

Die Stromversorgung von Fernmelde-Anlagen

Ein Handbuch

von

G. Harms

Ingenieur

Mit 190 Textabbildungen



Berlin
Verlag von Julius Springer
1927

ISBN-13: 978-3-642-89799-3

e-ISBN-13: 978-3-642-91656-4

DOI: 10.1007/978-3-642-91656-4

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung
in fremde Sprachen, vorbehalten.

Copyright 1927 by Julius Springer in Berlin.

Vorwort.

Durch den gewaltigen Aufschwung der Fernmeldetechnik ist es für den projektierenden Ingenieur, den Praktiker oder den Besitzer von Fernmeldeanlagen mit der Zeit sehr schwierig geworden, der im gleichen Tempo fortschreitenden Entwicklung der hierfür geeigneten Stromquellen und Stromversorgungsanlagen immer so zu folgen, wie es für das gute wirtschaftliche Arbeiten der Fernmeldeanlagen notwendig ist.

Das vorliegende Handbuch soll hier Abhilfe schaffen. Sämtliche für Fernmeldeanlagen in Betracht kommenden Stromquellen und Stromversorgungsanlagen werden eingehend auf ihre Verwendungsfähigkeit behandelt, wobei der jeweilige theoretische Grundgedanke und die Beschreibung des inneren Aufbaues so kurz und einfach wie nur möglich gehalten sind, um die Übersicht und den Leitgedanken nicht zu verlieren.

Den Firmen Siemens & Halske, Siemens-Schuckert, AEG, Telefunken, C. Lorenz, Akkumulatorenfabrik A.-G. (Varta), Physikalische Abteilung, Berlin, und Gottfried Hagen, Köln-Kalk, bin ich für die bereitwillige Unterstützung und Überlassung von Unterlagen zu Dank verpflichtet. Desgleichen möchte ich an dieser Stelle Herrn Dr. Markhenkel, Berlin, für seinen Beitrag über Primärelemente sowie Herrn Oberingenieur Goetsch für seine wertvollen Anregungen und Verbesserungsvorschläge meinen Dank aussprechen.

Ich hoffe, daß dieses Buch eine willkommene Ergänzung der bereits vorhandenen Fachliteratur allen denen sein wird, die in der Fernmeldetechnik tätig sind oder als Besitzer und Benutzer von Fernmeldeanlagen an dem guten und wirtschaftlichen Arbeiten dieser Anlagen ein Interesse haben.

Falkensee bei Berlin, im Dezember 1926.

G. Harms.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
I. Primär-Elemente	1
A. Theorie der Stromerzeugung	1
B. Polarisaton	1
C. Leistungsbereich der Elemente	2
D. Nasse Elemente	2
1. Leclanché-Elemente	2
2. Lalande-Elemente	3
3. Chromsäure-Elemente	3
4. Daniell-Elemente	4
5. Meidinger-Elemente	4
6. Grove-Bunsen-Ketten	5
E. Trockenelemente	5
F. Lagerelemente	6
G. Anodenbatterien	7
II. Sammler	8
A. Theorie der Stromerzeugung	8
B. Arten der Sammler	9
C. Auswahl der Sammler	9
1. Masseplattensammler	10
a) Aufbau	10
b) Eigenschaften	10
c) Säuredichte	13
d) Ladung	15
e) Zusammenfassung der Vor- und Nachteile	15
2. Gitterplattensammler	15
a) Aufbau	15
b) Eigenschaften	16
c) Säuredichte	20
d) Ladung	20
e) Zusammenfassung der Vor- und Nachteile	20
3. Grobflächenplattensammler	20
a) Aufbau	20
b) Eigenschaften	20
c) Säuredichte	23
d) Ladung	23
e) Zusammenfassung der Vor- und Nachteile	24
D. Leistungsbereich der Sammler	24
E. Gefäßmaterial der Sammler	27
F. Untersuchung der Sammler	28
G. Allgemeine Behandlungsvorschriften für Sammler	31
H. Aufstellung der Sammlerbatterien	36

Inhaltsverzeichnis.

	V Seite
III. Gleichrichter	40
1. Glimmlichtgleichrichter	41
a) Theorie der Gleichrichtung und Aufbau der Glimmlichtgleichrichter	41
b) Ausführungsarten der Glimmlichtgleichrichter	43
c) Leistungsbereich und Wirkungsgrad der Glimmlichtgleichrichter	43
2. Glühkathodengleichrichter	45
a) Theorie der Gleichrichtung und Aufbau der Glühkathodengleichrichter	45
b) Leistungsbereich der Glühkathodengleichrichter	48
c) Ausführungsarten der Wehnelt-Glühkathodengleichrichter	48
d) Wirkungsgrad der Glühkathodengleichrichter	49
e) Hochspannungs-Wehnelt-Glühkathodengleichrichter	49
f) Simplex-Gleichrichter	50
g) Duplex-Gleichrichter	52
h) Wolfram-Glühkathodengleichrichter	54
3. Lichtbogengleichrichter	56
a) Theorie der Gleichrichtung und Aufbau der Quecksilberdampfgleichrichter	56
b) Ausführungsarten des Quecksilberdampfgleichrichters	60
c) Wirkungsgrad des Quecksilberdampfgleichrichters	62
d) Argonal-Gleichrichter	66
4. Mechanische Pendelgleichrichter	68
a) Theorie der Gleichrichtung	68
b) Pendelgleichrichter der Hydrawerke	68
c) Pendelgleichrichter System Falkenthal (Deutsche Telephonwerke)	71
d) Pendelgleichrichter System Schüler (Dr. Max Levy)	71
e) Leistungsbereich der Pendelgleichrichter	73
5. Elektrolytgleichrichter	73
a) Theorie der Gleichrichtung	74
b) Phywe-Gleichrichter	74
c) Balkite-Gleichrichter	75
d) Leistungsbereich der Elektrolytgleichrichter	75
6. Zusammenfassung der verschiedenen Gleichrichterarten	76
IV. Maschinenumformer	77
1. Gleichstrom-Gleichstrom-Motor-Generator der SSW.	78
2. Gleichstrom-Gleichstrom-Einanker-Umformer der SSW.	79
a) Prinzip der Sparschaltung	81
3. Drehstrom-Gleichstrom-Motor-Generator	83
a) Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufer	83
b) Drehstrommotoren mit Schleifringläufer	84
4. Einphasen-Wechselstrom-Gleichstrom-Motor-Generator	85
5. Stromverbrauch im Telegraphenbetrieb	87
6. Telegraphiermaschinen	88
7. Maschinenumformer für Verstärkerämter	90
8. Maschinenumformer für Mehrfachtelephonie	91
9. Maschinenumformer für Rundfunk- und drahtlose Telegraphiesender	93
a) für Rundfunksender mittlerer Leistung	93
b) für Rundfunksender größerer Leistung	94

	Seite
c) Kurzwellensender	94
d) Telegraphieröhrensender mittlerer Leistung	94
e) Maschinensender größerer Leistung	94
V. Polwechsler	97
VI. Kurbelinduktoren	100
VII. Rufstrommaschinen	103
VIII. Kleintransformatoren	103
1. Klingeltransformatoren der SSW	103
2. Verwendungsvorschriften der Klingeltransformatoren	104
3. Kleintransformatoren für größere Leistungen	104
IX. Traduktoren	105
X. Verwendung von Wechselstrom zum Betrieb kleiner Fernsprechanlagen	107
XI. Direkter Betrieb von Fernsprechanlagen mittels normaler Gleichstrommaschinen	110
XII. Normale Ladeschalttafeln	113
XIII. Selbsttätige Lade- und Stromlieferungseinrichtungen	119
a) Halbautomatische Ladeeinrichtung von S. & H.	119
b) Der Pöhler-Schalter	120
c) Selbsttätige Stromlieferungseinrichtung	125
XIV. Prüfeinrichtungen	127
a) Leitung <i>a</i> gegen Erde	128
b) Leitung <i>b</i> gegen Erde	128
c) Leitung <i>a</i> und <i>b</i> auf Schluß oder Bruch	128
d) Batterieprüfung	129
XV. Übersicht der Anwendungsgebiete von Stromquellen für Fernmeldezwecke	130
Sachverzeichnis	135

I. Primärelemente.

Die galvanischen Elemente, auch Primärelemente genannt, stellen Apparate zur Umwandlung chemischer Energie in elektrische dar.

A. Theorie der Stromerzeugung.

Jedes Metall hat eine nur durch seine chemische Natur bedingte Neigung, seine Atome als Ionen (elektrisch geladene Masseteilchen) an eine Lösung abzugeben. Taucht man das Metall in eine Elektrolytlösung (wäßrige Lösung von Säuren, Basen oder Salzen), so ist die entstehende Ionenmenge erfahrungsgemäß sehr gering, nicht etwa, weil der Lösungsdruck klein ist, sondern weil das durch Abgabe der positiven Metallionen negativ gewordene Metall auf die Ionen wieder anziehend wirkt, so daß sich bald ein Gleichgewichtszustand ausbildet. Betrachten wir ein aus Zink, verdünnter Schwefelsäure und Kupfer aufgebautes Element. Das Zink wird durch Abgabe von positiven Zinkionen negativ, und das Kupfer nimmt nunmehr positive Ladung auf, da infolge des geringeren Lösungsdruckes des Kupfers, nicht wie beim Zink an der Grenze Metall/Flüssigkeit, ein Spannungsunterschied von merklicher Größe hervorgerufen wird. Verbindet man beide Platten durch einen Draht, so gleicht sich die Spannungsdifferenz fortwährend aus, die Vorgänge an den Platten können sich stets von neuem wiederholen, es entsteht ein elektrischer Strom.

B. Polarisation.

Die obenbeschriebene Zusammensetzung Zink, verdünnte Schwefelsäure, Kupfer (das 1800 von Volta erfundene galvanische Element) leidet an einem Fehler. Nach kurzer Zeit tritt eine Abnahme der Spannung zwischen den Elektroden und damit auch eine Abnahme der Stromstärke ein. Die Ursache ist darin zu suchen, daß sich durch den auch im Innern des Elements fließenden Strom die Kupferplatte teilweise mit Wasserstoffgas (aus der Schwefelsäure stammend) bedeckt. Der Wasserstoff erzeugt einen dem Elementenstrom entgegenlaufenden Polarisationsstrom.

Will man brauchbare Elemente schaffen, so muß durch geeignete Zusammensetzung des Elektrolyten das Auftreten des polarisierenden Wasserstoffes vermieden oder der sich bildende Wasserstoff auf chemischem Wege (durch Depolarisationen) unschädlich gemacht werden.

C. Leistungsbereich der Elemente¹⁾.

Die Klemmenspannung der Elemente beträgt durchschnittlich 1,5 V. Elemente mit höherer Spannung sind meist teuer und wenig haltbar, so daß man zur Erreichung höherer Spannungen besser mehrere Elemente hintereinander schaltet. Bei Hintereinanderschaltung von n -Elementen beträgt die Gesamtklemmenspannung $Eg = n \cdot E$ (s. Abb. 1).

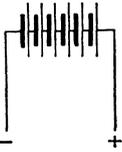


Abb. 1. Hintereinandergeschaltete Elemente.

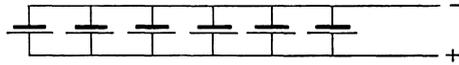


Abb. 2. Parallelgeschaltete Elemente.

Größere Stromstärken, über 1 A, können den Elementen nicht dauernd entnommen werden. Stärkere Ströme erzielt man durch Parallelschalten mehrerer Elemente (s. Abb. 2).

Hauptsächlich eignen sich die Elemente für unterbrochene Stromentnahme bis etwa 0,3 A. In diesen Fällen sind sie bei ihrer jahrelang bis etwa 100 Ah zur Verfügung stehenden Stromkapazität in wirtschaftlicher Hinsicht den Sammlern überlegen. Hierzu kommt noch, daß sie leicht transportiert werden können und nicht ständig überwacht zu werden brauchen.

Gewöhnlich besteht die eine Elektrode aus Zink (der negative Pol), die andere aus Kupfer, Eisen oder Kohle (der positive Pol).

Die hauptsächlichsten Elementtypen sind:

D. Nasse Elemente.

1. Leclanché-Elemente.

Die positive Elektrode besteht aus einem Kohlenstift oder einer Kohlenplatte, die von einer Mischung von Kohlenpulver oder Graphit und Braunstein umgeben ist. Ein Zinkstab oder Zinkblech bildet den negativen Pol. Als Elektrolyt benutzt man eine etwa 25proz. Salmiaklösung. Befindet sich die aktive Masse (Braunstein, der als Depolarisator wirkt und Graphit, das lediglich zur Erhöhung der Leitfähigkeit dient) in einem fest verschnürten Beutel aus Nessel oder Gaze, so sprechen wir von einem Beutelement.

Die Elemente vom Leclanché-Typ werden mit Vorteil für häufig unterbrochenen Betrieb verwendet, z. B. für Klingelanlagen, Fernsprecher usw. Die elektromotorische Kraft beträgt 1,5 V.

Um nach längerem Gebrauch unwirksam gewordene Elemente wieder gebrauchsfähig zu machen, genügt es, etwaige Salzausscheidungen von Glas, Kohle und Zink zu entfernen und den alten Elektrolyten durch

¹⁾ Siehe auch Vorschriften und Normen des VDE. Teil 51, S. 538.

eine frisch bereitete Salmiaklösung zu ersetzen. Die Pressung der Beutelkohle soll stets etwa 1 cm aus der Erregerflüssigkeit herausragen.

2. Lalande-Elemente.

Bei diesen Elementen ist das Zink von einem alkalischen Elektrolyten (30—40proz. Kalilauge oder 25proz. Natronlauge) umgeben. Die positiven Elektrodenplatten enthalten Kupferoxyd, das infolge seiner guten metallischen Leitfähigkeit eine große Depolarisationswirkung zuläßt.

Das Cupron-Element (Umbreit & Mathes) hat eine positive Elektrode aus Kupfer, das mit einer porösen Kupferoxydschicht überzogen ist. Um zu vermeiden, daß die Kohlensäure der Luft auf die Lauge einwirkt, ist die Oberfläche der Flüssigkeit mit säurefreiem Vaselineöl bedeckt.

Das Wedekind-Element hat eine positive Elektrode aus Gußeisen. Sie hat viele Nuten und Zapfen, in die die aktive, hauptsächlich aus Kupferoxyd bestehende Masse eingestrichen wird. Auch hier ist die Lauge von der umgebenden Luft durch Mineralöl abgeschlossen.

Die Klemmenspannung beträgt zunächst 1—1,1 V, fällt aber schnell auf 0,85 V und dann allmählich auf 0,75—0,7 V.

Cupron-Element

Type	Gewicht	Abmessungen	Strom norm. max.		Innerer Widerstand	Kapazität Ah
II	3,1 kg	190 × 85 × 280	2 A	4 A	0,03 Ohm	80—100

Wedekind-Element

Type	Gewicht	Abmessungen	Strom	Innerer Widerstand	Kapazität Ah
Iab	4 kg	190 × 55 × 205	2,5 A	0,01 Ohm	100

Die Lalande-Elemente eignen sich ganz vorzüglich für Ströme bis 1 A. Die großen Typen sollen auf kürzere Zeit bis 20 A beansprucht werden können. Einen wesentlichen Vorteil bietet die große Regenerierbarkeit der Kupferoxydelektrode. Durch $\frac{3}{4}$ stündiges Erhitzen auf etwa 150° C werden die Platten wieder gebrauchsfertig. Unangenehm kann der stark ätzende Elektrolyt wirken, so daß große Vorsicht besonders auch beim Füllen der Elemente nötig ist.

3. Chromsäureelemente.

Im Gegensatz zu den bis jetzt aufgeführten Elementen wird bei diesen zur Vernichtung des Wasserstoffes ein flüssiger Depolarisator, nämlich Chromsäure oder, was auf dasselbe hinausläuft, eine angesäuerte Chromatlösung verwendet. Die Elektroden bestehen aus einer Zinkplatte und zwei porösen Kohlenplatten, die dieser gegenüberstehen. Da das Zink auch bei Nichtgebrauch des Elements von der Säure stark angegriffen wird, so wurde von Bunsen (1843) die Form

der Tauchelektrode geschaffen. Der Elektrolyt wird am besten folgendermaßen zusammengesetzt:

1 Teil Kaliumbichromat, 12 Teile Wasser, 2 Teile konz. Schwefelsäure. Besser ist es, wenn man Natriumbichromat verwendet, da sich hieraus keine schwer löslichen Zersetzungsprodukte bilden; in diesem Fall ist die Zusammensetzung 1 Teil Natriumbichromat, 10 Teile Wasser, 1 Teil konz. Schwefelsäure. Die elektromotorische Kraft beträgt etwa 2 V. Die Chromsäureelemente werden nur dann benutzt, wenn für kurze Zeit stärkere Ströme benötigt werden, die Wirtschaftlichkeit aber in den Hintergrund treten kann.

4. Daniell-Elemente.

Das 1836 von Daniell erfundene Element besteht aus einem amalgamierten Zinkzylinder in verdünnte Schwefelsäure und einem in diesem stehenden, mit konz. Kupfervitriollösung umgebenen Kupferzylinder. Beide Flüssigkeiten sind durch einen porösen Zylinder aus Ton oder auch Pappe voneinander getrennt. Bei der Stromentnahme geht am negativen Pol Zink als Zinksulfat in Lösung, während am positiven Pol metallisches Kupfer abgeschieden wird. Da kein Wasserstoff auftritt, ist auch kein besonderer Depolarisator erforderlich. Um zu vermeiden, daß das Kupfervitriol an die Zinkelektrode gelangen und sich dort Kupfermetall abscheiden kann, muß dem Element stets ein, wenn auch geringer, Strom entnommen werden. Ein anderer Nachteil besteht darin, daß die Poren des Diaphragmas durch abgeschiedenes Kupfer leicht verstopft werden. Dieser Übelstand ist in den

5. Meidinger-Elementen

dadurch beseitigt worden, daß eine selbsttätige Trennung der beiden Flüssigkeiten lediglich durch ihr verschiedenes spezifisches Gewicht erfolgt. Mit dem Namen Meidinger verbindet man gewöhnlich den Begriff des Ballonelementes. Die Konstruktion ist folgende: Ein Glasbehälter ist etwa in halber Höhe mit einem Absatz versehen, auf dem ein Zinkring sitzt. Auf dem Boden des Behälters befindet sich ein Einsatzglas mit einem dünnen Kupferblech als positive Elektrode. Als Elektrolyt wird in den Elementbehälter eine 6proz. Magnesiumsulfat- (Bittersalz-) Lösung gegeben. Ein großer Glasballon, der auf dem oberen Glasrand aufliegen kann, wird mit Kupfervitriolkristallen gefüllt und dann umgekehrt in das Gefäß gestellt, nachdem der sich verengende Hals des Ballons durch einen Stopfen mit enger Glasröhre verschlossen ist. Die Meidinger-Elemente sind für schwache Ströme bis zu 0,25 A bei geschlossenem Stromkreis (Ruhestrom) gut zu gebrauchen. Die chemisch wirksamen Stoffe werden nur zu etwa 30% ausgenutzt, so daß sich ein Betrieb mit diesen Elementen ziemlich teuer stellt.

6. Grove-Bunsen-Ketten.

Auch hier werden zwei verschiedene Flüssigkeiten als Elektrolyt verwendet, und zwar dient die eine als Lösungsmittel (Schwefelsäure oder Zinksulfat usw.), die andere als Depolarisator (konz. Salpetersäure). Beide Flüssigkeiten sind durch ein Tondiaphragma voneinander getrennt. Als negative Elektrode dient wie gewöhnlich amalgamiertes Zink (in verdünnter Schwefelsäure usw.). Als positive Elektrode verwendet Grove Platin, Bunsen Kohle und Uelsmann Ferrosilizium in rauchender Salpetersäure.

Die elektromotorische Kraft dieser Elemente beträgt etwa 1,9 V, und sie können während einiger Stunden 10—15 A liefern. Nachteilig sind die unangenehm riechenden und gesundheitsschädlichen Gase (NO_2), die sich bei der Entladung aus der Salpetersäure bilden; ferner müssen die Elemente alle 1—2 Tage neu zusammengesetzt werden, so daß sie heutzutage wohl nur noch in einigen Laboratorien anzutreffen sind.

E. Trockenelemente.

Die heutigen Trockenelemente sind fast sämtlich nach dem Leclanché-Typ aufgebaut; ein Verschütten der Elektrolytflüssigkeit ist durch Verdicken unmöglich gemacht. Wir haben in ihnen Elemente, die keiner besonderen Pflege bedürfen, sich leicht in jeder Lage transportieren lassen und stets gebrauchsfertig sind. Ein zylindrisches Gefäß aus Zinkblech dient als negative Elektrode. Die positive Elektrode besteht aus einem mit einer Messingkappe versehenen Kohlenstift, um das ein Gemisch von Braunstein und Graphit gepreßt ist. Die Pressung ist mit Fließpapier, Baumwollstoff oder dergleichen umwickelt und verschnürt. Als Elektrolyt dient meist Ammoniumchlorid (Salmiak), dem andere hygroskopische Salze, wie z. B. Chlorzink, Chlorkalzium und Chlormagnesium zur Verzögerung des Austrocknens zugesetzt werden. Zum Aufsaugen bzw. Verdicken des Elektrolyten werden verschiedene Mittel verwendet: Sägespäne, Gips, Gelatine, Papier, Infusorienerde usw., in den weitaus meisten Fällen aber Mehl, das in der Erregerflüssigkeit fein suspendiert, durch kurzes Erwärmen einen dicken Brei erzeugt. Die sich beim Arbeiten des Elements entwickelnden Gase treten durch besondere Entgasungsmittel, die etwa mitgerissene Feuchtigkeit zurückhalten sollen, nach außen oder aber sie werden gezwungen, sich entsprechend dem zunehmenden Gasdruck wieder im Elektrolyten zu lösen. Nach oben hin sind die Elemente mit einer gegen Ammoniak, das sich aus dem Salmiak bei der Entladung entwickelt, beständigen Vergußmasse dicht verschlossen.

Es erübrigt sich, an dieser Stelle genaue Beschreibungen der einzelnen Fabrikate zu geben. Allgemein sind an Trockenelemente folgende Anforderungen zu stellen:

Offene Spannung etwa 1,5 V.

Innerer Widerstand zwischen 0,1—0,3 Ohm.

Betriebsfähigkeit 2—3 Jahre.

Um einen Anhalt für die Leistungsfähigkeit der Trockenelemente zu geben, sei aus einem Prüfungsbericht der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt über Elemente Type *T 2* der S. u. H. A.-G. folgendes angeführt: Größe 16,5 · 7,5 · 7,5 cm. Gewicht 1,5 kg.

Gelieferte Elektrizitätsmenge bis zur Klemmenspannung von 0,4 V Ah	Entladen mit	Geschlossen durch	
	0,1 A	100 Ω	20 Ω
	65,3	83,5	113,3

Über das Anwendungsgebiet der Trockenelemente gilt das gleiche wie das über Leclanché-Elemente Gesagte.

F. Lagerelemente.

Sollen die Elemente vor dem Gebrauch jahrelang aufbewahrt werden oder längere Zeit höheren Temperaturen ausgesetzt sein (z. B. beim Versand nach den Tropen), so genügen die gewöhnlichen Trockenelemente nicht; sie würden durch Selbstverbrauch sehr bald verderben. In

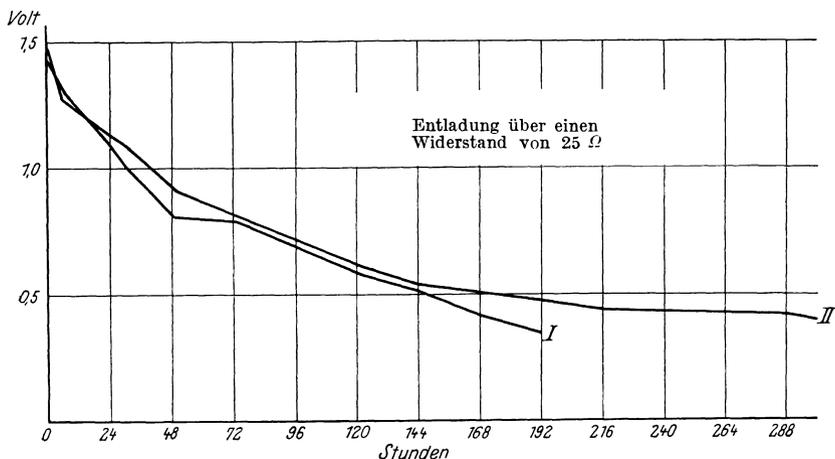


Abb. 3. Leistungsvergleich von zwei gleichen Trockenelementen verschiedener Fabrikation.

solchen Fällen werden als Ersatz die sog. Füll- oder Lagerelemente gebraucht. Das Elektrolytsalz ist hierbei in fester Form bereits im Element enthalten, z. B. in der Braunsteinpressung. Der Raum zwischen den beiden Elektroden ist mit einem aufsaugfähigen Stoff ausgefüllt, so daß vor dem Gebrauch nur noch Wasser hinzugefügt zu werden braucht. Das überschüssige Wasser wird dann nach mindestens einer Stunde wieder entfernt; im übrigen sei aber dringend empfohlen, sich stets an die von den Fabriken mitgelieferten Gebrauchsvorschriften zu

halten. Die Spannung derartiger Elemente beträgt ebenfalls durchschnittlich 1,5 V, doch bleiben die Leistungen hinter denen der frischen Trockenelemente etwas zurück. Abb. 3 zeigt die Leistungskurven eines kleinen Lagerelements Type W 5, Fabrikat Siemens & Halske, Wien, und der gleichen Type LT 5, Fabrikat Siemens & Halske, Berlin.

G. Anodenbatterien.

Neuerdings werden die kleineren Trockenelemente in ausgedehntem Maße beim Bau von Anodenbatterien für Rundfunkempfangsanlagen verwendet. Größtenteils sind die Zellen die gleichen wie sie für Taschenlampenbatterien benutzt werden. Die allgemein üblichen Spannungen von 60 und 90 V werden durch Hintereinanderschaltung von 40 bzw. 60 einzelnen Elementen erzielt. Es ist ohne weiteres klar, daß diese

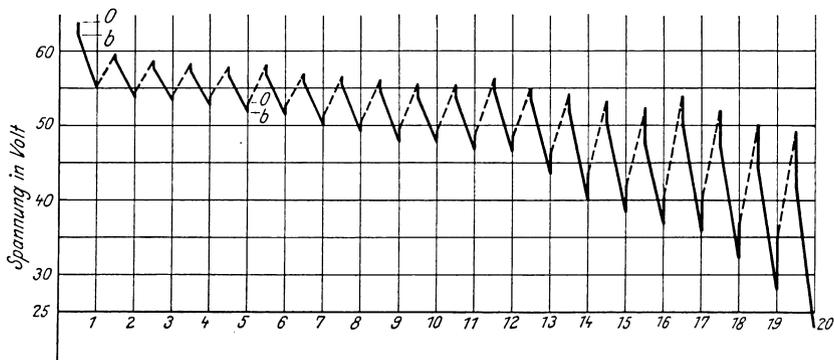


Abb. 4. Entladespannungen einer Anodenbatterie. — Betrieb, *o* offene Spannung, --- Ruhe, *b* Betriebsspannung.

