grundplatte und mit unmittelbar gekuppelten Erregermaschinen ausgeführt. Die Anker der Erregermaschinen sind auf die Wellen der Gleichstrommaschinen fliegend aufgesetzt.

Beide Gleichstrommaschinen haben Wendepole und eine Kompensationswicklung; die Erregung erfolgt durch die gemeinsame Erregermaschine. Diese sowie die Erregermaschine des Synchronmotors sind offen ausgeführt, während die Hauptmaschinen eine Kapselung für Fremdbelüftung erhalten haben.

Der Synchronmotor zwischen den beiden Gleichstrommaschinen ist für eine Leistung von 10 000 kW bei $\cos \varphi = 0,85$ voreilend ausgelegt, da die Maschinen gleichzeitig zur Phasenverbesserung des Überlandnetzes, von dem das Werk gespeist wird, herangezogen werden sollen. Die Anschlußspannung beträgt 10,5 kV, die Drehzahl 300 U/min. Erschwerend für den normalen Betrieb ist es, daß in dem Überlandnetz Spannungsschwankungen von $\pm 20\%$ und Frequenzschwankungen von $\pm 5\%$ auftreten. Der Betrieb bedingt außerdem

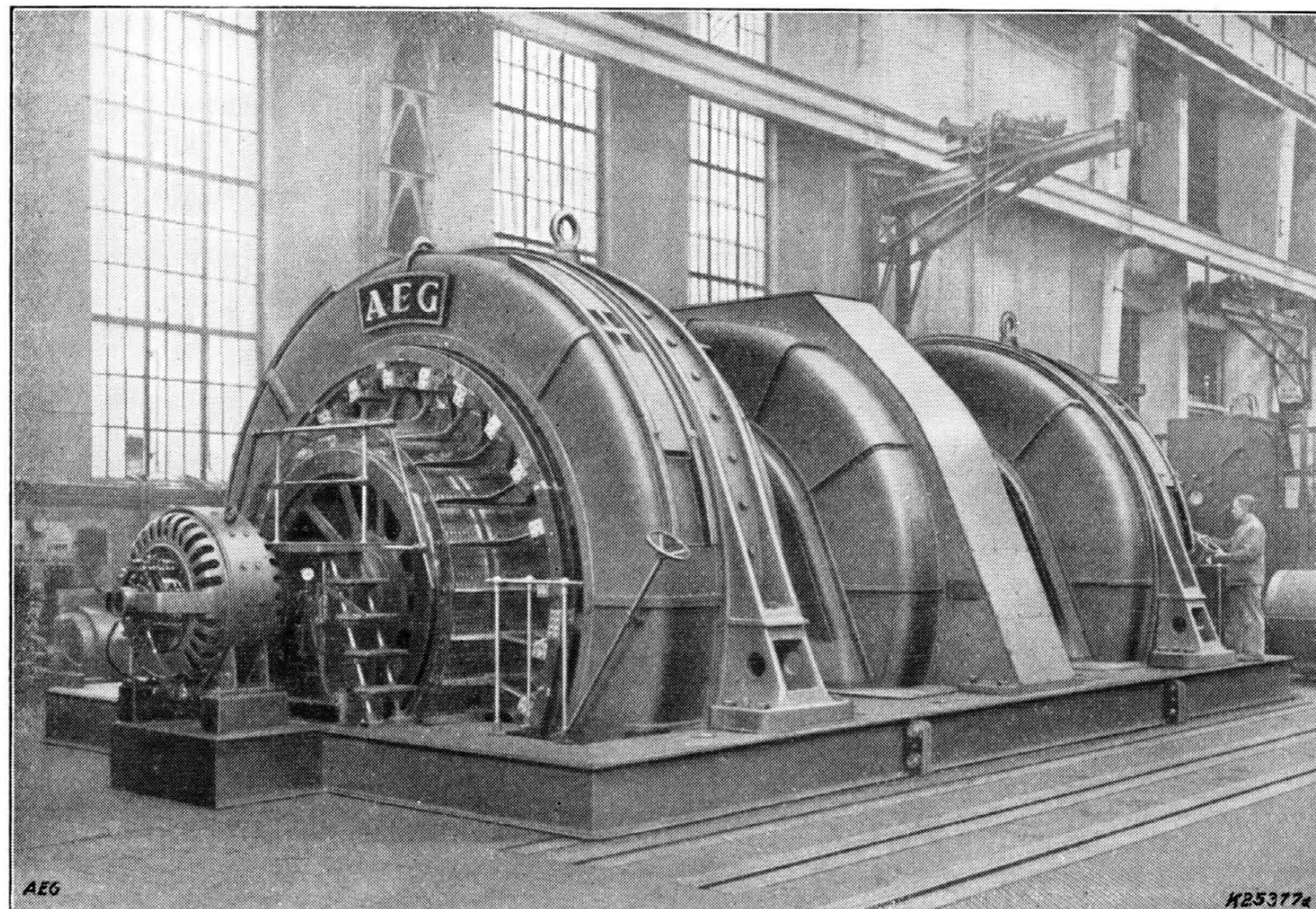


Bild 1. Maschinensatz im Prüffeld.

stoßweise Überlastungen bis zu 100%. Infolge der starken Übererregung können die Motoren diese Überlastungen auch bei Zusammentreffen der ungünstigsten Last-, Spannungs- und Frequenzverhältnisse aushalten, ohne außer Tritt zu fallen.

Die Erregung sowohl des Synchronmotors als auch der Gleichstrommaschinen erfolgt mit einer Spannung von 220 V, um bei Störungen an den Erregermaschinen auf das Gleichstromnetz umschalten zu können.

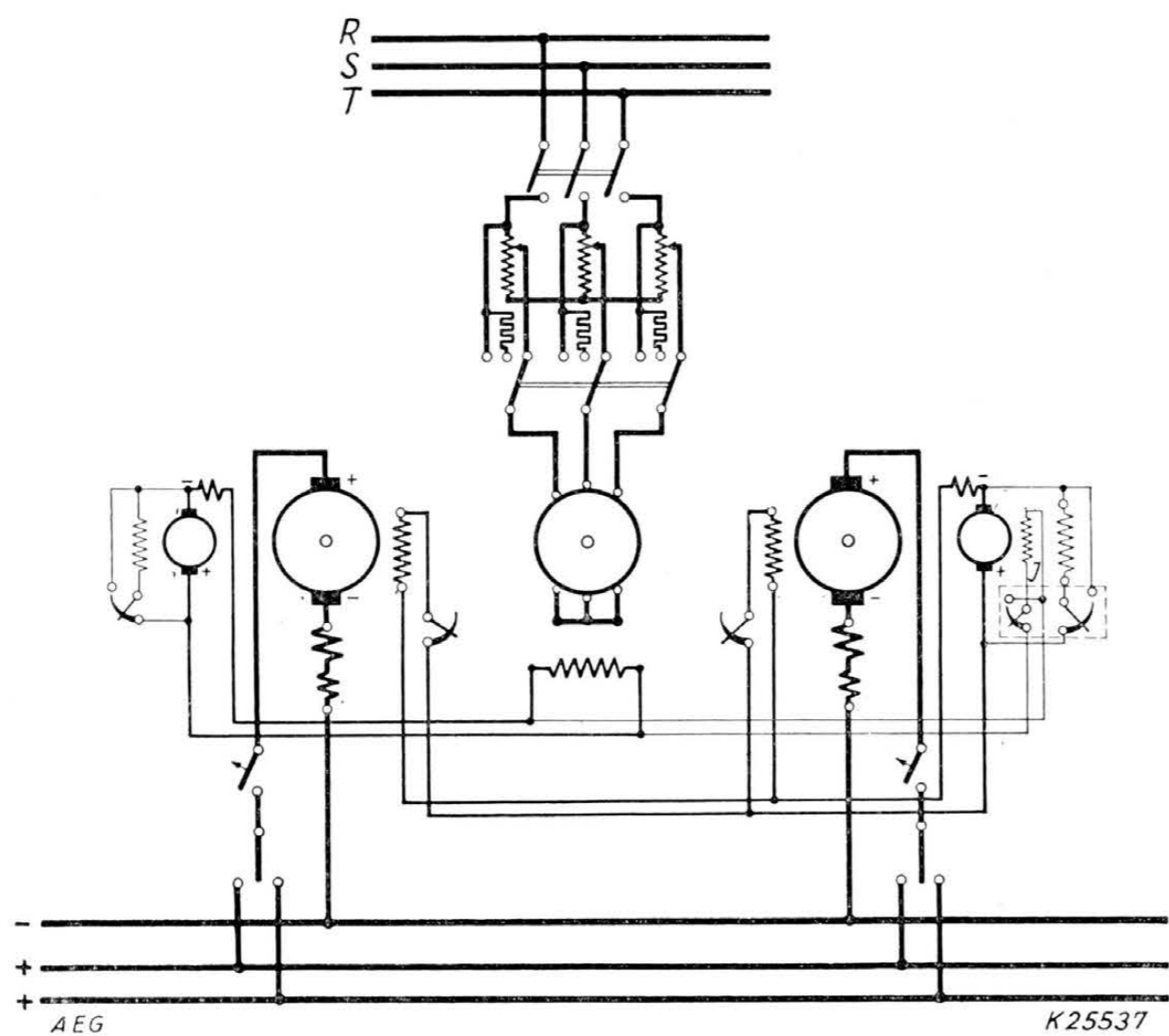


Bild 2. Prinzipschaltbild eines Motorgenerators.

Auch die Schaltung der Erregermaschinen ist erwähnenswert (Bild 2). Um die Verluste mit Rücksicht auf den Tag- und Nachtbetrieb möglichst niedrig zu halten, erfolgt die Regelung der Gleichstromgeneratoren nicht durch Magnetregler, sondern

nur im Feld der durch eine besondere Hilfserrichtung stabilisierten Erregermaschine. Die Hilfserrichtung wird der Erregermaschine des Synchronmotors entnommen, da diese ja mit konstanter Erregung und somit auch konstanter Spannung arbeitet.

Es war jedoch die Bedingung gestellt, nicht nur die Gleichstrommaschinen eines jeden Maschinensatzes parallel arbeiten zu lassen, sondern es sollte, wenn erforderlich, auch kreuzweise parallel gearbeitet werden. Daher konnte sich die Notwendigkeit ergeben, gelegentlich auch eine kalte und eine warme Maschine parallel fahren zu müssen. Damit in diesem Fall die Spannung jeder Maschine getrennt zu regeln ist, wurde für jeden Gleichstromgenerator noch ein fernsteuerbarer Nebenschlußregler für einen Regelbereich von $\pm 10\%$ vorgesehen.

Trotz der großen Leistung des Synchronmotors war es möglich, a synchronen Anlauf vorzusehen, so daß das lästige und zeitraubende Synchronisieren bei Inbetriebnahme eines Umformers nicht erforderlich ist. Dies ist um so wichtiger, als bei Außerbetriebnahme eines Maschinensatzes die Bäder in möglichst kurzer Zeit wieder unter Strom zu setzen sind, da sie sonst erkalten und dann wieder neu angefahren werden müssen. Bei der Anordnung der Dämpferwicklung bilden die hochohmigen Dämpferstäbe mit den umlaufenden Ringen den Dämpferkäfig. Für den Anlauf erhielt jeder Motor seinen eigenen Anlaßtransformator mit zugehörigem Anlaßumschalter mit eingebautem Überschaltwiderstand. Der Anlaßtransformator gestattet dreimaliges aufeinanderfolgendes Anlassen in Abständen von etwa 4 min. Der Anlaufstrom ist verhältnismäßig gering und

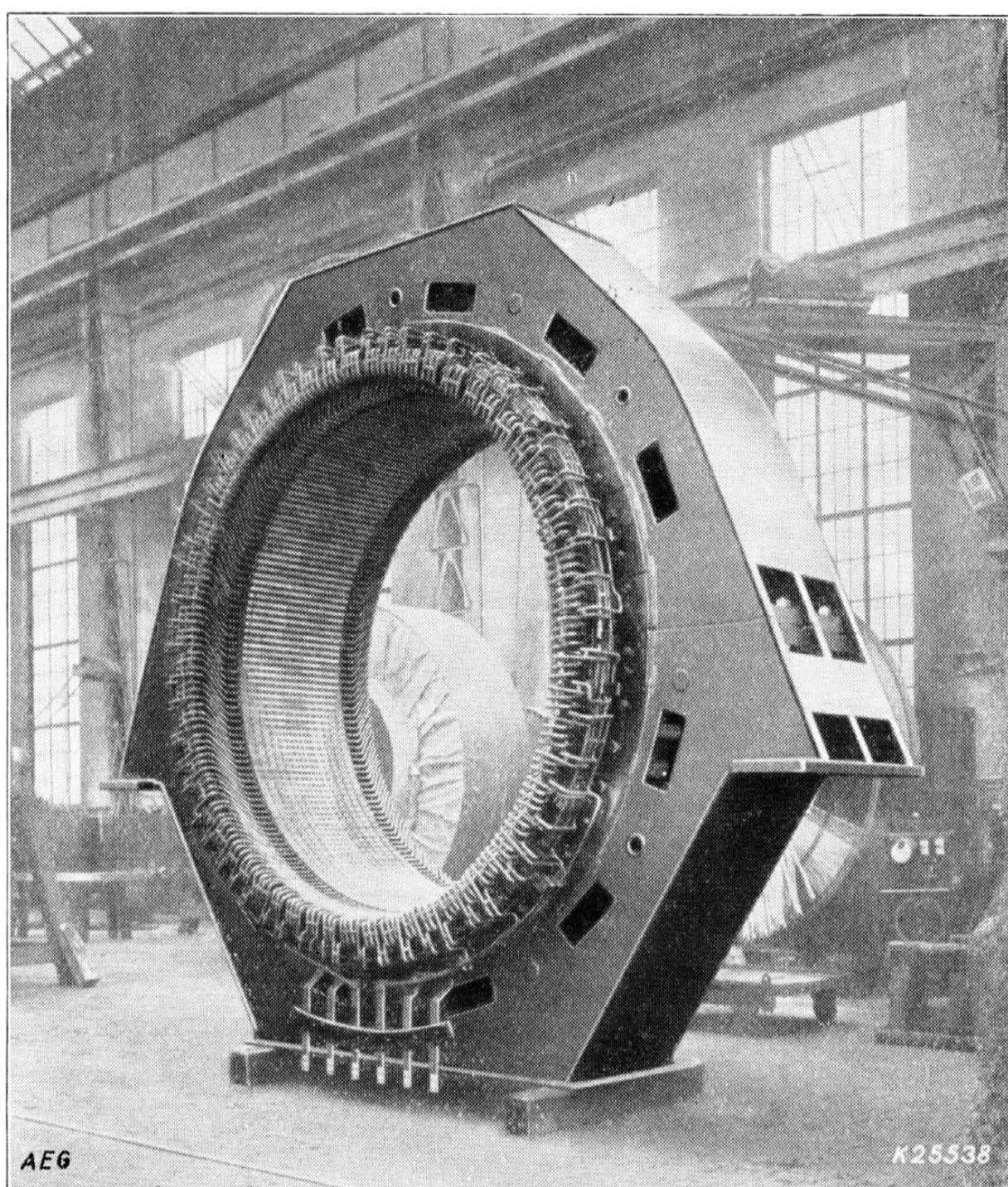


Bild 3. Ständer des Synchronmotors.

liegt zwischen dem 0,5- bis 0,8 fachen des Normalstromes. Um ihn möglichst niedrig zu halten, wurden an jedem Lager handbetätigte Druckölpumpen zur Lagerentlastung vorgesehen. Die Lager sind als normale Ringschmierlager ausgebildet.

Das Gehäuse des Synchronmotors ist aus Flußeisen und geschweißt. Mit Rücksicht

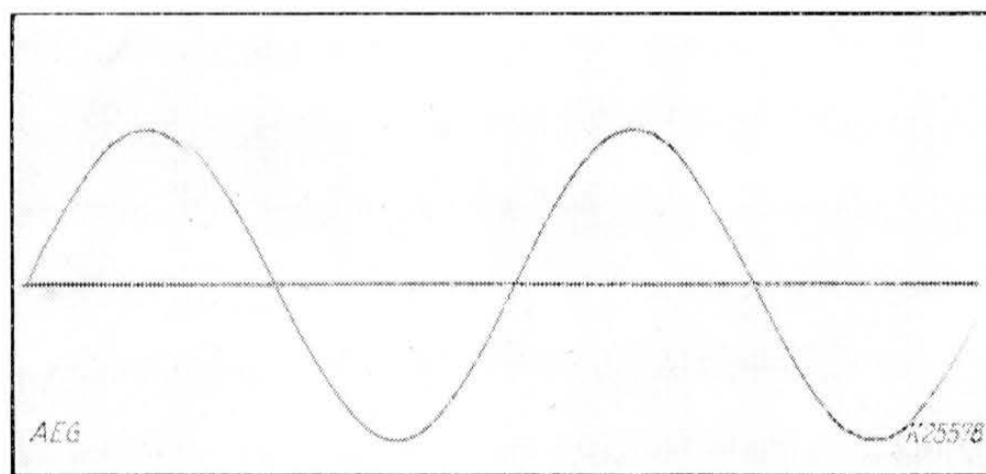


Bild 4. Leerlaufspannung eines Gleichstromgenerators
10,5 kV, 50 Per/s.

auf den Bahnversand wurde es zweiteilig ausgeführt (Bild 3).

Bemerkenswert ist die in offene Nuten als Zweischicht - Formspulen - Bruchlochwicklung mit Doppelkopf eingelegte Ständerwicklung, bei der die Schaltverbindungen nicht zwischen den Köpfen, sondern ganz vorn liegen. Durch Wahl einer günstigen Bruchlochwicklung wurden die Nutharmonischen trotz der offenen Nuten vollständig unterdrückt und eine rein sinusförmige Spannungskurve erzielt (Bild 4). Die Ständerspulen sind im

Nutenteil mit einem geerdeten leitenden Überzug versehen. Durch eine zusätzliche Verdrillung je Lochspule wurden die Zusatzverluste stark herabgedrückt. Die Isolation der je Windung parallelgeschalteten Teileiter erfolgt durch Asbest, während die sehr sorgfältige Isolation von Windung gegen Windung aus einem jede Windung im ganzen Wicklungszuge umgehenden Mikanitzüberzug und starken Mikanitzwischenlagen besteht.

Da für den Motor ein Differentialschutz vorgesehen ist, sind alle sechs Wicklungsenden herausgeführt. Das schwerste Stück jedes Umformers, der insgesamt über 200 t wiegt, ist der Läufer des Synchronmotors, der ein Gewicht von etwa 39,5 t hat. Die Welle des Läufers hat beiderseitig angeschmiedete Flansche zur unmittelbaren Kupplung mit den Gleichstrommaschinen.

Das Gehäuse der Gleichstrommaschinen ist ebenfalls zweiteilig und besteht aus einem Stahlgußjoch, das die 24 Haupt- und Hilfspole trägt (Bild 5). Außerdem ist eine Kompensationswicklung vorgesehen, wobei der Strom der Maschine durch vier parallele Zweige fließt. Die großen Leitungsquerschnitte dieser Wicklung sind durch die sehr hohen Stromstärken bedingt. Das gleiche gilt für die Anschlußklemmen (Bild 5) der Maschine.

Für die Anker der Gleichstrommaschinen mußten wegen der großen Stromstärken Doppelkollektoren vorgesehen werden, deren ein-

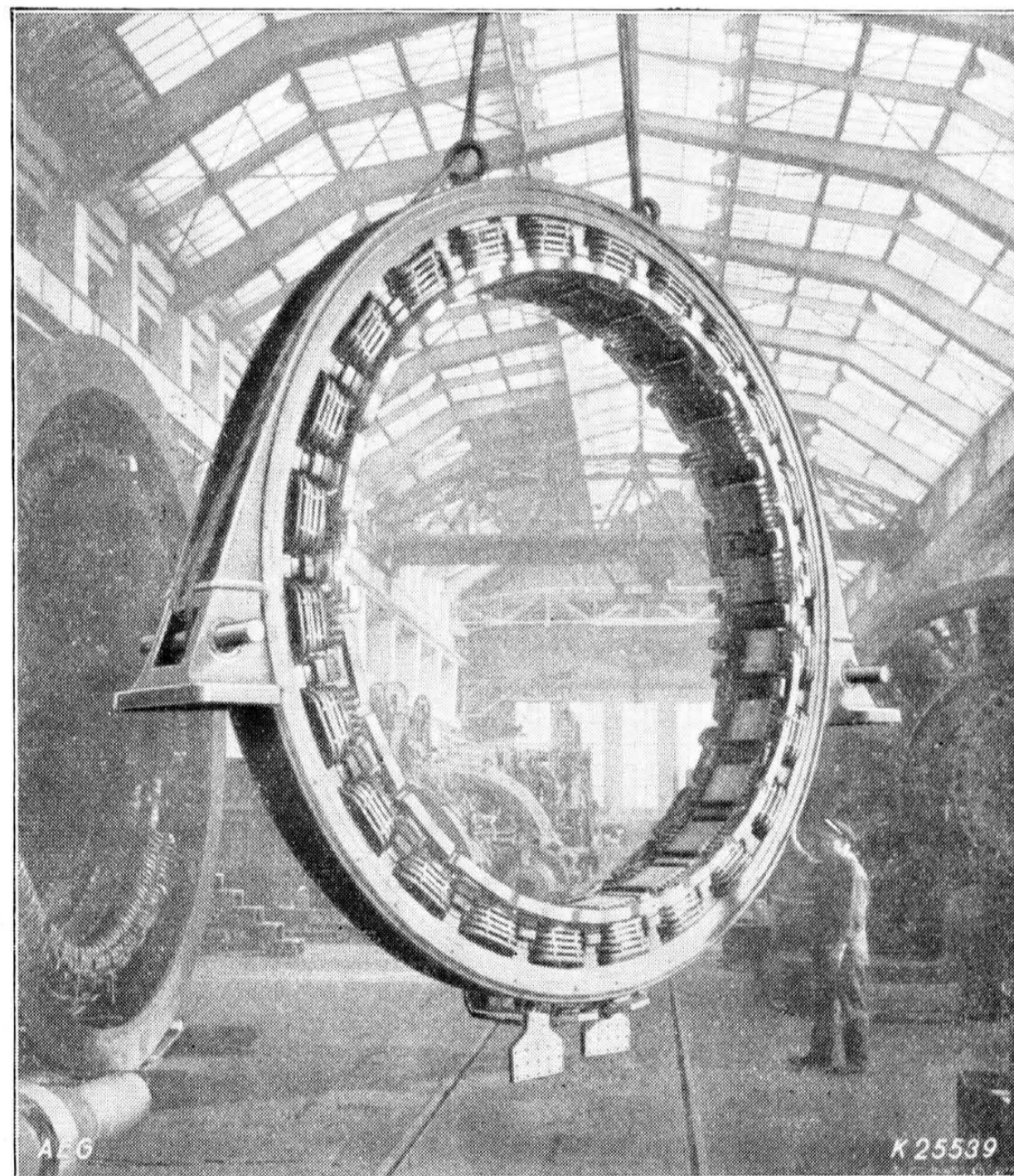


Bild 5. Ständer und Anschlußklemmen eines Gleichstromgenerators.

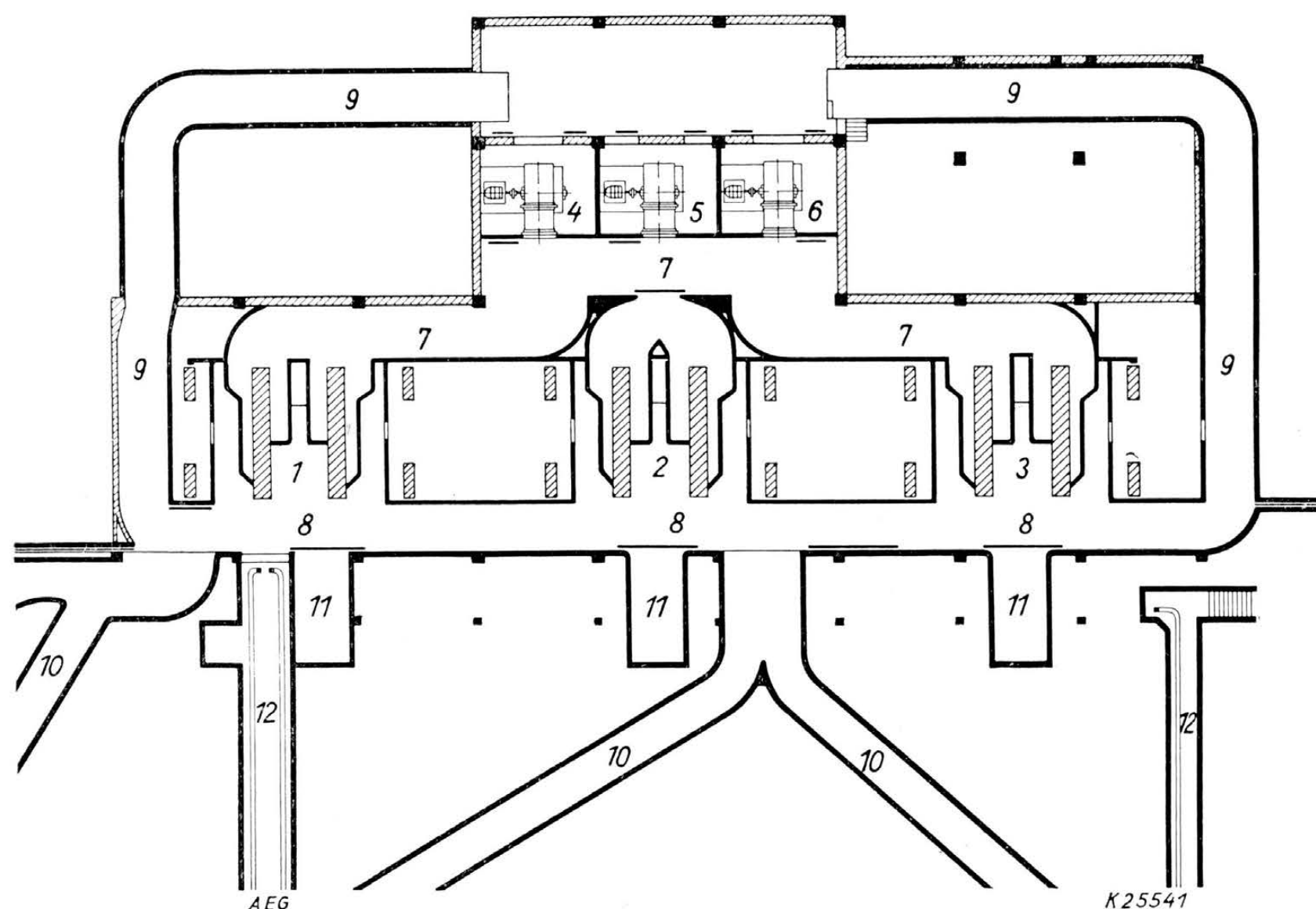
zelne Lamellen durch elastische Zwischenglieder verbunden sind. Der Kollektorkörper ist auf die Anker-nabe aufgezogen, so daß Anker und Kollektor ein Ganzes bilden.

Aufstellung und Lüftung.

Alle drei Maschinen werden mit gleicher Achsrichtung hintereinander aufgestellt (Bild 6), um jede von ihnen einer der abseits in einem besonderen Gebäude befindlichen Bäderreihe gegenüberstellen zu können. Bei der für später vorgesehenen Erweiterung der Anlage um weitere

führungskappen der Gleichstrommaschinen tragen auf dieser Seite außerdem den verstellbaren Bürstenstern. Sowohl die Luftzuführung als auch die Ableitung erfolgt durch das Maschinenfundament.

Für die Belüftung der drei Maschinensätze, von denen sich in der Regel nur zwei Umformer gleichzeitig im Betrieb befinden, sind drei Ventilatoraggregate vorgesehen, die in einem seitlichen Anbau aufstellung gefunden haben. Die für ein Aggregat erforderliche Kühlluftmenge beträgt trotz des sehr guten Gesamtwirkungsgrades bei



- | | |
|--|--|
| 1, 2, 3 = Motorgeneratoren-Fundamente, | 9 = Luftumleitungschanäle, |
| 4, 5, 6 = Ventilatoren, | 10 = Abluftkanäle für die Beheizung der Badhäuser, |
| 7 = Luftzuführungschanäle, | 11 = Abzugskamine für die Warmluft, |
| 8 = Luftableitungskanal, | 12 = Stromschienenkanäle zu den Badhäusern. |

Bild 6. Aufstellungs- und Belüftungsschema für die drei Motorgeneratoren.

drei Maschinensätze wird der Maschinenraum in der Achsrichtung der Maschinen verlängert. Auf der einen Seite des Maschinenhauses befinden sich die Schaltanlage und die Warte der Umformeranlage, auf der anderen die Gebäude mit den Bädern. Die Sammelschienen, die aus einer Minus-Schiene und zwei Plus-Schienen bestehen, sind auf der Bäderseite parallel zu den Maschinen durchgeführt. Hier liegen auch die Überstromschalter und die Umschalter für die einzelnen Generatoren. Auf der anderen Seite des Maschinenhauses befinden sich die Hochspannung-Speisekabel und darunter die Belüftungschanäle für die Hauptmaschinen.

Bei dem Synchronmotor erfolgt die Luftzuführung an beiden Seiten, die Luftableitung in der Mitte; bei den beiden Gleichstrommaschinen dagegen tritt die Kühlluft von der dem Synchronmotor zugekehrten Seite ein und an der gegenüberliegenden Kollektorseite wieder aus. Die Luft-

voller Belastung von über 90% rund 2600 m³/min, so daß Ventilatoren erheblicher Größe erforderlich sind. Der mittlere Ventilatorsatz und das mittlere Aggregat sind als Reserve vorgesehen. Dieser Maschinensatz kann auf jede Bäderreihe, der Ventilatorsatz auf jeden Motorgenerator geschaltet werden, so daß unbedingte Betriebsicherheit der ganzen Anlage gewährleistet ist. Außerdem erhalten die zu den Ventilatorenmotoren gehörigen Schalter Hilfskontakte, die eine Verriegelung mit den Hauptschaltern ermöglichen.

Zur Reinigung der Kühlluft wurden besondere Luftfilter vorgesehen, die in dem Raum über den Ventilatoren zur Aufstellung gelangen.

Da am Aufstellungsort der Maschinen große Temperaturschwankungen auftreten (rund 60°), war die Bedingung gestellt worden, die Abluft der Maschinen im Winter teilweise zur Heizung zu verwenden. Aus diesem Grunde — und um nicht zu kalte Kühlluft im

Winter gebrauchen zu müssen — wurden besondere Umleitungskanäle für die Abluft vorgesehen, die gestatten, die Kühlluft beliebig oft durch die Maschinen strömen zu lassen und sie so bis auf die gewünschte Temperatur zu erwärmen. Durch besondere Klappen an den Maschinen kann man einen Teil der Warmluft in den Maschinenraum austreten lassen. Außerdem ist die Möglichkeit vorgesehen, durch die Sammelschienenkanäle auch Warmluft zur Beheizung in die Badhäuser zu leiten.

Überwachung und Schutz.

Auf die Überwachung der Umformer während des Betriebes wurde mit Rücksicht auf den Tag- und Nachtbetrieb besonderer Wert gelegt. So er-

An Schutzeinrichtungen sind für jeden Umformer vorgesehen: Synchronmotor: Überstrom- und Nullspannungsschutz, Differentialschutz und Schnellentregung. Besondere Verriegelungen sorgen dafür, daß die Schalthandlungen nur in der richtigen Reihenfolge vorgenommen werden können. Gleichstrommaschinen: Überstrom- und Rückstromschutz. Auch hier gewährleistet ein System von Verriegelungen richtige Bedienung und unbedingte Betriebsicherheit.

Betrieb.

Der Elektrolysebetrieb verlangt, daß die auf die Bäder wirkende Leistung konstant gehalten wird. Um dieser Forderung gerecht zu werden,

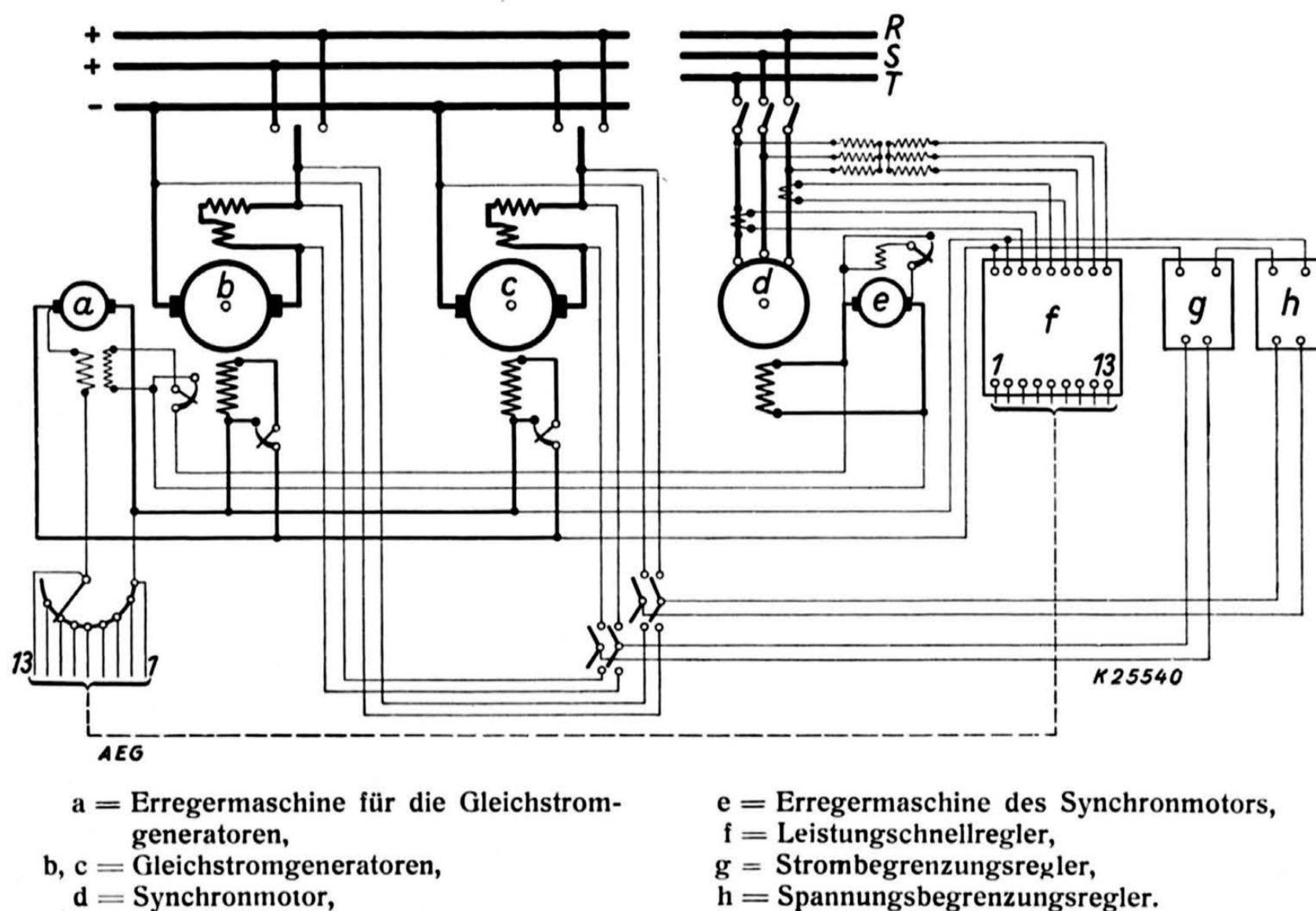


Bild 7. Prinzipschaltbild der Leistungsreglung.

hielt jedes Lager ein eingebautes Kontaktthermometer, der Ständer des Synchronmotors sechs eingebaute Fernthermometer, die sich teils in der Wicklung, teils im Eisen befinden und ebenfalls drei Kontaktthermometer. Auch in jeden Gleichstromanker wurden zwei Fernthermometer eingebaut, die allerdings nur nach Stillsetzen der Maschinen Messungen gestatten. Zur Überwachung der Kühlluft wurden in jedem Luftzuführungskanal und in jeder Luftableitung sowohl Fernthermometer als auch Kontaktthermometer angebracht. Jeder Umformer erhielt zu diesen Fühlorganen eine besondere Signalanlage mit Sicht- und Hör-Anzeige sowie mit Instrumenten zur Temperaturfernmessung. Beim Ansprechen eines Kontaktes ertönt eine Hupe, und eine rote Lampe zeigt an, an welchem Umformer die Störung aufgetreten ist. Zu jedem Kontaktthermometer gehört ein Signalrelais, das auch nach Abschaltung der Hupe so lange in Alarmstellung bleibt, bis die Störung behoben ist.

wurde eine besondere Schnellreglung entwickelt, die in Abhängigkeit von der vom Synchronmotor aufgenommenen Leistung arbeitet und die Leistung der Gleichstrommaschinen durch Beeinflussung der Erregung der Erregermaschine konstant hält. Um die Maschinen jedoch vor Überlastungen bei größeren Widerstandschwankungen im äußeren Stromkreis zu schützen, wurde diese Leistungsreglung mit einer selbsttätigen Strom- und Spannungsreglung (Bild 7) zusammengefaßt, die dafür sorgt, daß weder der Strom noch die Spannung einen bestimmten Wert übersteigen (13 000 A bzw. 500 V). Die konstant zu haltende Leistung kann dabei von Halb- bis Vollast eingestellt werden, so daß auch die Möglichkeit gegeben ist, Gleichstromgeneratoren zweier verschiedener Motorgeneratoren parallel fahren zu können. Sowohl die Leistungsreglung als auch die Strom- bzw. Spannungsbegrenzung arbeiten mit den bewährten Tirrill-Schnellreglern.

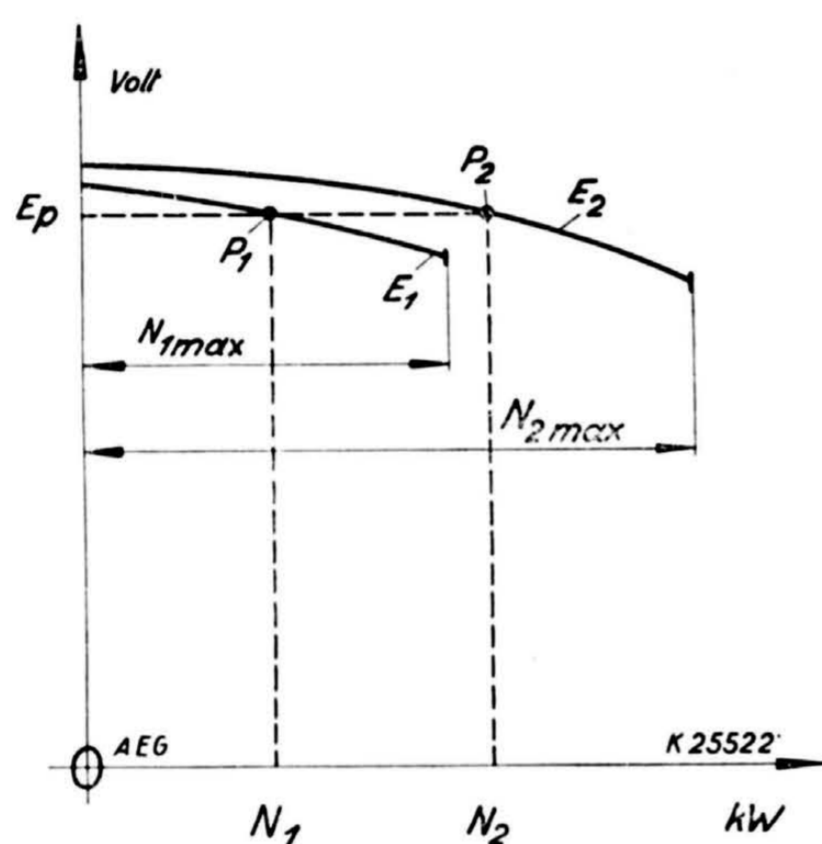
Reglung von Gleichstrom- und Asynchron-Dampfturbosätzen in Industriekraftwerken mit Abdampfverwertung.

Von Dipl.-Ing. W. Guilhauman, Turbinenfabrik, Abteilung Vertrieb.

DK 621.311.22
621.165
621-53

Es wird der Parallellauf von Gleichstrom-Turbosätzen, von denen jeder mit Hilfe eines Drehzahlreglers gesteuert ist, beschrieben und die Reglung eines Gleichstrom-Turbosatzes in Abhängigkeit vom Dampfdruck angegeben, und zwar bei Steuerung der Erregung oder der Drehzahl. Ferner werden die ähnlichen Verhältnisse bei der Druckreglung von Asynchron-Turbosätzen erläutert. Als Beispiel wird die Reglung bei einem Kondensations-Pumpensatz dargestellt.

Im Gegensatz zu parallellaufenden Synchron-Turbosätzen ist beim Parallelbetrieb von Gleichstrom-Turbosätzen nur gleiche Spannung, nicht aber gleiche Drehzahl erforderlich. In den Diagrammen des Bildes 1 sind über der Leistung jeder der beiden Gleichstrommaschinen 1 und 2 die Klemmenspannungen E_1 und E_2 aufgetragen. Bei Nebenschlußgeneratoren ohne Spannungsregler



E_1, E_2 = Klemmenspannung in Abhängigkeit von der Leistung bei unveränderlicher Stellung des Nebenschlußreglers und der Drehzahl-Verstellvorrichtung,

E_p = Gemeinsame Klemmenspannung beider Maschinen.