Batterien nur mit ganz geringen Strömen beansprucht werden dürfen (höchstens 20 mA einige Stunden täglich). Von einer guten Anodenbatterie ist nach 3monatiger Lagerung noch eine Stromkapazität von 1,1 Ah zu verlangen, doch setzt ein auch nur einen Augenblick dauernder Kurzschluß die Leistung erheblich herunter. Es ist verkehrt, die Güte einer Anodenbatterie lediglich nach der offenen Spannung zu beurteilen; diese kann durch verschiedene Mittel künstlich in die Höhe getrieben worden sein. Nach dem Einschalten solcher Batterien tritt dann sehr bald ein bedeutender Spannungsabfall ein, und die Gesamtleistung ist oftmals bedeutend geringer als bei Batterien mit weniger hoher Anfangsspannung. Eine gute Batterie, die z. B. eine offene Klemmenspannung von 63 V hat, zeigt, über einen Nebenschluß von 500 Ω gemessen, noch eine Spannung von 61 V. Einen anderen wichtigen Faktor bildet die Lagerfähigkeit der Batterien. Allgemein läßt sich wohl sagen, daß die Leistungen im umgekehrten Verhältnis zu der Lagerfähigkeit stehen. Hat man also einen Mehrrohrapparat mit Lautsprecher ständig zu

betreiben, so ist die Anschaffung einer Hochleistungsbatterie zu empfehlen, denn bei der hohen Beanspruchung würde sich eine große Lagerfähigkeit gar nicht auswirken können. Betreibt man eine Anlage, die nur wenig benutzt wird, vielleicht sogar nur mit Kopfhörern, vorteilhaft mit Batterien von großer Lagerfähigkeit, denn hierbei würde eine etwas geringere Leistungsfähigkeit kein Nachteil sein.

Abb. 4 zeigt den Spannungsabfall einer 60 V-Anodenbatterie Type *Rfb 1* (Siemens & Halske) bei einer täglich 3stündigen Stromentnahme von 20 mA.

Lagerfähigkeit der S. & H. 60 V-Batterie:

Monate	0	1	2	3	4
Spannung offen	64,0	62,5	62,0	61,5	61,0
Spannung unter 500 Ω Nebenschluß . .	61,0	60,5	60,6	59,0	58,0

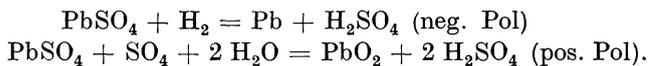
II. Sammler.

Für die Stromversorgung von Fernsprech-, Telegraphen- und Fernmeldebetrieben, wie auch zur Erzeugung der Heizströme für Audion- und Verstärkerröhren der Rundfunkapparate werden in sehr vielen Fällen wegen der höheren Leistungen Sammler verwendet. Der gebräuchlichste Sammler ist der Blei-Schwefelsäuresammler. Bei diesem bestehen die Elektroden aus Bleiplatten, der Elektrolyt aus verdünnter Schwefelsäure.

A. Theorie der Stromerzeugung.

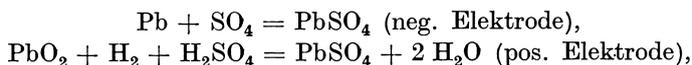
Verbindet man diese beiden Bleiplatten mit einer Stromquelle, so wird der Sammler, wie man sagt, geladen.

Nach der Theorie von Tribe¹⁾ besteht der elektrolytische Vorgang bei der Ladung darin, daß die verdünnte Schwefelsäure (H_2SO_4) durch den elektrischen Strom in die Bestandteile H_2 und SO_4 zerlegt wird, und zwar wird H_2 an der negativen und SO_4 an der positiven Platte abgeschieden. Es bildet sich also an der negativen Platte Bleischwamm und an der positiven Platte Superoxyd nach den Gleichungen:



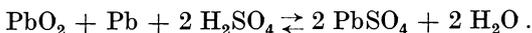
Nimmt man die Stromquelle von der Sammlerzelle ab und verbindet nun die beiden Bleiplatten des Sammlers durch einen elektrischen Leiter, so fließt ein elektrischer Strom in entgegengesetzter Richtung durch die Zelle. Diesen Vorgang nennt man die Entladung des Sammlers. Bei der Entladung wird H_2 an der positiven und SO_4 an der negativen Platte abgeschieden nach den Gleichungen:

¹⁾ Die Theorie des Bleiakкумуляtors von Dr. Friedrich Dolezalek, 1901.



so daß nach der Entladung die Oberfläche beider Platten wieder in Sulfat verwandelt ist, womit die Möglichkeit einer Stromerzeugung aufhört.

Obige vier Gleichungen zusammengefaßt, geben für den stromliefernden chemischen Vorgang im Blei-Schwefelsäure-Sammler die Gleichung:



Sie stellt den Entladungsvorgang dar, wenn man sie von links nach rechts, und den Ladevorgang, wenn man sie von rechts nach links liest.

Durch die vielfach recht verschieden gearteten Anforderungen der Technik hat sich im Laufe der Zeit eine ganze Anzahl von Konstruktionen dieses Sammlers herausgebildet. Jede dieser Typen ist auf ein mehr oder weniger umgrenztes Gebiet zugeschnitten. Daher sind bei Auswahl eines Sammlers für einen bestimmten Verwendungszweck die grundlegenden Unterschiede der zahlreichen Element- und Plattenkonstruktionen zu beachten, damit der Sammler wirtschaftlich und zufriedenstellend arbeitet.

B. Arten der Sammler.

Die drei Grundtypen von Sammlern sind:

1. Sammler mit Masseplatten für positive und negative Platten,
2. Sammler mit Gitterplatten für positive und negative Platten,
3. Sammler mit Grobflächenplatten für positive und Gitter- oder Kastenplatten für negative Platten.

C. Wahl der zweckmäßigsten Sammlertype.

Hat man eine Fernmeldeanlage und will eine passende Sammlerbatterie für diese wählen, so muß zunächst der Strombedarf der angeschlossenen Stromverbraucher bestimmt und gleichzeitig festgestellt werden,

- a) wie groß die durchschnittliche und höchste Entladestromstärke ist¹⁾,
- b) in wieviel Stunden und in welcher Zeitspanne die durchschnittliche Entladestromstärke dem Sammler entnommen werden soll und
- c) in welcher Zeit der Sammler wieder aufgeladen werden soll.

Daraus ergibt sich die erforderliche Kapazität des Sammlers in Amperestunden, und hiernach kann die Wahl einer der obigen Sammlertypen getroffen werden. Die Zahl der nötigen Sammlerzellen errechnet man durch Dividieren der für die Fernmeldeanlage erforderlichen Betriebsspannung durch 2, da jeder Sammler im Mittel eine Spannung von 2 V hat.

¹⁾ Siehe auch F. Lubberger: Theorie des Fernsprechverkehrs. ENT 1925, Heft 2; K. Frei: Theorie des Fernsprechverkehrs. ENT 1926, Heft 2.

1. Der Masseplattensammler.

a) **Aufbau.** Der Aufbau der Masseplattensammler ist folgender: Die positive Masseplatte besteht aus einem großfeldrigen Bleirahmen (s. Abb. 5), in dem eine Bleioxydmasse eingestrichen wird (s. Abb. 6), während die negative Platte aus einem engmaschigen Bleirahmen besteht.

b) **Eigenschaften.** Der Masseplattensammler eignet sich für schwache und ganz langsame Entladungen, die sich über eine Zeitspanne von 4 Wochen bis zu $\frac{1}{2}$ Jahr erstrecken. Eine Wiederaufladung darf also erst nach mehreren Wochen oder gar Monaten notwendig werden. Zu tiefe Entladungen sowie Entladungen mit größeren Stromstärken sind schädlich, denn hierdurch entstehen Plattenausdehnungen, Platten-

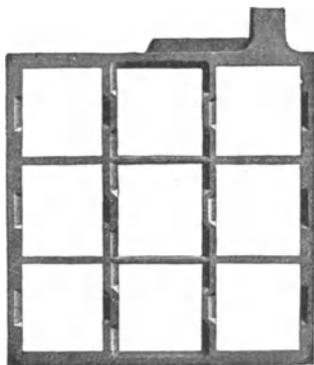


Abb. 5 Bleirahmen der Masseplatte.

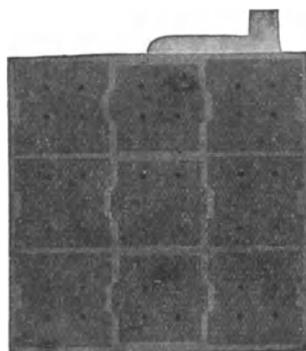


Abb. 6. Masseplatte.

krümmungen und Rahmenbrüche. Auch wirken Überladungen und Dauerladungen mit schwachen Strömen äußerst schädlich, denn starker Masse- und Kapazitätsverlust ist dann unvermeidlich.

In Abb. 7 ist die Kapazitätskurve eines Sammlers der Type M 3 der Varta-Abt. der Akkumulatorenfabrik A.-G. dargestellt, dessen Kapazität 100 Ah bei 10 A Entladestrom beträgt. Die Kurve zeigt, daß die Kapazität bei 1000stündiger Entladung mit etwa 0,26 A bis 260 Ah steigt, d. h. das 2,6fache der 100stündigen Kapazität ergibt. Eine ähnliche Kapazität zeigt Abb. 8 des H 3 EM-Elements der Firma Gottfried Hagen A.-G. Köln-Kalk. Bei unterbrochenen Entladungen mit etwas höheren Stromstärken können diese Kurvenwerte ebenfalls erreicht werden, wenn die Pausen entsprechend lang sind, genügend Zeit zur Erholung der Platten bleibt und die während der Entladung stark verdünnte Schwefelsäure in der Masse der Platte Zeit hat, sich mit der stärkeren, die Platten umgebenden Säure genügend auszugleichen. Im anderen Falle wird die zur Sulfatbildung erforder-

liche Schwefelsäure in zu großer Menge im Innern der Platten verbraucht, und die erforderliche Säure vermag in der verhältnismäßig

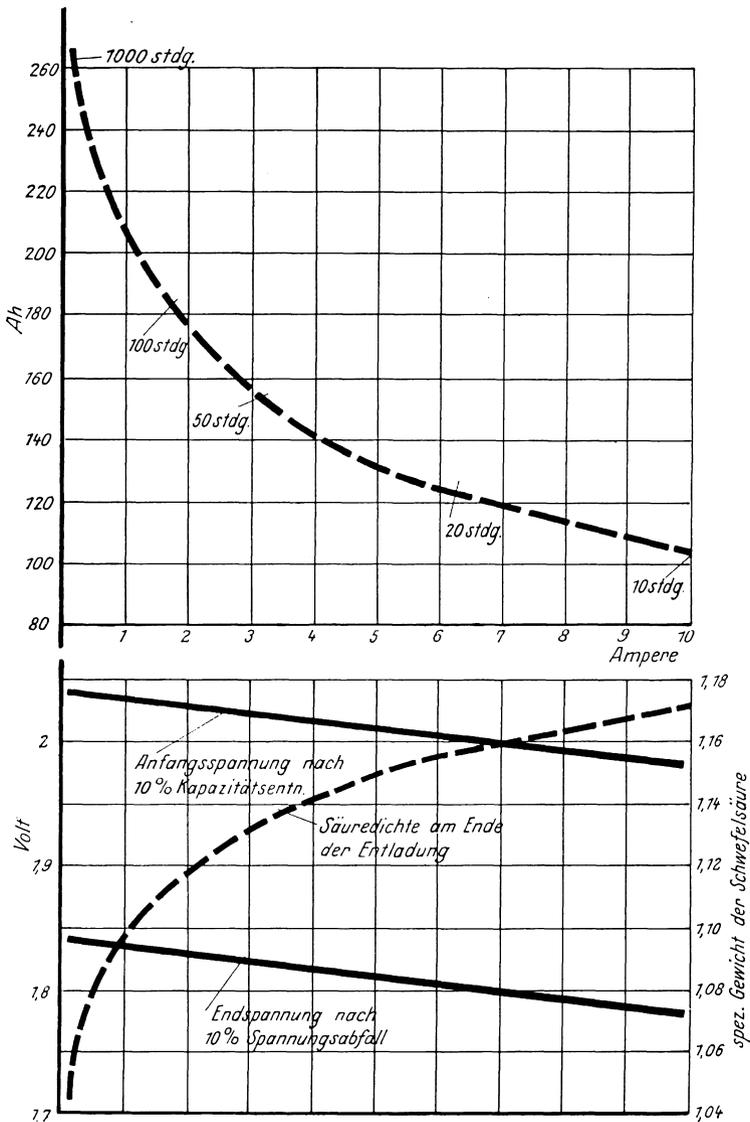


Abb. 7. Kapazität, Spannungslage und Säuredichte eines Masseplattensammlers Type M 3 bei verschiedenen Entladeströmen.

kurzen Zeit nicht schnell genug aus dem Elektrolyten durch Diffusion in die Platten einzudringen, und ein vorzeitiger Spannungsabfall ist die Folge. Hieraus ergibt sich weiter, daß Masseplatten nur dann die Ent-

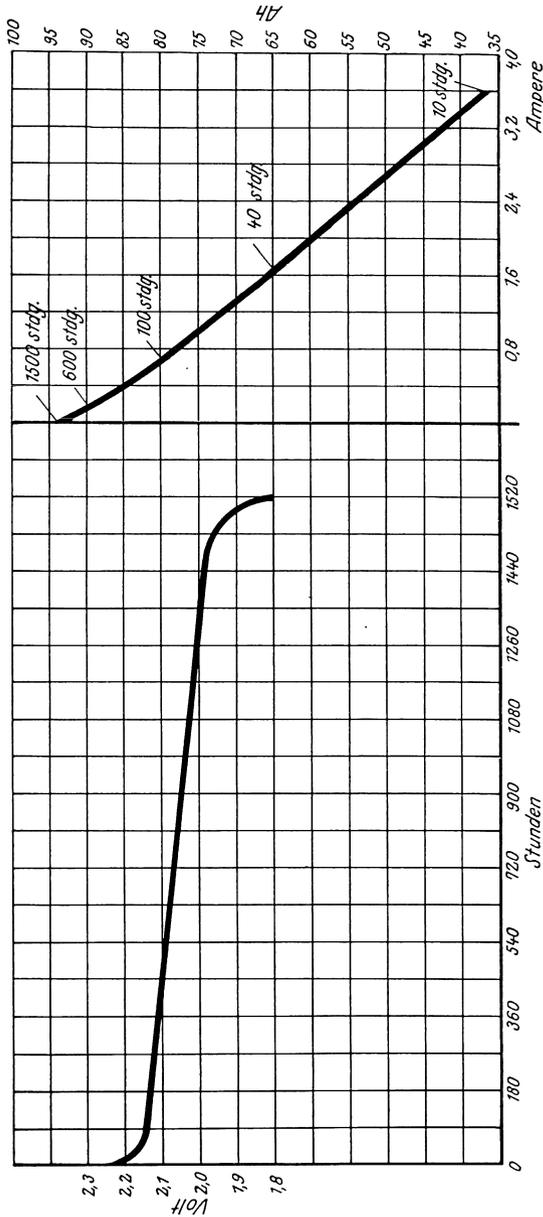


Abb. 8.

Entladespannung eines Masseplattensammlers Type H₃EM bei 0,062 Ampere Entladestrom.

Kapazität eines H₃EM Sammlers.

nahme stärkerer, kurzer Stromstöße, die etwa das 5fache des normalen Entladestromes betragen dürfen, gestatten, wenn große Ruhepausen zwischen den einzelnen Belastungen liegen und die Kapazitäts-

entnahme so gering ist, daß eine Wiederaufladung erst, wie bereits oben gesagt, nach mehreren Wochen oder gar Monaten erforderlich

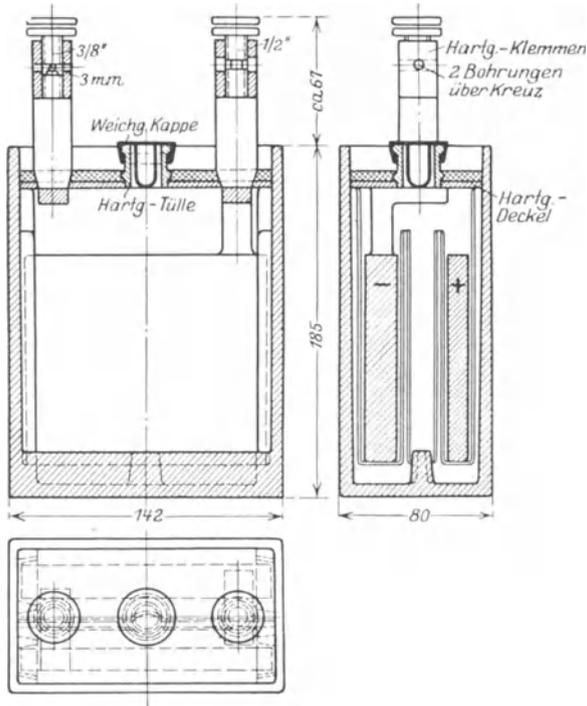


Abb. 9. Ad-Sammler.

wird. Masseplattensammler in Glas- oder Hartgummigeßen können bis zu 6 Monaten, solche in Zelluloid bis zu 3 Monaten in Gebrauch sein, ohne daß eine Aufladung erforderlich ist, natürlich immer unter der Voraussetzung, daß in dieser Zeit keine zu tiefe Entladung eintritt.

e) Säuredichte. Da die Säuredichte im Verhältnis zur entnommenen Kapazität sinkt, kann man, sobald die untere Grenze der Säuredichte entsprechend der Benutzungsweise des Sammlers erreicht ist, leicht feststellen, wann der Sammler entladen ist bzw. welche Kapazität noch entnommen werden kann.

Das spezifische Gewicht der Füllsäure, das im geladenen Zustand 1,24 betragen

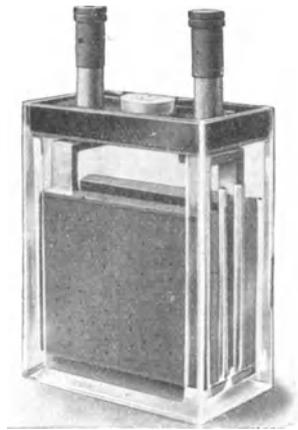


Abb. 10. Ad-Sammler.

soll, fällt bei Entnahme der höchsten Leistung mit schwachen Entladeströmen auf etwa 1,08—1,10.

Als Anhalt hierzu kann dienen, daß z. B. bei der obenerwähnten Varta-Type das spezifische Gewicht bei 10stündiger Entladung auf

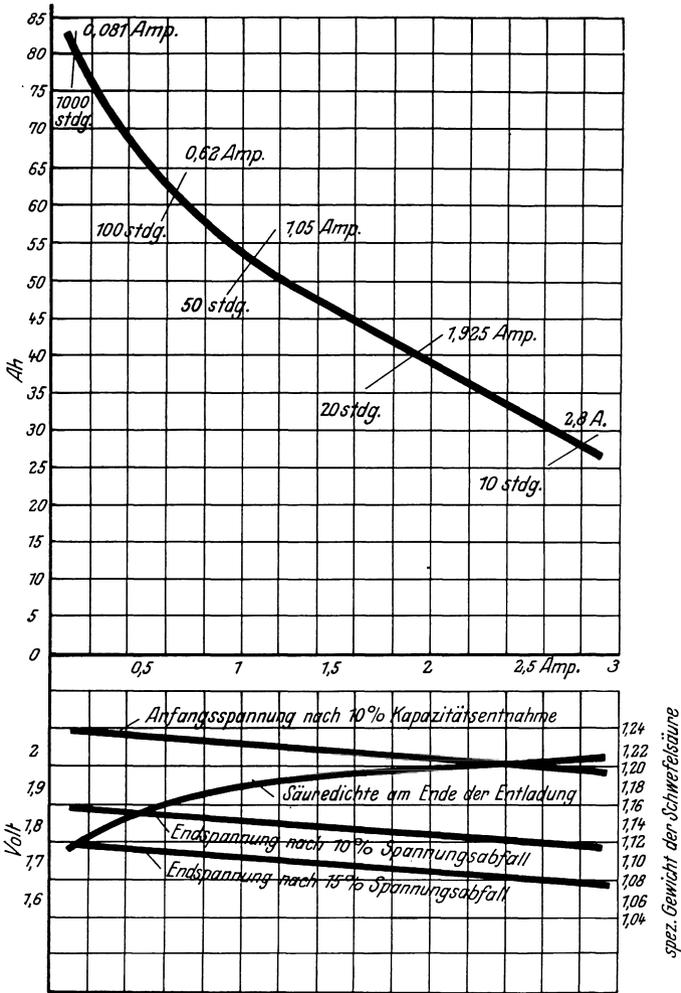


Abb. 11. Kapazität, Spannungslage und Säuredichte eines Masseplattensammlers Type Ad bei verschiedenen Entladeströmen.

etwa $\frac{1}{5}$, bei Entnahme aber der angegebenen höchsten Leistung auf etwa $\frac{1}{2}$ sinkt.

Bei den Accomet- und Ad-Sammlern der Varta (s. Abb. 9 u. 10), die dickere Platten besitzen, fällt das spezifische Gewicht nach Entnahme

der höchsten Leistung noch tiefer und erreicht etwa 1,04—1,05 (siehe Abb. 11).

Bei den verschiedenen Zellentypen treten z. B. folgende Änderungen im spezifischen Gewicht der Füllsäure von Anfang bis Ende der Entladung auf:

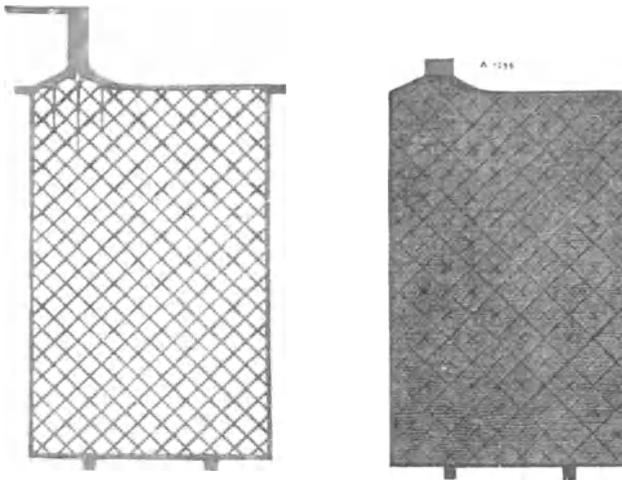
Type	Anfang der Entladung		Ende der Entladung		Nach Ah
Ad	1,24	etwa	1,08	etwa	80
M 3	1,24	„	1,10	„	100
Permanent	1,24	„	1,16	„	30
H 3 EM	1,24	„	1,12	„	96

d) **Ladung.** Die Sammler mit positiven Masseplatten sollen mit einer Stromstärke geladen werden, die der 10stündigen Entladestromstärke entspricht. Eine Ladung mit höheren Stromstärken ist unbedingt zu vermeiden, da dann die Masse ausfällt und die Platte frühzeitig zerstört wird. Die Ladestromstärke kann aber beliebig kleiner sein, sie muß sogar kleiner gewählt werden, wenn der Sammler vorher sehr langsam und tief, z. B. mit der höchsten Kapazität entladen worden ist, damit eine genügende Aufladung in entsprechend längerer Zeit erfolgen kann.

e) **Zusammenfassung der Vorzüge und Nachteile.** Der Masseplatten-sammler hat also folgende Vorzüge: geringe Selbstentladung, hohe Kapazität bei ganz langsamer Entladung mit schwachen Strömen. Nachteil: geringe Haltbarkeit bei stärkerer Beanspruchung.

2. Der Gitterplattensammler.

a) **Aufbau.** Der Aufbau der Gitterplattensammler ist ähnlich wie der der Masseplattensammler, nur daß an Stelle des großfeldrigen ein



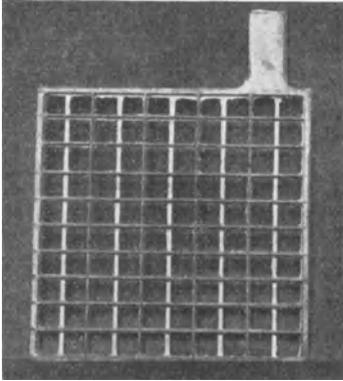
Bleirahmen einer Gitterplatte.

Abb. 12.

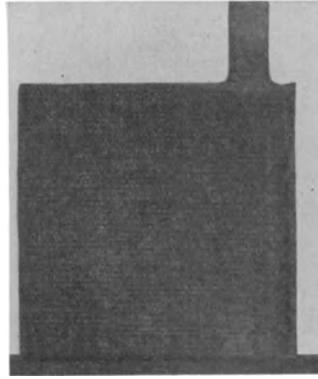
Gitterplatte.

mehr oder weniger engmaschiger Bleirahmen tritt, in den ebenfalls die Bleioxydmasse eingestrichen ist (s. Abb. 12, 13 u. 14).

b) Eigenschaften. Der Gitterplattensammler eignet sich für Entladungen mit größeren Stromstärken, als bei Masseplatten zulässig, und



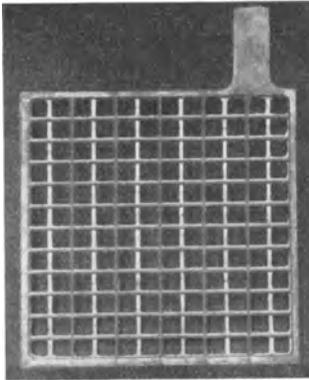
Bleirahmen.



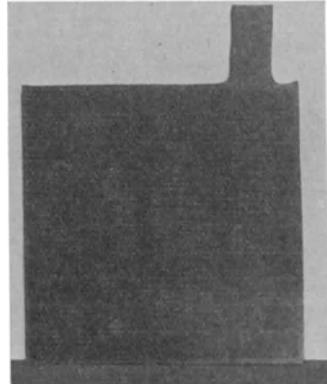
Gitterplatte.

Abb. 13. + Platte eines H E-Sammlers von G. Hagen.

zwar kann die Beanspruchung um so höher sein, je enger und feinmaschiger das massive Bleigitter ist. Entladungen, die sich also auf eine Zeitspanne von 4 Tagen bis 6 Wochen erstrecken, können von den verschiedenen Ausführungsarten der Gitterplatten entnommen



Bleirahmen.



Gitterplatte.

Abb. 14. - Platte eines H E-Sammlers von G. Hagen.

werden. Eine ständige Überlastung und ständige Überladung soll jedoch vermieden werden.

In Abb. 15 sind die Lade-, Entlade- und Kapazitätskurven eines H 3 E-Sammlers (G. Hagen) dargestellt. Wie aus der Kurve ersicht-

lich, beträgt die Kapazität bei 10stündiger Entladung mit 3,9 A etwa 39 Ah, während bei einer Entladung mit nur 1,09 A in einer Zeit von

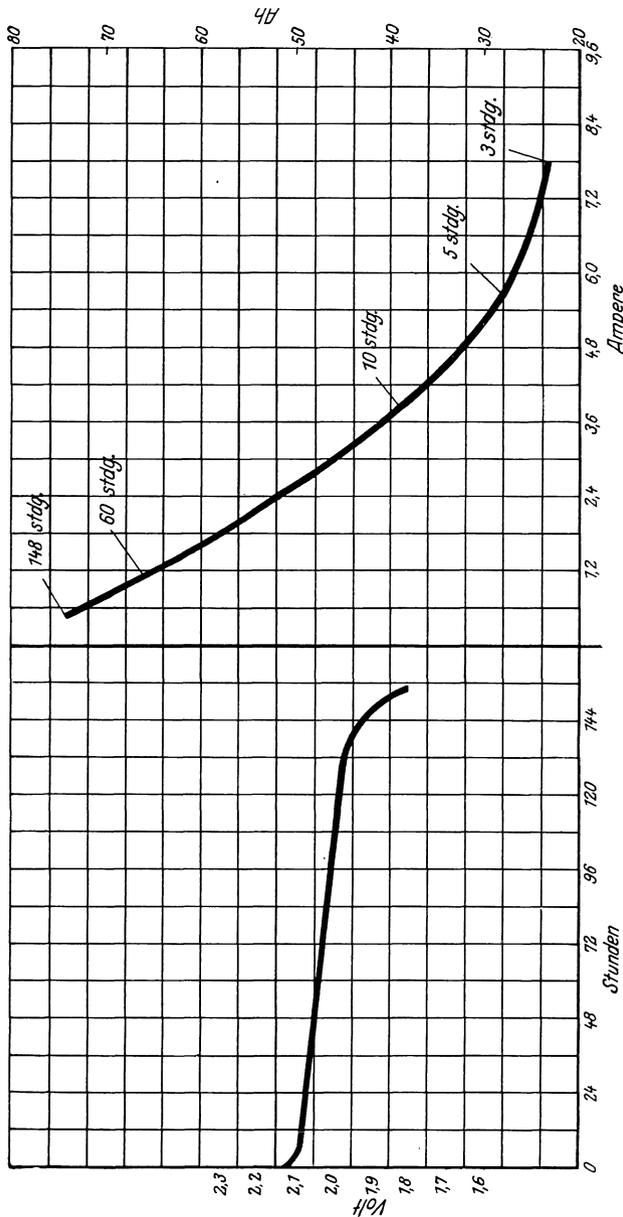


Abb. 15. Entladespannung eines Gitterplattenansammlers, Type H₃ E, bei 0,5 Ampere Entladestrom. Kapazität eines H₃ E-Sammlers.

60 Stunden bereits 65,4 Ah erzielt werden. Ein anderer Gitterplatten-sammler ist der BF 4-Sammler (Varta), dessen Entlade- und Kapazitäts-

kurven in Abb. 16 gezeigt sind. Bei der P-Type (G. Hagen) wird ebenfalls als positive Platte ein sehr enges Bleigitter, die sog. Duplexplatte, verwendet.

Die wirkliche Oberfläche des Gitters der Duplexplatte ist rund 4,5mal so groß wie die projizierte. Diese Platte ermöglicht schnelle Entladungen

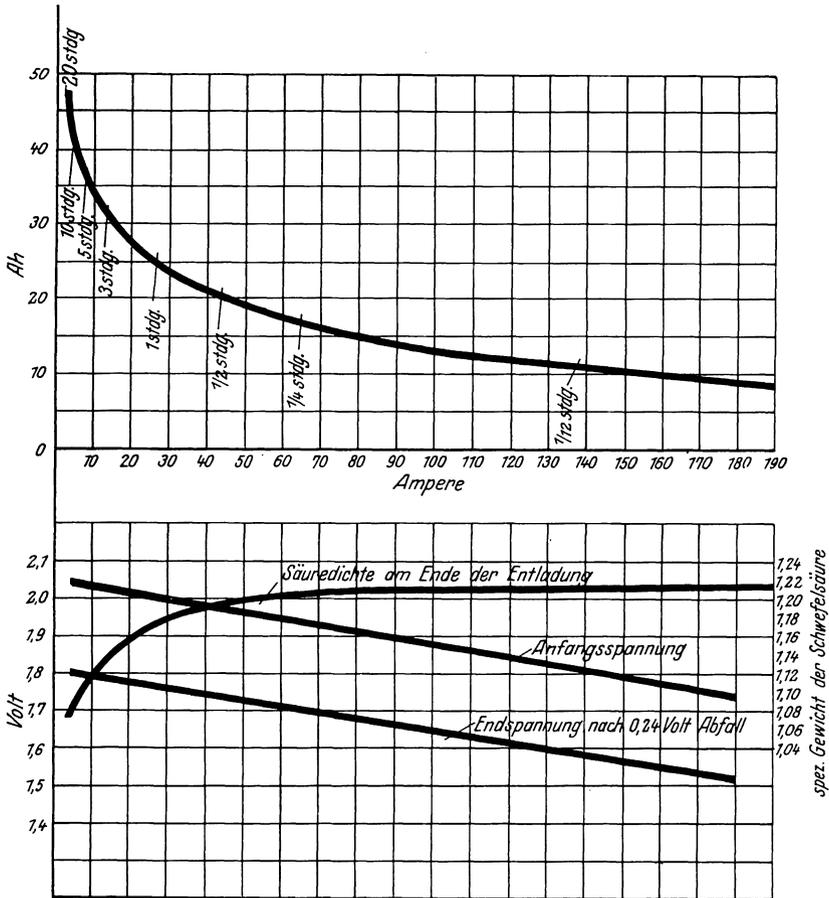


Abb. 16. Kapazität, Spannungslage und Säuredichte eines Gitterplattensammlers, Type Bt₄, bei verschiedenen Entladeströmen.

innerhalb 1—10 Stunden mit großen Stromstärken, besitzt also nach dieser Richtung hin die gleichen Eigenschaften wie Großoberflächenplatten. Charakteristisch für die Platte ist es, daß sie außerdem mit schwachen Strömen bis zu einer Dauer von 6 Wochen entladen werden kann. Zu tiefe Entladungen sind schädlich, es entstehen hierdurch Krümmungen und Rahmenbrüche, doch ist die Platte infolge des kräftig

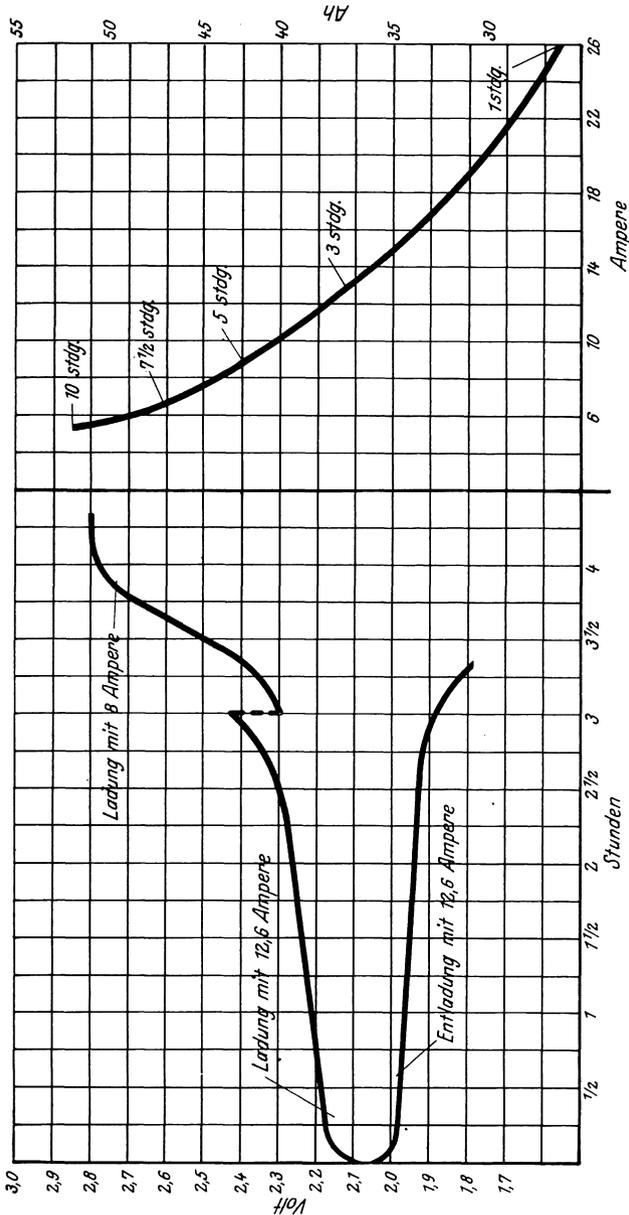


Abb. 17.
Lade- und Entladespannungen eines Gitterplatten(Duplex-)sammlers, Type P₂,
Ladung bis zur Gasbildung mit 12,6 Ampere, dann vermindert auf 8, Entladung
mit 12,6.

Kapazität eines P₂-Sammlers.

ausgebildeten Bleigitters wesentlich widerstandsfähiger und weniger empfindlich als die Gitter- bzw. Masseplatte. Überladungen sind schädlich bei häufiger Wiederholung, denn der Masse- und Kapazitätsverlust wird nur teilweise durch die Formation des massiven Bleigitters

ausgeglichen. Auch durch Dauerladungen mit schwachen Strömen ergeben sich dieselben Folgen. Die mit Duplexplatten ausgerüsteten Sammler haben sich für schwankende Beanspruchung sehr gut bewährt, bei der mit einer Lebensdauer von 1200 1stündigen und 1400 3stündigen Entladungen gerechnet werden kann. Abb. 17 zeigt die Ladé-, Entlade- und Kapazitätskurven dieses Sammlers.

c) **Säuredichte.** Die Säuredichte (spez. Gewicht) ändert sich bei diesen Sammlern wie folgt:

Type	Anfang der Entladung		Ende der Entladung		Nach Ah
H 3 E	1,24	etwa	1,14	etwa	74
P 2	1,21	„	1,17	„	52
BF 4	1,24	„	1,08	„	47

d) **Ladung.** Die Gitterplattensammler sollen mit einer Stromstärke geladen werden, die ungefähr dem $1\frac{1}{2}$ fachen der 10stündigen Entladestromstärke entspricht, auch soll die Ladung möglichst nicht früher als nach 4 Wochen erfolgen. Dagegen kann die HD-Type auch mit dem 3stündigen Entladestrom, also in verhältnismäßig kurzer Zeit, wieder aufgeladen werden.

e) **Zusammenfassung der Vor- und Nachteile.** Der Gitterplattensammler hat also folgende Eigenschaften und Vorzüge: je enger das Gitter der positiven Platte ist, desto höher kann die Beanspruchung sein; je weitmaschiger das Gitter ist, um so geringer ist die Selbstentladung. Vorzügliche Haltbarkeit bei mäßiger Benutzung. Nachteil: empfindlich gegen ständige Überlastung.

3. Der Groboberflächensammler.

Der Groboberflächensammler ist da zu verwenden, wo starke Entladungen vorkommen und die Kapazität des Sammlers in einer Zeit von 1 Tag bis längstens 1 Woche entnommen wird, so daß der Sammler normalerweise alle 3—8 Tage gründlich aufgeladen werden kann.

a) **Aufbau.** Die positive Groboberflächenplatte ist eine mit vielen dünnen Rippen gegossene Bleiplatte (s. Abb. 18), hierdurch wird eine verhältnismäßig große aktive Oberfläche erzielt. Infolge dieser größeren Oberfläche, die auch in unmittelbare Berührung mit der Säure gelangt, können positive Groboberflächenplatten bei sonst gleichen äußeren Abmessungen wie die Masse- und Gitterplatten bedeutend höhere Lade- und Entladeströme als diese vertragen.

b) **Eigenschaften.** Groboberflächenplattensammler haben bei derselben Kapazität ein höheres Gewicht als Masse- und Gitterplattensammler, können dafür aber bis zum vollständigen Materialverbrauch bedeutend mehr Ladungen und Entladungen durchmachen. Derartige Sammler sind deshalb in allen den Fällen zu verwenden, wo häufige

Aufladungen infolge ständiger Benutzung notwendig sind oder eine Entnahme hoher Stromstärken zu erwarten ist. Die Benutzungsdauer einer Ladung soll aber eine Woche möglichst nicht überschreiten, da positive Groboberflächenplatten sonst stark sulfatieren und in ihrer Leistungsfähigkeit sowohl wie auch Lebensdauer sehr zurückgehen.

Sammler mit solchen Platten sind auch dann unbedingt anzuwenden, wenn die Wiederaufladung in Abständen von mehreren Tagen erfolgen muß, da positive Masseplatten und Gitterplatten bei einer derartig starken Benutzung eine zu kurze Lebensdauer haben würden. Die

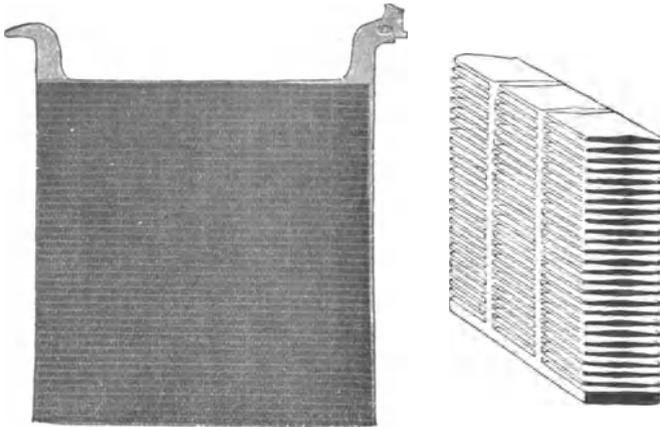


Abb. 18. Groboberflächenplatte.

normale Lebensdauer der drei Plattenarten wird, gute Behandlung vorausgesetzt, ungefähr die gleiche sein (etwa 10 Jahre), nur muß berücksichtigt werden, daß ein Sammler mit positiven Masseplatten so benutzt werden soll, daß er nur einige Male im Jahre geladen zu werden braucht, während ein Sammler mit positiven Groboberflächenplatten 1—2 mal mindestens in der Woche aufgeladen werden muß.

Es ergibt sich hieraus, daß ein Sammler mit positiven Groboberflächenplatten bis zum vollständigen Materialverbrauch etwa 10 mal mehr Entladungen aushält als die Sammler mit positiven Masse- oder Gitterplatten. Groboberflächenplatten besitzen eine Lebensdauer von etwa 800 1stündigen und etwa 1000 3stündigen Entladungen.

Für Betriebsarten, bei denen die Sammler dauernd unter schwachem Ladestrom stehen (Pufferbatterie, Transformatoren), während ihnen von Zeit zu Zeit starke oder dauernd schwache Ströme entnommen werden, sind Sammler mit positiven Groboberflächenplatten zu benutzen, weil die positiven Masse- und Gitterplatten bei einer solchen Benutzungsart eine viel zu kurze Lebensdauer hätten.

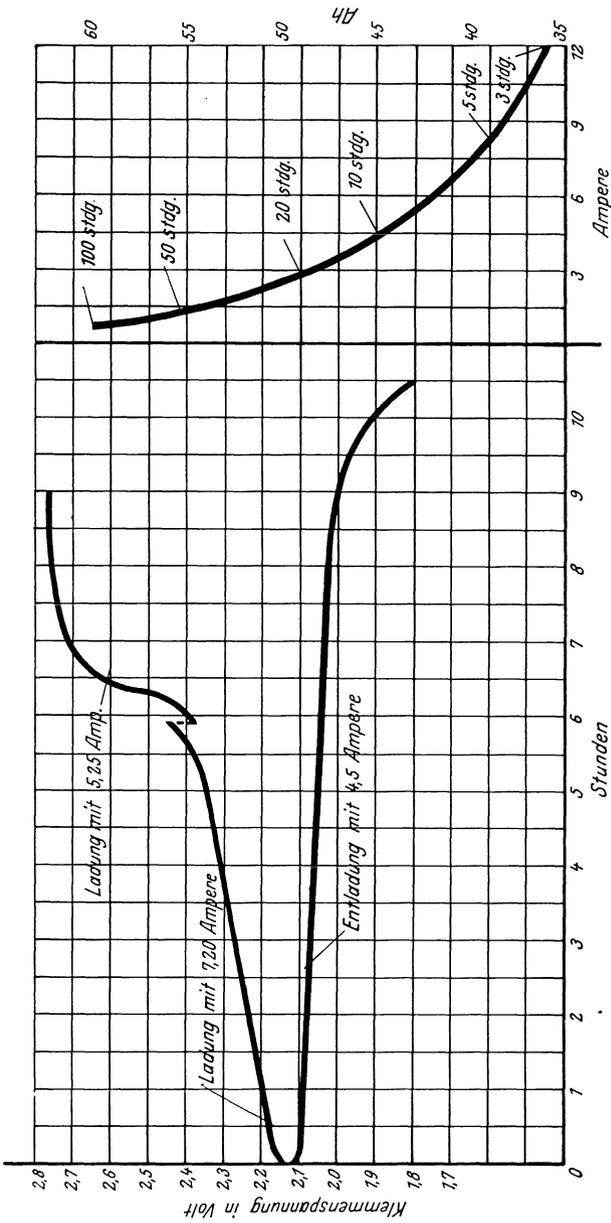


Abb. 19.

Lade- und Entladespannung eines TZO 3-Sammlers.

Kapazität eines TZO 3-Sammlers.

In den Abb. 19 und 20 sind die Lade-, Entlade- und Kapazitätskurven eines Groboberflächensammlers Type TZO 3 (G. Hagen) und eines Groboberflächensammlers Type GO 22 (Varta) dargestellt.

e) Säuredichte. Die Säuredichte (spez. Gewicht) ändert sich bei Groboberflächensammlern wie folgt:

Type	Anfang der Entladung	Ende der Entladung	Nach Ah
TZO 3	1,21	etwa 1,17	etwa 45
GO 22/2	1,20	„ 1,17	„ 30

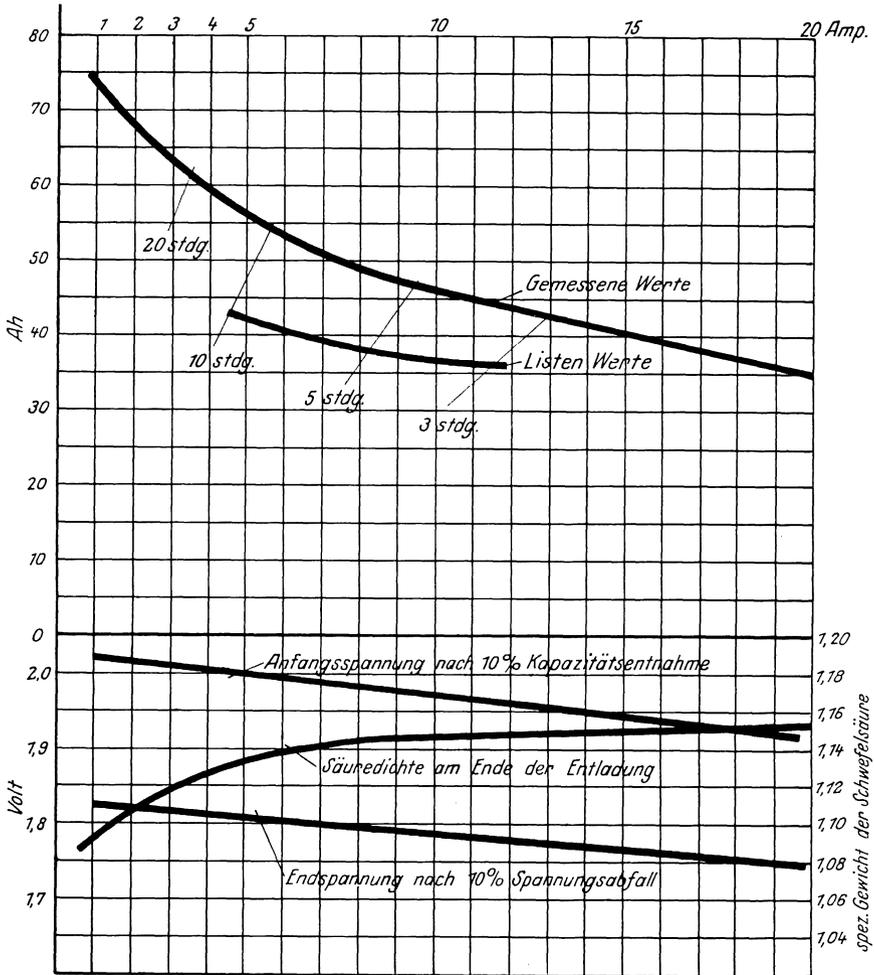


Abb. 20. Kapazität, Spannungslage und Säuredichte eines GO 22/3-Sammlers.

d) Ladung. Die Ladung der Sammler mit positiven Groboberflächenplatten kann mit bedeutend höheren Stromstärken erfolgen als bei Masseplatten, und zwar gilt als normaler Ladestrom der 3stündige Entladestrom des betreffenden Sammlers. Es empfiehlt sich jedoch,

gegen Ende der Ladung die Stromstärke auf etwa die Hälfte herabzusetzen (s. Abb. 19). Sammler, die sehr tief entladen wurden oder im entladenen Zustande längere Zeit gestanden haben, sollen auch zu Beginn der Ladung mit der Hälfte der höchsten Stromstärke geladen werden.

e) **Zusammenfassung der Vorzüge und Nachteile.** Der Grobflächenplattensammler hat also folgende Vorzüge: große Haltbarkeit bei starken Stromstößen in Ladung und Entladung bei guter Betriebsspannung. Nachteil: starke Selbstentladung und Sulfation, falls nicht in mindestens alle 1–2 Wochen gründlich aufgeladen wird.

D. Leistungsbereich der Sammler.

Die aus Abb. 21 ersichtliche Kurve (Leistungsvergleich verschiedener Varta-Typen) bestätigt in gedrängter Form das vorher über die

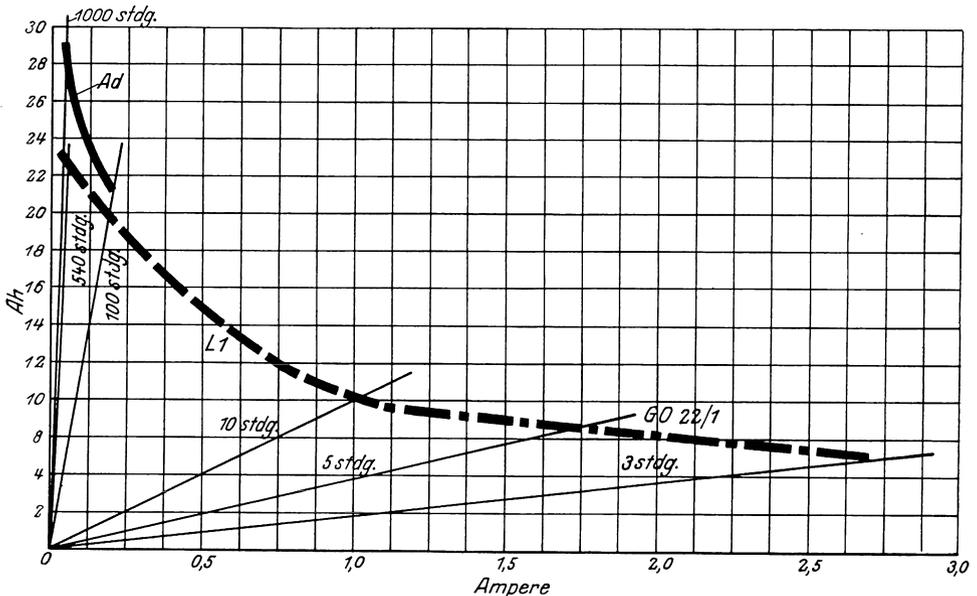


Abb. 21. Leistungsvergleich verschiedener Varta-Typen: — Ad umgerechnet auf 10 Ah-Type (100 u. 1000 stdg.). - - - L1 umgerechnet auf 10 Ah-Type (10 u. 540 stdg.). - · - · GO 22/1 R umgerechnet auf 10 Ah-Type (3,5 und 10 stdg.). (Werte bezogen auf Listen der Varta.)

besonderen Anwendungsgebiete der einzelnen Platten Gesagte. Wie aus der Kurve entnommen werden kann, ist die Type Ad mit besonders starker Masseplatte für eine Entladedauer von mehreren Monaten, die Type L mit normaler Masseplatte für eine Entladedauer von mehreren Wochen und die Type GO 22 mit Grobflächenplatte für eine Entladedauer von einigen Tagen vorgesehen.