Bild 1. Leistungsverteilung von zwei parallel arbeitenden Gleichstrom-Turbosätzen.

sinkt die Klemmenspannung mit steigender Belastung, auch wenn die Drehzahl der Antriebsmaschine auf gleicher Höhe bleibt. Da diese Drehzahl entsprechend der Kennlinie des Drehzahlreglers der Turbine von Leerlauf auf Vollast um meist 4% absinkt, nimmt die Spannung nach der Linie E_1 bzw. E_2 noch mehr ab. Eine Parallele zur Abszisse gibt als Schnittpunkte P_1 und P_2 mit den Linien E_1 und E_2 die Lastverteilung an. Die Höhe der Parallelen und damit die Spannung E_p stellt sich so ein, daß die Summe der Einzelleistungen N_1 und N_2 gleich dem Leistungsbedarf wird.

Die Spannungslinien E_1 und E_2 werden sowohl durch Betätigen der Drehzahl-Verstellvorrichtung am Drehzahlregler der Kraftmaschine wie auch des Nebenschlußreglers des Generators parallel zu sich verschoben. Daher läßt sich nicht wie bei

Synchron-Turbosätzen die Lastverteilung allein durch den Drehzahlregler, sondern auch durch den Nebenschlußregler verändern.

Durch eine vom Hauptstrom durchflossene Wicklung auf den Magnetpolen des Generators kann er so weit compoundiert werden, daß die Klemmenspannung trotz des Drehzahlabfalles der Kraftmaschine mit wachsender Last zunimmt. Die Linien E_1 und E_2 würden dann mit zunehmender Leistung ansteigen; eine Parallele zur Abszisse gibt wieder die Leistungsverteilung an. Diese wäre aber ohne eine besondere Vorrichtung labil; denn wenn aus irgendeinem Grunde z. B. die Leistung einer Maschine von der richtigen nach oben abweicht, wird diese Abweichung durch die Wirkung der Compoundspule immer größer statt kleiner. Bekanntlich ordnet man daher einen Ausgleichleiter so an, daß die Spannung der einen Maschine auch von der Leistung der anderen abhängt.

Wenn einer der beiden Gleichstromgeneratoren mit einem Spannungsregler ausgerüstet wird, ändert sich Bild 1 nur insofern, als die eine Spannungslinie waagrecht verläuft. Es ist bemerkenswert, daß man dann, ohne die Spannung zu verändern, die Leistungsverteilung bei gegebenem Leistungsbedarf nur mit der Maschine verändern kann, die keinen Spannungsregler hat.

Dampfkraftmaschinen werden oft, insbesondere in Industriezentralen, mit einem Gegendruckregler nach dem Heizdampfbedarf oder mit einem Kesseldruckregler nach der anfallenden Frischdampfmenge gesteuert. Während diese Reglung von Dampfturbosätzen bei Kupplung mit Synchrongeneratoren allgemein verbreitet ist, findet man druckgeregelter Gleichstrom-Turbosätze verhältnismäßig selten. Oft arbeitet dann der druckgeregelter Turbosatz über einen Umformer mit einem Elektrizitätswerk parallel.

Bei Synchron-Turbosätzen wirkt der Druckregler — ebenso wie sonst der Drehzahlregler — über das Ölkraftgetriebe auf die Dampfeinlaßventile der Turbine. Der Drehzahlregler befindet sich dabei in einer Grenzlage, so daß seine Muffe als feststehender Drehpunkt angesehen werden kann. Da bei Gleichstrom-Turbosätzen die Lastverteilung, wie schon erwähnt, nicht nur durch die Drehzahl-Verstellvorrichtung, sondern auch durch die Verstellung der Erregung geändert werden kann, läßt man den Druckregler wie bei Synchron-

maschinen unmittelbar auf die Dampfeinlaßventile oder aber auch auf die Erregung einwirken. Beide Reglungen sind von der AEG ausgeführt worden.

Bei der letzten Ausführung verstellt der Druckregler über ein Ölkräftgetriebe den Nebenschlußregler des Gleichstromgenerators. Statt des Kraft-

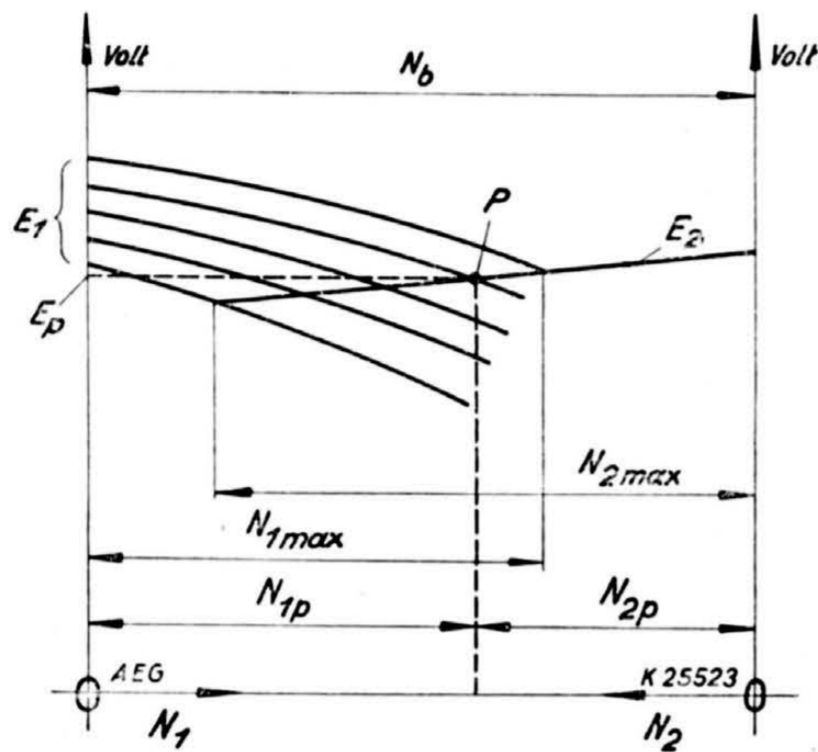


Bild 2. Parallelbetrieb eines druckgeregelten Gleichstrom-Gegendruck-Turbosatzes mit einem Umformer bei Steuerung des Erregerstromes durch den Druckregler.

getriebes kann man auch eine Elektronenröhre verwenden, die in den Erregerstromkreis eingeschaltet und deren Gitterspannung vom Dampfdruck gesteuert wird. Schließlich läßt sich bei Generatoren, die mit Tirrillregler und Erregermaschine ausgerüstet sind, der Kontakthebel, dessen Stellung sonst von der Spannungspule beeinflusst wird, in Abhängigkeit vom Dampfdruck bringen.

Bei Parallelbetrieb eines Umformers mit einem Gegendruck-Turbosatz (Bild 2) nutzt dieser die in einem Industrierwerk jeweils benötigte Heizdampfmenge zur Leistungserzeugung aus, und seine Erregung wird vom Heizdampfdruck gesteuert. Da die Leistung des Gegendruck-Turbosatzes entsprechend der veränderlichen Heizdampfmenge schwankt, muß der Umformer für den Leistungsausgleich sorgen. An die Stelle des Umformers kann auch ein Gleichrichter treten oder eine Kondensationsmaschine, die vom Drehzahlregler in üblicher Weise nach dem Leistungsbedarf gesteuert wird. Der Abstand der beiden Ordinaten in Bild 2 stellt den augenblicklichen Leistungsbedarf N_b des Werkes dar. Linie E_2 zeigt, wie sich die Spannung des Umformers 2 in Abhängigkeit von seiner Leistung N_2 ändert, die auf der Abszisse von der rechten Ordinate nach links gemessen wird. Den Spannungsverlauf des Gegendruck-Turbosatzes 1, der mit einem normalen Drehzahlregler ausgerüstet ist, gibt Linie E_1 wieder, und zwar ebenso wie die Spannungslinien in Bild 1 bei unveränderlicher Stellung des Erregerwiderstandes, aber

unter Berücksichtigung des Drehzahlabfalles bei steigender Last. Die Höhe der Linie E_1 richtet sich nach der Größe des Erregerwiderstandes, der vom Dampfdruckregler verstellt wird. Wächst z. B. der Heizdampfbedarf, so sinkt der Heizdampfdruck, und der Druckregler stellt eine größere Erregung ein, der wiederum eine höherliegende Linie E_1 entspricht. Der Schnittpunkt P der Linie E_1 mit der Linie E_2 verschiebt sich dadurch nach rechts, so daß die Leistung des Gegendruck-Turbosatzes N_{1p} steigt und die des Umformers N_{2p} sinkt. Die Drehzahl des Gegendruck-Turbosatzes sinkt dabei, und zwar bei einer Belastungszunahme von Leerlauf auf Vollast um etwa 4%. Sind die Spannungslinien beider Maschinen bekannt, so läßt sich leicht ermitteln, um wieviel der Erregerstrom zwischen Leerlauf und Vollast durch den Dampfdruckregler verändert werden muß.

Das Diagramm des Bildes 3 zeigt den Parallelbetrieb des Gegendruck-Turbosatzes mit dem Umformer, wenn der Dampfdruckregler nicht die Erregung, sondern unmittelbar die Dampfventile der Gegendruckturbine steuert. Die Spannungslinien E_1 haben einen etwas flacheren Verlauf als im Diagramm nach Bild 2, weil jede einzelne nicht nur für unveränderliche Stellung des Erregerwiderstandes, sondern auch für gleichbleibende Drehzahl gilt. Die Höhe der Spannungslinie richtet sich nach der Drehzahl. Wenn der Heizdampfbedarf steigt und dadurch der Heizdampfdruck sinkt, öffnet

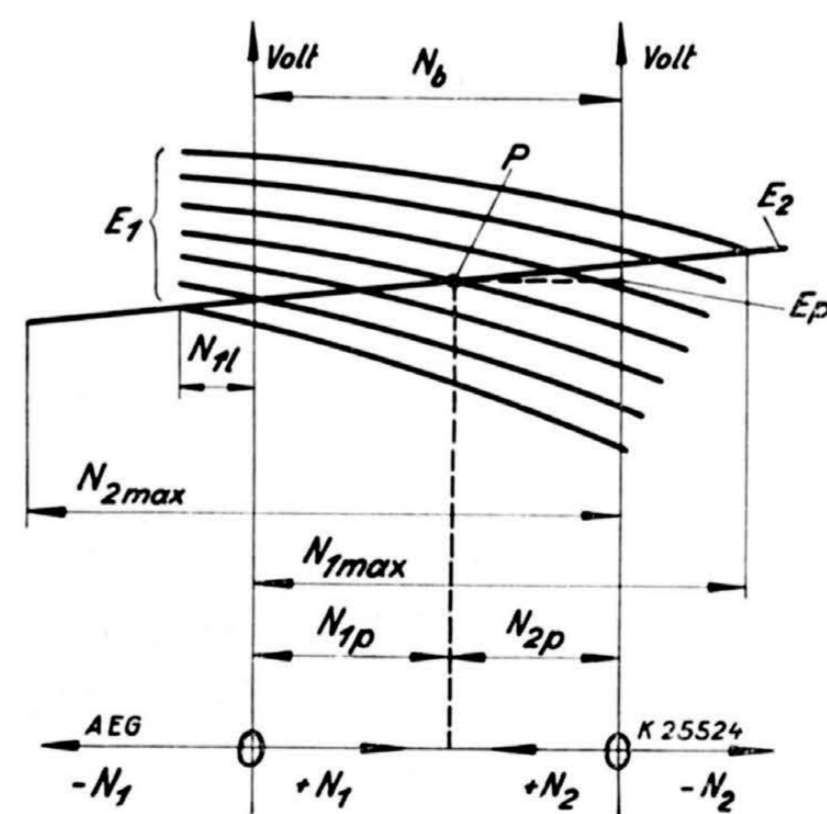


Bild 3. Parallelbetrieb eines druckgeregelten Gegendruck-Turbosatzes mit einem Umformer bei unmittelbarer Steuerung der Dampfventile durch den Druckregler.

der Druckregler den Dampfeinlaß weiter, so daß die Drehzahl steigt und die Linie E_1 sich nach oben verschiebt. Um wieviel die Drehzahl des Turbosatzes von Leerlauf auf Vollast steigt, kann man wiederum ermitteln, wenn die Spannungslinien E_1 und E_2 bekannt sind.

Im Gegensatz zu Bild 2 ist Bild 3 für einen Leistungsbedarf des Werkes N_b gezeichnet, der geringer ist als die einzelnen Höchstleistungen $N_{1\max}$ und $N_{2\max}$ beider Maschinen. Wenn der Heizdampfbedarf auf Null zurückgeht, läuft der Generator des Gegendruck-Turbosatzes als Motor, und die Maschine bezieht ihre Leerlaufleistung N_{1l} vom Umformer. Ist dagegen der Heizdampfbedarf sehr groß, so nimmt der Umformer Gleichstrom auf und gibt diese Leistung an das Drehstromnetz ab.

Aus den beiden Diagrammen (Bilder 2 und 3) erkennt man, daß die Spannung E_p der parallelarbeitenden Maschinen sich allein nach der Spannungslinie E_2 des Umformers richtet. Wenn der Umformer, der Gleichrichter oder die Kondensationsmaschine z. B. mit einem Tirrillregler ausgerüstet ist, verläuft die Spannungslinie E_2 waagrecht, und dementsprechend ist die gemeinsame Spannung bei allen Belastungen gleich. Bei Gleichstrommaschinen ist die Spannung nicht mit der Maschine zu regeln, deren Leistung man durch eine vom Leistungsbedarf unabhängige Größe, z. B. dem Heizdampfbedarf, steuern will. Hier zeigt sich der schon am Anfang erwähnte Unterschied gegenüber parallellaufenden Synchronmaschinen, bei denen auch der druckgeregelte Turbosatz mit einem Spannungsregler ausgerüstet werden kann, da Wirk- und Blindlastverteilung unabhängig voneinander sind.

Bei der Regelung entsprechend dem Diagramm des Bildes 3 darf der Generator der druckgeregelten Turbine nicht so weit compoundiert sein, daß die Linie E_1 parallel zu E_2 oder noch stärker nach oben geneigt verläuft. Dagegen kann bei der Ausführung nach dem Diagramm des Bildes 1, also Verstellung der Erregung durch den Druckregler, die Spannungslinie nach oben geneigt sein; dabei muß dann aber ein Ausgleichleiter vorgesehen werden und die Erregung mit steigender Belastung sinken.

Aus der Lage der Spannungslinien E_1 und E_2 der Bilder 2 und 3 kann man nur entnehmen, wann die Regelung stabil ist, nicht aber, ob nach einer Änderung des Gleichgewichtes die neue Leistungsverteilung ohne störendes Pendeln erreicht wird. Die vorliegenden Erfahrungen zeigen, daß beide Regelungen zufriedenstellen. Für den zweiten Fall, also unmittelbare Steuerung der Dampfeinlaßventile durch den Druckregler, ist auch theoretisch die Arbeitsweise leicht zu überblicken. Die Dampfmenge, die durch die Turbine strömt, ist nur von der Öffnung der Dampfventile abhängig, jedoch fast gar nicht von der Drehzahl der Turbine. Daher gelten für die Druckregelung die gleichen Gesetze wie für die mit einem Synchrongenerator

gekuppelte Turbine oder ein ölgesteuertes Ventil. Berechnungen und Praxis zeigen, daß durch Anbringen einer Rückführung an das Ölkraftgetriebe, wie es die AEG baut, für alle Betriebsverhältnisse eine einwandfreie Regelung gewährt ist. So wird z. B. bei wachsendem Heizdampfbedarf der höhere Dampfdruck meist aperiodisch oder allenfalls nach einer stark gedämpften Schwingung erreicht. Bei einem derartigen Ansteigen des Dampfdruckes und damit des Drehmomentes erlangt der Gleichstromgenerator ohne Überregeln seine neue Drehzahl und Leistung, da der Gleichstromgenerator keine Eigenschwingungen ausführen kann; denn bei unveränderlichem Drehmoment an der Welle wäre die Änderungsgeschwindigkeit seiner Drehzahl dieser verhältnismäßig, so daß sich die Drehzahl des Gleichstromgenerators nach einer Exponentialkurve ändern würde.

Die Regelung der Erregung in Abhängigkeit vom Druck ist bei schnellen Dampfverbrauchschwankungen weniger geeignet, weil z. B. erst nach Anwachsen des Erregerfeldes (magnetische Trägheit) die Drehzahl sinkt (mechanische Trägheit der drehenden Teile) und der Drehzahlregler die Dampfzufuhr vergrößert. In den meisten Fällen wird man besser den Druckregler unmittelbar auf den Dampfeinlaß der Gegendruckturbine einwirken lassen, weil man dann die gleichen Steuereinrichtungen wie bei Synchron-Turbosätzen verwenden kann. Nachteilig ist bei dieser Ausführung nur, daß wegen des Drehzahlabfalls der Turbinenwirkungsgrad bei Teillasten gegebenenfalls stärker absinkt, so daß mit dem Dampf weniger Leistung gewonnen werden kann. Dieser Drehzahlabfall kann aber verringert werden, wenn man die Gleichstrommaschine so ausführt, daß die Kennlinie E_1 nach Bild 3 flach verläuft und außerdem schon geringe Drehzahländerungen große Spannungsänderungen ergeben. Eine Erregermaschine, die aus anderen Gründen erforderlich werden kann, wirkt in dieser Hinsicht günstig, da sich bei Drehzahländerungen auch ihre Spannung und damit die Erregung der Hauptmaschine besonders stark ändert. Bei einer derartigen Anlage wurde ein Drehzahlabfall von nur 5% gemessen.

Bild 4 zeigt das vereinfachte Schaltschema eines Werkes, dessen Leistungsbedarf bisher ausschließlich über einen Einanker- und einen Kaskaden-Umformer aus einem Drehstromnetz bezogen wurde. Zur Ausnutzung der benötigten Heizdampfmenge wurde ein druckgeregelter Gleichstrom-Gegendruck-Turbosatz aufgestellt, der während des Tages mit einem der beiden Umformer parallel arbeitet; gleichzeitig sollte dafür gesorgt werden, daß die Spannung, die bisher je

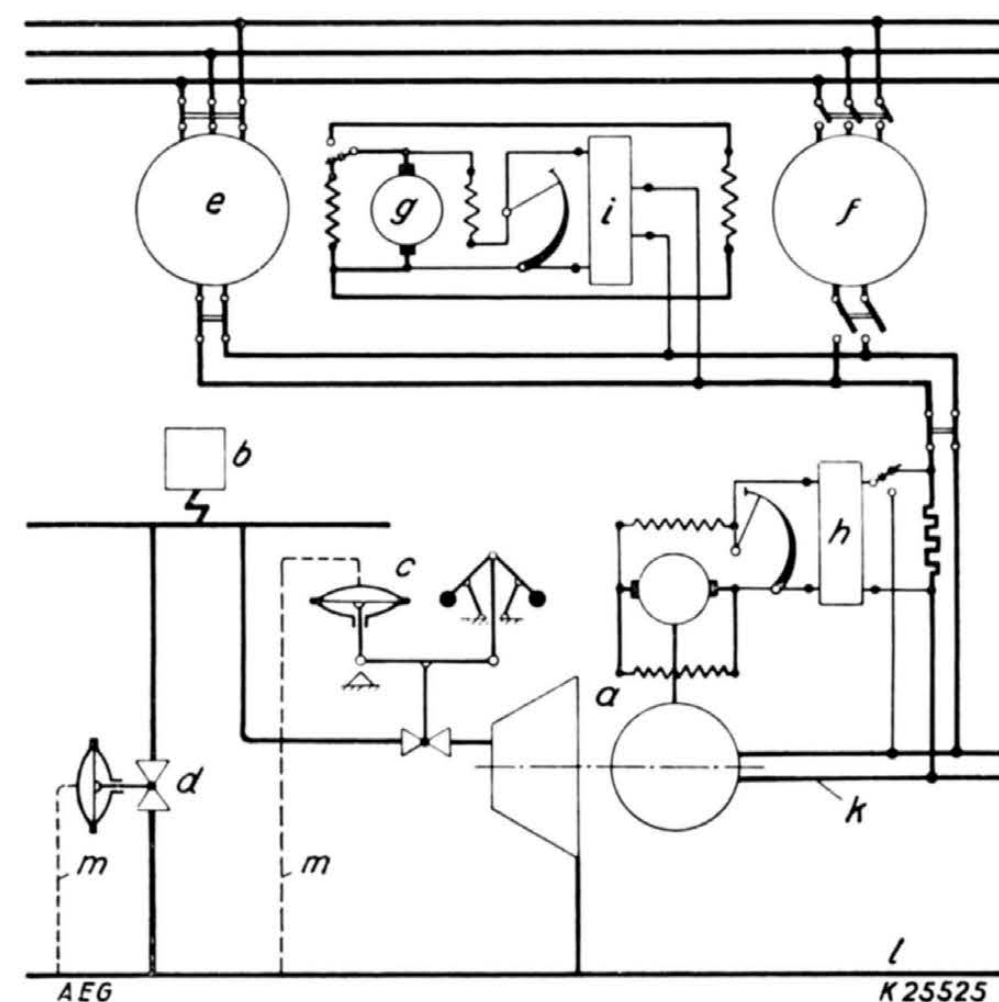
nach der Belastung schwankte, auf gleicher Höhe gehalten wird. Es wurde daher eine durch Motor angetriebene Erregermaschine mit einem Tirrillregler aufgestellt, die wechselweise auf jeden der beiden Umformer geschaltet werden kann. Da der Gegendruck-Turbosatz nachts allein bei abgeschaltetem Druckregler, vom Drehzahlregler gesteuert, arbeitet, wurde er ebenfalls mit einem Tirrillregler ausgerüstet. Bei großem Heizdampfbedarf, aber kleinem Leistungsbedarf sollte kein Strom an das Drehstromnetz abgegeben werden. Dies hätte man ähnlich wie bei Synchron-Turbosätzen durch Anbringen einer Vorrichtung erreichen können, mit der die Dampfsteuerung unmittelbar in Abhängigkeit vom Strom*) zusätzlich beeinflußt wird. Da hier ein Tirrillregler ohnehin vorhanden war, wurde dieser so eingerichtet, daß er bei Rückstrom im Shunt die Erregung des Generators entsprechend verringert; dann steigt die Drehzahl so weit, daß der Drehzahlregler entgegen dem Druckregler die Dampfventile im erforderlichen Maße schließt. Der benötigte Heizdampf wird in diesem Fall über ein selbsttätig gesteuertes Ventil aus dem Frischdampfnetz bezogen.