	Masseplatten	Gitterplatten	Duplexplatten	Großoberflächenplatten
Entladung:				
1. Dauer	über 6 Wochen bis 6 Monate	bis 6 Wochen	bis 3 Wochen	bis 3 Tage
2. Stromstärke	etwa $\frac{1}{20}$ der 10stündigen	bis 10stündige	bis 1stündige	bis 1stündige
3. über die höchste Kapazität	schädlich: Wachsen, Krümmungen, Rahmenbrüche	schädlich: Wachsen, Krümmungen, Rahmenbrüche	schädlich: Wachsen, Krümmungen, Rahmenbrüche	schädlich: Wachsen, Krümmungen, Rahmenbrüche
Ladung:				
1. schnellstens nach Entnahme der höchsten Kapazität	in etwa 25 Stunden	in etwa 7 Stunden	in etwa $4\frac{1}{2}$ Stunden	in etwa $4\frac{1}{2}$ Stunden
2. Höchst - Stromstärke	10 stündiger Entladestrom	$1\frac{1}{2}$ faches des 10 stündigen Entladestromes	3 stündiger Entladestrom	3 stündiger Entladestrom
3. mit großen Stromstärken, Überladung, Dauerladung mit schwachem Strom	sehr schädlich: Masse- und Kapazitätsverlust	sehr schädlich: Masse- und Kapazitätsverlust	schädlich: bei häufiger Wiederholung Masse- und Kapazitätsverlust, doch teilweiser Ersatz durch Formation des Gitters	stärkere Abnutzung, Masseverlust wird ersetzt durch Formation des Gitters

Die in Abb. 22 dargestellten Kurven zeigen die Leistung in Wattstunden pro Kilogramm Gesamtgewicht bei verschiedenen Entladezeiten, Werte, die den Listen der Varta entnommen sind. Aus den besonders stark ausgezogenen Linienbereichen ist das besondere Anwendungsgebiet der einzelnen Platten zu ersehen. Hier ist zu bemerken, daß die Type Le 3 eine Gitterplatte besitzt, die für Entladungen in kürzeren Zeitabständen vorgesehen ist; sie kommt

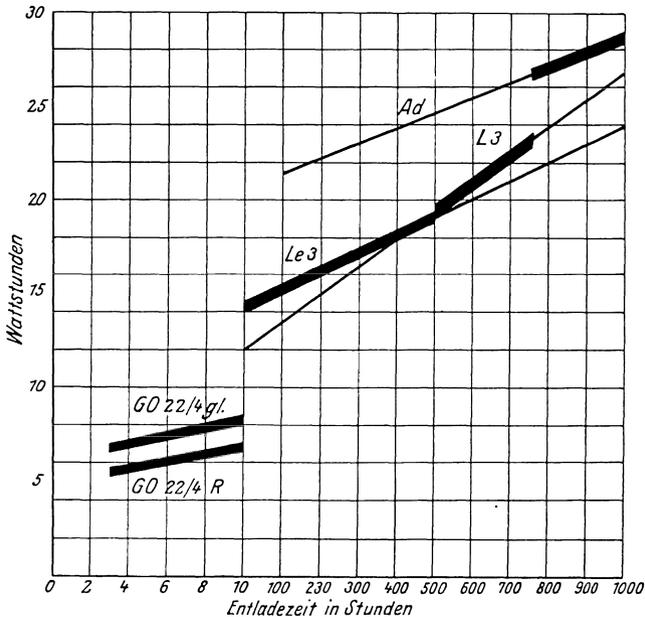


Abb. 22. Wattstunden pro Kilogramm bei verschiedener Entladezeit.

daher in ihrer Wirkungsweise der Großoberflächenplatte nahe, die besonders für Entladungen von kürzerer Zeitdauer vorgesehen wird.

In Abb. 23 werden kurvenmäßig die Anschaffungskosten verschiedener Varta-Akkumulatortypen, bezogen auf 1 Wh, dargestellt. Die Kurven erläutern wiederum die besonderen Anwendungsgebiete der einzelnen Platten und zeigen, in welchen Bereichen sie wirtschaftlich am besten arbeiten.

Die Zusammenstellung der bisherigen Betrachtungen ergibt die nebenstehende Tabelle. An Hand dieser Tabelle ist es möglich, stets die für den Verwendungszweck in Betracht kommende Plattenart festzustellen. Besondere Verhältnisse sind jedoch stets sorgfältig zu prüfen.

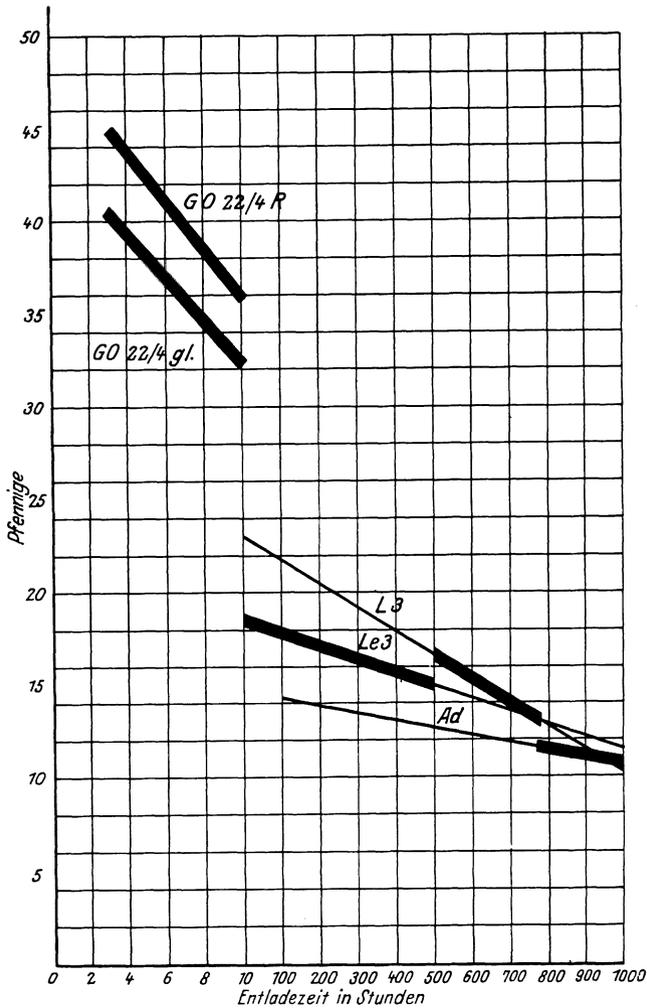


Abb. 23. Anschaffungskosten verschiedener Sammlertypen, bezogen auf 1 Wattstunde. (Werte bezogen auf Listen der Varta.)

E. Gefäßmaterial der Sammler.

Nachdem unter Berücksichtigung der Benutzungsweise die geeignete Plattentype ausgewählt ist, muß noch entschieden werden, welches Gefäßmaterial man verwenden soll.

Es kommen drei Materialarten für die Gefäße der Sammler in Betracht, und zwar Glas, Hartgummi und Zelluloid. Von diesen drei Arten ist das Glas das idealste, da es sich der Säure gegenüber vollkommen neutral verhält, also auch keine Verunreinigung des Elektro-

lyten verursachen kann. Ferner ist Glas ein ausgezeichneter Isolator und ermöglicht außerdem noch den Einblick in das Element. Gefäße aus gepreßtem Rippenglas sind widerstandsfähiger als die aus geblasenem Glas mit dünnen Wandungen. Die beiden anderen Materialien, Hartgummi und Zelluloid, kommen für vorliegende Zwecke weniger in Betracht, sondern sind hauptsächlich für fahrbare Batterien anzuwenden. Hartgummi ist ebenfalls ein guter Isolator und wird von der Säure nicht angegriffen, doch ist es nicht durchsichtig und ermöglicht deshalb keinen Einblick in das Zelleninnere. Der Einbau in Zelluloid ermöglicht zwar eine leichtere Besichtigung der Platten, doch hat Zelluloid verschiedene andere unangenehme Eigenschaften, die verhindern, daß man es dort, wo man Glas nicht gebrauchen kann, allgemein für transportable Sammler anwendet.

Diese unangenehmen Eigenschaften sind:

1. Leichte Entzündbarkeit, daher Feuersgefahr auch bei zufälligen Kurzschlüssen¹⁾.
2. Verziehen der Gefäße bei hohen Temperaturen, wie z. B. in den Tropen.
3. Ausscheiden von Stoffen, die einen schädlichen Einfluß auf die Platten ausüben, wenn man nicht bestes und gut ausgelüftetes Zelluloid anwendet.
4. Lösen organischer Substanzen des Zelluloids bei hohem Säuregehalt; es fängt bereits bei etwa 1,32 spez. Gewicht (35° Bé) an, obgleich bei normaler Behandlung eine derart hohe Säuredichte gar nicht auftreten darf.

Ortsfeste Sammler in Glasgefäßen werden in der Regel ungefüllt und ungeladen geliefert und an Ort und Stelle mit Säure gefüllt und geladen. Auch ist es vorteilhaft, daß die Verschußdeckel der Glasgefäße nicht vergossen sind, sondern nur lose aufliegen, um bei Fehlern leichter in das Innere der Sammler zu gelangen.

Sondertypen von Masseplattensammlern, wie z. B. Accomet, Ad, der Varta und Permanent von G. Hagen, können in geladenem Zustande, jedoch ungefüllt, lange Zeit lagern. Nach Einfüllen der Säure sind sie dann betriebsfertig.

F. Untersuchung²⁾.

Ein besonderes Kapitel ist die Untersuchung schadhafter Sammlerzellen und das Messen des richtigen Ladezustandes der Zellen. Für ge-

¹⁾ Siehe VDE-Vorschrift § 8, Abs. d: Zelluloid darf bei Akkumulatorenbatterien für mehr als 16 V Spannung außerhalb des Elektrolyten und als Baustoff der Gefäße nicht verwendet werden.

²⁾ Siehe auch F. E. Kretschmar. Die Krankheiten des Bleiakкумуляtors. 2. Aufl. München: R. Oldenbourg 1922.

wöhnlich genügt hier die einfache Spannungsmessung zwischen positiver und negativer Platte, doch nicht etwa im Ruhezustand des Sammlers, wie es meistens gemacht wird, sondern die Arbeitsspannung bei Belastung.

Zur genauen Untersuchung, Prüfung der Güte und zum Vergleichen verschiedener Fabrikate von Sammlerzellen benutzt man die Spannungsmessung der positiven und negativen Elektroden gegen Kadmium. Diese aus Kadmium hergestellte Hilfselektrode ist ein Kadmiumstab von etwa 100 mm Länge und 7 mm Durchmesser, der an dem einen Ende eine Klemme trägt. Mit dieser Klemme kann man nun je nach Bedarf den positiven oder negativen Pol eines Spannungsmessers verbinden. Hierzu muß man einen Präzisionsspannungsmesser (Drehspulinstrument) benutzen, das noch mit Sicherheit hundertstel Volt abzulesen gestattet.

Die Messung wird in folgender Weise ausgeführt:

A. Messung der Spannungswerte bei der Ladung.

Gegen Ende der Ladung werden in gleichmäßigen Zeitabständen von einigen Stunden folgende Messungen vorgenommen:

1. ohne Kadmiumstab; die Klemmenspannung des Sammlers steigt vom Beginn bis zum Ende der Ladung von 2,2 bis auf 2,7 V;

2. mit Hilfe des Kadmiumstabes wird die Spannung der positiven Elektrode gegen Kadmium gemessen, indem man den Kadmiumstab auf die negative Meßspitze des Spannungsmessers klemmt und, ohne die Platten zu berühren, durch die Füllöffnung des Elements in den Elektrolyten taucht, während die positive Meßspitze des Spannungsmessers mit dem positiven Pol des Sammlers in Verbindung gebracht wird (s. Abb. 24). Die Spannung vom Beginn bis zum Ende der Ladung steigt von 2,25 bis 2,5 V;

3. mit Hilfe des Kadmiumstabes wird die Spannung der negativen Elektrode gegen Kadmium gemessen, wobei wieder der Kadmiumstab auf die negative Meßspitze des Spannungsmessers geklemmt und in den Elektrolyten getaucht wird, während man die positive Meßspitze mit dem negativen Elementpol in Verbindung bringt. Die Spannung hat anfangs 0,1 V und sinkt dann langsam bis auf 0 V. Es wird nun die positive Meßspitze des Spannungsmessers auf den Kadmiumstab geklemmt und der Stab wieder in den Elektrolyten getaucht, während

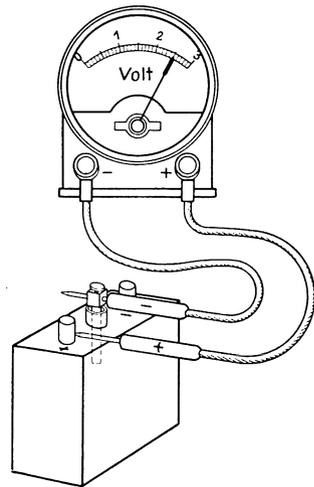


Abb. 24. Untersuchung eines Sammlers mit Kadmiumstab.

die negative Meßspitze mit dem negativen Elementpol in Verbindung gebracht wird. Die Spannung steigt dann langsam auf 0,2 bis auf 0,26 V.

B. Messung der Spannungswerte bei der Entladung.



Abb. 25. Prüfbelastung einer Sammlerzelle.

Der zu untersuchende Sammler wird über einen Widerstand mit seiner normalen oder besser mit niedrigerer Stromstärke entladen, wobei wieder in gleichmäßigen Zeitabschnitten von einigen Stunden folgende Messungen vorgenommen werden (s. Abb.25):

1. ohne Kadmiumstab, die Klemmenspannung des Sammlers sinkt von etwa 2,2 V rasch auf 2 V und geht dann langsam bis auf 1,8 V herunter; eine weitere Entladung ist dann nicht zu empfehlen;

2. mit Hilfe des Kadmiumstabes wird die Spannung der positiven Elektrode gegen Kadmium ge-

messen, die Spannung sinkt ebenfalls von etwa 2,5 bis auf 2,25 V;

3. mit Hilfe des Kadmiumstabes wird die Spannung der negativen Elektrode gegen Kadmium gemessen. Die Spannung steigt von einem Anfangswert von etwa 0,12 V bei Beginn der Entladung langsam bis auf etwa 0,16 V gegen Ende der Entladung.

Die vorerwähnten Werte gelten als normal für gute Sammler; die Kadmiummessung soll insbesondere dazu dienen, bei schlechten oder verdorbenen Sammlern festzustellen, ob die positive oder negative Elektrode die Ursache der geringen Klemmenspannung des Sammlers ist und ob durch Sonderbehandlung beim Laden eine Verbesserung erreicht wird.

Wenn z. B. ein Sammler durch Unterentladung oder zu langes Stehen gelitten hat, dann kann beim Laden die normale Endspannung der negativen Elektrode gegen Kadmium von 0,26 V nur durch längeres

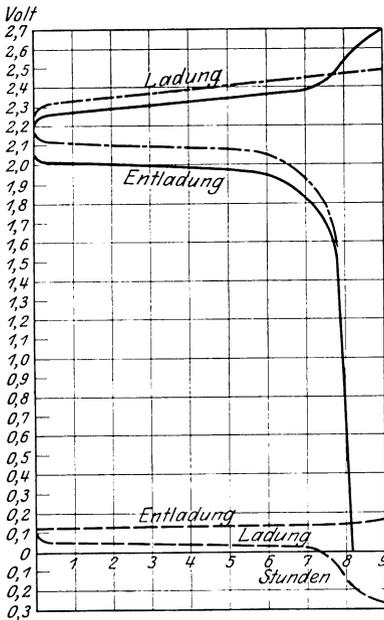


Abb. 26.
 — Klemmenspannung des Sammlers.
 --- Spannung der Positiven gegen Cd.
 ... „ „ Negativen „ „

ladigen Elektrode gegen Kadmium von 0,26 V nur durch längeres Laden mit entsprechend schwächerem Strom erreicht werden. Die schlechte negative Elektrode zeigt sich auch beim Messen der Spannungswerte während der Entladung. Bei einem guten Sammler beträgt die

Spannung der positiven Elektrode gegen Kadmium etwa 1,96, wenn die Klemmenspannung am Ende der Entladung auf 1,8 V gesunken ist. Es ist also die positive Elektrode, die abgefallen ist, während die negative Elektrode nur geringe Änderung zeigt.

Ist die negative Elektrode dagegen schlecht, so beträgt am Ende der Entladung bei 1,8 V Klemmenspannung die Spannung der positiven Elektrode gegen Kadmium 2,0 bis 2,1 V, die der negativen Elektrode 0,2 bis 0,3 V. Die Kadmiummessung zeigt demnach stets, welche von beiden Plattensorten die schlechtere ist.

In Abb. 26 sind die unter A und B angegebenen Meßwerte in Kurvenform für ein gutes Element nach Angaben der Varta ersichtlich.

G. Allgemeine Behandlungsvorschriften für Sammler.

Entladung: Für ununterbrochene Entladung kann dem Sammler jede beliebige Stromstärke bis zu der in der Vorschrift genannten höchsten entnommen werden. Der Sammler ist entladen, wenn die Spannung bei Stromentnahme auf 1,8 V gesunken ist.

Bei Entladung mit geringerem Strom oder bei unterbrochener Entladung ist die Entladung beendet, wenn die Spannung eines Elements bei Belastung mit dem etwa doppelten Entladestrom nach etwa 10 Sek. auf 1,8 V gesunken ist.

Es können bei unterbrochener Entladung dem Sammler auch größere Stromstärken entnommen werden, wenn zwischen den einzelnen Stromentnahmen Pausen liegen, so daß sich die Platten wieder erholen können.

Weitere Entladung unter diese Grenzen ist den Platten schädlich. Die Wiederaufladung soll möglichst innerhalb der nächsten 24 Stunden erfolgen, da längeres Stehen im entladenen Zustande dem Sammler ebenfalls schadet.

Zum Messen der Elementspannung sind Taschenspannungsmesser von 0 bis 3 V zu empfehlen.

Aufladung: Zum Laden kann nur Gleichstrom verwendet werden. Steht Wechsel- oder Drehstrom zur Verfügung, so muß dieser durch besondere Einrichtungen in Gleichstrom umgeformt werden.

Während der Dauer der Ladung sind die Elementstopfen von den Tüllen zu nehmen. Wenn die Platten nicht mehr reichlich (etwa 15 mm) mit Säure bedeckt sind, ist immer nur destilliertes Wasser nachzufüllen. Hierauf wird der Sammler zum Laden angeschlossen, wobei der positive (+) Pol des Sammlers mit dem positiven (+) Pol der Ladeleitung, desgleichen die beiden negativen (–) Pole miteinander verbunden werden. (Der negative Pol färbt das angefeuchtete Polreagenspapier rot.)

Die Aufladung ist mit der in der Vorschrift genannten normalen Ladestromstärke so lange fortzusetzen, bis die positiven und negativen Platten gleichmäßig lebhaft Gas entwickeln, die Spannung eines Sammlers

bei Anwendung des genannten Ladestromes 2,6 bis 2,7 V erreicht hat und während einer halben Stunde nicht mehr steigt, und die Säuredichte sich nicht mehr ändert. Bei Batterien muß die Gasentwicklung in allen Sammlern gleichzeitig und gleichmäßig beginnen. Sollten ein oder mehrere Sammler zurückbleiben, so sind diese sofort auf Kurzschluß zu untersuchen und gegebenenfalls zu entfernen. Es empfiehlt sich, gegen Ende der Ladung die Stromstärke auf etwa die Hälfte herabzusetzen. Eine geringere Ladestromstärke ist zulässig, erfordert aber entsprechend längere Ladezeit und eine etwas niedrigere Endspannung.

Die Zeitdauer der Ladung läßt sich nicht allgemein festlegen, da sie von der entnommenen Kapazität während der vorangegangenen Entladung abhängig ist.

Sammler, die zu tief entladen worden sind, müssen zu Beginn der Ladung etwa 10 Stunden mit einem Drittel bis zur Hälfte der in der Vorschrift genannten Ladestromstärke geladen werden; hierauf ist dann mit voller Ladestromstärke zu Ende zu laden. Bei Dauerladung muß der Ladestrom entsprechend dem Verbrauch von Fall zu Fall bestimmt werden.

Bei Sammlern, die längere Zeit entladen gestanden haben, sind die Platten sulfatiert. Die positiven Platten erscheinen dann fuchsigtrot, die negativen weißlichgrau. Die bei solchen Sammlern oft bald nach dem Einschalten vorhandene hohe Spannung von etwa 3 V kann nicht als Spannung für beendete Ladung angesehen werden, denn bei Fortsetzung der Ladung fällt sie wieder. Solche Sammler bedürfen, wenn sie ganz schwachen Ladestrom nicht mehr aufnehmen, einer besonderen Behandlung. Wenn der Zustand nicht allzu weit vorgeschritten ist, müssen die Zellen mit ganz dünner Säure oder destilliertem Wasser gefüllt und mit etwa einem Drittel der normal vorgeschriebenen Stromstärke so lange geladen werden, bis die positiven Platten eine gleichmäßig dunkelbraune Färbung und die negativen eine gleichmäßig blaugraue Färbung angenommen haben. Diese Ladung dauert 3 bis 5 Tage. Die Erreichung eines guten Ladezustandes zeigt sich dann auch durch gleichmäßige Gasentwicklung an beiden Plattenarten. Danach wird die richtige Säurelösung eingefüllt und gegebenenfalls eine Entladeprobe gemacht.

Zellen mit sehr stark sulfatierten Platten können einem Entsulfatierungsverfahren unterzogen werden.

Man kann zum Entsulfatieren entweder die Platten herausnehmen oder, wenn das Öffnen der Zellengefäße Schwierigkeiten macht, in diesem belassen. Im ersten Falle baut man die Platten in größere Glasgefäße ein, die reichlich mit Flüssigkeit versehen werden können, im zweiten Fall entfernt man zunächst die Säure aus den Zellen. Die Gefäße werden hierauf mit destilliertem Wasser gefüllt und die Platten

etwa 14 Stunden darin gewässert. Dann ersetzt man die Wasserfüllung durch eine 5proz. Ätznatronlösung (1,06 spez. Gew.). Die Platten werden nun mit der normalen Stromstärke etwa 6 Stunden geladen. Es muß während der Ladung darauf geachtet werden, daß das Elektrolyt alkalisch bleibt. Zu diesem Zweck ist es notwendig, die in der Zelle enthaltene Flüssigkeit von Zeit zu Zeit mit blauem Lackmuspapier zu prüfen. Wenn der Elektrolyt sauer reagiert, also der Lackmустreifen beim Eintauchen rot wird, dann ist 5proz. Ätznatronlösung so lange nachzufüllen, bis ein Lackmустreifen wieder blaue Färbung annimmt. Es genügt meist auch, die erste Ätznatronlösung nach dreistündigem Laden durch eine neue zu ersetzen und dann weitere 3 Stunden zu laden.

Nach beendeter Ladung werden die Zellen entleert, mit destilliertem Wasser gut ausgespült und hierauf mit Schwefelsäure von 1,22 bis 1,23 spez. Gew. gefüllt. Jetzt wird bis zur Endspannung nachgeladen. Am Ende der Ladung ist die Säure in bekannter Weise zu regulieren.

Dieses Verfahren hat für transportable Sammler keine nachteiligen Folgen. Die Platten werden allerdings nicht wie neu, aber immerhin so, daß sie noch längere Zeit gebrauchsfähig bleiben.

Ein Vorzug gegenüber dem vorher angegebenen Verfahren des Langsamladens besteht darin, daß die sulfatierten Zellen schneller wieder in gebrauchsfähigen Zustand zu bringen sind; sonst dauert dies meist mehrere Tage.

5proz. Ätznatronlösung, NaOH, kann man sich selbst herstellen, indem man technisch reines Ätznatron mit der 20fachen Gewichtsmenge destillierten Wassers versetzt. Benutzt werden darf sie erst, wenn das Ätznatron vollständig gelöst ist. Die Dichte wird dann 1,06 spez. Gew. betragen.

Nach dem Laden sind sämtliche Metallteile zu reinigen und mit dickflüssigem Öl gut einzufetten. Ist der Sammler mit Klemmen auf Ölpolschuhen ausgerüstet, so ist deren Ölraum stets mit Öl gefüllt zu halten. Nach längerer Zeit ist das alte Öl zu entfernen und durch neues zu ersetzen. Die Oberfläche des Öles ist stets frei von Staub zu halten.

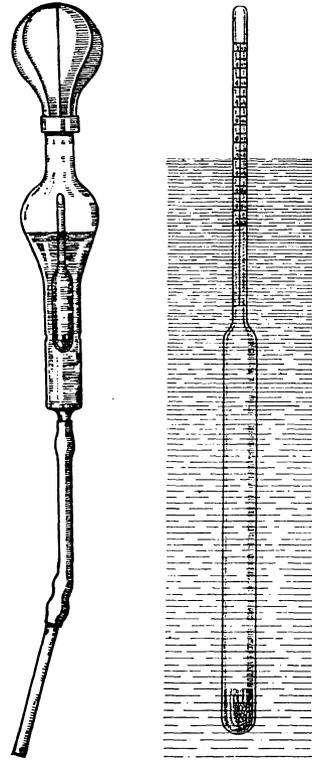


Abb. 27.
Hebersäuremesser der Varta. Säuremesser.

Säureregulierung: Zum Messen der Säuredichte und zum Regeln des Säurestandes bedient man sich zweckmäßigerweise des Hebersäuremessers (s. Abb. 27). Die Säuredichte soll im geladenen Zustande des Sammlers 1,20 spez. Gew. bei Grobflächenplatten bzw. 1,24 spez. Gew. bei Masse- und Gitterplatten betragen. Ist das spezifische Gewicht niedriger, so ist weiterzuladen, denn die Säuredichte muß wieder auf 1,20 bzw. 1,24 spez. Gew. steigen; ist es höher, dann ist ein Teil der Säure abzuziehen und durch destilliertes Wasser zu ersetzen. Die Säure im Sammler soll stets etwa 15 mm über den oberen Plattenkanten stehen. In der Regel ist nur destilliertes Wasser nachzufüllen; Schwefelsäure darf nur dann nachgefüllt werden, wenn der Flüssigkeitsinhalt des Sammlers durch irgendeinen anderen Umstand als durch Verdunsten, z. B. durch Verschütten, Überschwappen u. dgl., verringert wurde. In diesem Fall ergänze man mit chemisch reiner, mittels destil-

Akkumulatorensäure		Konzentrierte Schwefelsäure		Destilliertes Wasser
spez. Gewicht	Grad Beaumé	Liter	Kilogramm	Liter oder Kilogr.
1,00	0	0,000	0,000	1,000
1,04	5	0,033	0,061	0,977
1,05	6	0,049	0,090	0,968
1,08	10	0,063	0,116	0,959
1,08	11	0,070	0,129	0,954
1,09	12	0,077	0,142	0,949
1,10	13	0,084	0,155	0,945
1,11	14	0,092	0,169	0,939
1,12	15	0,098	0,181	0,934
1,13	16	0,105	0,193	0,930
1,13	17	0,114	0,210	0,924
1,14	18	0,122	0,225	0,918
1,15	19	0,130	0,239	0,913
1,16	20	0,140	0,258	0,904
1,17	21	0,148	0,273	0,898
1,18	22	0,157	0,289	0,891
1,19	23	0,167	0,308	0,883
1,20	24	0,177	0,326	0,875
1,21	25	0,187	0,344	0,866
1,22	26	0,196	0,361	0,859
1,23	27	0,207	0,381	0,849
1,24	28	0,216	0,398	0,841
1,25	29	0,227	0,418	0,834
1,26	30	0,238	0,438	1,000
1,32	35	0,299	0,551	0,771
1,38	40	0,368	0,678	0,710
1,45	45	0,438	0,807	0,648
1,53	50	0,519	0,956	0,574
1,62	55	0,614	1,113	0,484
1,71	60	0,724	1,334	0,375
1,84	66	1,000	1,842	0,000

liertem Wasser auf obige Werte verdünnter Schwefelsäure. Keinesfalls darf die Flüssigkeit, wenn ihre Dichte geringer als 1,20 spez. Gew. ist, durch Nachfüllen von Säure höherer Dichte auf die vorschriftsmäßige Höhe gebracht werden.