Da auf dem Werk der Heizdampfbedarf zeitweise bis Null abnimmt, mußte der Druckregler einen Anschlag erhalten, damit er die Steuerung nur bis zur Leerlauf-Dampfmenge schließen kann, um so Motorbetrieb des Turbosatzes zu vermeiden.

Noch seltener als mit Gleichstrommaschinen werden Dampfturbinen — insbesondere mit Druckregler — mit Asynchronmaschinen gekuppelt. Die Regelung eines *A s y n c h r o n - T u r b o s a t z e s* ist der eines Gleichstrom-Turbosatzes ähnlich. Wenn die Asynchronmaschine keine Drehstrom-Erregermaschine hat, kann der Druckregler nur unmittelbar auf den Dampfeinlaß der Turbine einwirken. Bei der Asynchronmaschine mit Drehstrom-Erregermaschine können beide Druckregelungen, also Änderung der Drehzahl oder Änderung der Erregung, wie bei Gleichstrommaschinen ausgeführt werden. Bei der Drehstrom-Erregermaschine kann nicht nur die Größe des Erregerstromes, sondern auch seine Phase verstellt werden, so daß eine Maschine mit einem Druckregler und gleichzeitig mit einem Spannungsregler ausgerüstet werden kann.

Bei großen Dampfturbosätzen wird der *K o n d e n s a t i o n s - P u m p e n s a t z* häufig mit einem Elektromotor und außerdem mit einer Hilfsturbine gekuppelt. Bei einer von der AEG ausgeführten Anlage werden die Dampfventile der Hilfsturbine

mit Hilfe eines Druckreglers nach dem Bedarf eines Heizdampfnetzes gesteuert; die gleichfalls mit dem Pumpensatz gekuppelte Asynchronmaschine arbeitet zum Leistungsausgleich elektrisch parallel mit dem Hauptgenerator. Bei kleinem Heizdampfbedarf bringt die Hilfsturbine die Leistung des Pumpensatzes nicht auf, so daß die Drehzahl absinkt und die Asynchronmaschine als Motor läuft. Bei großem Heizdampfbedarf steigt dagegen die Drehzahl des Pumpensatzes so weit an, daß die Asynchronmaschine als Generator den



- a = Gleichstrom-Gegendruck-Turbosatz,
- b = Kessel,
- c = Druckregler an der Turbine,
- d = Selbsttätiges Drosselventil,
- e, f = Einanker- und Kaskadenumformer,
- g = Erregermaschine (ohne Antriebsmotor),
- h = Tirrillregler für Strom- und Spannungsreglung,
- i = Tirrillregler für Spannungsreglung,
- k = Stromnetz des Werkes,
- l = Heizdampfnetz des Werkes,
- m = Impulsleitungen für die Dampfdruckreglung der Turbine und des Drosselventiles.

Bild 4. Vereinfachtes Schaltbild einer Anlage mit einem Einanker- und Kaskadenumformer und einem damit parallel arbeitenden druckgeregelten Gegendruck-Turbosatz.

Unterschied zwischen der Leistung der Hilfsturbine und dem Leistungsbedarf der Pumpen an den Hauptgenerator abgibt.

Allgemein kann man sagen, daß alle Regelungen, bei denen die Leistung einer unter mehreren parallelaufenden Maschinen nach einer vom Leistungsbedarf unabhängigen Größe, z. B. dem Heizdampfbedarf, gesteuert wird, ebenso wie für Synchronmaschinen auch für Gleichstrom- und Asynchronmaschinen auszuführen sind. Auch lassen sich selbsttätige Umschaltvorrichtungen vorsehen, um einen druckgeregelten Gleichstrom- oder Asynchron-Turbosatz auf Drehzahlreglung und gleichzeitige Spannungsreglung umzustellen.

*) AEG-Mitteilungen 1931, Heft 10, S. 572.

Frequenzreglung durch Isodrom-Vorrichtung.

Mitteilung der Abteilung Zentralstationen.

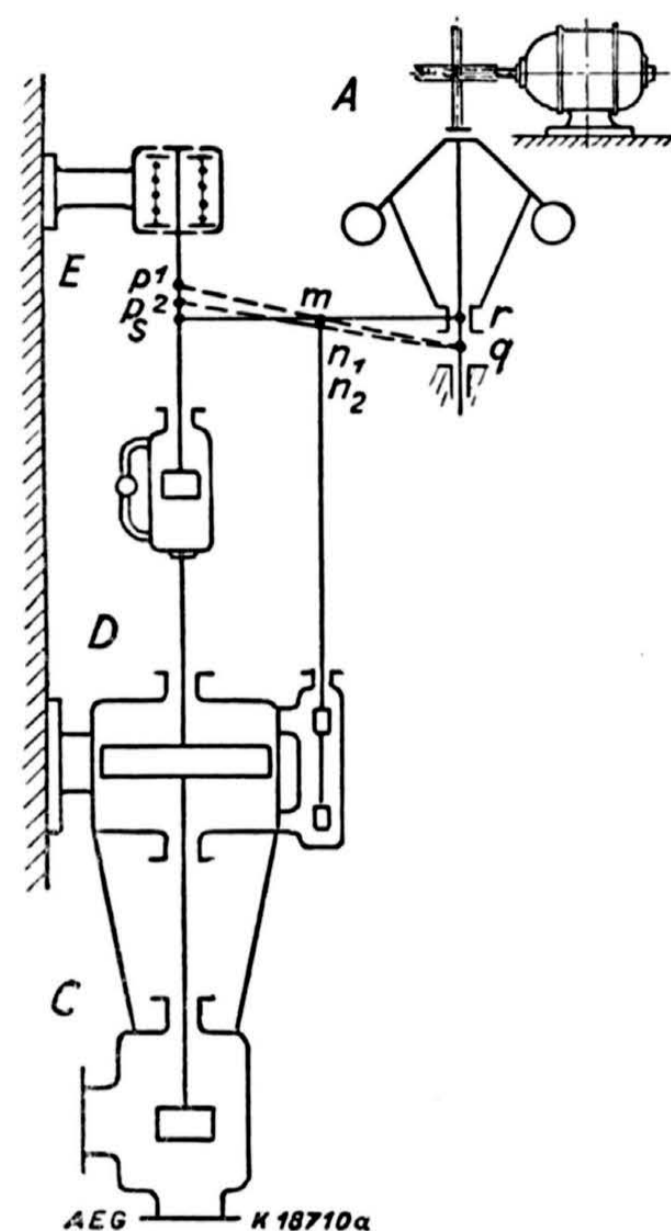
DK 621.3.072.6

Es wird die Wirkungsweise einer Isodrom-Vorrichtung beschrieben und anschließend über die Regelungsergebnisse mit einer praktisch ausgeführten Isodrom-Vorrichtung berichtet.

Der Drehzahlregler einer Turbine ist statisch, d. h. zu jeder Drehzahl gehört eindeutig eine bestimmte Stellung der Regulatormuffe und damit auch der Dampfregelventile. Daraus ergibt sich, daß jeder Belastung der Turbine eine andere Drehzahl

geleitet wird. Dieser ist über die Ölbremse mit s verbunden und bringt bei seiner Bewegung den Punkt s nach p_1 , so daß die darüber befindliche Rückführfeder zusammengedrückt wird. Der Regulatorhebel nimmt jetzt die Lage p_1-m-q ein. Damit ist der Steuerschieber wieder in seiner Mittellage angekommen. Diesen letzten Teil des Vorganges nennt man die Rückführung. Bei starrer Verbindung zwischen Kraftkolben und s (starre Rückführung) wäre hiermit der Steuervorgang beendet.

Die gespannte Feder drückt nun auf den Kolben der Ölbremse, so daß sich dieser langsam nach unten bewegt (nachgiebige Rückführung). Der Regulatorhebel gelangt damit in die Lage p_2-q , so daß der Steuerschieber erneut aus seiner Mittellage verstellt wird. Die Folge ist ein weiteres Öffnen der Regelventile; die Drehzahl beginnt zu steigen. Dieser Vorgang spielt sich langsam aber stetig so lange ab, bis der Regulatorhebel wieder in die Lage $s-r$ gelangt ist. In dieser Lage ist jetzt sowohl die Rückführfeder ganz entspannt als auch der Steuerschieber in seiner Mittellage, und die Drehzahl hat wieder die ursprüngliche Größe. Der Gesamtsteuervorgang ist beendet.



A = Drehzahlregler mit Verstellmotor,
C = Dampfsteuerung,
D = Servomotor,
E = Rückführfeder und Ölbremse.

Bild 1. Schema einer Isodrom-Reglung.

entspricht. Laufen mehrere derartige Maschinen im Netz parallel, so wird auch hier zu jeder Netzbelastung eine andere Drehzahl oder Frequenz gehören. Um aber unabhängig vom Belastungszustand die gleiche Frequenz zu erreichen, muß zur normalen Turbinenreglung eine Zusatzeinrichtung hinzukommen, welche die ursprüngliche Drehzahl bzw. Frequenz immer wieder herstellt.

Eine derartige Zusatzeinrichtung ist die Isodrom-Vorrichtung, die eine nachgiebige Rückführung in Form einer Ölbremse mit Rückführfeder darstellt. Ihr Einbau in eine normale Turbinensteuerung ist in Bild 1 gezeigt.

Der Steuervorgang geht, wie folgt, vor sich:

Tritt infolge einer Belastungszunahme eine Drehzahlabsenkung ein, so bewegt sich die Regulatormuffe von r nach q . Der Hebel $s-r$ dreht sich dabei um s , so daß der Steuerschieber verstellt und Drucköl unter den Kraftkolben von D

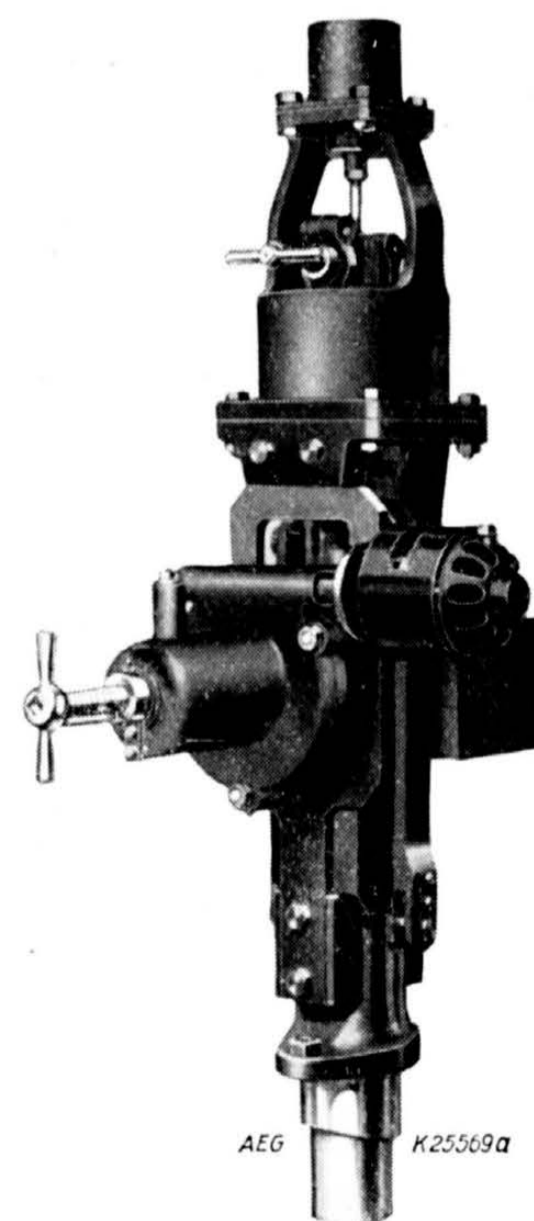


Bild 2. Isodrom-Vorrichtung.

Die praktische Ausführung einer derartigen Isodrom-Vorrichtung zeigt Bild 2. Der kleine Motor dient zur Ein- und Ausschaltung der Vorrichtung von der Schaltwarte aus.

Die ersten Versuche, mit einer derartigen Iso-

drom-Vorrichtung die Frequenz zu regeln, wurden im Kraftwerk Kiel durchgeführt und hatten ein gutes Ergebnis*). Im Sommer 1931 wurde an eine der 80 000 kW-Maschinen im Großkraftwerk Klingenberg der BEWAG eine ähnliche Einrichtung zunächst versuchsweise und danach für Dauerbetrieb angebaut. Bemerkenswert ist, daß dadurch die Frequenz (50 Per/s) in der Regel auf rd. $\pm 0,05$ Per/s

*) Langrehr, Versuche über Leistungs- und Frequenzreglung im Kraftwerk Kiel, VDE-Fachberichte 1931, S. 133.

Verteilung von Einphasenlasten.

Von Dipl.-Ing. H. Langrehr, Technische Beratungstelle.

DK 621.3.016.31
621.316.935

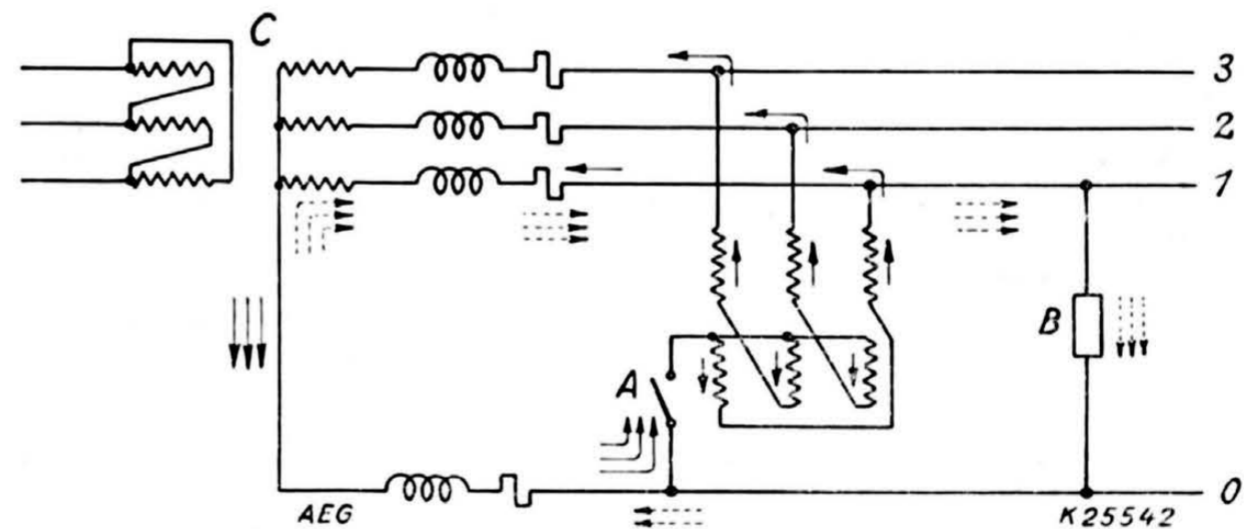
Im Zusammenhang mit der zunehmenden Verwendung elektrischer Haushaltgeräte haben die meisten Ortsnetze steigende Nulleiterbelastungen zu verzeichnen, so daß häufig die nachträgliche Verstärkung des Nulleiters unerlässlich erscheint. Die Ausführungen machen auf die günstige Möglichkeit aufmerksam, an Stelle der Verstärkung Zickzack-Drosselspulen einzubauen, die den Nulleiter entlasten. Wirkung und Erfolg dieser Maßnahmen werden an Hand von Diagrammen und eines Rechnungsbeispiels dargelegt.

Die steigende Verwendung von elektrischen Haushaltgeräten, wie elektrischen Herden, Warmwasserspeichern, Küchenmotoren, Eisschränken usw. hat im Laufe der Zeit in den Netzen zu hohen Nulleiterströmen geführt. Solange der Niederspannung-Stromverbrauch hauptsächlich aus Lichtstrom bestand, erzielte man wegen der Gleichzeitigkeit des Verbrauches einen guten, mindestens aber genügenden Ausgleich der Belastungen verschiedener Phasen. Nulleiter geringen Querschnittes waren daher im allgemeinen ausreichend. Die Benutzung von Koch- und Heizgeräten hängt dagegen weit weniger als die Beleuchtung von der Tageszeit ab; sie ist je nach der Eigenart der Haushalte erheblichen Zeitunterschieden unterworfen. Es kommt hinzu, daß bei diesen Geräten unter ungünstigen Umständen bedeutende Einphasenlasten auftreten können.

Hohe Nulleiterströme verursachen hohen Spannungsabfall und Stromwärmeverluste, die in schlecht ausgenutzten Anlagen einen beträchtlichen Teil der nutzbar abgegebenen Leistung ausmachen können, selbst wenn der Spannungsabfall innerhalb zulässiger Grenzen bleibt; man sieht sich dann vor die Notwendigkeit gestellt, den Nulleiter nachträglich zu verstärken. Dieser Zwangslage kann man durch Einbau von Zickzack-Drosselspulen entgegengehen. Derartige Drosselspulen sind seit langer Zeit bekannt, jedoch wird ihre vorteilhafte Wirkung bisher wenig ausgenutzt; ihre wesentlichen Eigenschaften seien deshalb hier erläutert:

Eine an ein Drehstromnetz angeschlossene Zickzack-Drosselspule nimmt ähnlich wie ein leer-

laufender Transformator oder eine in Stern geschaltete Drosselspule einen Leerlauf- oder Magnetisierungsstrom auf. Während eine sterngeschaltete Drosselspule dem Durchtritt von Nullpunkt- oder Nulleiterströmen wegen ihrer Drossel-eigenschaft beträchtlichen Widerstand entgegengesetzt bzw. sie bedeutend schwächt, ist der Widerstand der Zickzack-Drosselspule gegen Nulleiterströme sehr klein, weil infolge der besonderen Schaltung für symmetrisch aufgeteilte Nullpunktströme die Amperewindungen Schenkel für Schenkel im Gleichgewicht sind.



A = Schalter, B = Einphasenverbraucher, C = Transformator.

Bild 1. Einphasenlast mit und ohne Ausgleich durch Zickzack-Drosselspule.

Den Einbau einer Zickzack-Drosselspule in ein Netz zeigt Bild 1. Solange der Schalter A geöffnet ist, muß der vom Einphasenverbraucher B abgenommene Strom über den Nulleiter zum Nullpunkt des Transformators C zurückfließen (gestrichelte Pfeile). An den Klemmen des geöffneten Schalters A herrscht alsdann ein Spannungsunterschied, dessen Größe sich aus folgender Überlegung ergibt: Beim Fehlen der Einphasenlast sind die der Zickzack-Drosselspule zugeführten drei Phasenspannungen symmetrisch, mithin hat sowohl der Transformator- als auch der Drosselspulen-Nullpunkt das Potential Null; also ist auch der Potentialunterschied an den Schalterklemmen gleich Null; Schließen und Öffnen des Schalters A hat keine Änderung der Stromver-

teilung im Netz zur Folge. Es fließen lediglich die drei Magnetisierungströme der Drosselspule, die sich wegen der Symmetrie gegeneinander aufheben und den Nulleiter nicht benutzen.

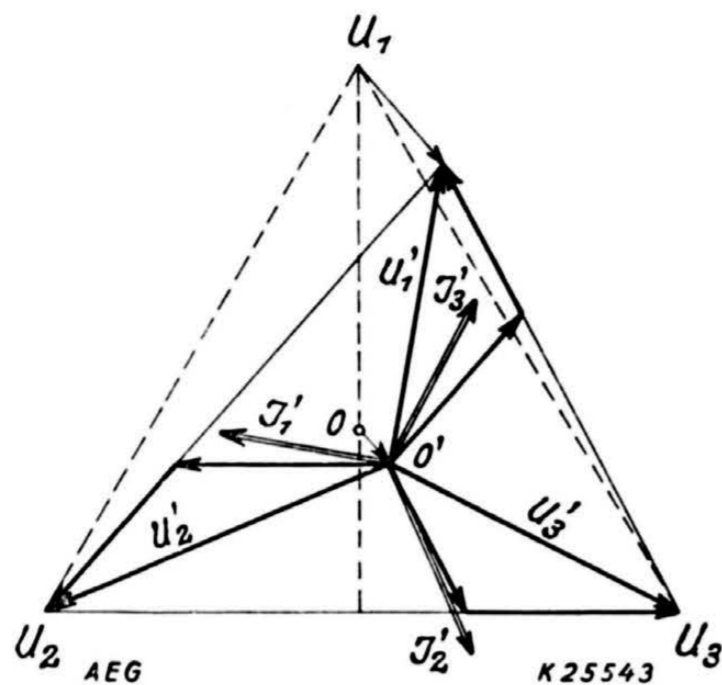
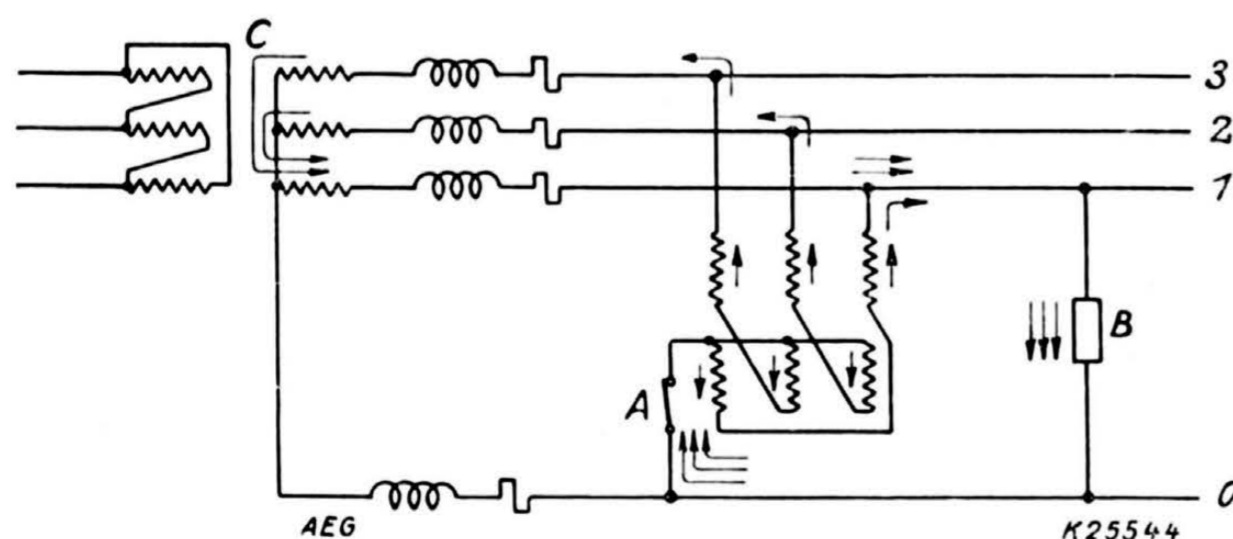


Bild 2. Diagramm der Spannungen und Leerlaufströme einer Zickzack-Drosselspule bei unsymmetrischen Außenleiterspannungen.

Beim Einschalten der Einphasenlast ruft der im Nulleiter und einem Phasenleiter fließende Strom an deren Impedanzen einen Spannungsabfall hervor, der zum Teil als Spannungsunterschied am geöffneten Schalter A zu messen ist. Die Schalterspannung ist nach Größe und Richtung gleich der Summe des Spannungsabfalls im Nulleiter und eines Drittels der Unsymmetrie der verketteten Spannungen; wenn z. B. die einphasige Belastung das symmetrische Spannungsdreieck U_1, U_2, U_3 in das unsymmetrische Spannungsdreieck U'_1, U'_2, U'_3 verwirft (Bild 2), so ist für gleichen Spannungsabfall im Außen- und Nulleiter der am Schalter A erscheinende Spannungsunterschied U_A gleich $\frac{4}{3} \times U_0'$. Die drei Magnetisierungströme J'_1, J'_2, J'_3 stehen senkrecht auf den zugeordneten Phasenspannungen und ergeben zusammen zwangsläufig Null, weil die Verbindung zum Nulleiter geöffnet ist. Die in den ein-



A = Schalter, B = Einphasenverbraucher, C = Transformator.
Bild 3. Resultierender Verlauf des Einphasenstromes bei eingeschalteter Zickzack-Drosselspule.

zelnen Wicklungsabteilungen entstehenden Teilspannungen sind wegen der Eigenart der Schaltung durch die resultierenden AW von je zwei Magnetisierungströmen erregt; sie stehen also auf den Resultierenden zweier Ströme senkrecht.

Durch Schließen des Schalters A wird die vorher vorhandene Nullpunktspannung kurzgeschlossen; dadurch kommt ein Zusatzstrom zustande (ausgezogene Pfeile in Bild 1), der theoretisch genau so groß ist wie der Strom der Einphasenlast. Da beide einander entgegengesetzt gerichtet sind, heben sie sich im Nulleiter auf; im

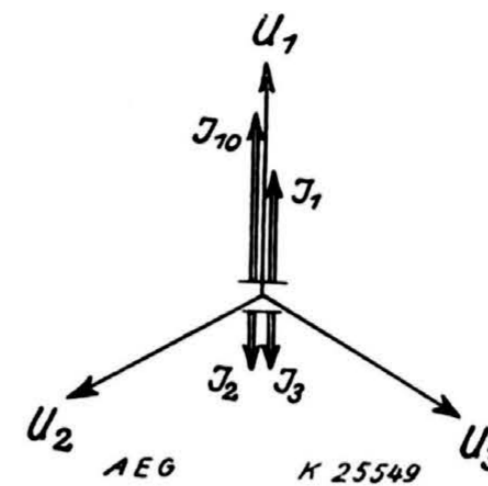


Bild 4. Stromdiagramm für Einphasenlast bei eingeschalteter Zickzack-Drosselspule.

übrigen verteilt sich der Zusatzstrom gleichmäßig auf die drei Phasenleiter, so daß endgültig die Stromverteilung nach Bild 3 zustande kommt. Hierbei sind die Verluste in der Drosselspule wegen ihres geringen Umfanges vernachlässigbar. Bei dem Vektordiagramm der Ströme und Spannungen (Bild 4) vereinigen sich die durch das Nullpunktgerät in die Leiter 2 und 3 übergeführten Ströme am Transformatoren-Nullpunkt zu dem doppelt so großen, im Leiter 1 zurückfließenden Strom J_1 , der am Nullpunktgerät eine weitere Erhöhung um 50% erfährt, so daß insgesamt J_{10} dem Verbraucher zugeführt wird.

Aus den obigen Betrachtungen geht hervor, daß das beschriebene Nullpunktgerät nicht nur dann am Platze ist, wenn die Einphasenlast eines Verbrauchers den etwa vorhandenen Nulleiter vollkommen überlasten würde, vielmehr ermöglicht

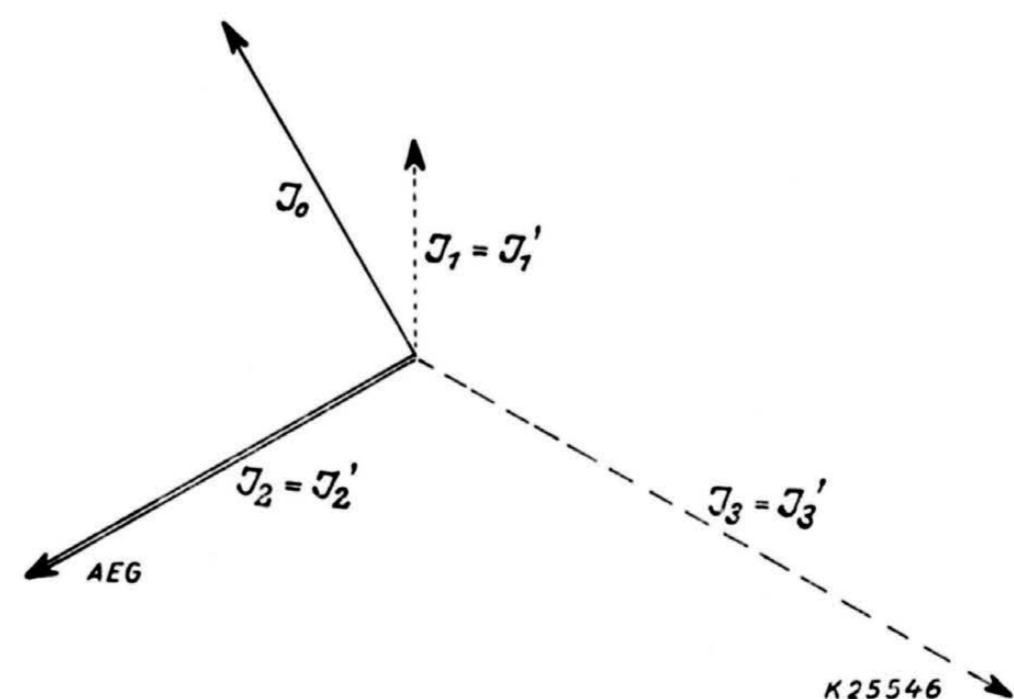


Bild 5. Stromdiagramm bei unsymmetrischer Belastung und ausgeschalteter Zickzack-Drosselspule.

dieses Gerät den Anschluß von Einphasenverbrauchern auch dann, wenn überhaupt kein Nulleiter vorhanden ist.

Es seien z. B. drei Einphasenabnehmer vorhanden, deren Ströme sich wie 1:2:3 ver-

halten; der Leistungsfaktor betrage zur Vereinfachung überall 1. Wenn kein Nullpunktgerät vorhanden ist, gilt das Diagramm des Bildes 5; hierzu gehört das Stromlaufschema nach Bild 6. Die drei

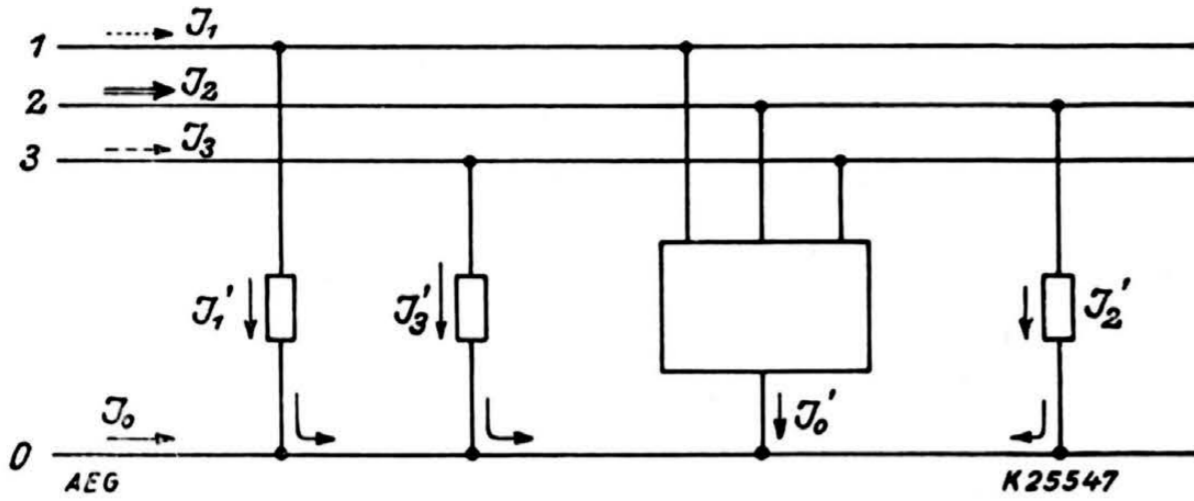


Bild 6. Stromlaufschema für unsymmetrische Belastung.

Einphasenströme J_1, J_2, J_3 ergeben zusammen den Nulleiterstrom J_0 . Die Ströme in den Phasenleitern J_1, J_2, J_3 sind mit den Einphasenströmen identisch.

Durch Einschalten eines Nullpunktgerätes verschwindet der Nulleiterstrom J_0 . Statt dessen tritt in der Zickzack-Drosselspule ein entsprechender Strom auf; die Einphasenströme J_1', J_2' und J_3' setzen sich mit je einem Drittel des Nullpunktstromes J_0 zu den Phasenleiterströmen J_1, J_2, J_3 zusammen (Bild 7).

Nunmehr ist nur das kurze Stück des Nulleiters in der Umgebung der Drosselspule mit Strömen belastet; die Zuleitung vom Generatornullpunkt ist vollkommen stromlos. Dadurch wird nicht nur jeder Spannungsabfall im Nulleiter vermieden, es tritt auch eine beträchtliche Ersparnis an Wirkverlusten auf. Ihre Größe ist am Beispiel einer einzigen Einphasenlast am einfachsten zu übersehen. Wenn der Schalter A ausgeschaltet ist und der Nulleiter-Querschnitt die Hälfte des Phasenleiter-Querschnittes beträgt, so ergibt sich für:

Stromhinleitung: $J_1^2 \cdot R = J_1^2 \cdot R$ in W,
 Stromrückleitung: $J_1^2 \cdot (2R) = 2 \cdot J_1^2 \cdot R$ „ „ „
 Transformatorverluste: $J_1^2 \cdot R_T = J_1^2 \cdot R_T$ „ „ „

Nach Einschalten des Nullpunktgerätes entstehen für:

Stromhinleitung:

$$\left(\frac{2}{3} J_1\right)^2 \cdot R = \frac{4}{9} \cdot J_1^2 \cdot R$$
 in W,
 Stromrückleitung:

$$2 \left(\frac{1}{3} J_1\right)^2 \cdot R = \frac{2}{9} \cdot J_1^2 \cdot R$$
 „ „ „

Transformatorverluste:

$$\left[\left(\frac{2}{3} J_1\right)^2 + 2 \left(\frac{1}{3} J_1\right)^2\right] \cdot R_T = \frac{6}{9} \cdot J_1^2 \cdot R_T$$
 „ „ „

Drosselspulenverluste:

$$3 \left(\frac{1}{3} J_1\right)^2 \cdot R_D = \frac{1}{3} \cdot J_1^2 \cdot R_D$$
 in W.

Für $R_T = R_D$ wären auch die Transformatoren- und Drosselspulenverluste in beiden Fällen einander gleich; die in dieser Annahme enthaltene Ungenauigkeit fällt nicht ins Gewicht, weil die Transformatorenverluste gemessen an den Leitungsverlusten im allgemeinen gering sind; man kann sie aus beiden Gründen in diesem Zusammenhang außer Acht lassen. Dagegen tritt bei Betrieb mit Zickzack-Drosselspule eine beträchtliche Ersparnis an Leitungsverlusten ein; im gewählten Beispiel verhalten sich die Werte wie $\frac{2}{3}$ zu 3; es werden also 78% der durch Nulleiterstrom hervorgerufenen Verluste gespart.

Gegen Überlast durch zu hohen Einphasenverbrauch oder Kurzschlüsse zwischen Außen- und Nulleiter bedarf die Drosselspule eines Überstromschutzes. Eine Abschaltung durch den niederspannungseitigen Überstromschutz des Transformators kann nicht in allen Fällen erwartet werden, zumal dadurch die betroffene Phase nur $\frac{1}{3}$ des Gesamtstromes fließen. Hat der Drosselspulen-Überstromschutz angesprochen, so muß in genullten Netzen die Abschaltung der gestörten Phase vom Transformator sichergestellt sein. Die Berechnung des Netzes mit Rücksicht auf die Nullungsbedingungen (VES 1/1930 § d, 7 bzw. LES 1/1932 § 11) wird demnach durch den Einbau einer Zickzack-Drosselspule nicht beeinflusst, d. h. unterschreitet der Kurzschlußstrom bei einem Kurzschluß am Ende eines Ausläufers den 2,5fachen Nennstrom der nächsten vorgeschalteten Phasen-

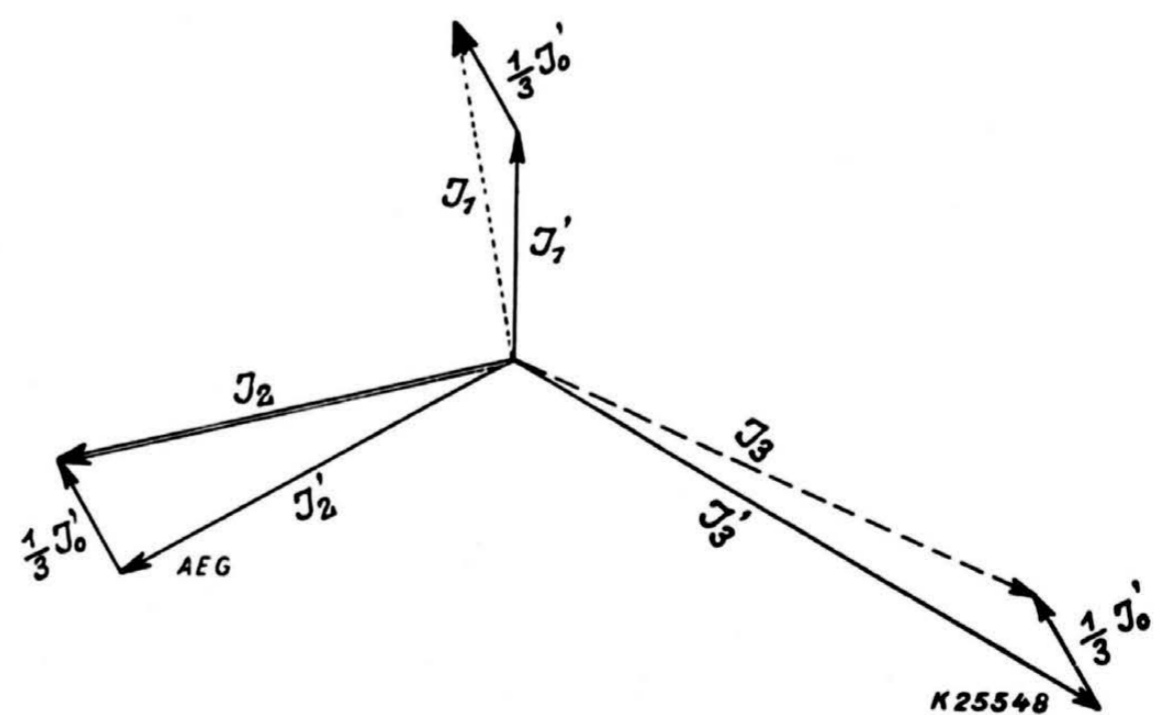


Bild 7. Stromdiagramm bei unsymmetrischer Belastung und eingeschalteter Zickzack-Drosselspule.

sicherung, so empfiehlt sich der Einbau eines AEG-Stationschalters*).

Zu bemerken ist noch, daß die Typenleistung der Zickzack-Drosselspule dargestellt wird durch das Produkt Phasenspannung \times Nullpunktstrom

*)AEG-Druckschriften Sa/V 396 und 399.

(J_0), ferner daß man mehrere Nullpunktgerätee im Netz verteilt derart aufstellt, daß die zu erwartenden Einphasenlasten möglichst an Ort und Stelle in die drei Phasenleiter übergeführt werden, sofern man es nicht vorzieht, jeden Abnehmer oder jedes Haus mit einem eigenen Nullpunktgerät auszustatten.

Insgesamt bringt der Einbau von Zickzack-Drosselspulen bei überlastetem Nulleiter folgende Vorteile:

1. Keine Verstärkung des Nulleiters, Ersparnis an Beschaffungs- und Umbaukosten für

Leitungseil	}	bzw. Kabel
Mastverstärkung		
Verlegung		
2. Verminderung der Leitungsverluste durch Nulleiterstrom;
3. Herabsetzung des Spannungsabfalles im Nulleiter.

Lichtelektrische Schnellzähleinrichtung.