Aus der nebenstehenden Mischungstabelle ersieht man, wieviel konzentrierte Schwefelsäure in Liter oder Kilogramm man nehmen muß, um zusammen mit der in Spalte 5 angegebenen Menge destillierten Wassers 1 l Akkumulatorensäure von bestimmtem spezifischen Gewicht zu erhalten. Die Tabelle gilt für eine Temperatur von $+15^{\circ}\text{C}$ für alle darin enthaltenen Flüssigkeiten.

Ein Ableuchten der Zellen mit offener Flamme ist unbedingt zu vermeiden, da die in den Zellen angesammelten Gase explosibel sind.

Nach einer Säureregulierung ist es zweckmäßig, noch etwa $\frac{1}{4}$ Stunde lang weiterzuladen, damit sich die Säuredichte ausgleicht. Nach Aufsetzen der Stopfen ist der Sammler dann wieder gebrauchsfähig.

Anweisung für die Prüfung von destilliertem Wasser und Säure auf Reinheit. Prüfung des destillierten Wassers auf Chlor.

Man spült ein Reagenzglas gründlich mit dem zu untersuchenden Wasser und füllt es dann zu etwa ein Viertel mit diesem. Darauf bringt man aus dem Tropffläschchen aus dunklem Glase (das mit Salpetersäure schwach angesäuerte $\frac{1}{2}$ proz. Höllensteinlösung enthält) 2—3 Tropfen in das Reagenzglas.

Hierauf schüttelt man das Reagenzglas mit der Flüssigkeit ein wenig hin und her, wobei man das Glas nicht mit dem Daumen oder auf andere Weise verschließen darf.

Bleibt die Flüssigkeit nach dem Schütteln während 10 Minuten klar, so ist das Wasser gut, wird sie trübe (milchig), so ist das Wasser unbrauchbar.

Prüfung der Nachfüllsäure auf Chlor.

Die Nachfüllsäure ist ebenso wie das destillierte Wasser zu prüfen. Wenn bei Zusatz von einer Lösung aus dem dunklen Fläschchen zu einer Probe der Nachfüllsäure ein brauner Niederschlag oder eine bräunliche Färbung eintritt, so muß man eine frische Probe der Säure nehmen, sie über der Spiritusflamme 2 bis 3 Minuten lang kochen, dann ein paar Tröpfchen aus dem aus farblosem Glas bestehenden Tropffläschchen (das Salpetersäure enthält) hinzufügen, wiederum aufkochen, abkühlen und erst jetzt mit Höllensteinlösung versetzen.

Bleibt die Flüssigkeit nach dem Schütteln klar, so ist die Säure gut, wird sie schwach trübe, so ist die Brauchbarkeit der Säure fraglich; sie muß dann zwecks Untersuchung an ein chemisches Laboratorium gesandt werden.

Prüfung der Nachfüllsäure auf schädliche Metalle.

Man füllt ein mit der Nachfüllsäure gründlich ausgespültes Reagensglas zu etwa ein Viertel mit solcher Säure, läßt aus dem Vorratsgläschen ein Stück chemisch reines Zink mit Hilfe eines Streichholzes, Bleistiftes usw. in das Reagensglas mit Säure fallen und beobachtet nach einer Viertelstunde, ob in der Flüssigkeit eine lebhaft Gasentwicklung stattfindet oder nicht.

Wird eine lebhaft Gasentwicklung selbst nach sechsmaligem Ausführen der Prüfung beobachtet, so darf solche Säure nicht in die Elemente eingeführt werden, vielmehr ist sofort eine Probe zwecks Untersuchung an ein chemisches Laboratorium zu senden und dessen Bescheid abzuwarten. Gebrauchte Elementsäure kann nicht mit chemisch reinem Zink untersucht werden. — Das zu jeder einzelnen Untersuchung benutzte Stückchen Zink ist nach Gebrauch wegzuwerfen.

H. Aufstellung der Sammlerbatterien.

Kleinere Sammlerbatterien werden häufig bei Fernmeldeanlagen in Räumen untergebracht, die nach den Verbandsvorschriften¹⁾ nicht als Betriebsräume gelten. Man verwendet dann transportable Sammler-

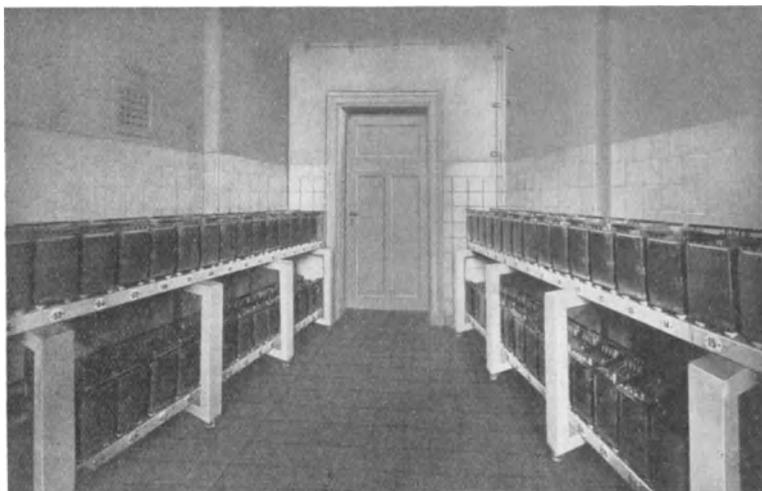


Abb. 28. Sammlerraum einer elektrischen Uhrenanlage der Berliner Einheitszeit G.m.b.H.

typen, auch wenn die Batterie stationär aufgestellt ist, d. h. die Batterie wird weder bei Abgabe von Betriebsstrom noch während der Ladung

¹⁾ Als Betriebsräume gelten Räume, die im wesentlichen zum Betrieb elektrischer Maschinen oder Apparate dienen und in der Regel nur unterwiesenem Personal zugänglich sind.

von ihrem Standort entfernt. Die Zu- und Ableitungen zur Batterie können hierbei auch aus isolierten Leitungen hergestellt werden.

Bei Aufstellung von Sammlerzellen im Freien, wie es z. B. bei „Fernsprechanlagen am Hochspannungsgestänge“ vorkommt, ist die Gefahr des Einfrierens und damit der Zerstörung der Gefäße bei starkem Frost sehr leicht möglich, sobald die Sammler entladen sind und damit die Säuredichte stark gesunken ist. Es empfiehlt sich demnach stets, Sammler, die stärkerer Kälte ausgesetzt sind, vor Eintritt der Kälte gründlich aufzuladen. Die Verbindungsleitungen zwischen den einzelnen Sammlerzellen werden hergestellt entweder, daß bei vorhandenen Pol-



Abb. 29. Sammlerraum einer automatischen Fernsprechanlage der Berliner Straßenbahn.

klemmen (transportable Sammler) geeignete, von den Akkumulatorenfabriken zu beziehende Bleistreifen verwendet werden, oder durch Bleistreifenverlötung (stationäre Batterien) mittels Speziallots. Bei Eigenmontage der Batterie werden die Sammlerbatterien auch in fertiggelöteten Gruppen geliefert. Die Varta gibt z. B. für ihre K-Type, einen Groboberflächensammler, eine ausführliche Aufstellungsvorschrift, die die Montage einer Batterie aus derartigen Sammlerzellen auch von nicht technisch geschulten Personen ohne weiteres ermöglicht.

Für Anlagen mit größeren und zahlreichen Sammlerbatterien ist es unbedingt erforderlich, einen besonderen Raum für die Aufstellung der Sammler vorzusehen. Dieser Raum soll sich möglichst in der Nähe der Ladeeinrichtung befinden. Staub, Dämpfe oder Gase dürfen in den

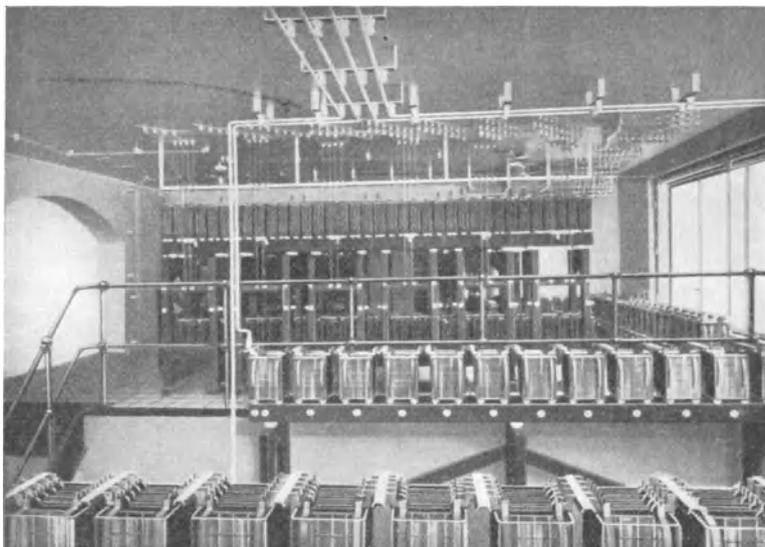


Abb. 30. Sammlerraum für Fernmeldeanlagen der Disconto-Gesellschaft, Berlin.

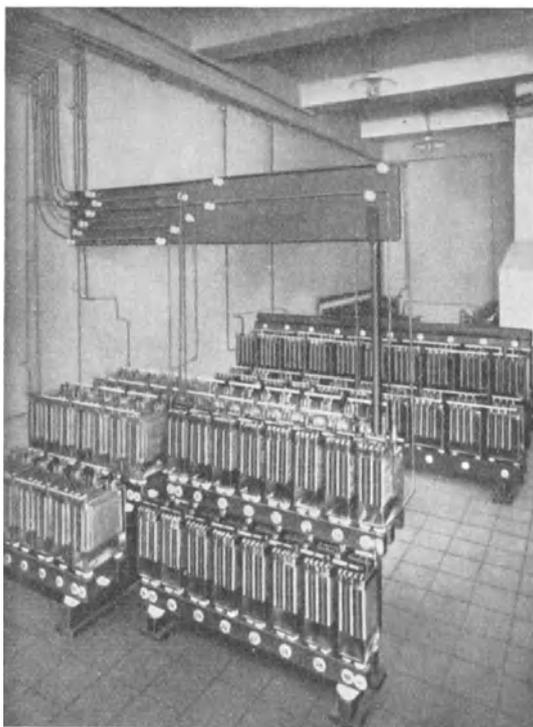


Abb. 31. Sammlerraum für Fernmeldeanlagen im „Kaufhaus des Westens“, Berlin.

Raum nicht eindringen können, außerdem muß er trocken, hell, leicht zu entlüften und seine Temperatur möglichst gleichmäßig sein. Für die Beleuchtung dürfen nur elektrische Lampen benutzt werden. Die Leitungen werden nur als blanke Kupferleitungen ausgeführt; zum Schutze gegen Säuredünste überzieht man sie mit einem säurefesten Emaillack.

Die Aufstellung der Elemente erfolgt auf Boden- oder Etagenh Holzgestellen, die nicht durch Metallschrauben oder Nägel zusammengefügt sein dürfen. Die Elementkasten sind durch Porzellanisolatoren gegen die Gestelle und diese wieder durch Pech- oder Glasisolatoren gegen Erde zu isolieren. Es ist deshalb auch stets darauf zu achten, daß die Holzgestelle und Isolatoren trocken und rein gehalten werden.

Genauere Vorschriften über Aufstellung und Inbetriebsetzung werden stets von den Lieferfirmen gegeben.

In Abb. 28 sieht man den Sammlerraum einer elektrischen Uhrenanlage der Berliner Einheitszeit G. m. b. H., und zwar sind hier 80 Zellen der Type HD 3 von Gottfried Hagen aufgestellt; Abb. 29 zeigt einen von derselben Firma eingerichteten Sammlerraum der Berliner Straßenbahn. Hier sind 60 Zellen der Type HD 4 (links und rechts) für die automatische Fernsprechanlage und 24 Zellen der Type HD 2 (am Fenster) für die Sicherheits- und Signalanlagen vorgesehen.

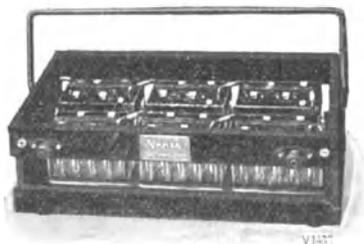


Abb. 32.
Anodenbatterie für Rundfunkempfang

In Abb. 30 ist der von der Varta eingerichtete Sammlerraum der Disconto-Gesellschaft, Berlin, dargestellt. Die hier aufgestellten Batterien speisen die Fernsprech- und Zentraluhrenanlagen, die Wächterkontrollapparate und ferner die Feuermelde- und Tresorsicherungseinrichtungen dieser Gesellschaft.

Abb. 31 zeigt den Akkumulatorenraum des „Kaufhaus des Westens“, Berlin. Dieser Anlage wird der Energiebedarf für die Feuermelde-, Uhren- und Signaleinrichtungen entnommen.

Aus den folgenden Abbildungen sind einige Sammlerausführungen für besondere Anwendungsgebiete der Schwachstromtechnik zu entnehmen. Abb. 32 zeigt eine Anodenbatterie kleinster Abmessungen, die von der Varta für Radiozwecke geliefert wird, und Abb. 33 eine von der gleichen Firma hergestellte Hochspannungsbatterie. Bekanntlich werden für Anodenbatterien in der Regel Primärelemente genommen. Diese haben aber den Nachteil, daß die Spannung bei stärkerer Stromentnahme verhältnismäßig stark abnimmt und dadurch den Empfang verschlechtert. Infolgedessen sind die Primärbatterien für Sparröhren,

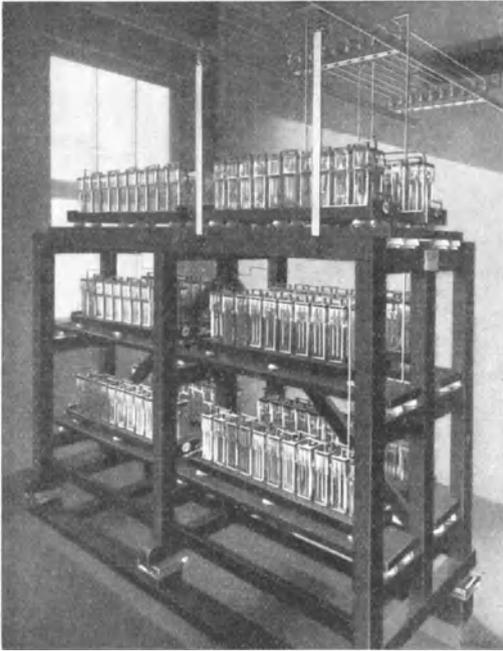


Abb. 33. Hochspannungsbatterie.

toren-Anodenbatterien bei längerem Betrieb wirtschaftlich den Primärbatterien überlegen.

bei denen mehr Anodenstrom verbraucht wird, nicht besonders gut geeignet; es haben sich hier in neuerer Zeit immer mehr Akkumulatoren-anodenbatterien eingeführt, vor allem da, wo es auf guten Empfang bei größerer Röhrenzahl ankommt.

Akkumulatoren als Anodenbatterien haben den weiteren Vorzug, daß sie immer wieder benutzt werden können, nachdem sie frisch aufgeladen sind, während die Primärbatterien bekanntlich nach Erschöpfung weggeworfen werden müssen. Infolgedessen sind Akkumula-

III. Gleichrichter.

Als Gleichrichter bezeichnet man Apparate oder Einrichtungen, die einen Wechsel- oder Drehstrom in Gleichstrom umwandeln, indem sie

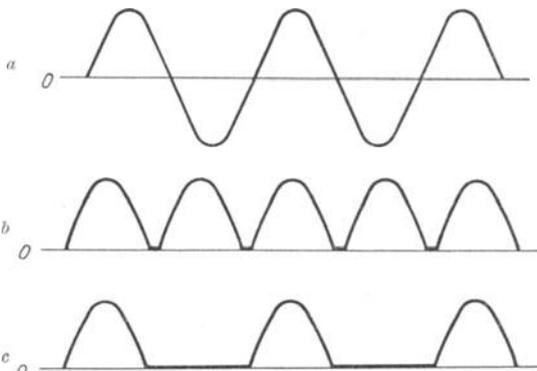


Abb. 34.

die richtungswechselnden Impulse dieser Ströme (siehe Abb. 34 a) entweder in eine gemeinsame Richtung umkehren (siehe Abb. 34 b) oder durch Unterdrückung einer der beiden Richtungen in gleichgerichtete Impulse verwandeln (siehe Abb. 34 c).

Die Gleichrichter, die für die vorgenannten

Zwecke verwendet werden können, lassen sich in folgende Gruppen einteilen:

1. Glimmlichtgleichrichter;
2. Glühkathodengleichrichter;
3. Lichtbogengleichrichter;
4. mechanische Pendelgleichrichter;
5. Elektrolytgleichrichter.

1. Glimmlichtgleichrichter.

Der Glimmlichtgleichrichter ist eine Glasröhre, die mit einem Edelgas, wie Neon, Helium oder Argon, gefüllt ist und wegen der Ventilwirkung zwei Elektroden von verschieden großer Oberfläche hat, so daß die eine Richtung des angelegten Wechselstromes unterdrückt wird.

a) Theorie der Gleichrichtung und Aufbau der Glimmlichtgleichrichter.

Um die Entstehung der Ventilwirkung im Glimmlichtgleichrichter zu verstehen, nehmen wir zunächst an, daß eine Entladungsröhre zwei Elektroden besitzt, die gleiche Oberfläche und gleiches Material in vollkommen gleicher Anordnung aufweisen. Die Elektroden mögen aus Eisen bestehen, die Gasfüllung sei Argon von 1 mm Druck. Abb. 35 zeigt schematisch eine solche Entladungsröhre¹⁾.

Bei Anlegen einer Gleichspannung an diese Entladungsröhre kann man einen Stromdurchgang durch diese Röhre aufrechterhalten, sobald die Gleichspannung genügend hoch ist. Unterhalb dieser Mindestspannung ist ein Stromdurchgang nicht mehr möglich. Der Entladungsvorgang, den man an dem Leuchten des Gases erkennt, vollzieht sich in der Weise, daß sich positiv geladene Gasmoleküle oder Ionen unter dem Einfluß des elektrischen Feldes auf die Kathode zu bewegen und auf diese mit erheblicher Endgeschwindigkeit und dementsprechender kinetischer Energie aufprallen. Bei diesem Aufprall wird die kinetische Energie in Wärme umgewandelt. Gleichzeitig findet auf der Kathode unter Wärmeentwicklung eine intramolekulare Erschütterung des Kathodenmaterials statt, die zur Auslösung von Elektronen führt. Diese Elektronen fliegen beschleunigt vom elektrischen Feld auf die Anode zu. Auf ihrem Wege dorthin treffen sie auf neutrale Gasmoleküle, die sie durch Stoß ionisieren, d. h. in Elektronen und positiv geladene Ionen spalten. Haben die Ionen ihre

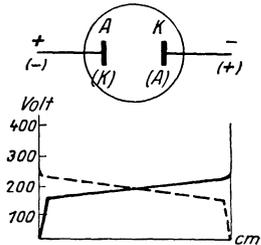


Abb. 35. Schema und Spannungskurve einer Glimmlichtentladungsröhre mit gleichen Elektroden.

¹⁾ Siehe Helios Nr. 3, 1925. Fach- und Exportzeitschrift für Elektrotechnik. Übersicht über den Stand der Gleichrichter von Prof. Dr.-Ing. Güntherschulze und Dr. W. Germershausen.

gesamte Energie durch diesen Ionisationsvorgang abgegeben, so vereinigen sie sich mit den positiven Ionen, auf die sie auftreffen, wieder zu neutralen Gasmolekülen. Diese verschiedenen, sich immer wiederholenden Vorgänge vollziehen sich in räumlich getrennten Gebieten der

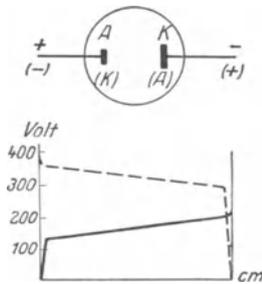


Abb. 36. Schema und Spannungscurve einer Glimmlichtentladungsröhre mit ungleichen Elektroden.

Entladungsbahn. Dementsprechend erscheint die Entladung auch nicht als eine kontinuierlich leuchtende Säule, sondern man bemerkt verhältnismäßig scharf abgegrenzte Bezirke und zwischen diesen verschiedene Dunkelräume. Der Energieverbrauch, d. h. der Spannungsabfall, ist in diesen einzelnen Bezirken vollkommen verschieden. In dem vorliegenden Felde der Glimmentladung ist der Energieverbrauch in überwiegendem Maß auf einen sehr kleinen Bezirk dicht an der Oberfläche der negativen Elektrode, auf den sogenannten Kathodenfall, beschränkt. Unter Kathodenfall versteht man

den Spannungsabfall, der in unmittelbarer Nähe der Kathode auftritt. Die örtliche Begrenzung des Spannungsabfalles vor der negativen Elektrode ist die Ursache, um in einer Entladungsröhre eine Ventil- oder Drosselwirkung hervorzubringen. In der Tat beruht in allen für

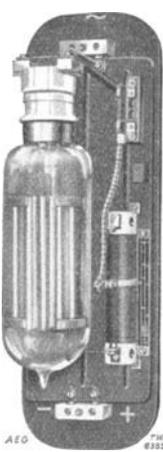


Abb. 37 a und b. Glimmlichtgleichrichter der AEG.

die Technik durchgebildeten Gleichrichterröhren mit Edelgasen die Ventilwirkung darauf, daß die Elektroden verschieden hohen Kathodenfall besitzen. Die übrigen Komponenten, aus denen sich der gesamte Spannungsabfall zusammensetzt, haben für beide Stromrichtungen bei gleicher Stromstärke dieselben Werte. Würden wir nunmehr die Stromrichtung in dieser Entladungsröhre umkehren, die Entladungsröhre also mit Wechselstrom betreiben, so würden wir einen der punktierten Linie entsprechenden Spannungsabfall genau gleicher Größe beobachten; die Wechselspannung würde also in beiden Richtungen

einen Stromdurchgang gleicher Stromstärke hervorrufen, diese Entladungsröhre also keine Ventilwirkung haben.

Um eine Ventilwirkung in der Glimmlichtgleichrichterröhre zu erzielen, sind also zwei Elektroden verschiedener Größe, jedoch gleichen Materials, anzuwenden. In Abb. 36 ist eine solche Entladungsröhre

schematisch abgebildet, in der die eine Elektrode wesentlich kleiner ist als die andere, und zwar nimmt durch das starke Anwachsen des normalen Kathodenfalles der kleinen Elektrode der Gesamtspannungs-

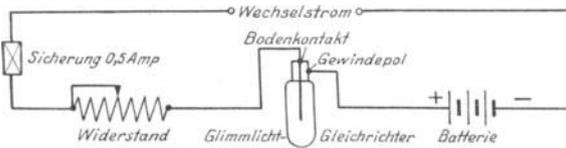


Abb. 38. Prinzipschaltung des Glimmlichtgleichrichters bei Ladung von Sammlern.

abfall erheblich zu, sobald der negative Pol an der kleinen Elektrode liegt, erhalten wir bei Erzwingung eines Stromdurchganges gleicher Stromstärke einen ganz bedeutend höheren Gesamtabfall. Der in der punktierten Linie angedeutete Gesamtabfall zeigt die Höhe derselben (etwa 400 V.).

Bei einer gegebenen Wechselspannung ist also für diese Stromrichtung die Stromstärke, bei der die Röhre einen der angelegten Spannung gleichen Spannungsabfall aufweist, ganz bedeutend geringer als während der Halbperiode des Wechselstromes, während der der negative Pol an der großen Elektrode liegt. Diese Entladungsröhre besitzt also eine ausgesprochene Ventilwirkung.

b) Ausführungsarten. Abbildungen 37 a und 37 b zeigen einen vollständigen Glimmlichtgleichrichter der AEG, mit abgenommener Schutzkappe. Die Schaltung dieses Gleichrichters ist im Prinzip aus Abb. 38 ersichtlich. Der Glimmlichtgleich-

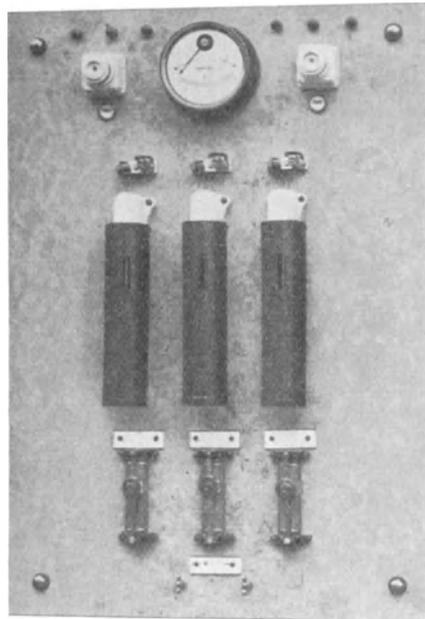


Abb. 39. Glimmlichtgleichrichter mit 3 Röhren von Siemens & Halske.

richter ist zum Anschluß an 220-Volt-Wechselstrom geeignet und gibt einen Gleichstrom von etwa 0,2 A pro Rohr.

c) Leistungsbereich und Wirkungsgrad. Will man höhere Stromstärke haben, so kann man bis 3 Röhren parallel schalten (wir haben in Abb. 39 eine Glimmlichtgleichrichtereinrichtung der Fa. S. & H.). Jede Röhre

muß mit Hilfe eines kleinen Regulierwiderstandes auf ihre höchste Leistung eingestellt werden. Der Wirkungsgrad dieser Gleichrichter beträgt etwa 8—10%. Die Gleichrichterwirkung ist aus den Oszillogrammen nach Abb. 40 zu ersehen.