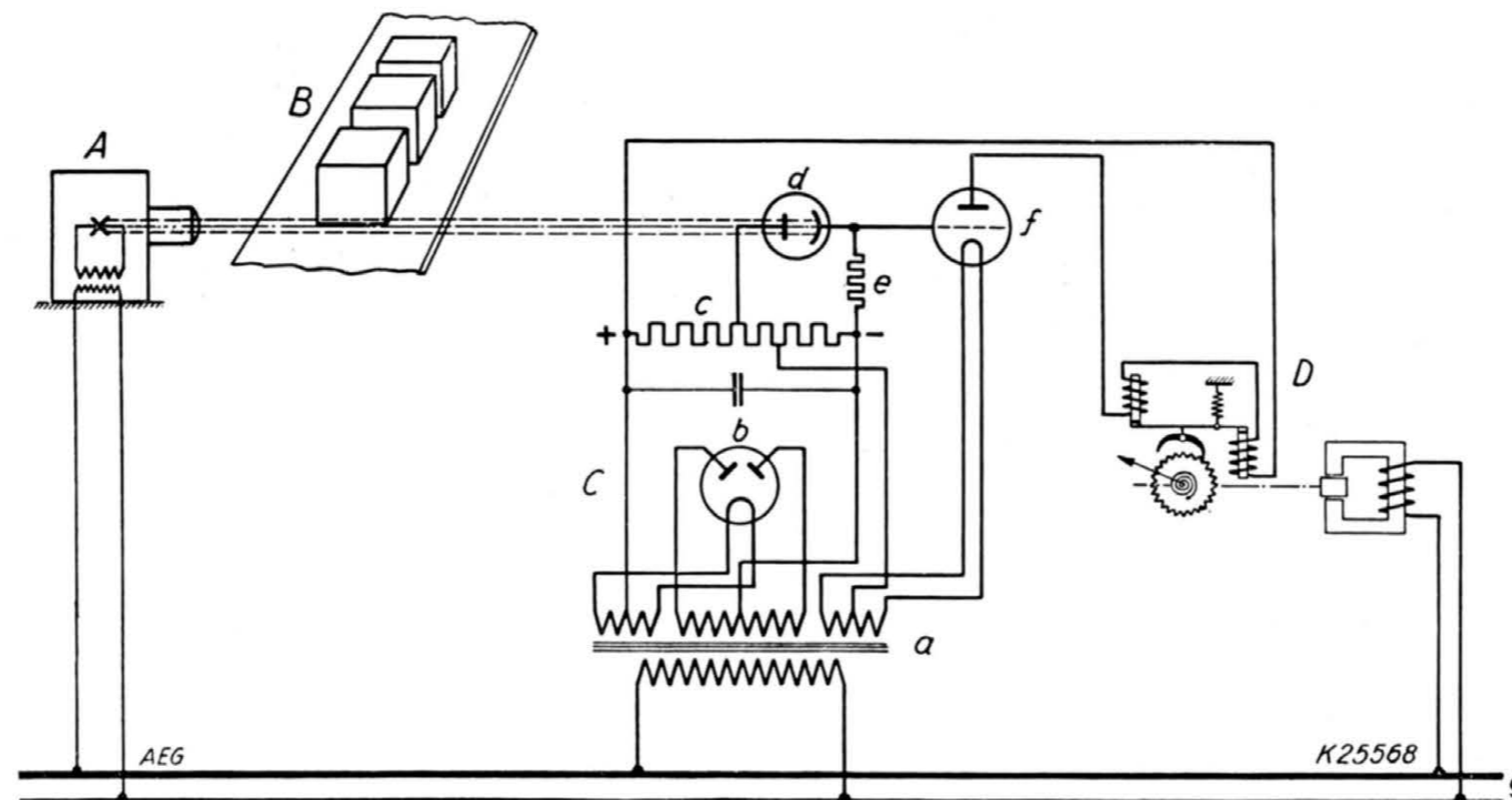
Von Dipl.-Ing. E. Bornitz, Abteilung Industrielle Röhrentechnik.

DK 621.383
681.17

Es wird eine vor kurzem entwickelte lichtelektrische Schnellzähleinrichtung beschrieben, die bis zu 1200 Zählungen je Minute einwandfrei durchzuführen gestattet, da die zu zählenden Gegenstände nur durch einen Lichtstrahl abgetastet zu werden brauchen.

Seitdem es der Technik gelungen ist, die bei der Bestrahlung lichtempfindlicher Stoffe ausgelösten geringen Elektronenströme durch geeignete Verstärkerröhren in ihrer Größe außerordentlich zu vervielfachen, ist die Fozozelle zu den verschiedenartigsten Aufgaben, wie Wiedergabe von Tonfilmen,

Die Zählvorrichtung (Bild 1) besteht aus einer Lichtquelle, einer Verstärkereinrichtung des Fozozellenstromes und dem von dieser gesteuerten Schnellzählrelais*). In dem eigentlichen lichtelektrischen Teil der Anlage wird die dem Wechselstromnetz von 110 oder 220 V, 50 Per/s entnommene Energie sowohl auf die für die Heizung der Röhren erforderlichen Spannungen herabtransformiert als auch durch eine Gleichrichterröhre umgeformt, wo-



- | | |
|--|---------------------------|
| A = Punktförmige Lichtquelle, | b = Gleichrichterröhre, |
| B = Wandertisch mit Massenartikeln, | c = Spannungsteiler, |
| C = Fozozellenstrom-Verstärkereinrichtung, | d = Fozozelle, |
| D = Schnellzählrelais, | e = Gitter-Vorwiderstand, |
| a = Netztransformator, | f = Verstärkerröhre, |
| | g = Wechselstromnetz. |

Bild 1. Schaltung der lichtelektrischen Schnellzähleinrichtung.

beim Fernsehen, bei der Bildtelegrafie sowie in der Industrie zur selbsttätigen Steuerung und Überwachung von Arbeitsvorgängen in Abhängigkeit von einem bestimmten Farbzustand bzw. Helligkeitsgrad herangezogen worden.

Von der AEG ist eine lichtelektrisch arbeitende Schnellzähleinrichtung entwickelt worden, welche die in bestimmten Fällen unsicher wirkenden Kontakte vermeidet und eine Reihe von Vorzügen gegenüber den mechanischen oder sonstigen elektrischen Zählansordnungen aufweist.

bei die Saugspannung der lichtelektrischen Zelle, die negative Gittervorspannung und die Anodenspannung der Elektronenröhre ihrer Größe und Polarität nach durch einen Spannungsteiler festgelegt werden. Naturgemäß kann die Apparatur auch für Anschluß an Gleichstrom oder an ortsveränderliche Batterien ausgelegt werden.

Die Zählvorrichtung wirkt in folgender Weise: Trifft der Lichtstrahl einer Lampe ungehindert auf die Fozozelle, so entsteht unter dem Einfluß der an

*) s. auch S. 62 in diesem Heft.

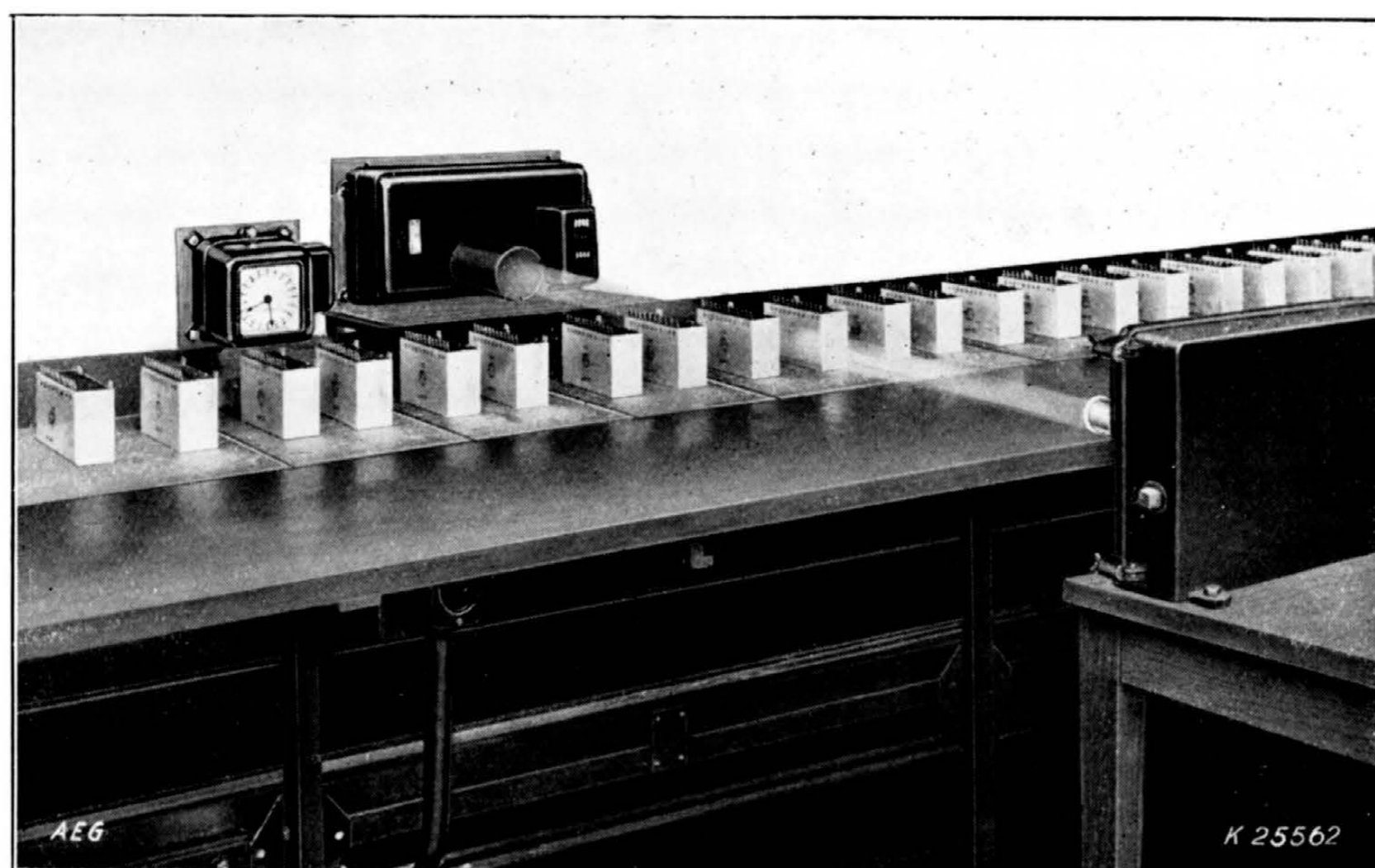


Bild 2. Lichtelektrische Schnellzähleinrichtung beim Zählen von Kondensatoren für Rundfunkgeräte.

der Zelle liegenden Saugspannung ein lichtelektrischer Strom. Dieser ruft an dem Gitter-Vorwiderstand einen Spannungsabfall hervor und beeinflusst unter Einwirkung auf das Gitterpotential der Verstärkerröhre deren Anodenstrom. Von dem bei Auftreffen der Lichtstrahlen entstehenden bzw. bei ihrer Unterbrechung verschwindenden Anodenstrom der Elektronenröhre wird das Schnellzählrelais gesteuert.

Damit die Apparatur genau arbeitet, müssen die auf die Fozelle fallenden Lichtstrahlen durch den zu zählenden Gegenstand völlig abgeblendet werden; andernfalls wirkt das Gitter des Verstärkerrohres nicht vollkommen sperrend, so daß der noch fließende Anodenstrom das Zählrelais in der jeweiligen Zeigerstellung verharren läßt. Zweckmäßig ist, kurz vor der Fozelle ein mit einer kleinen Blende versehenen Schirm anzubringen, auf den der Schatten der vorbeiwandernden Gegenstände möglichst scharf projiziert wird; bei dieser Lösung fällt auch der Einfluß von störendem Nebenlicht fort.

Die Anwendungsmöglichkeiten für die Zähleinrichtung sind deshalb besonders zahlreich, weil die zu zählenden Gegenstände oder Personen in einfachster Weise nur durch einen Lichtstrahl abgetastet zu werden brauchen. Außerdem können alle auftretenden Verzögerungen so klein gehalten werden, daß bis zu 1200 Zählungen in der Minute einwandfrei durchführbar sind. Das fotoelektrisch arbeitende Schnellzählrelais ist überall da am Platze, wo

1. hohe Stückzahlen je Zeiteinheit vorkommen, also bei Zählung von Massenartikeln am laufenden Band während der Fertigung, vor oder nach dem Verpacken, beim Verladen usw.,

2. mechanische Zählverfahren aus technischen oder ähnlichen Gründen nicht durchgeführt werden können oder dürfen,
3. sehr schnell verlaufende elektrische, optische oder mechanische Vorgänge zu zählen sind,
4. Personen, Fahrzeuge oder Tiere gezählt werden sollen u. U. auch mit ultraroter Lichtquelle), wenn z. B. die Besucherzahl bei Veranstaltungen unauffällig festgestellt werden soll,
5. die Zählergebnisse an einer vom Zählort räumlich getrennten Stelle beobachtet und mit anderen Zählungen verglichen werden sollen.

Naturgemäß müssen die Gegenstände nicht neben-, sondern hintereinander unter Einhaltung verhältnismäßig sehr geringer Abstände auf vorgeschriebener Bahn zwischen Lichtquelle und Fozelle hindurchgleiten. Dieser Forderung, die meist auch bei mechanischen Zähleinrichtungen zu erfüllen ist, wird man stets ohne große Schwierigkeiten gerecht werden können.

In Bild 2 ist eine Einrichtung beim Zählen reihenmäßig hergestellter Kondensatoren für Rundfunkempfang dargestellt. Da diese erst nach Verlassen der Prüftische am Relais vorbeiwandern, werden nur die wirklich einwandfreien Stücke kurz vor der Verpackung gezählt. Lichtquelle und Foto-strom-Verstärkereinrichtung sind auf besonderen Gestellen untergebracht, so daß man im Betrieb eine große Freizügigkeit hat.

Da die Stromaufnahme der Zählanlage nur sehr gering und der Anschaffungspreis verhältnismäßig niedrig ist, wird sich die vielseitig verwendbare lichtelektrische Schnellzähleinrichtung bald in der Industrie einführen.

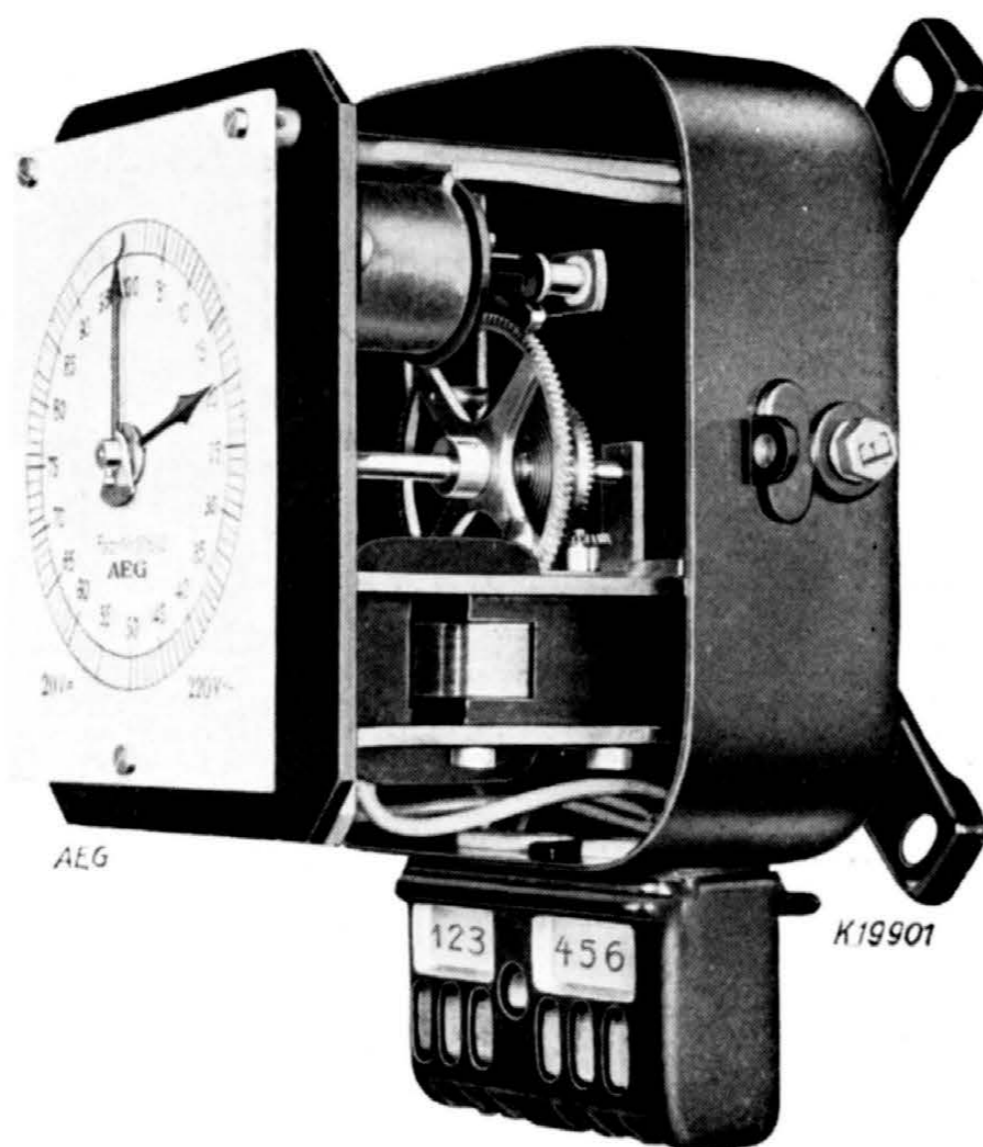
Schnellzählrelais.

Von Dipl.-Ing. O. Dworeck, Fabrik Dronthelmer Straße.

DK 621.124
621.318.5

Es ist ein Schnellzählrelais entwickelt worden, das bis 20 Impulse je Sekunde aufzunehmen gestattet. Die Betätigung kann durch mechanische Kontaktgabe oder über Verstärkereinrichtungen erfolgen.

Rollen- oder Walzenzählwerke, wie sie z. B. in Elektrizitätszählern Verwendung finden, können nur bis zu einer bestimmten Zählgeschwindigkeit gebaut werden. Sind schnell aufeinanderfolgende Vorgänge zu zählen, so sind Zählwerke anderer Bauart erforderlich, bei denen geringere Massen zu bewegen sind. Ein von der AEG kürzlich entwickeltes Schnellzählrelais mit Zeigeralesung (s. Bild) ermöglicht, bis zu 20 Impulse je Sekunde einwandfrei aufzunehmen



Schnellzählrelais, geöffnet.

Die hohe Zählgeschwindigkeit ist durch Anwendung eines neuen Arbeitsprinzips erreicht worden. Die Zeiger, von denen der kleine die Hunderter und Tausender, der große die Einer und Zehner angibt, stehen unter der Wirkung einer Spiralfeder, die von einem dauernd am Netz liegenden kleinen Asynchronmotor mit Kurzschlußläufer gespannt wird. Eine doppelarmige Sperrklinke, die mit dem Anker eines kleinen Gleichstrommagneten verbunden ist, greift mit einem Arm in die Zähne eines mit dem großen Zeiger gekuppelten Sperrades ein. Eine Bewegung des unter der Wirkung der Spiralfeder stehenden Sperrades ist nur dann möglich, wenn durch Anziehen des Ankers des Gleich-

strommagneten die Sperrklinke das Sperrrad freigibt. Der Aufbau ist so getroffen, daß sich das Sperrrad und somit der Zeiger bei jedesmaligem Anziehen des Ankers nur um einen Teilstrich weiter bewegen kann; ein Weiterücken wird durch den zweiten Arm der Sperrklinke verhindert. Jeder Impuls, den der Gleichstrommagnet erhält, bewirkt ein Fortrücken des großen Zeigers um einen Teilstrich. Nach 100 Impulsen hat dieser eine volle Umdrehung zurückgelegt. Die Übersetzung auf den kleinen Zeiger ist so gewählt, daß dieser sich bei einer Umdrehung des großen Zeigers um einen Teilstrich vorwärts bewegt. Nach einem Umlauf des kleinen Zeigers sind $100 \times 100 = 10\,000$ Zählungen erfolgt.

Für die Zählung ist es also nur erforderlich, daß durch die zu zählenden Gegenstände bzw. Vorgänge ein elektrischer Impuls ausgelöst wird, der unmittelbar oder über eine Verstärkereinrichtung dem Gleichstrommagneten zugeführt wird. Unmittelbar geschieht dies, wenn durch den Zählvorgang Kontakte betätigt werden. Diese legen bei jedem Vorgang den Magneten an die Gleichspannung. Mittelbar kann die Impulsgabe dadurch erreicht werden, daß durch den Zählvorgang induktive oder kapazitive Wirkungen in einem Stromkreis hervorgerufen werden. Durch Verwendung von Fotozellen können die Impulse auch durch lichtelektrische Steuerungen vermittelt werden. Gerade die letzte Einrichtung wird in neuester Zeit wegen ihrer Einfachheit häufig angewendet*); sie bedeutet mitunter die einzige Möglichkeit, schnell aufeinanderfolgende Vorgänge zu zählen, da mechanische Kontaktgabe bei großen Häufigkeiten nicht mehr vorgesehen werden kann.

Die neuen Zähleinrichtungen werden zum Anschluß an 110 oder 220 V Wechselspannung, 50 Per/s geliefert. Der Gleichstrommagnet, der eine Leistungsaufnahme von etwa 0,2 W hat, kann an einen Akkumulator oder eine Reihe von Trockenelementen angeschlossen werden, wenn nicht ein Gleichspannungsnetz vorhanden ist. Bei Einrichtungen, in denen eine Verstärkung der Zählimpulse notwendig wird, ist eine besondere Gleichstromquelle für den Gleichstrommagneten nicht erforderlich. Die Leistungsaufnahme des am Netz liegenden Motors beträgt etwa 15 VA.