Abb. 41 zeigt eine Glimmlichtgleichrichtereinrichtung *c* ebenfalls von S. & H. zum Aufladen einer kleinen Sammlerbatterie *a* für Mikro-

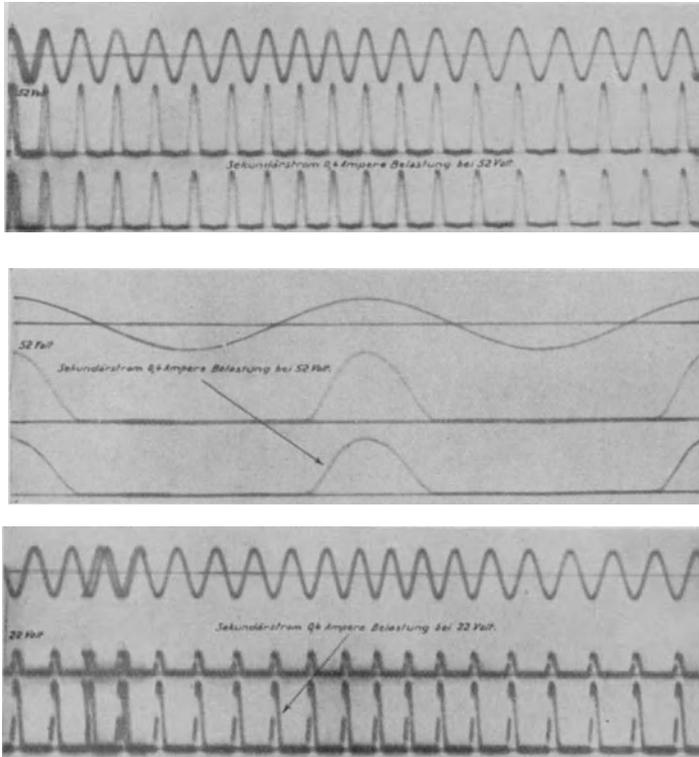


Abb. 40. Mit Oszillographen aufgenommene Wechselspannungs- und Stromkurven von Glimmlichtgleichrichtern.

phonspeisung einer Fernsprechstelle *b*, wobei in den Ruhepausen die Batterie dauernd mit einem, dem Mikrophonspeisestromverbrauch entsprechenden schwachen Strom aufgeladen wird. Beim Abheben der Hörer schaltet ein Relais *d* den Ladestrom ab, um das störende Geräusch der Oberschwingungen des Ladestromes vom Mikrophonkreis fernzuhalten. Während des Sprechens gibt die Batterie ihren vollen Entladestrom her.

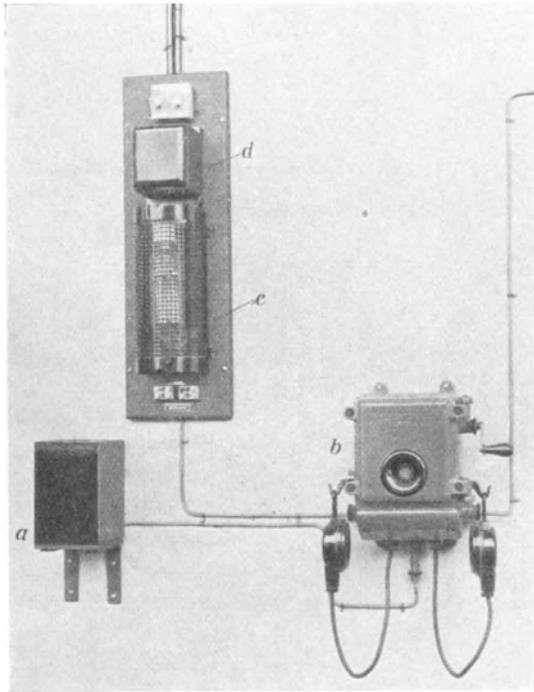


Abb. 41. Dauerladeeinrichtung mit Glimmlichtgleichrichter für Mikrophonspeisung.

2. Glühkathodengleichrichter.

Der Glühkathodengleichrichter nach dem Wehnelt-Prinzip ist schon für bedeutend höhere Stromstärken geeignet.

a) **Theorie der Gleichrichtung und Aufbau der Glühkathodengleichrichter.** Die Kathode (siehe Abb. 42) besteht hier aus einem Leiter k aus einem Metall mit hohem Schmelzpunkt, das sich in inniger Berührung mit der aktiven Oxydschicht o befindet. Der metallische Leiter wird durch eine dritte Wicklung H (s. Abb. 43) eines Transformators zum Glühen gebracht, wobei eine starke Elektronenemission der aktiven Schicht stattfindet und dadurch den Ionisationsvorgang zwischen Kathode und Anoden a_1, a_2 einleitet¹⁾.

Eine kleine Zündanode Z , die sich in der Nähe der Kathode K befindet, ist über einen hohen Widerstand Si von etwa $10\,000\ \Omega$ mit der Arbeitsanode a verbunden und erleich-

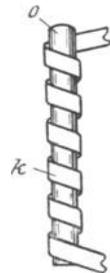


Abb. 42. Wehnelt-Glühkathode.

¹⁾ Siehe die heutige Kenntnis vom glühelektrischen Elektronenaustritt von Dr. A. Goetz. Zeitschr. f. Fernmeldetechnik, 1926, H. 10.

tert das Zünden (sog. Anspringen) des Gleichrichters. Die Edelgasfüllung besteht hier aus Argon.

Die zweite Wicklung S des Transformators führt, wie aus Abb. 43 zu ersehen, an die beiden Anoden a_1 und a_2 , während die mittlere

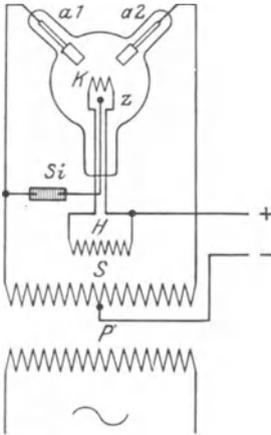


Abb. 43. Prinzipschaltung des Wehnelt-Glühkathodengleichrichters.



Abb. 44. Gleichrichterwirkung des Wehnelt-Glühkathodengleichrichters.

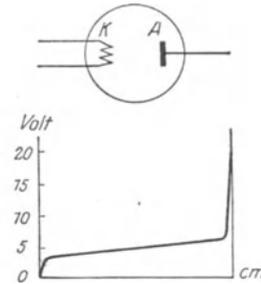


Abb. 45. Schema und Spannungskurve einer Glühkathodentladungsröhre.



Abb. 46. Wehnelt-Glühkathodengleichrichter, Ausführung A.

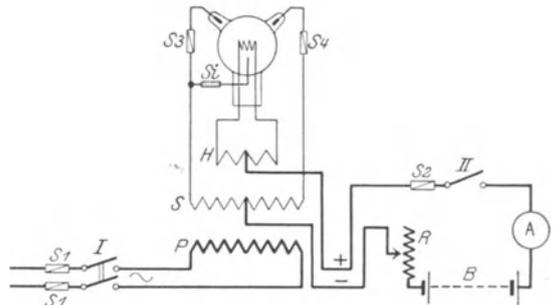
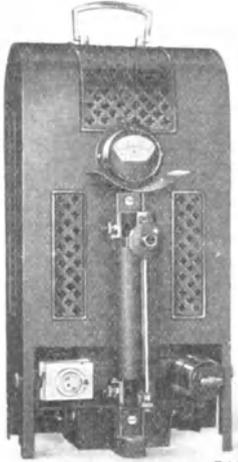


Abb. 47. Schaltbild bei Verwendung eines Wehnelt-Glühkathodengleichrichters, Ausführung A. I Wechselstromschalter, II Gleichstromschalter, R Regelwiderstand, B Batterie, S_3, S_4 Anodensicherung, A Stromanzeiger, S Wechselstromsicherung, S_i Silitstab.

Anzapfung dieser Wicklung den Minuspol und die Kathode den Pluspol des erzeugten Gleichstromes bildet.

Bei dieser Ausführung werden also beide Halbperioden des Wechselstromes gleichgerichtet und ausgenutzt (s. Abb. 44).



D 469

Abb. 48. Wehnelt-Glühkathodengleichrichter, Ausführung B.

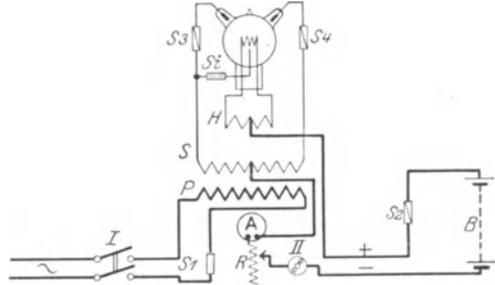


Abb. 49. Schaltbild bei Verwendung eines Wehnelt-Glühkathodengleichrichters, Ausführung B.

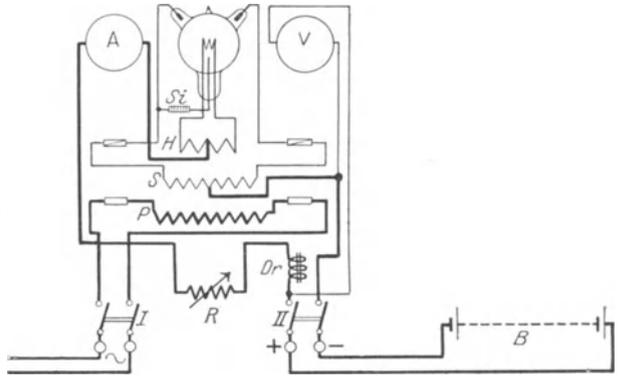


Abb. 51. Schaltbild bei Verwendung eines Wehnelt-Glühkathodengleichrichters Ausführung CD mit Drosselspule (Dr).



D 445

Abb. 50. Wehnelt-Glühkathodengleichrichter, Ausführung CD und CDR.

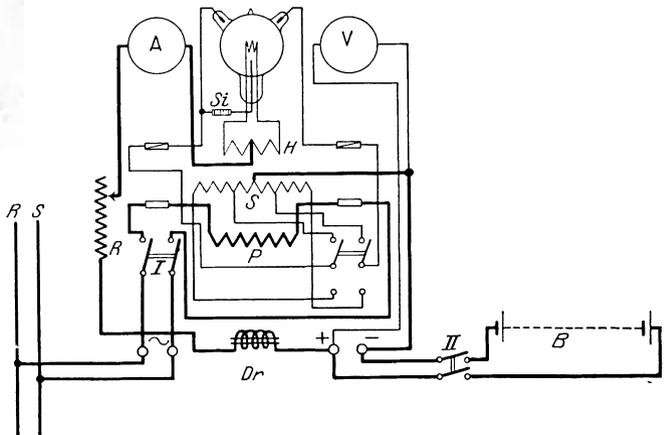


Abb. 52. Schaltbild bei Verwendung eines Wehnelt-Glühkathodengleichrichters, Ausführung CDR.

Für die Wirtschaftlichkeit auch dieser Gleichrichter ist die Kenntnis des Spannungsabfalls in der Entladungsröhre vorher von Bedeutung.

Um den Spannungsabfall in einer Entladungsröhre mit Wehnelt-Kathode und Argonfüllung näher zu untersuchen, betrachten wir Abb. 45¹⁾, in der eine Entladungsröhre mit Wehnelt-Kathoden schematisch dargestellt ist. Wie aus dem Verlauf des Diagramms zu entnehmen, beträgt der Kathodenfall nur etwa 3 V. Der hauptsächlichste



Abb. 53. Wehnelt-Glühkathodengleichrichter, Ausführung MSR.

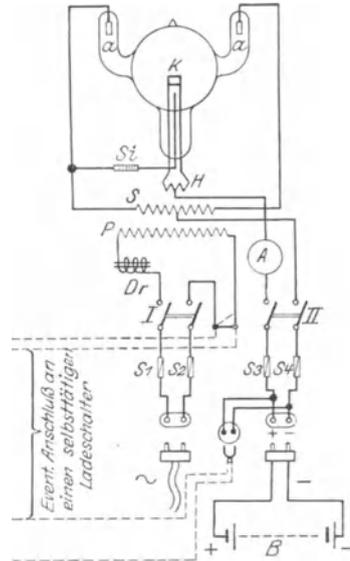


Abb. 54. Schaltbild bei Verwendung eines Wehnelt-Glühkathodengleichrichters, Ausführung MSR.

Anteil an dem gesamten Spannungsabfall entsteht aber durch den Abfall vor der Anode, durch den Anodenfall, etwa 12 V. Der gesamte Spannungsabfall beträgt 17 V.

b) **Leistungsbereich.** Diese Gleichrichter werden von der Gleichrichterabteilung der Akkumulatorenfabrik A.-G. „Afa“, Berlin, gebaut, und zwar für Gleichströme von 1–20 A und für Gleichspannungen von 20, 35, 60, 85 und 110 V.

c) **Ausführungsarten.** Verschiedene Ausführungen und Schaltungen zeigen folgende Abbildungen:

Abb. 46 und 47 Ausführung A
 „ 48 „ 49 „ B

¹⁾ Siehe „Helios“, Fach- und Exportzeitsehr. f. Elektrotechn., 1925, Nr. 2.

Abb. 50 und 51 Ausführung CD

„ 50 „ 52 „ CDR

„ 53 „ 54 „ MSR

d) **Wirkungsgrad.** Durch die Argonfüllung bietet der Wehnelt-Gleichrichter in bezug auf den Nutzeffekt den sehr wesentlichen Vorteil eines nicht nur von der Belastung, sondern auch von der Temperatur völlig unabhängigen Spannungsabfalls von 15–20 V. Dementsprechend steigt der Wirkungsgrad mit zunehmender Gleichspannung sehr erheblich an.

Außer dem Spannungsabfall ist die Welligkeit der gleichgerichteten Stromimpulse für den Nutzeffekt von Bedeutung, und zwar dort, wo

der Gleichrichter zum Laden von Batterien verwendet wird. Ein Maß für die Welligkeit, d. h. für das Verhältnis von Effektivwert zum galvanometrischen Mittelwert von Strom und Spannung ist der Formfaktor. Berücksichtigt man diesen sowie den für die Beheizung der Glühkathode sehr geringen Verbrauch von etwa 40–50 W, so ergibt sich die in der Kurve I der Abb. 55 veranschaulichte Abhängigkeit des Nutzeffektes von der Gleichspannung. Beseitigt man

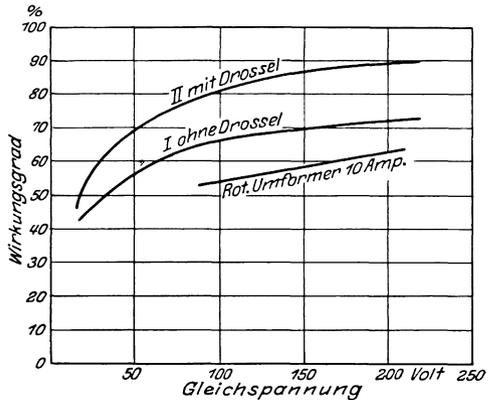


Abb. 55. Nutzeffektcurven der Wehnelt-Glühkathodengleichrichter.

dagegen mittels einer in den Gleichstromkreis eingeschalteten Drosselspule die Welligkeit des Gleichstromes, so erhält man eine erhebliche Verbesserung des Nutzeffektes gemäß der dargestellten Kurve II. Zu berücksichtigen ist ferner noch der Wirkungsgrad des Transformators. Andere Verluste treten beim Wehnelt-Gleichrichter nicht auf. Vergleichsweise ist auch die Nutzeffektkurve eines rotierenden Umformers für 10 A dargestellt.

Der Wirkungsgrad ist verhältnismäßig gut und beträgt selbst im ungünstigsten Fall, also bei niedriger Gleichspannung, etwa 25%.

Die Strom- und Spannungskurven zeigen die Oszillogramme nach Abb. 56 und 57.

e) **Hochspannungs-Wehnelt-Gleichrichter.** Für besondere Verwendungszwecke, wie z. B. bei Rundfunksende- und Empfangsanlagen, werden Gleichrichter benötigt, die einen Gleichstrom hoher Spannung liefern. Dieselbe Firma baut hierfür die Wehnelt-Hochspannungsgleichrichterbirnen und zwar die Typen FT Argon mit und ohne Regenerierventil für eine Gleichspannung von 600 bis 3000 Volt und

die Typen FTHg mit Regenerierventil für eine Gleichspannung von 6000 bis 10 000 Volt bei einer Belastung von höchstens 1 Ampere gleichstromseitig. In Abb. 58 ist das Schaltbild der Hochspannungs-

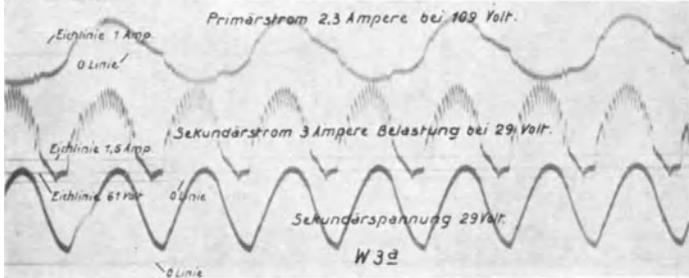


Abb. 56. Mit Oszillographen aufgenommene Strom- und Spannungskurven eines Wehnelt-Glühkathodengleichrichters, Type W 3a.

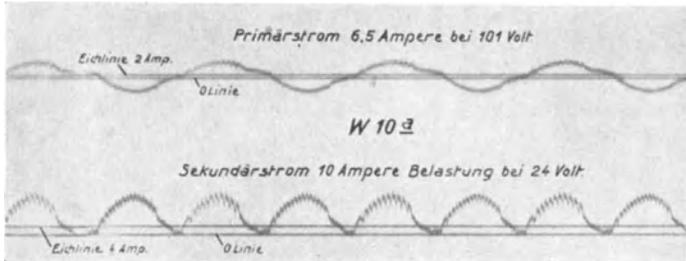


Abb. 57. Mit Oszillographen aufgenommene Stromkurve eines Wehnelt-Glühkathodengleichrichters, Type W 10a.

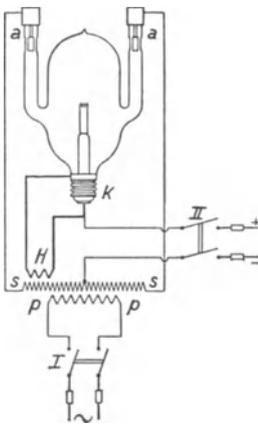


Abb. 58. Schaltbild des Hochspannungs-Wehnelt-Gleichrichters.

Wehnelt-Gleichrichter angegeben. Die Endpunkte der Sekundärwicklung S des Hochspannungstransformators sind mit den beiden Anoden a des Gleichrichters verbunden, wobei die an den Anoden herrschende Spannung etwas höher, wie die doppelte, gleichstromseitig gewünschte Spannung sein muß (z. B. 7000 V für einen 3000 V Gleichrichter). Die Heizung der Kathode K kann entweder durch einen Sammler von 8 bis 10 A Stromabgabe, oder durch eine dritte Wicklung H des Transformators erfolgen. Abb. 59 zeigt die Ausführungsarten dieser Hochspannungs-Wehnelt-Birnen mit und ohne Regenerierventil.

f) Simplexgleichrichter. Neuerdings bringt dieselbe Firma einen Glühkathodengleichrichter, ebenfalls nach dem Wehnelt-Prinzip,

unter dem Namen Simplex heraus, der sich besonders für das Laden von Heizbatterien für Radiozwecke eignet, und zwar von 1—6 Zellen mit höchstens 1,2 A.

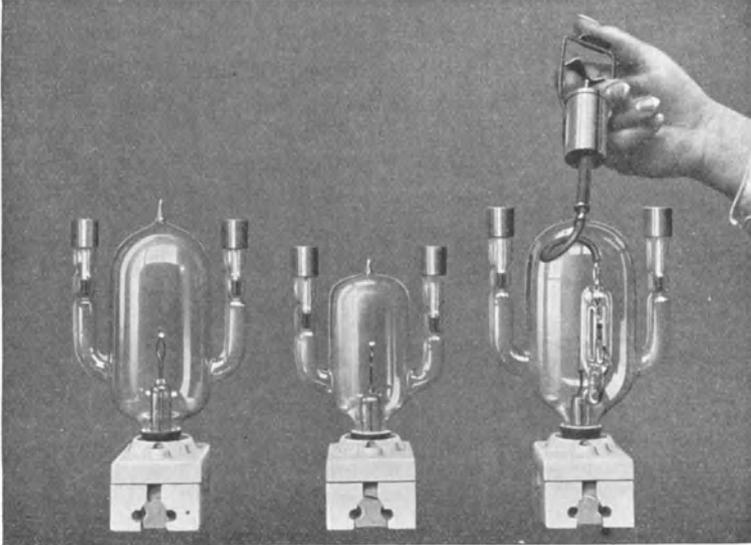


Abb. 59. Hochspannungs-Wehnelt-Gleichrichterbirnen.

Die Schaltung der Abb. 60 zeigt, daß hier beide Halbwellen des Wechselstromes ausgenutzt werden, da zwei Anoden vorhanden sind. Der Wirkungsgrad dieses Gleichrichters beträgt im Mittel etwa 25%. Bei höherer Zellenzahl und damit höherer Gegenspannung nimmt der Ladestrom ab und beträgt bei der höchsten Ladespannung von 20 V etwa 0,6 A. Die Stromstärke des auf der Primärseite aufgenommenen Wechselstromes ist fast unabhängig von der Zahl der zu ladenden Zellen¹⁾.

Zwischen die beiden Sekundärwicklungen S_1 und S_2 des Transformators ist der unterteilte Eisenwiderstand w geschaltet, dessen Mittelpunkt zur Minusgleichstromklemme führt. Hierdurch wird der Vorteil erreicht, daß ein direkter Stromübergang zwischen den Anoden nicht möglich ist, die

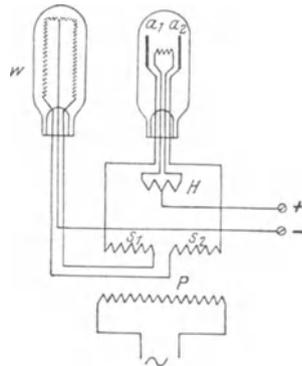


Abb. 60. Prinzipschaltung des Simplexgleichrichters.

¹⁾ Siehe Zeitschr. f. Fernmeldetechn. 1925, H. 9, Der „Simplex“-Radio-Gleichrichter usw. von Dr.-Ing. B u b e r t und Dipl.-Ing. H e m m e.

Gleichrichterröhre also durch einen Stromübergang von Anode zu Anode nicht zerstört werden kann. Gleichzeitig bewirkt der Eisendrahtwiderstand eine selbsttätige Regulierung der Ladestromstärke unabhängig von der Ladespannung. Die Elektroden konnte man sehr nahe aneinanderrücken und erzielte dabei einen besonders niedrigen Spannungsabfall von nur 5–7 V. Außerdem war es möglich, den Argondruck bis auf 15 mm



Abb. 61. Simplexgleichrichter mit abgenommener Schutzkappe beim Laden einer Heizbatterie.

zu steigern, wodurch sich die Zerstäubung des Kathodenmaterials vermindert und die Lebensdauer der Gleichrichterröhre entsprechend erhöht.

Die äußere Ansicht des Simplexgleichrichters zeigt Abb. 61, und zwar mit und ohne Schutzkappe. Der ganze Aufbau ist, wie man sieht, äußerst einfach, zweckentsprechend und gefällig.

Ein Oszillogramm, das die Stromkurve zeigt, ist in Abb. 62 zu sehen.

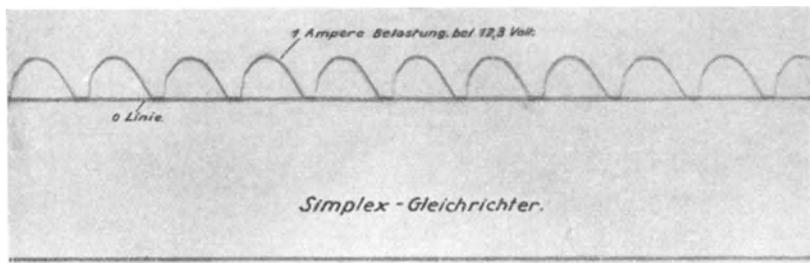


Abb. 62. Mit Oszillographen aufgenommene Stromkurve des Simplexgleichrichters.

g) **Duplexgleichrichter.** Eine andere Ausführung derselben Firma, der sog. Duplexgleichrichter, dient sowohl zur Ladung von Heizbatterien von 1–3 Zellen mit höchstens 1,3 A wie von Anodenbatterien von 30–40 Zellen mit einer mittleren Stromstärke von etwa 70 mA. Die Ladung solcher Batterien kann einzeln oder auch gleichzeitig vorgenommen werden. Den inneren Aufbau des Gleichrichters zeigt das

Schaltbild Abb. 63. Der Wechselstrom wird der getrennt angeordneten Primärwicklung zugeführt. Außer der Primärwicklung besitzt der Transformator zwei Sekundärwicklungen Nr. 1 und 2 und außerdem eine Heizwicklung zur Beheizung der Glühkathode der Gleichrichterbirne. Die Außenpunkte der Sekundärwicklung 1, der Sekundärwicklung 2, sowie der Heizwicklung sind auf der einen Seite unter sich sowie mit der Kathode der Gleichrichterbirne verbunden. Der andere Außenpunkt der Sekundärwicklung 1 führt über einen Silitwiderstand von 90Ω zum Pluspol des für den Anschluß von Anodenbatterien vorgesehenen Klemmenpaares (40 Zellen).

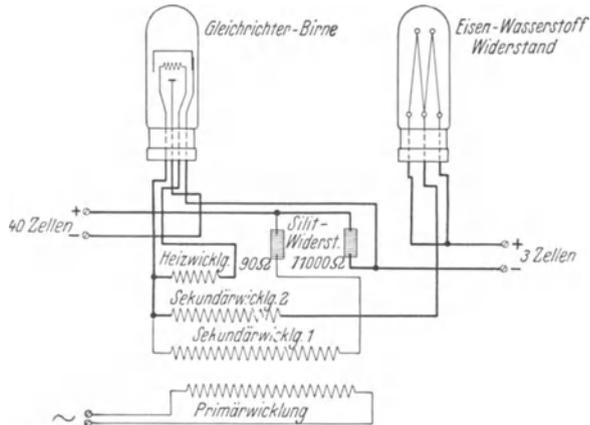


Abb. 63. Prinzipschaltung des Duplexgleichrichters.

Der Minuspol dieses Klemmenpaares ist an die kleine Anode der Gleichrichterbirne angeschlossen. Der freie Außenpunkt der Sekundärwicklung 2 führt über einen Eisendraht-Wasserstoffwiderstand zum Pluspol des für den Anschluß von Heizbatterien vorgesehenen Klemmenpaares (3 Zellen). Der Minuspol dieses Klemmenpaares ist an die große

Anode der Gleichrichterbirne angeschlossen. An dem Minuspol dieses Klemmenpaares liegt außerdem ein Silitwiderstand von $11\,000 \Omega$, dessen anderes Ende über den Silitwiderstand von 90Ω mit der Sekundärwicklung 1 in Verbindung steht. Der Silitwiderstand von $11\,000 \Omega$ dient zur Zündung der Gleichrichterbirne.

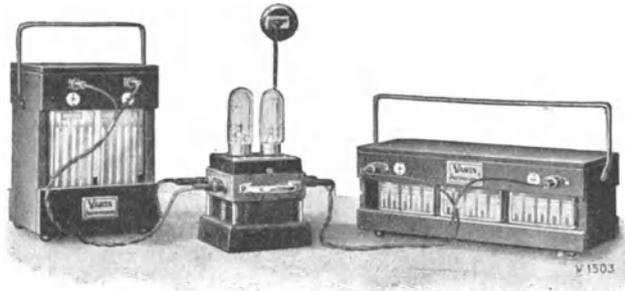


Abb. 64. Duplexgleichrichter beim Laden von Heiz- und Anodenbatterien.

Anode der Gleichrichterbirne angeschlossen. An dem Minuspol dieses Klemmenpaares liegt außerdem ein Silitwiderstand von $11\,000 \Omega$, dessen anderes Ende über den Silitwiderstand von 90Ω mit der Sekundärwicklung 1 in Verbindung steht. Der Silitwiderstand von $11\,000 \Omega$ dient zur Zündung der Gleichrichterbirne.

Abb. 64 zeigt den Duplexgleichrichter bei der gleichzeitigen Ladung von Heiz- und Anodenbatterien.

Der Duplexgleichrichter benötigt bei der Ladung von Heizbatterien nur etwa 50 W, bei der gleichzeitigen Ladung von Heiz- und Anodenbatterien nur etwa 60 W.

h) Wolfram-Glühkathodengleichrichter. Der Wolfram-Glühkathodengleichrichter besitzt an Stelle der oben beschriebenen Wehnelt-Kathode eine Kathode, die aus einer kleinen Spirale aus Wolframmetall besteht. Da nun das Wolfram die Eigenschaft hat, sehr schnell im glühenden



Abb. 65. Ramargleichrichter geschlossen.

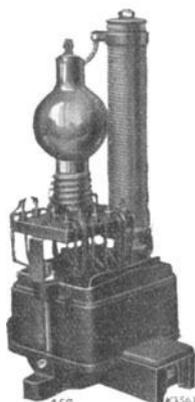


Abb. 66. Ramargleichrichter geöffnet.

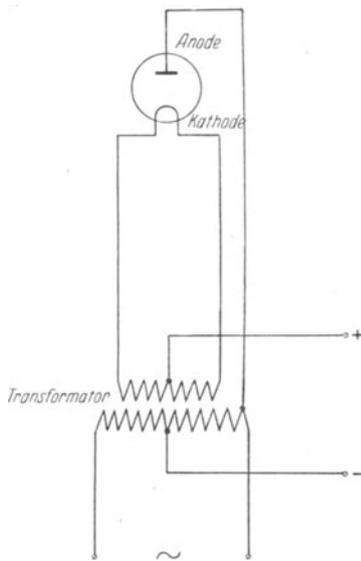


Abb. 67. Prinzipschaltung des Ramargleichrichters.

Zustande zu zerstäuben, müßte das die Kathode umgebende Edelgas unter verhältnismäßig hohem Druck in die Röhre eingeführt werden, um auf eine hinreichend lange Lebensdauer zu kommen. Außerdem aber muß bei diesem Gleichrichter dafür gesorgt werden, daß die während der Entladung frei werdenden, dem Wolfram sehr gefährlichen Restgase ständig beseitigt werden. Nach Überwindung aller dieser Schwierigkeiten ist man aber doch zu einem brauchbaren Gleichrichter gekommen, der gegenüber den Wehnelt-Gleichrichtern, mit Ausnahme der Simplex- und Duplexgleichrichter, den Vorzug hat, daß keinerlei Edelmetalle verwendet werden, der Anschaffungspreis entsprechend gering ist und jegliche Rückvergütungen der Lieferfirma bei ausgebrannten Gleichrichterröhren hier wegfallen.

Gebaut werden diese Gleichrichter von der General Electric Company in Amerika unter dem Namen „Tungar“, der Westinghouse Co., Pitts-

burg, unter dem Namen „Rectigon“, und von der AEG unter dem Namen „Ramar“.

Sämtliche der oben genannten Wolfram-Gleichrichter arbeiten jedoch nur mit einer Anode, was trotz ihres verhältnismäßig geringen Spannungsabfalles ungünstigen Einfluß auf den Gesamtwirkungsgrad hat. Außerdem ist aber der erhaltene Wellenstrom, im Gegensatz zu allen zwei- oder mehranodig arbeitenden Gleichrichtern, ziemlich stark pulsierend und demnach für den direkten Betrieb von Fernmeldeapparaten, die für Gleichstrom eingerichtet sind, in den meisten Fällen ungeeignet, wenn man nicht zwei Gleichrichterröhren verwenden will¹⁾. Zum Aufladen von Sammlerbatterien sind diese Gleichrichter aber trotzdem gut zu gebrauchen.

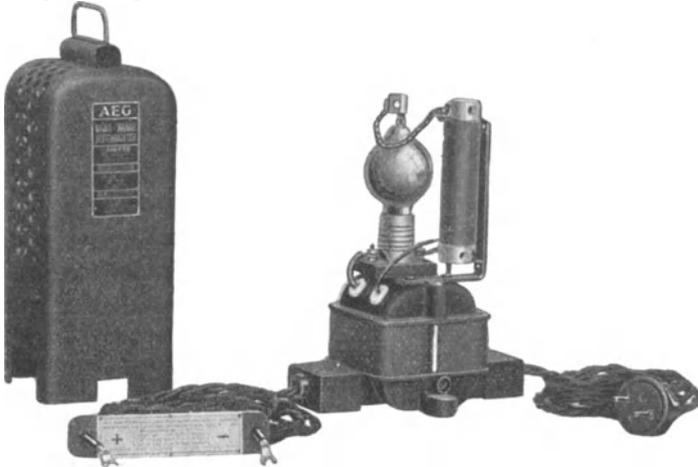


Abb. 68. Radio-Ramargleichrichter.

Der Tungargleichrichter ist für eine Stromstärke von 2 bis 30 A bei einer Gleichspannung bis 75 V geeignet.

Der Ramargleichrichter der AEG wird in folgenden Typen gebaut:

RG 3 für eine Ladestromstärke bis 3 A

RG 5 „ „ „ „ 5 „

wobei wahlweise bis 6 oder 12 Zellen genommen werden können.

Abb. 65 und 66 zeigen diese Gleichrichter mit und ohne Schutzkasten. Die Prinzipschaltung ist aus Abb. 67 ersichtlich. Der Transformator ist hier in Sparschaltung für die eine Anode und wird von der Primärwicklung abgezapft, während die Sekundärwicklung den Heizstrom für die Wolfram-Spirale (der Kathode) liefert.

Eine kleine Spezialgleichrichtertypen RR der AEG, der sog. Radio-Ramar, dient besonders zum Laden kleiner Heizbatterien für den Rund-

¹⁾ Siehe auch ETZ 1925, H. 46, S. 1732.

funk. Abb. 68 zeigt den Radio-Ramar mit abgenommenem Schutzkasten. Hier hat der Transformator getrennte Primär- und Sekundärwicklungen, so daß die Netzspannung elektrisch von der Gleichstromleitung abgetrennt ist, somit das Berühren der Batterie während des Ladens ungefährlich ist.

Der Gleichrichter besitzt Zuleitungsschnüre für Netzanschluß und Ladeleitung. Der Schiebewiderstand dient zum Einstellen des Gleichrichters für Ladung der vorhandenen Zellenzahl (1, 2 oder 3). Regulierung während des Ladens ist nicht erforderlich. Für jede Zellenzahl beträgt die Ladestromstärke etwa 1,5 A. Der Wirkungsgrad ist sehr niedrig, doch spielt dies bei den kleinen Leistungen keine so erhebliche Rolle.

i) **Siemens-Gleichrichter.** Ein ganz neuer Glühkathodengleichrichter ist von S. & H. entwickelt worden, und zwar benutzt diese Firma ein besonderes Kathodenmaterial. Dieser Gleichrichter arbeitet mit zwei Anoden, gleicht also in dieser Hinsicht dem Wehnelt-Gleichrichter, hat dabei aber den Vorzug, daß der Kolben, infolge Fortfalls von Edelmetall, sich billiger stellt.

3. Lichtbogengleichrichter.

Zu der Gruppe der Lichtbogengleichrichter sind vornehmlich die Quecksilberdampfgleichrichter zu zählen. Bei ihnen wird die Ventilwirkung eines Quecksilberlichtbogens im Vakuum zur Umformung benutzt.

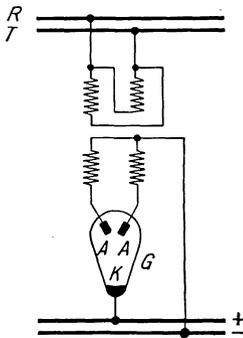


Abb. 69. Prinzipschaltung des Quecksilberdampfgleichrichters für Einphasenanschluß.

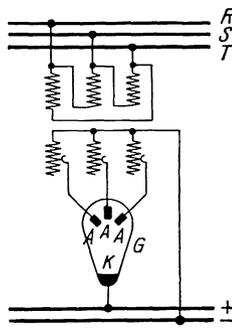


Abb. 70. Prinzipschaltung des Quecksilberdampfgleichrichters für Dreiphasenanschluß.

a) **Theorie der Gleichrichtung und Aufbau der Quecksilberdampfgleichrichter.** Um sich die Wirkungsweise dieser Gleichrichter klar zu machen, ist folgende Überlegung des ganzen Vorganges nötig: Wie wir bereits bei den Glühkathodengleichrichtern gesehen haben, ist der Durchgang eines Stromes durch ein an sich durchschlagsicheres

Vakuum nur möglich, weil ein weißglühender Körper Elektronen abgibt. Dieser glühende Körper sendet negativ geladene Elektronen aus, wobei der luftleere Raum G (s. Abb. 69, 70) diese Aussendung begünstigt. Werden nun die negativen Teilchen der Einwirkung eines elektrischen Feldes ausgesetzt, so kann man sie in geregelte Bahnen lenken, sobald dem glühenden Körper K , der Kathode, ein nichtglühender Körper A , die Anode, gegenübergestellt wird. Ein Stromstoß erfolgt jedoch nur,

wenn diese Anode positiv aufgeladen ist, was bei dem uns zur Verfügung stehenden Wechselstrom nur periodisch bei einer Welle der Fall ist; während der anderen Welle bleibt der äußere Stromkreis stromlos. Ordnet man zwei Anoden an, so kann man zwei Wellen und bei drei Anoden drei Wellen ausnutzen usw. (s. Abb. 70).

Beidem Quecksilberdampfgleichrichter, bei dem als Kathode ein Quecksilberspiegeldient, wird nun das Glühen der Kathode durch die sog. Zündung hervorgerufen. Der durchlaufende Betriebsstrom bildet auf ihm einen hell leuchtenden, ständig umherirrenden sog. Kathodenfleck von etwa 3000° C aus, der als Glühkörper die erforderlichen Elektronen aussendet.

Durch den erzeugten Lichtbogen wird ein Teil Quecksilber verdampft. Dieser Quecksilberdampf schlägt sich an der inneren Glaswand nieder, und das Quecksilber fließt nach der unten befindlichen Quecksilberkathode wieder zurück, wobei eine selbsttätige Ergänzung der Kathode erreicht

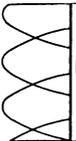
Phasenzahl	Gleichstrom		Anodenstrom		Verhältnismerte	
	Form	Höchst- Effektiv- Mittel- Wert	Form	Höchst- Effektiv- Mittel- Wert	Cl = Anodenstrom eff. Gleichstrom mittel	Ce = Phasenspannung eff. Gleichspannung mittel
1 (2)		1,00 0,71 0,64		1,00 0,50 0,32	0,785	1,110
3		1,00 0,84 0,83		1,00 0,49 0,28	0,587	0,855
6		1,00 0,95 0,95		1,00 0,39 0,16	0,409	0,740

Abb. 71. Stromformen bei Quecksilberdampfgleichrichtern.

wird. Gleichzeitig hat aber der Quecksilberdampf die wertvolle Eigenschaft, den Spannungsabfall im Gleichrichter selbst bedeutend herabzusetzen. Der vom Gleichrichter gelieferte Strom ist, wie wir auch bei den oben beschriebenen Gleichrichtern gesehen haben, wellenförmig.

Bei kleinen Gleichrichtern verwendet man in der Regel zwei Phasen, bei größeren Gleichrichtern höchstens sechs Phasen. Die Siemens-Schuckertwerke geben eine übersichtliche Zusammenstellung der Verhältniswerte des erzeugten Gleichstromes zum Anodenstrom (s. Abb. 71), wobei die größten Schwankungen von 2—6 Phasen berücksichtigt sind. Befinden sich induktive Widerstände im Gleichstromkreis, so werden

die Schwankungen des Gleichstromes wesentlich gedämpft, bei Einphasengleichrichtern ist aber stets eine Drosselspule einzubauen, um die Welligkeit des Gleichstromes zu glätten.

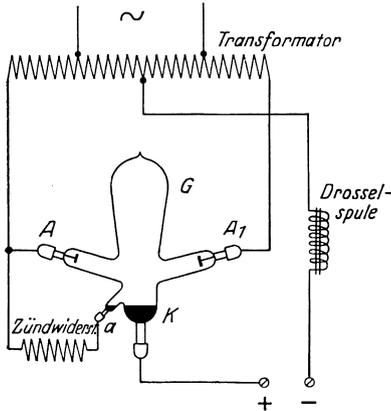


Abb. 72. Schaltbild eines Einphasen-Quecksilberdampfgleichrichters.

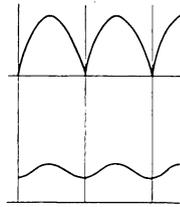


Abb. 73. Gleichstromkurven der Quecksilberdampfgleichrichter.

Neben den Stromkurven für Ein-, Drei- und Sechsfasensstromgleichrichter sind Höchst-, Effektiv- und Mittelwerte des Gleichstromes in obiger Zusammenstellung angegeben, wenn als Höchstwert der Wert Eins angenommen wird. Man erkennt, daß schon bei verhältnismäßig wenig Phasen der Effektivwert gleich dem Mittelwert ist.

Auf der rechten Seite dieser Zusammenstellung ist die Stromform für die Anoden und damit auch für die einzelnen Zweige der Sekundärwicklung des den Wechselstrom liefernden Transformators¹⁾ angegeben. Die bereits erwähnte kurzzeitige Belastung der einzelnen Anoden prägt sich deutlich aus, und man sieht, daß jede Anode bzw. Wicklung um so kürzere Zeit tätig ist, je mehr Phasen angewendet werden. Auch hier sind wieder die Höchst- und Mittelwerte angegeben, die nun außerordentlich große Unterschiede aufweisen.

¹⁾ Siehe auch Berechnung von Transformatoren für Quecksilberdampf- und Argongleichrichter von Dr.-Ing. F. H. Hellmuth, ETZ 1925, H. 13. Transformatoren in Gleichrichteranlagen von Dr.-Ing. e. h. M. Schenkel, Siemens-Zeitschrift Januar, Februar 1925.

Bei Quecksilberdampfgleichrichtern für Einphasenanschluß befinden sich z. B. zwei Hauptanoden A , A' im Innern eines hochevakuierten Glasgefäßes G (s. Abb. 72).

Diese Anoden sind mit den Enden der Sekundärspule eines Transformators verbunden, während die Quecksilberkathode K über den Gleichstromverbraucher und über eine Drosselspule an den Mittelpunkt des Transformators angeschlossen ist.

Durch Kippen des Glasgefäßes wird das Quecksilber mit einer Hilfsanode a in leitende Berührung gebracht und dadurch der Lichtbogen eingeleitet. Es fließt nun der Gleichstrom von der Kathode K zum Transformarmittelpunkt. Der Transformator ist in diesem einfachen Fall in Sparschaltung ausgeführt, wobei beide Hälften der Sekundärwicklung des Transformators abwechselnd, je nach der Stromrichtung, den Strom nach der mit ihnen verbundenen Anode schicken. Der Transformator kann auch zur Herabsetzung oder Erhöhung der Wechselstromspannung dienen, je nachdem welche Gleichspannung gewünscht wird. Der erhaltene Gleichstrom ist jedoch stark pulsierend (s. Abb. 73). Mit Hilfe einer sekundären Drosselspule kann man diesen pulsierenden Gleichstrom, auch Wellenstrom genannt, in fast idealen Gleichstrom umwandeln.

Die Inbetriebsetzung eines Quecksilberdampfgleichrichters erfolgt durch Kippen oder Schütteln des Glasgefäßes, um den Lichtbogen zwischen der Quecksilberkathode und der kleinen Hilfsanode einzuleiten. Bei Unterbrechung des Gleichrichterstromes oder Ausbleiben der Netzspannung erlöscht der Lichtbogen und die sogenannte Zündung muß durch neues Kippen wieder eingeleitet werden. Durch eine elektromagnetisch betätigte Kippvorrichtung läßt sich dieser umständliche Vorgang ersetzen. Ein weiterer Nachteil dieser Gleichrichter war, daß unter einer gewissen Mindestbelastung der Lichtbogen erlosch. Um dies zu vermeiden, hat man eine einfache und gute Lösung gefunden, indem man eine Hilferregung, bestehend aus zwei kleinen Anoden, an dem Gleichrichtergefäß anbringt. Diese Anoden werden an einen kleinen Transformator angeschlossen, dessen Mitte über eine Drosselspule mit der gemeinsamen Kathode des Gleichrichters verbunden ist. Man baut also noch einen kleinen Einphasengleichrichter in den größeren Gleichrichter ein und schließt ihn über eine Drosselspule kurz (s. Abb. 74).

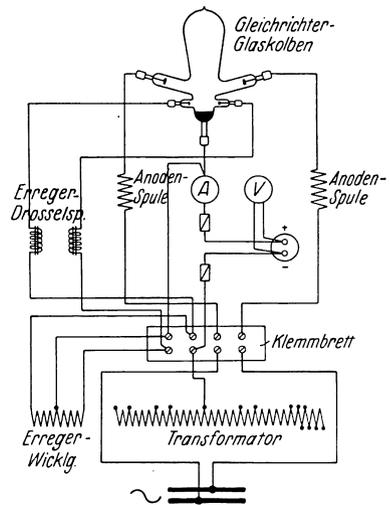


Abb. 74. Schaltbild eines Quecksilberdampfgleichrichters, Type WBT 20.

Der kleine Gleichrichter brennt dauernd, solange die Anlage in Betrieb ist. Der Eigenverbrauch dieser Hilfserröpfung ist verhältnismäßig gering

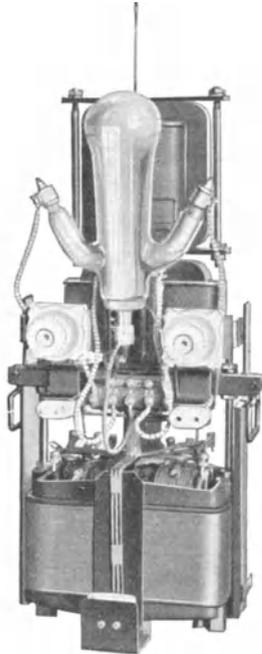


Abb. 75. Quicksilberdampfgleichrichter, Type WET 5, geöffnet.

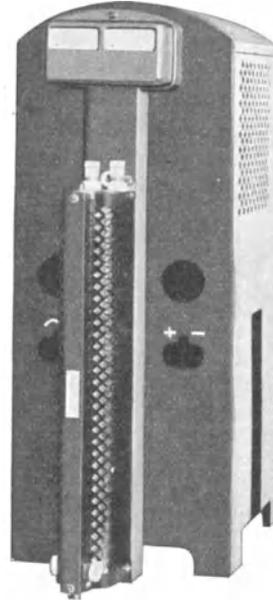


Abb. 76. Quicksilberdampfgleichrichter Type WET 5.

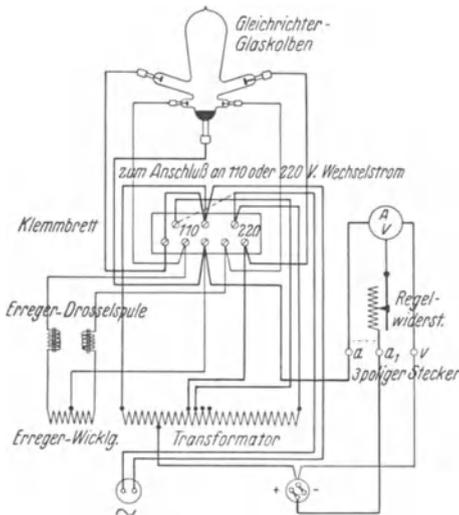


Abb. 77. Schaltbild eines Quicksilberdampfgleichrichters, Type WET 5.

und macht nur wenige Prozent des Gesamtwirkungsgrades aus.

b) Ausführungsarten der Quicksilberdampfgleichrichter. In Deutschland werden Glas-Quecksilberdampfgleichrichter von der AEG, der Gleichrichter-Gesellschaft m. b. H., Berlin, und den Siemens-Schuckertwerken hergestellt.

Die AEG-Quecksilberdampfkleingleichrichter Type WET 5 für 5 A, WET 10 für 10 A und WBT 20 für 20 A Ladestrom können Sammlerbatterien von 6 oder 12 Zellen aufladen.

Abb. 75 zeigt die Innenansicht und Abb. 76 die Außenansicht

dieser Gleichrichter. Die Schaltung ist aus den Abb. 74 und 77 zu ersehen.

Die Kurven in Abb. 78 zeigen die Wirkungsgrade von AEG-Quecksilberdampfkleingleichrichtern für 5–60 A bei verschiedenen Gleichspannungen.

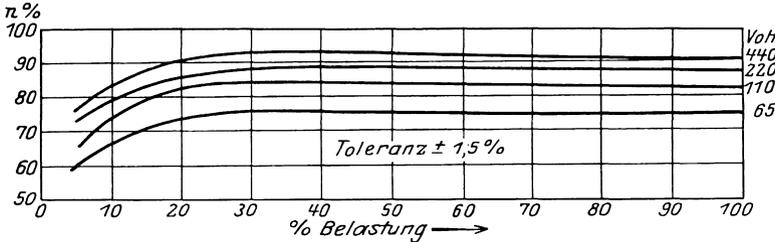


Abb. 78. Nutzeffektkurven von AEG-Quecksilberdampfkleingleichrichtern 5–60 A.

Die Siemens-Schuckertwerke bauen folgende Quecksilberdampfkleingleichrichteranlagen: Type VEA 6 für 6 A, VEA 10 für 10 A, zum Anschluß an eine Phase bei einer Sekundärgleichstromspannung von 24–35, 60–85 oder 115 V nach dem Prinzipschaltbild Abb. 79. Die Abb. 80 und 81 zeigen die Vorder- und Rückansicht dieser Gleichrichteranlagen. Die Typen VDA 25 und VDA 40 sind für dreiphasigen Anschluß und geben 25 A bzw. 40 A Gleichstrom (s. Abb. 82 und 83).

Die Spannungsregelung, wie sie z. B. bei Ladung von Sammlerbatterien stets nötig ist, geschieht entweder durch Regelwiderstandsanordnung (s. Abb. 84 a), durch selbsttätige Regelung mit Hilfe einer Drosselpule (s. Abb. 84 b) oder auch durch Handregelung mittels eines Stufentransformators (s. Abb. 84 c).

Abb. 85 zeigt die Schaltung des Quecksilberdampfkleingleichrichters Type VDA 25 der Siemens-Schuckertwerke zum Anschluß an ein Drehstromnetz für wechselseitige Ladung von zwei Sammlerbatterien, Abb. 86 Type VEA in derselben Ausführung zum Anschluß an ein Wechselstromnetz (eine Phase). Die Abb. 87 und 88 zeigen Vorder- und Rückansicht dieser Gleichrichter.

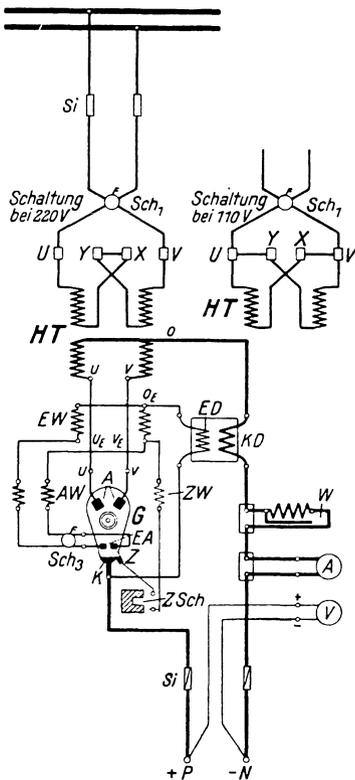


Abb. 79. Schaltbild eines Quecksilberdampfkleingleichrichters, Type VEA 6 und VEA 10 für zwei Anschlußspannungen.

Die Strom- und Spannungskurven in einem sekundären Transformatorzweig sowie in der Gleichstromseite einer solchen Gleichrichteranlage sind in dem Oszillogramm Abb. 89 zu sehen.

c) **Wirkungsgrad der Quecksilberdampfgleichrichter.** Der Gesamtwirkungsgrad des Quecksilberdampfgleichrichters ergibt sich aus den Wirkungsgraden des Glasgefäßes, des Transformators, des Erregerkreises und sonstiger Hilfsapparate. Der Wirkungsgrad des Glasgefäßes ist nur von der gewünschten Gleichspannung abhängig, und zwar ist

$$\eta = \frac{Eg}{Eg + Eh} \cdot 100\% ,$$

wobei η = Wirkungsgrad,
 Eg = Gleichspannung,
 Eh = Spannungsverlust im Gleichrichtergefäß.