*) Über die Ausführung der lichtelektrischen Einrichtung s. auch in diesem Heft S. 60.

Ultraviolettstrahler für Stoffprüfung.

Von L. J. Busse, Hohe Tanne bei Frankfurt a. M.

DK 620.1
535.33-3
535.371

In dunklen (herausfiltrierten) Ultraviolettstrahlen fluoreszieren die meisten Stoffe. Diese Fluoreszenz ist ganz unabhängig von der äußeren Erscheinung und gibt Einblicke in die chemische oder physikalische Beschaffenheit der untersuchten Stoffe.

Zu den medizinischen Aufgaben des Ultraviolettstrahlers ist neuerdings ein weiteres Anwendungsgebiet getreten: die Stoffprüfung. Man bedient sich der Ultraviolettstrahlen in steigendem

Dieses Filter erscheint dem Auge völlig schwarz und undurchdringlich, dennoch läßt es einen großen Teil des Ultravioletts hindurch. Das nicht mehr sichtbare, stark aktinische Licht bringt die Körper auch noch zum Fluoreszieren, wenn sie von mäßig hellem Licht umgeben sind. Nur in seltenen Fällen muß die Dunkelkammer zu Hilfe genommen werden.

Ein derartiges Filter wird bei der Hanauer Analysen-Quarzlampe (Bild 1) verwendet. Der Oberteil des Lampengehäuses enthält — lichtdicht eingeschlossen, aber gut belüftet — den Quarzbrenner. Durch das Filter im Oberteil fällt die Strahlung in den unteren Teil, den Beobachtungsraum der Lampe, der durch kleine Vorhänge gegen Außenlicht geschützt werden kann. Hält man ein mit Mineralöl getränktes Stück Papier in den Beobachtungsraum, so leuchten die Ölflecke in einem auffallend blauem Fluoreszenzlicht. Ebenso treten an vielen Wirkstoffen Fehler und Unregelmäßigkeiten durch verschiedenartige

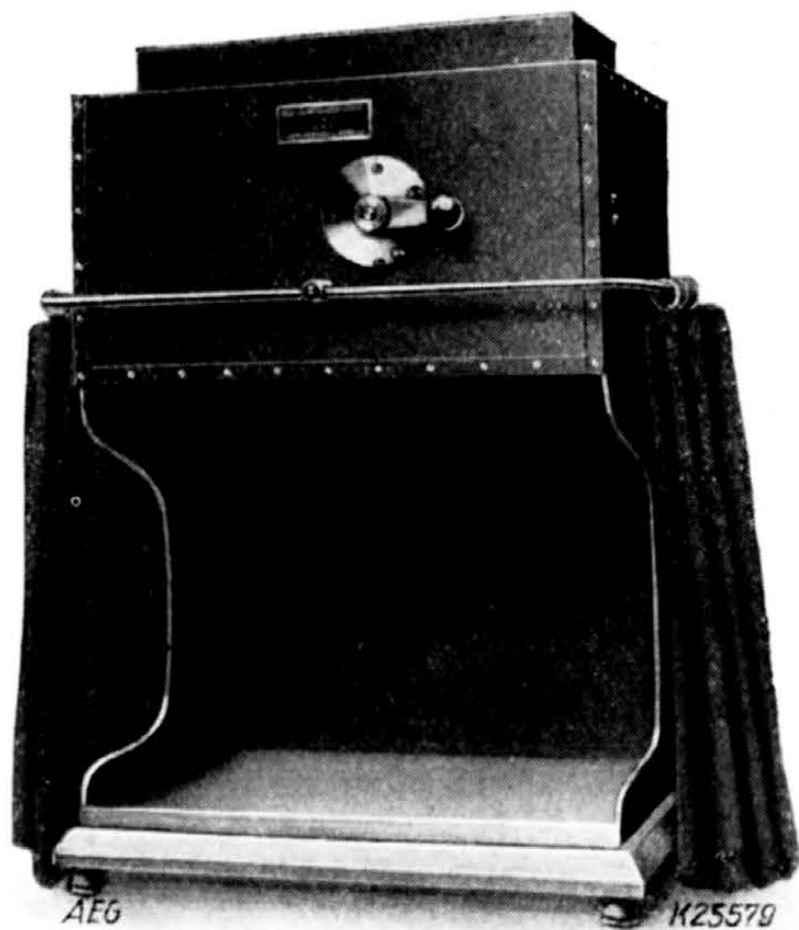


Bild 1. Normale Analysenlampe (Quarzlampe mit Dunkel-Ultraviolett-Filter) für Materialprüfungen.

Maße zur Untersuchung von Werkstoffehlern und zur Überwachung gewisser Herstellungsverfahren. In der elektrotechnischen Industrie kommen hierfür in erster Linie Öle, Isolierstoffe, Gummi, Farben und dgl. in Betracht; weniger eignen sich harte, gediegene Metalle zur Prüfung, die meistens keine Fluoreszenz erkennen lassen.

Auf der Fluoreszenzwirkung beruht das neuartige Untersuchungsverfahren. In dunkelultraviolettem Licht beginnen vornehmlich organische Stoffe deutlich zu fluoreszieren. Diese Wirkung hängt mit dem physikalischen oder chemischen Aufbau der Stoffe zusammen und ist von ihrer äußeren Erscheinung unabhängig. Erforderlich ist, daß man dem Licht seine sichtbare Helligkeit vollkommen entzieht, da im grellen Sonnen- oder Quarzlampe Licht die nur zarten Fluoreszenzfarben nicht zu erkennen sind. Diese Ausschaltung der hindernden Einflüsse ist erst in den letzten Jahren gelungen. Die Aufgabe bestand darin, die blendende Strahlung der Quarzlampe zu vernichten, ohne gleichzeitig das dunkle Ultraviolett — die kürzeren Wellen — zu zerstören. Erst 1925 wurde ein Glasfilter gefunden, das die gestellte Aufgabe erfüllte.

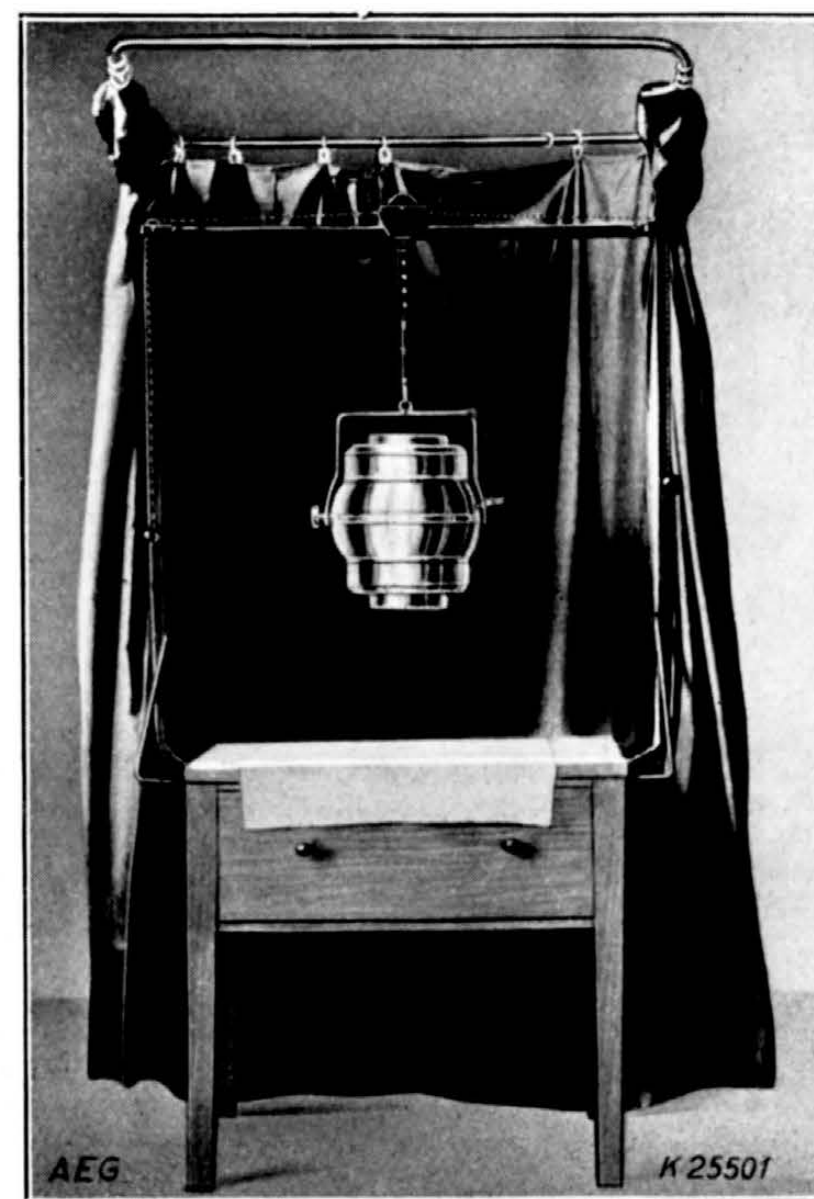


Bild 2. Große Fluoreszenzlampe (Quarzlampe mit Dunkel-Ultraviolett-Filter) für Prüfungen großer Gegenstände (Textilien im Ballen usw.).

Fluoreszenz hervor. Der geübte Fachmann, der laufend derartige Beobachtungen vornimmt, kann aus bestimmten Abweichungen im Bilde leicht auf die Art der Fehler schließen.

Bei der Prüfung größerer Flächen, z. B. von Stoffen im Stück, Preßspan u. dgl., tritt zweckmäßig an die Stelle der Tischlampe (Bild 1)

eine über dem Untersuchungstisch angebrachte Hängelampe (Bild 2), unter der auch große Stücke frei ausgebreitet werden können. Sie ist mit dem gleichen Brenner wie die Tischlampe ausgerüstet, jedoch weist ihr Filter die dreifache Größe auf, damit ein genügend großer Lichtkegel erzielt wird. Für diese Anordnung der Lampe, die vorzugsweise von Textilfabriken verwendet wird, muß ein besonderer Dunkelraum abgeteilt werden.

Es gelingt nun in zahlreichen Fällen, den Reinheitsgrad und die Echtheit von Rohwaren zu erkennen und Stoffe verschiedener Struktur, die im Tageslicht identisch erscheinen, an ihrem Fluoreszenzlicht zu unterscheiden. So verwendet z. B. die

Textilindustrie die Analysenlampe zur Identifizierung von Faserstoffen und Färbungen sowie zur schnellen Erkennung von Mineralölflecken in Geweben. Rohstoffe bzw. Produkte anderer Industrien, wie z. B. Gummifabriken, Gerbereien, Lack- und Farbwerke und der Nahrungs- und Genußmittelindustrie, können auf Grad und Gleichmäßigkeit der Qualität untersucht werden, wobei häufig die sonst üblichen Verfahren wesentlich abgekürzt werden können. Allgemein bekannt sind die hervorragenden Leistungen der Analysenlampe in der Kriminalistik, wo sie zur Untersuchung von Beweisstücken, Wertpapierfälschungen usw. verwendet wird.

Neuerungen in der Ausstellung der Fabriken im Haus der Technik.

Von Dipl.-Ing. G. Schmidt, Ausstellung der Fabriken.

DK 606.4
AEG

Über die im letzten Jahre ausgestellten Neuerungen und die Umänderungen in der Ausstellung der Fabriken wird berichtet.

Im Wesen der AEG-Ausstellung im Haus der Technik, die ihren Besuchern stets den letzten Stand der elektrotechnischen Entwicklung vor Augen führen will, liegt es begründet, daß sie ihr

Neu geschaffen wurde ein Stand für Installationsmaterial (Bilder 1 und 2). Leitend war hier der Gedanke, die Anordnung so zweckmäßig und übersichtlich zu gestalten, daß auch der Laie einen Einblick in dieses umfangreiche elektrotechnische Sondergebiet gewinnt. Auf



Bild 1. Stand für Installationsmaterial.

Gesicht mit den Fortschritten der Technik ständig wandelt. Auch im abgelaufenen Jahre sind dementsprechend wieder zahlreiche Neukonstruktionen ausgestellt und verschiedene Umgruppierungen vorgenommen worden, durch die das Bild der einzelnen Fertigungsgruppen ergänzt worden ist.

Schautafeln werden Drehschalter und Steckvorrichtungen zum Einbau auf und unter Putz gezeigt und die Wirkungsweise eines schutzgeschalteten Bügel Eisens dargestellt; zwei weitere Tafeln enthalten Beispiele für Schaltereinbauten im Mauerwerk sowie Muster von isolierstoff-gekapselten Apparaten,

Preßma - Abzweigdosen, Paketschaltern, Stern-
dreieckschaltern in schwerer Isolierkapselung u. a.
Auch die verschiedenartigen Ausführungsformen

Schutz gegen zusätzliche Belastung und Motor-
schutz zeigt, die andere die Wirtschaftlichkeit
einer Installation mit Tardosicherung als Hausan-

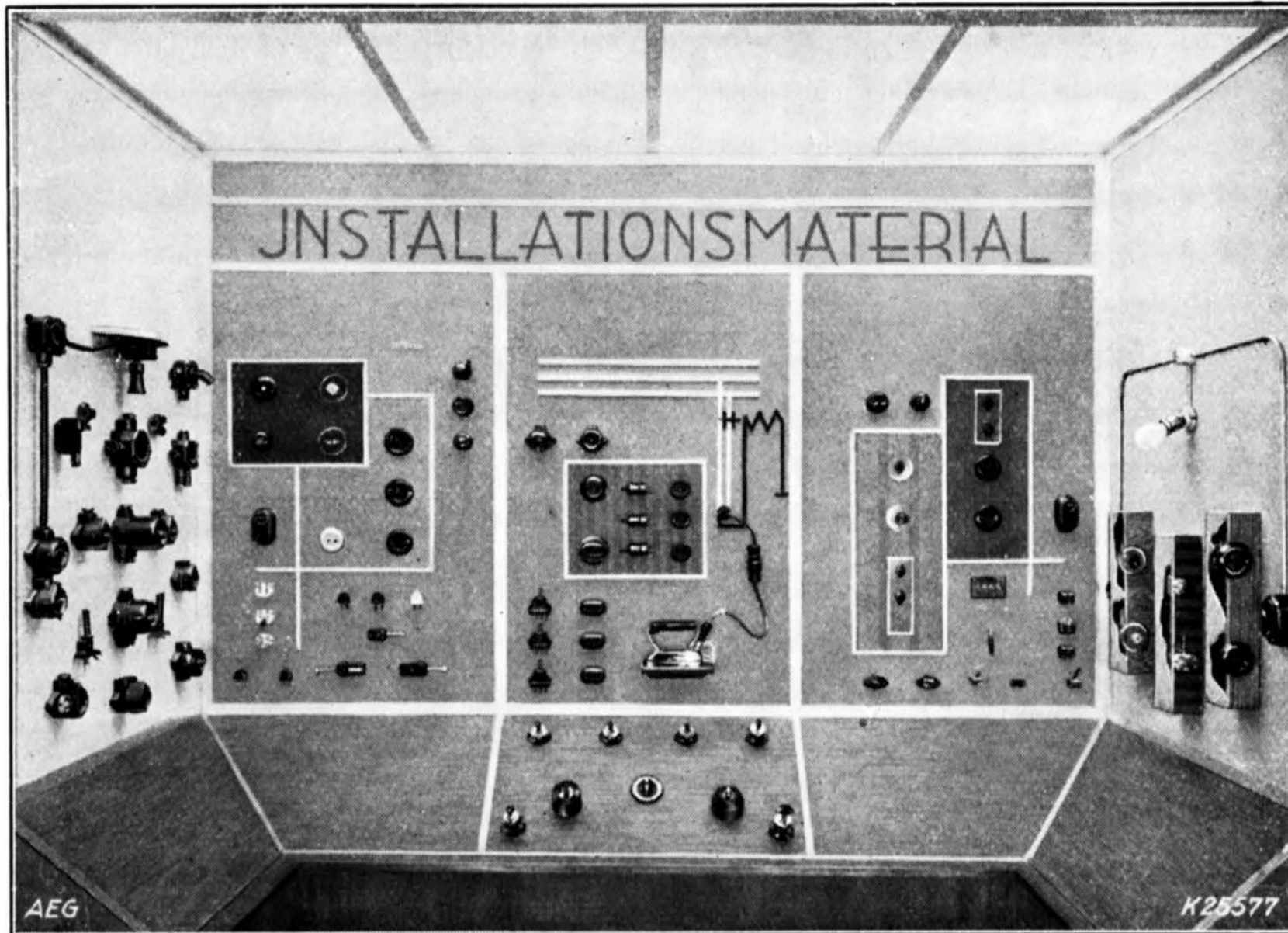


Bild 2. Teilansicht des Standes für Installationsmaterial.

von Hausanschlußsicherungen und Verteilungs-
tafeln für Sicherungen bzw. Elfa-Automaten, Hand-
lampen und Fassungen kommen zur Darstellung.

schlußsicherung gegenüber einer solchen mit nor-
maler D-Patrone als Hausanschlußsicherung er-
kennen läßt. Die Vorteile der Tardosicherungen

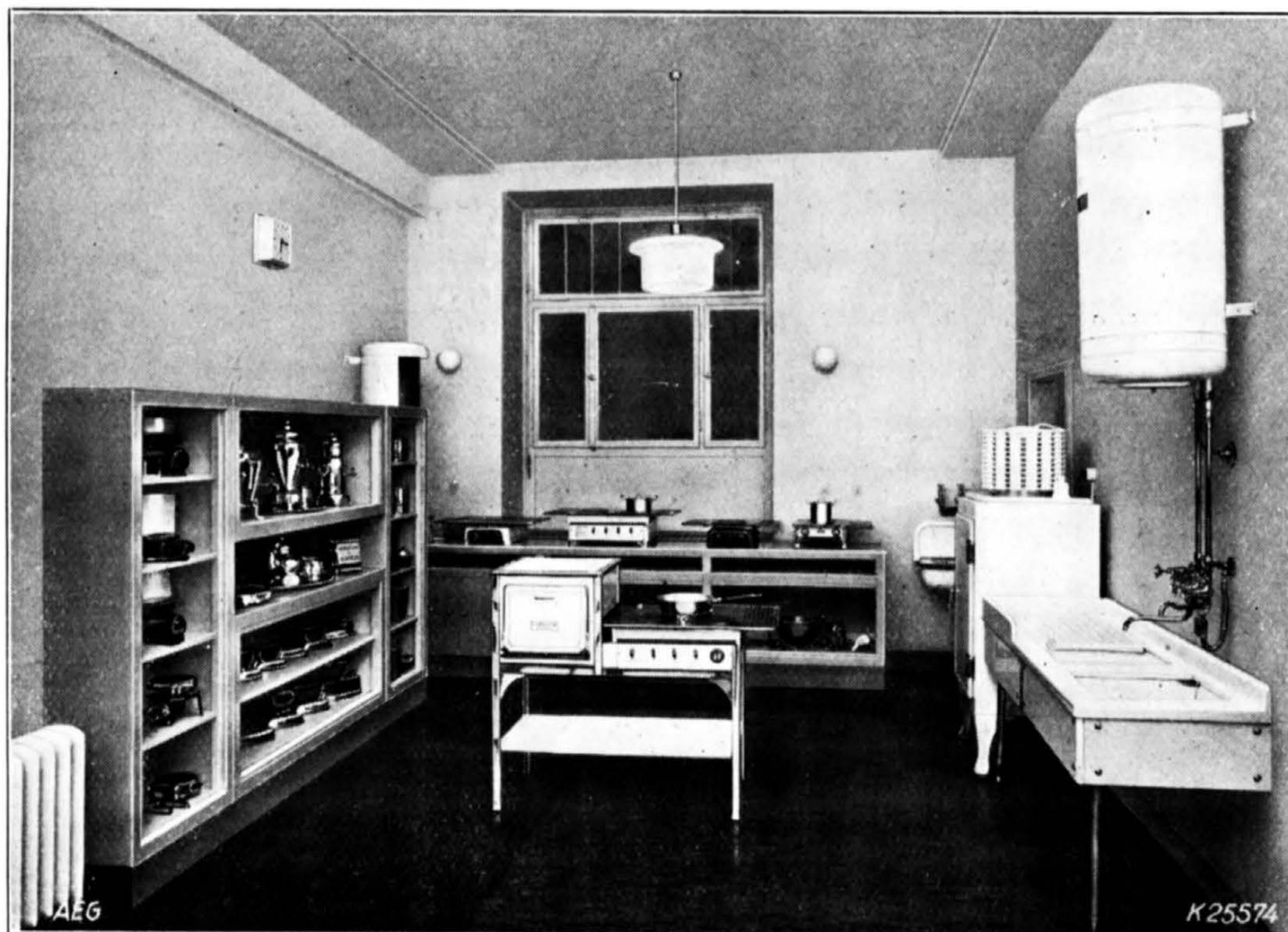


Bild 3. Koje für Haushaltgeräte.

Vervollständigt wird dieser Teil der Ausstellung
durch zwei Prüftafeln, von denen die eine den
Elfa-Automaten als Leitungsschutz, Strombegrenzer,

gegenüber normalen Schmelzstöpseln bei hohen
Anlaufströmen werden durch Versuche ebenfalls
veranschaulicht.

Einen breiten Raum nehmen im Rahmen der Gesamtausstellung die Anwendungsgebiete der Elektrizität im Haushalt ein. Hier sind im vergangenen Jahre ebenfalls wieder zahlreiche Neuerungen ausgestellt worden. Zu den vorhandenen Ausstellungsgeräten sind ein weißemallierter Vierstellen-Kochherd mit austauschbaren Steckstift-Kochplatten und „Carnifix“-Bratröhre und eine Koj e mit Siedlungsherden verschiedener Ausführungsformen getreten (Bilder 3 und 4). Unter ihnen nehmen die kombinierten Kochherde und die Zusatz-Kohleherde für bereits vorhandene elek-

Betrieb gewährleisten, sind hier besonders berücksichtigt.

Interessante Neuerungen weist auch der Stand für Schaltgeräte auf. Zu erwähnen sind hier vor allem neue Motorschutz-Ölschalter für Fernbetätigung bis 60 A, Motorsicherheits-Fern- und -Fernumkehrschalter bis 15 A, Motorschutz- (Luft-) Schalter bis 200 A, Stern-dreieck-Fernschalter bis 25 A, Stationschalter verschiedener Ausführung sowie Trennschutzschalter zum Schutz gegen Berührungsspannung. Ein Teil dieser Schalter wird im Betriebe vorgeführt.

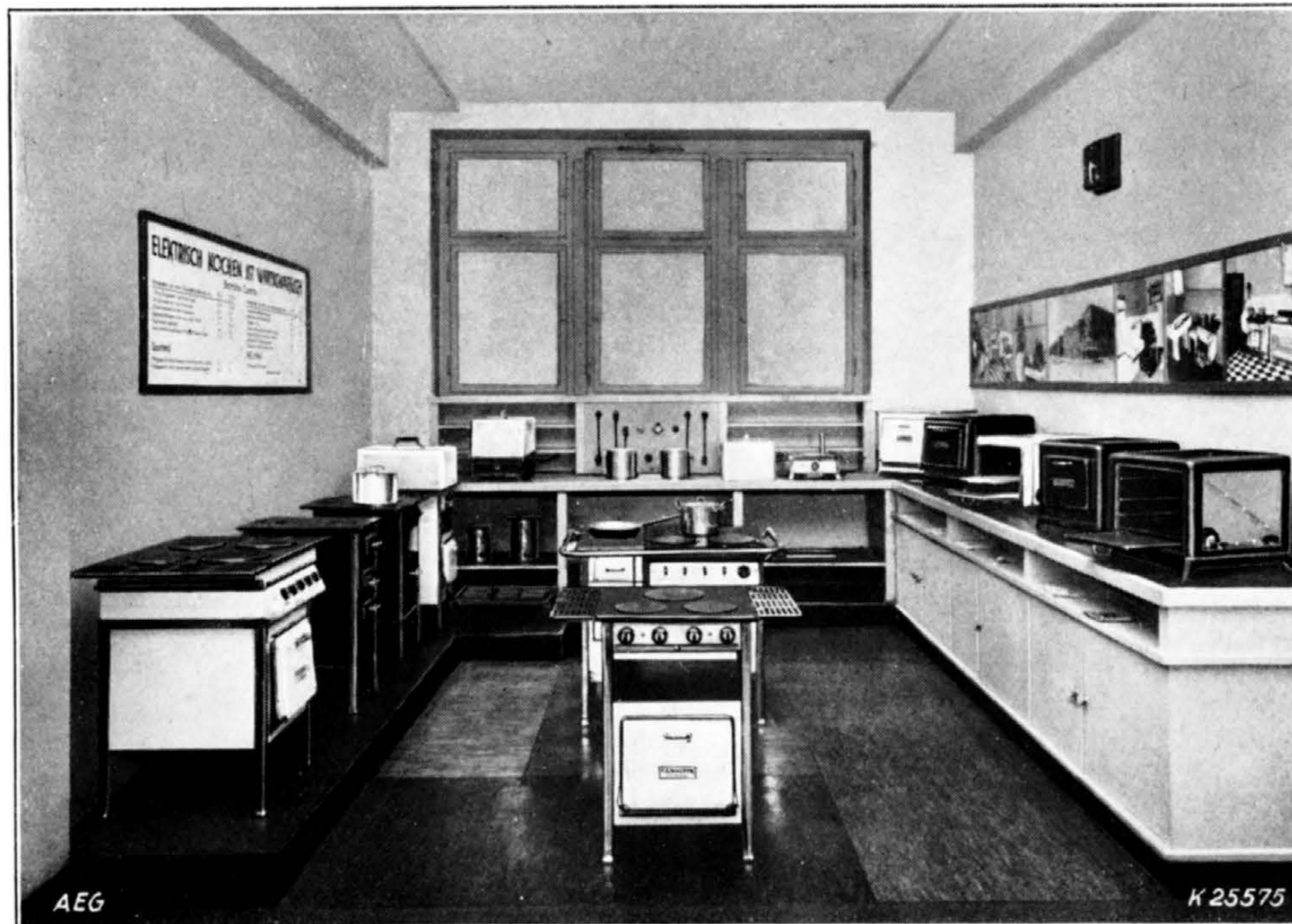


Bild 4. Koj e für Haushaltherde.

trische Siedlungsküchen einen besonderen Platz ein. Neben den bekannten Sparherden und „Carnifix“-Bratröhren werden ferner Zahlentafeln gezeigt, die genaue Angaben über die Kosten des elektrischen Kochens bei verschiedenen Tarifen enthalten. Neu sind außerdem die im Schnitt gezeigten Kochplatten, welche die Anordnung der Heizdrähte in der keramischen Masse erkennen lassen, ferner richtig und falsch ausgeführte Kochtöpfe, die wichtigen Anschauungstoff für die Wirtschaftlichkeit des Kochens darstellen. Zum gleichen Gebiet gehört noch ein im mittleren Maschinensaal (Bild 5) aufgestellter Großküchenherd des Systems AEG-Küppersbusch, dem ein neuer 200 l-Siedekessel mit Nirosta-Innenkessel beigezelt ist. Beide Geräte zeichnen sich durch sehr kräftige Bauweise, gute Emaillierung und Vernickelung sowie durch beste Ausbildung der Heizkörper aus. Alle Momente, die einen einwandfreien und gefahrlosen

Die Gleichrichtergruppe ist durch einen neuen Glaskörper mit Federzündung ergänzt worden. Bei diesem Apparat, der ebenfalls im Betrieb vorgeführt wird, erfolgt das Zünden lediglich durch eine eingeschmolzene, federnde Zündanode, die von einem Magneten bewegt wird.

Zahlreich sind auch die Neuerungen, die der Stand der Kleinmotoren aufweist. Ausgestellt sind hier neue Stahlmotoren, Ventilatoren, ein Plattenteller mit Antriebsmotor für Reklamezwecke, eine Industrie-Nähmaschine mit elektrischem Antrieb, verschiedene neue Schalter, Anlasser und Regler.

Auf dem Stand der Meßinstrumente interessieren besonders verschiedene neue Meßsätze in Koffern.

Die bekannte Turbinamo — ein Konstantspannungs-Generator mit Wasserturbine — wurde durch eine Zusatzanordnung, bestehend aus Magnetschal-

ter, Düse und Dreiwegehahn, so ergänzt, daß sie außer ihrer Verwendung als normale Stromerzeugeranlage auch als automatische Notbeleuchtungsanlage beim Ausbleiben der Netzspannung verwendet werden kann. Neben der Turbinamo ist ein Benzinaggregat von 1 kW aufgestellt worden, das aus Lichtgenerator und Benzinmotor besteht.

Der Stand der Kraftbetriebe weist als Neuerungen einen Schieber mit Elektroantrieb und eine Kompressoranlage auf. Auf dem Stand der Schweißmaschinen ist u. a. der neue fahrbare Lichtbogen-Schweißumformer in Querfeld-

System der Schaltvorgänge im Bahnbetrieb. Ergänzt wird dieser Teil der Ausstellung durch das Modell einer Treidelokomotive, wie sie von der AEG in einer Anzahl von 40 Stück für die Schleppanlage des Rhein-Rhône-Kanals geliefert wurde.

Die Vielseitigkeit der Ausstellung und die anschauliche Darstellung des gesamten elektrotechnischen Fertigungsgebietes haben im abgelaufenen Jahr wieder starke Anziehungskraft auf alle Besucherkreise ausgeübt. Der Fachmann wie der Laie, ganz besonders aber Schulen und Hausfrauen, haben sich dieser Unterrichtsquelle

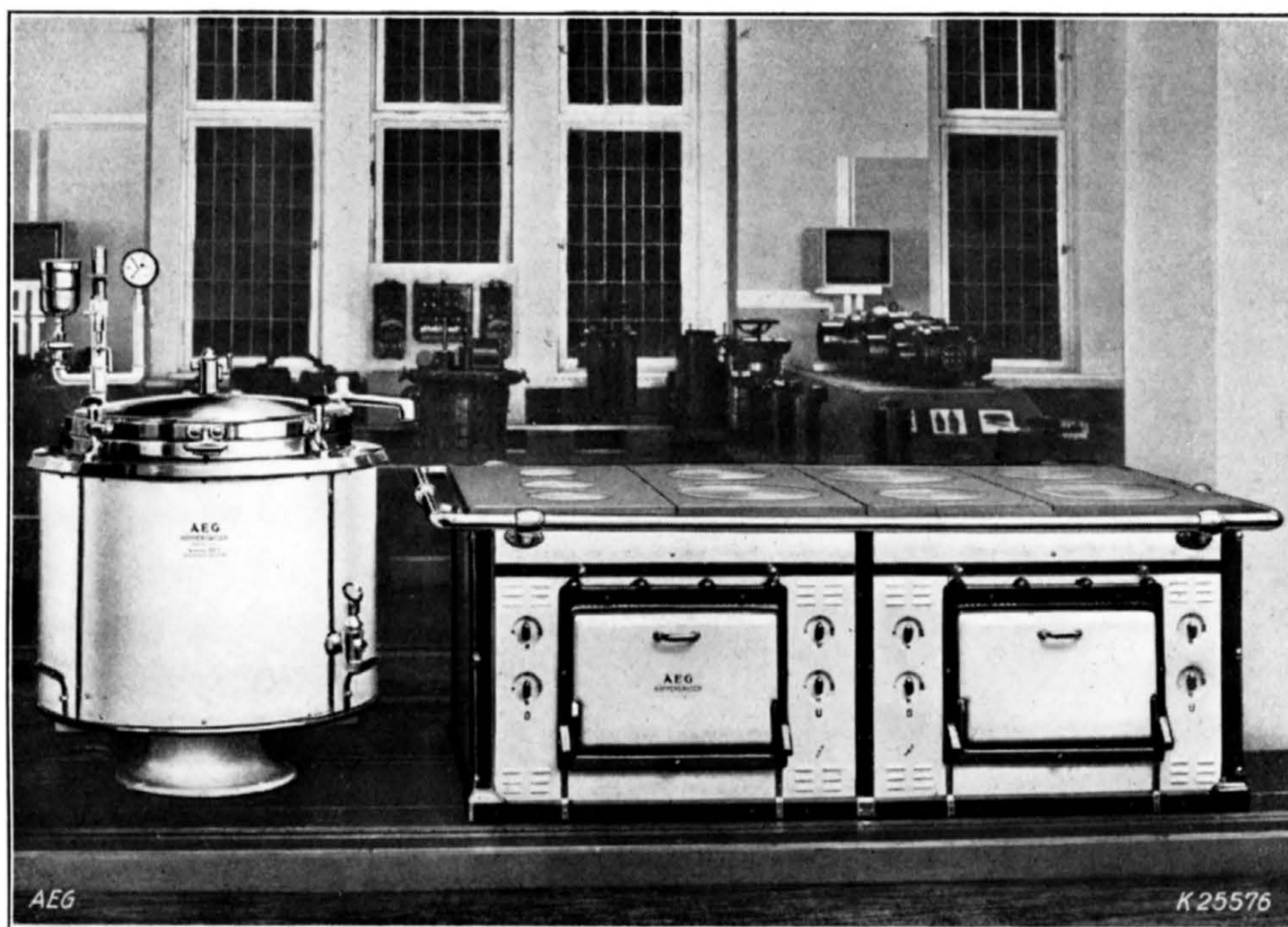


Bild 5. Großküchenherd und Siedekessel Bauart AEG-Küppersbusch.

schaltung ausgestellt. Der Stand für Rundfunkgeräte ist neu aufgebaut worden und bringt das gesamte derzeitige AEG-Programm in der Art des Schaufensters einer Rundfunkhandlung zu geschlossener Wirkung; u. a. ist das Heimerät zur Selbstaufnahme von Schallplatten besonders zu erwähnen.

Im Vortragsaal wurde ein vom Forschungs-Institut entwickelter Groß-Hornlautsprecher mit seiner ausgezeichneten Tonwiedergabe aufgestellt, der von der vorhandenen 30 W-Anlage betrieben wird.

Eine interessante Neuerung auf dem Bahngelände ist eine elektrische Steuerung mit Kurzschluß- und federbetätigter Getriebeklemme, die für den Betrieb der Berliner Untergrundbahn Alexanderplatz—Friedrichsfelde bestimmt ist. Die Steuerung, deren Schaltstufen für das Anfahren und Bremsen durch Leuchtschilder gekennzeichnet sind, vermittelt einen Einblick in das

wiederum in weitestem Umfange bedient. Seit ihrem Bestehen hat die Ausstellung weit über eine Viertelmillion Besucher aller Berufsstände und aus aller Herren Länder in ihren Räumen gesehen.

Der mit den neuesten Einrichtungen ausgestattete Vortragsaal wurde zahlreichen technischen Vereinen und Verbänden zur Verfügung gestellt. Meist waren diese Veranstaltungen mit Filmvorführungen verbunden, bei denen fast alle AEG-Filme wiederholt — teilweise mehrere hundert Male — gezeigt wurden.

Beilage.

Diesem Heft ist die Drucksache Ms/V 259

Einleiter - Ringstromwandler Form SR
und Mehrleiter-Schleifenstromwandler
Form DS

beigefügt.



ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT

Einleiter- Ringstromwandler Form SR

Reihe 10: Betriebsspannung 10 kV, Prüfspannung 42 kV

Reihe 20: Betriebsspannung 20 kV, Prüfspannung 64 kV

Isolation aus Hartpapier oder Porzellan

Dynamisch und thermisch **vollkommen kurzschlußfest** und betriebssicher

Ohne Masse und Öl, daher feuer- u. qualmsicher

Hohe Sekundärleistung infolge neuartiger Anordnung der Sekundärwicklung

Mit einem oder zwei voneinander unabhängigen gleichwertigen Meßkernen

Für Primärstromstärken von 100 ÷ 6000 A, mit 1 od. 2 Kernen. Geeignet zum Anschluß von Zählern, Meßinstrumenten und Relais, sowie für Distanzschutz

Mehrleiter- Schleifenstromwandler Form DS

Reihe 10: Betriebsspannung 10 kV, Prüfspannung 42 kV

Reihe 20: Betriebsspannung 20 kV, Prüfspannung 64 kV

Porzellan-Isolatoren

Außerordentlich **hohe** dynamische und thermische **Kurzschlußfestigkeit**

Ohne jegliches Füllmittel, daher feuer- und qualmsicher
Hohe Sekundärleistung und kleine Induktivität infolge neuartiger Anordnung der Sekundärwicklung

Mit niedrigohmigem, angebautem **Schutzwiderstand**, daher wirksam geschützt gegen Wanderwellen

Kleine Einbauhöhe. **Geringer Platzbedarf**. Geringes Gewicht

Mit einem oder zwei voneinander unabhängigen gleichwertigen Meßkernen

Für Primärstromstärken von 5 ÷ 600 A, mit 1 oder 2 Kernen. Geeignet zum Anschluß von Zählern, Meßinstrumenten und Relais, sowie für Distanzschutz

Verlangen Sie bitte unsere Listen und Druckschriften

ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT

ISOLIERTE LEITUNGEN

Installationsleitungen

Spezialleitungen

Kupfer- und Bronze-Drähte

Kupfer- und Bronze-Seile

Hohlseile

Kupferstangen

Isolierrohr und Zubehör

Gummifabrikate

Starkstromkabel

Höchstspannungskabel

Kabel mit Pfannkuchenschutz

Kabel mit Temperaturschutz

Kabelgarnituren

Fernmeldekabel

Pupinspulenkästen

Verstärkeranlagen

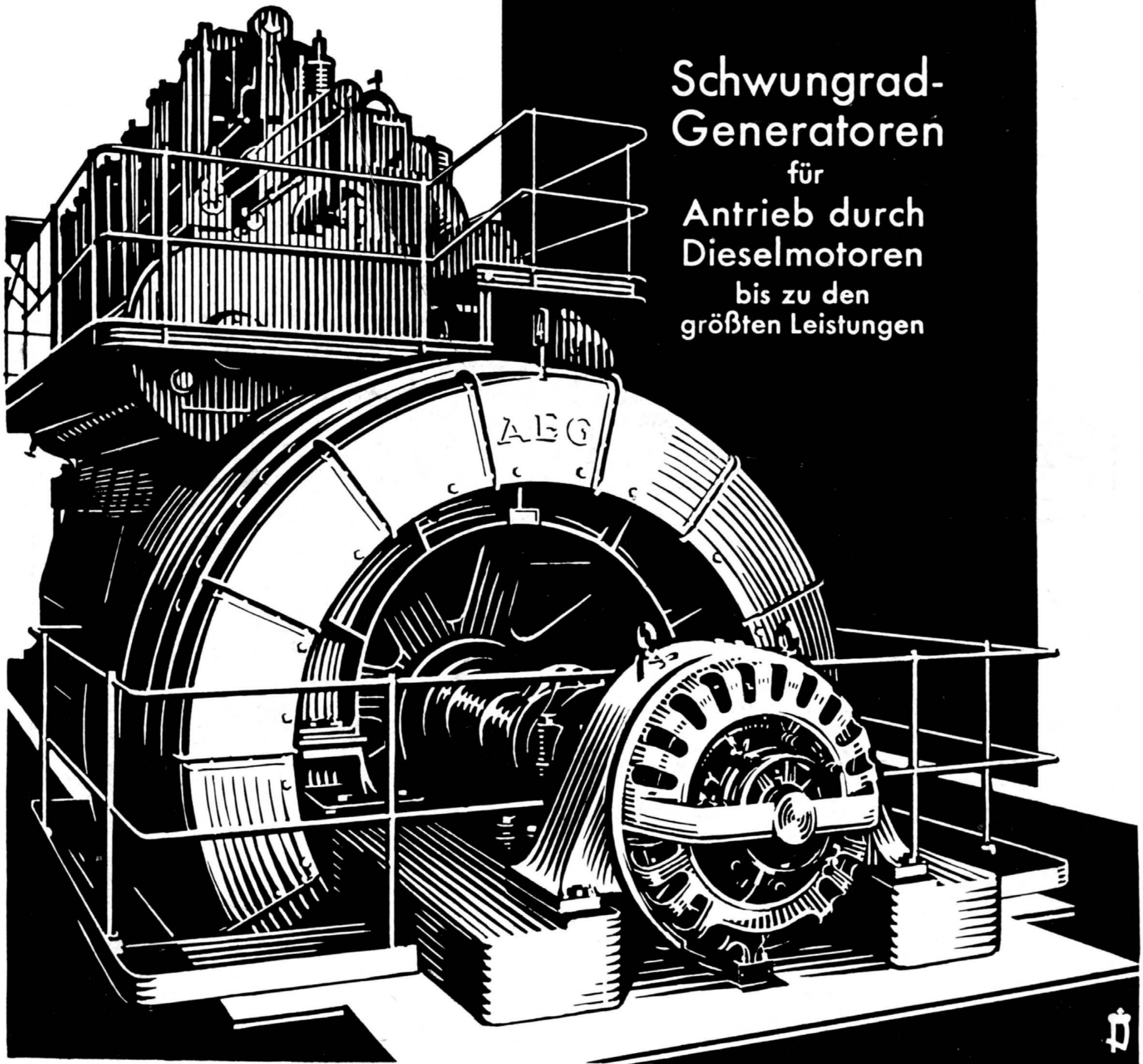


AEG

Ausführliches Prospektmaterial bei den AEG-Büros!

AEG

Schwungrad-
Generatoren
für
Antrieb durch
Dieselmotoren
bis zu den
größten Leistungen



ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT

Für die Schriftleitung verantwortlich: Dipl.-Ing. F. Wiener, Berlin W 15; in Vertretung Dr. W. Holtz, Berlin-Schmargendorf.
Druck und Verlag der Druckerei und Verlagsanstalt Norden G. m. b. H., Berlin N 4.