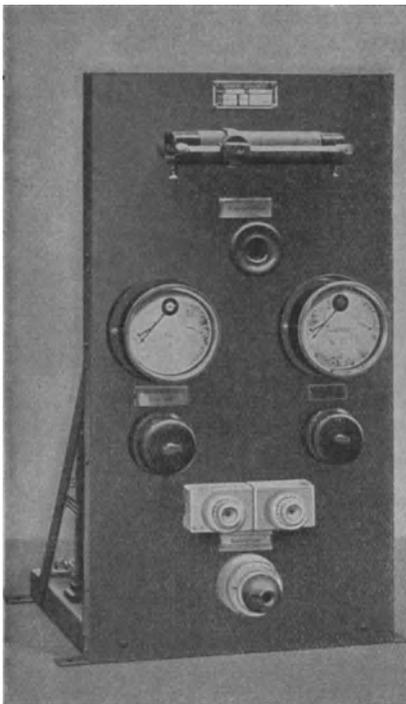


Abb. 80. Vorderseite des Quecksilberdampfgleichrichters VEA 6 und VEA 10

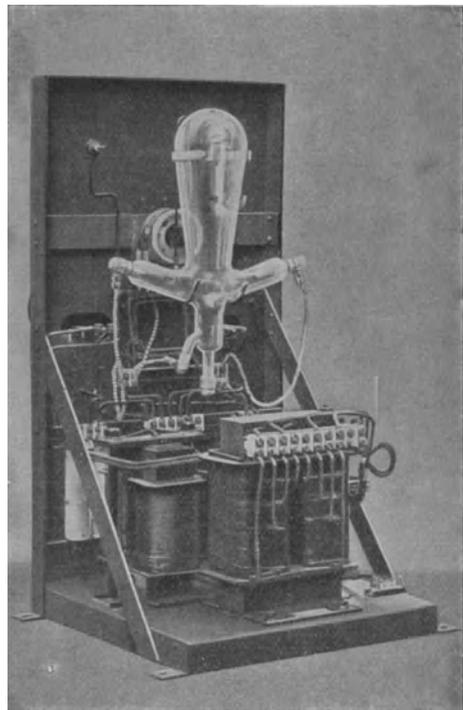


Abb. 81. Rückseite des Quecksilberdampfgleichrichters VEA 6 und VEA 10.

Da der Spannungsverlust im Gleichrichtergefäß etwa 18 V beträgt, erhalten wir bei einer gewünschten Gleichspannung $E_g = 60$ V

$$\eta = \frac{60}{60 + 18} \cdot 100\% = 77\% .$$

Der Gefäßwirkungsgrad ist also unabhängig von der Belastung und bei kleinen Belastungen ebenso groß wie bei Vollast. Je höher die benötigte Gleichspannung ist, desto besser ist der Wirkungsgrad.

Der Gesamtwirkungsgrad wird jedoch, wie bereits gesagt, noch vom Wirkungsgrad des Transformators und dem Verbrauch der Hilfsapparate, wie Erregerkreis, Drosselspulen usw., beeinflusst und verringert sich bei Teillast des Gleichrichters entsprechend, da die Leerlaufverluste des Transformators sowie der Verbrauch im Erregerkreis nahezu konstant bleiben.

Bei einer Quecksilberdampfgleichrichteranlage Type VEA 10 der Siemens-Schuckertwerke für eine Gleichspannung von 24/35 V bei

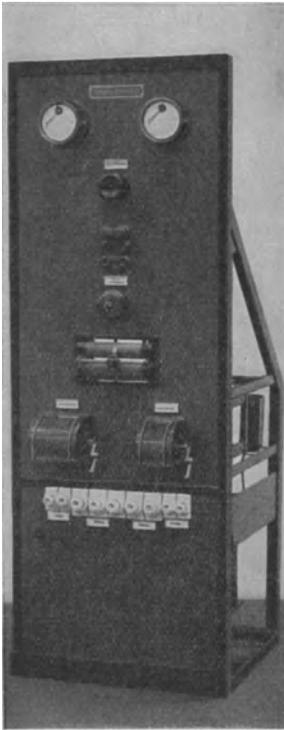


Abb. 82. Vorderseite des Quecksilberdampfgleichrichters VEA 25 und VDA 40.



Abb. 83. Rückseite des Quecksilberdampfgleichrichters VDA 25 und VDA 40.

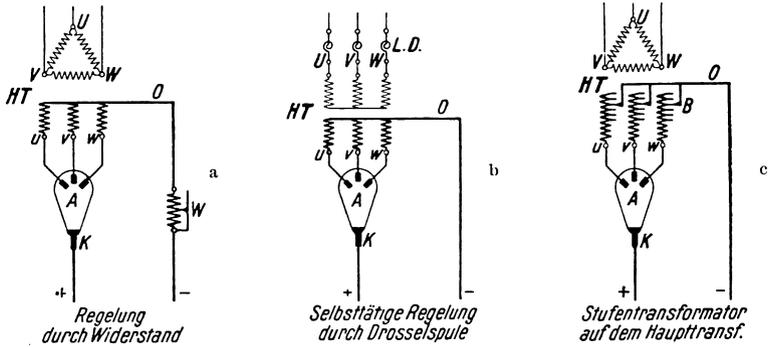


Abb. 84.

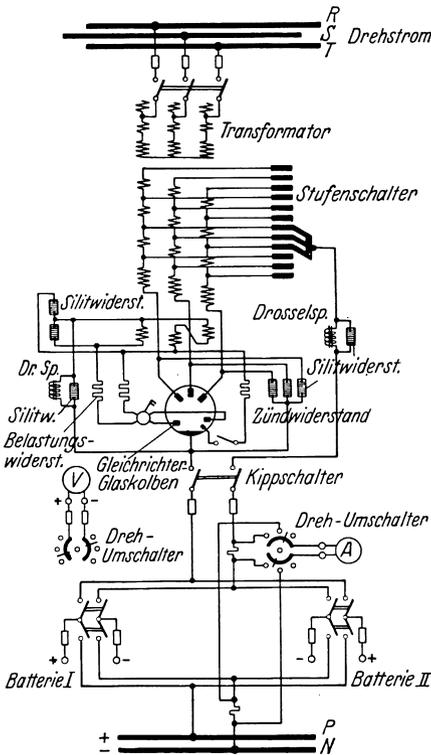


Abb. 85. Schaltbild eines Quecksilberdampfgleichrichters VDA 25 zum Anschluß an ein Drehstromnetz und wechselseitigem Laden von zwei Batterien.

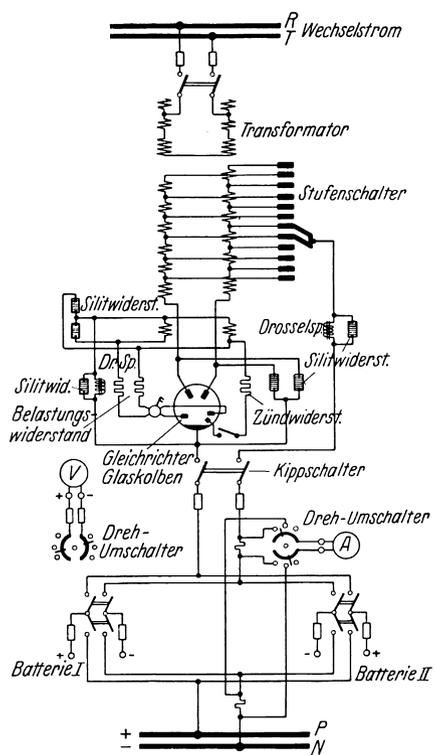


Abb. 86. Schaltbild eines Quecksilberdampfgleichrichters VEA 25 zum Anschluß an ein Wechselstromnetz und wechselseitigem Laden von zwei Batterien.

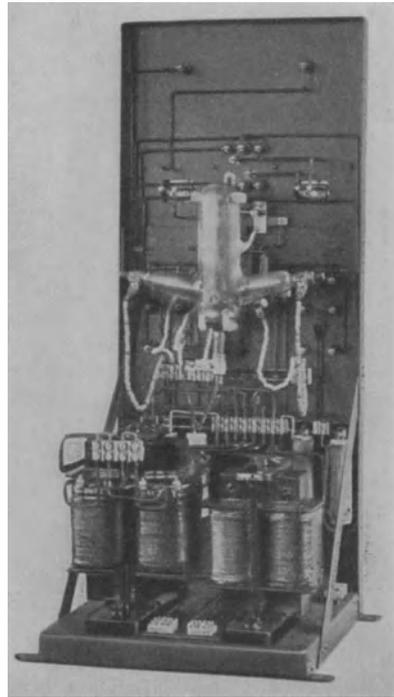
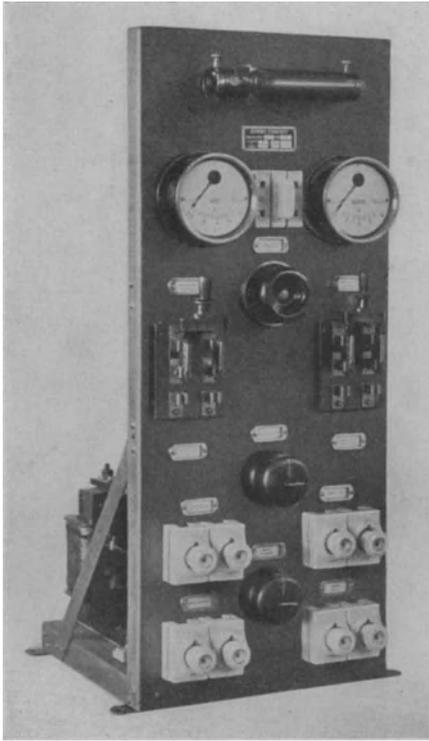


Abb. 87. Vorderseite des Quecksilberdampfgleichrichters VEA 25 und VEA 40.

Abb. 88. Rückseite des Quecksilberdampfgleichrichters VEA 25 und VEA 40.

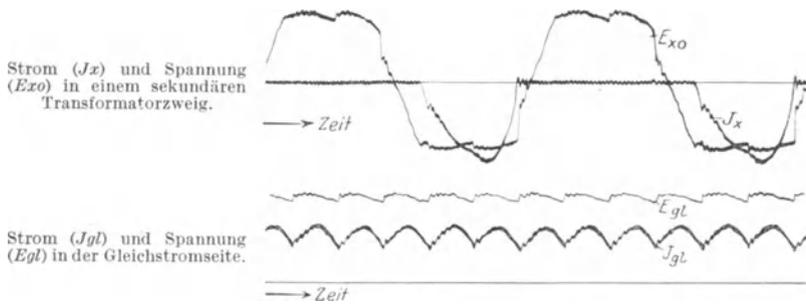


Abb. 89. Wechsel- und Gleichstrom in einer Quecksilberdampfgleichrichteranlage.

einem Gleichstrom von 10 A wurden folgende Wirkungsgrade festgestellt:

$$\begin{aligned} \frac{1}{1} \text{ Last} &= 43\frac{1}{2}\% \\ \frac{3}{4} \text{ ,,} &= 38\frac{1}{2}\% \\ \frac{1}{2} \text{ ,,} &= 35\frac{1}{2}\% \\ \frac{1}{4} \text{ ,,} &= 30\% \end{aligned}$$

Ähnlich liegen auch die Verhältnisse bei Quecksilberdampfgleichrichtern anderer Fabriken. Da der Spannungsabfall im Gleichrichter stets etwa 15–20 V beträgt, ist auch der Wirkungsgrad bei allen Quecksilberdampfgleichrichtern bei derselben Gleichspannung ungefähr der gleiche.

Die Lebensdauer der Glaskolben beträgt im Mittel mehrere tausend Brennstunden.

d) **Der Argongleichrichter.** Eine erhebliche Herabminderung des Mindeststromes bzw. des dauernden Energieverbrauches der Hilfs-erregung hat die Firma Deutsche Telephonwerke und Kabelindustrie



Abb. 90. Argongleichrichter W B
tragbar bis 6 A.

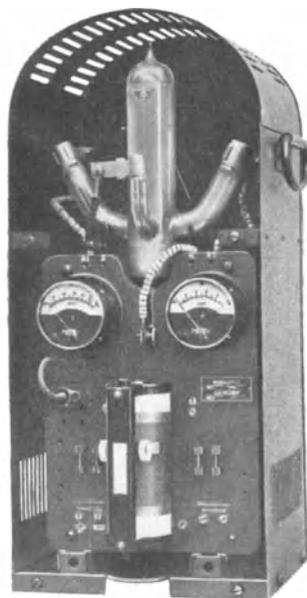


Abb. 91. Argongleichrichter W B
(geöffnet) bis 6 A.

A.-G., Berlin, bei ihrem Argongleichrichter dadurch zu erreichen gesucht, daß sie der Quecksilberkathode einige Prozent Alkalimetall zusetzte. Hierdurch wird erreicht, daß die Betriebsstrom-

stärke bis zu ganz geringen Werten, etwa $0,1 - 0,3$ A, sinken kann, ohne daß ein Verlöschen des Lichtbogens zu befürchten ist. Der Glaskörper enthält außer dem Quecksilberdampf Argon von geringem Druck.

Im übrigen ist der Aufbau des Argonalgleichrichters ähnlich den bereits oben beschriebenen Quecksilberdampfgleichrichtern. Die Zündanode ist an eine besondere Wicklung des Gleichrichtertransformators angeschlossen. Beim Einschalten der Zündspule bildet sich sogleich ein Lichtbogen aus, dessen Stromstärke durch einen Vorwiderstand begrenzt ist. Sobald der Gleichrichter anspringt, wird die Zündanode durch ein mit seiner Magnetwicklung im Gleichstromkreis liegendes Relais ausgeschaltet.

Da die Verwendung von Alkali und Argon die Zündung sehr erleichtert, ist auch die Gefahr der Rückzündung in der undurchlässlichen Richtung beim Argonalgleichrichter größer als beim Quecksilberdampfgleichrichter. Bei Verwendung engerer und mehrfach gekrümmter Anodenarme hat man jedoch bereits Gleichspannungen bis 700 V erreicht.

Abb. 90 zeigt die Vorderseite dieses Gleichrichters und Abb. 91 denselben Gleichrichter im geöffneten Zustande.

Der Argonalgleichrichter wird auch zum wechselseitigen Laden von zwei Sammlerbatterien eingerichtet (s. Abb. 92). Das Stromlaufschema zeigt Abb. 93.

Das Regeln der Ladespannung geschieht entweder selbsttätig durch einen Eisendrahtwiderstand oder durch eine von Hand regelbare Drosselspule.

Die Ladekurve einer Sammlerbatterie mit konstanter Stromstärke durch Eisenwiderstand zeigt Abb. 94, die Ladekurve derselben Batterie mit nahezu konstanter Stromstärke durch Regulierdrossel Abb. 95.

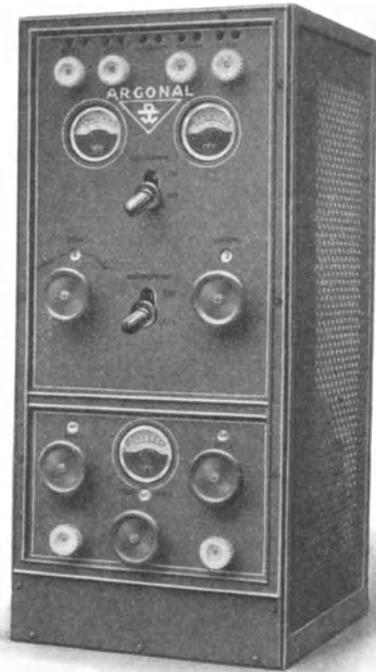


Abb. 92. Argonalgleichrichter WM bis 25 A.

Der Argonalgleichrichter verbraucht eine von der Belastung nahezu unabhängige Spannung von etwa 15 V bei den kleinen Typen. Die Lebensdauer der Glaskolben ist verhältnismäßig hoch.

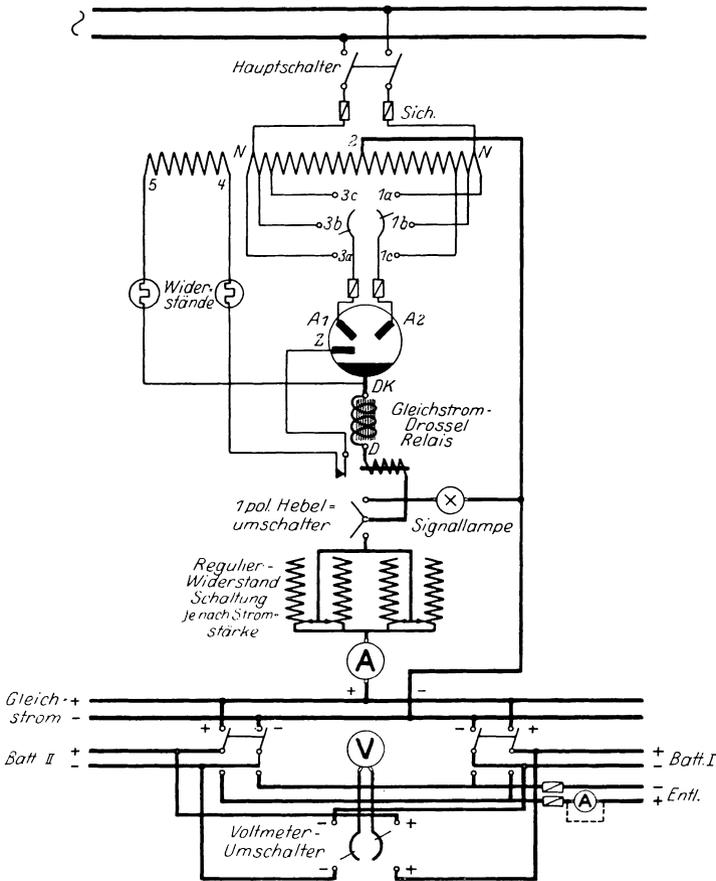


Abb. 93. Schaltbild eines Argonalgleichrichters WM.

4. Mechanische Pendelgleichrichter.

a) **Theorie der Gleichrichtung.** Die mechanischen Pendelgleichrichter beruhen auf dem Grundgedanken, daß ein mit Kontakten versehener Anker in einem von Wechselstrom erregten Felde schwingt, wobei der Wechselstrom für eine Hälfte der Periode geschlossen und für die andere geöffnet wird, so daß also, wenn nur ein Kontakt vorhanden ist, die eine Stromrichtung unterdrückt wird. Schwingt der Anker zwischen zwei festen Kontakten, so können durch geeignete Schaltungen beide

Stromrichtungen in gleiche Richtung gebracht werden. Die Umschaltung der Stromrichtungen muß jedoch immer dann vor sich gehen, wenn der Strom auch bei vorhandener Gegenspannung auf Null gesunken ist. Im

anderen Falle hätte man eine geringe Stromausbeute, und es würden die Kontakte durch etwa auftretende Öffnungsfunken schnell zerstört. Schwingt nun der Anker in einem Felde, das z. B. in einem polarisierten Wechselstrommagneten erregt wird, so tritt infolge der Trägheit der schwingenden Teile eine Phasenverschiebung auf, die ein Öffnen und Schließen der Kontakte bei Stromlosigkeit nicht zustande kommen läßt.

Mit Hilfe eingeschalteter Kapazitäten und Induktivitäten kann man aber bekanntlich die Phase eines Wechselstromes beliebig verschieben, so daß es ohne Schwierigkeiten möglich ist, den Gleichrichter so einzuregulieren, daß die durch die Trägheit bedingte Phasenverschiebung vollständig ausgeglichen wird. Allerdings gilt dieser Ausgleich nur für eine bestimmte Frequenz. Mechanische Pendelgleichrichter sind demnach gegen Frequenzschwankungen empfindlich und arbeiten schlecht, sobald sie für eine andere Frequenz benutzt werden als diejenige, für die sie einreguliert waren.

b) Pendelgleichrichter der Hydrawerke, Elektrizitäts A.-G., Berlin.

Dieser Gleichrichter besteht aus einem Dauermagneten M (s. Abb. 96) mit den Polschuhen P_1 und P_2 , der Wechselstromspule S , der eisernen

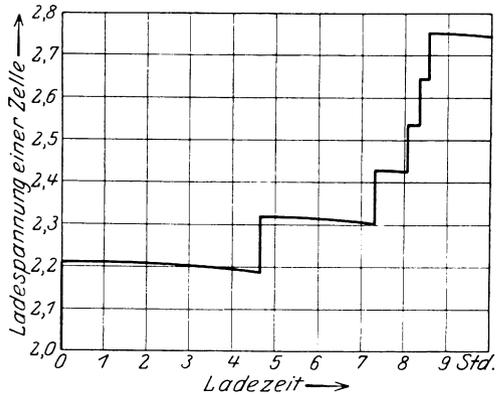


Abb. 94. Ladekurve eines Sammlers mit nahezu konstanter Stromstärke durch Argongleichrichter und Regulierdrossel.

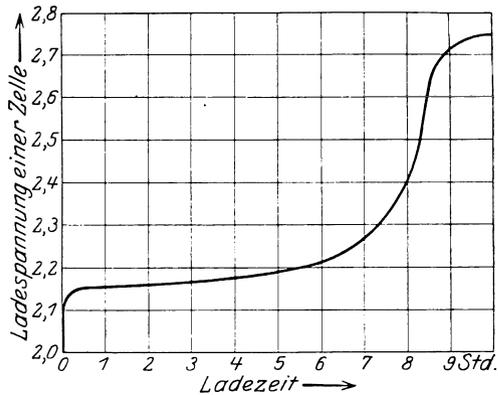


Abb. 95. Ladekurve eines Sammlers mit konstanter Stromstärke durch Argongleichrichter und Eisenwiderstand.

Ankerfeder F und den Seitenfedern f_1 und f_2 , die fest in einem Gußblock G eingespannt sind.

Die Wechselstromspule S erhält aus dem Wechselstromnetz einen, durch einen Kondensator hinreichend in Phase verschobenen Wechselstrom, der das untere Ende der eisernen Feder abwechselnd nord- oder südmagnetisch macht, so daß es abwechselnd von den Polschuhen P_1 und P_2 des Dauermagneten angezogen wird und die oberhalb der Spule S liegende Kontakteinrichtung betätigt. Die Seitenfedern f_1 und f_2 , die in der Ruhe fest an den Anschlägen A_1 , A_2 anliegen, heben sich von diesen ab, sobald die schwingende Ankerfeder bei k_1 oder k_2 Kontakt

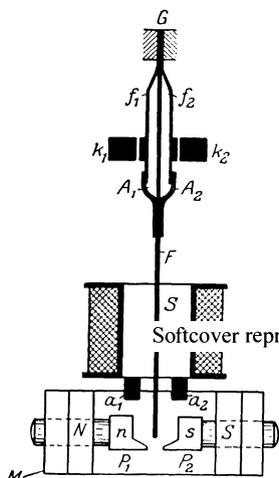


Abb. 96. Pendelgleichrichter der Hydrarwerke.

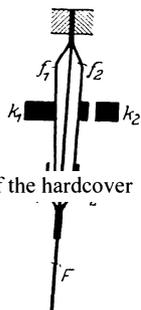


Abb. 97. Federanordnung des Hydra-Pendelgleichrichters.

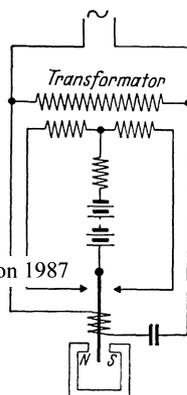


Abb. 98. Schaltbild des Hydra-Pendelgleichrichters.

macht und ermöglicht es dadurch der Feder, auch nach Herstellung des Kontaktes, frei auszuschwingen.

Das charakteristische Merkmal dieser Pendelgleichrichter ist die an sich bekannte Anordnung des schwingenden Ankers (s. Abb. 97), dessen Feder, wie bereits gesagt, an einem Ende eingespannt ist. Hierbei wird eine Abnutzung der schwingenden Teile vermieden, die bei Zapfen- oder Spitzenlagerung natürlich nicht zu umgehen ist.

Die Schaltung des Gleichrichters zeigt Abb. 98. Der Transformator hat getrennte Wicklungen. Die primäre Wicklung wird an das Wechselstromnetz angeschlossen, während die sekundäre in der Mitte abgezapft den Pluspol des gleichgerichteten Wellenstromes bildet.

Der Wirkungsgrad erreicht etwa 50%. Diese Gleichrichter werden für Stromstärken bis 2 A gebaut und eignen sich für das Laden von Sammlerbatterien bis zu 6 Zellen.

Eine Ansicht des Gleichrichters zeigt Abb. 99.

c) Pendelgleichrichter System Falkenthal. Ein anderer Pendelgleichrichter ist der nach dem System Falkenthal von der Firma Deutsche Telefonwerke gebaute.

Hier besteht das Kontaktsystem aus einem Kontakthebel, der mit einem durch einen permanenten Magneten oder eine Wicklung gleichmäßig polarisierten Eisenkern verbunden und leicht drehbar im Streufeld des Transformatorisenkerns gelagert ist. Auch hier sitzt die Kontaktfläche, gegen die der Anker schlägt, an dünnen Federn, die seiner Bewegung nachgeben und mit ihm mitgehen, bis sie auf dem Rückwege durch ein Widerlager abgefangen werden, so daß der Kontakt unterbrochen wird.



Abb. 99. Hydra-Pendelgleichrichter.

Die Kontakte bestehen jedoch nicht aus Metall wie bei dem Hydrageleichrichter, sondern aus Kohlenklötzchen von $0,8 \times 0,8$ cm Kontaktfläche. Dies bietet den Vorteil, daß sich Übergangswiderstände durch Oxydation nicht bilden können. Die Kontaktflächen brennen sich schnell aufeinander ein, wobei eine verhältnismäßig große Berührungfläche entsteht. Die Kohlenkontakte sind auswechselbar.

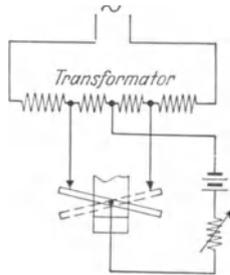


Abb. 100. Schaltbild des Falkenthal-Pendelgleichrichters.

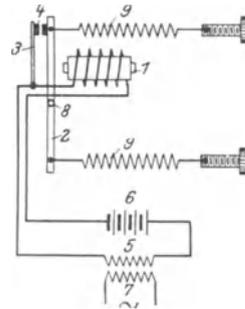


Abb. 101. Schaltbild des Schüler-Pendelgleichrichters.

Die Prinzipschaltung dieses Gleichrichters ist in Abb. 100 angegeben. Der Transformator hat Sparschaltung, wie aus der Schaltung ersichtlich. Der Wirkungsgrad beträgt etwa 50%. Dieser Gleichrichter ist ebenfalls für Stromstärken bis etwa 2 A und zum Laden von höchstens 6 Sammlerzellen geeignet.

d) Pendelgleichrichter System Schüler. Die Firma Dr. Max Levy, Berlin, baut einen Pendelgleichrichter nach dem System Schüler¹⁾. Hier besteht der Gleichrichter aus einem Elektromagneten 1

¹⁾ Siehe ETZ. 1921, H. 19.

(s. Abb. 101), dem schwingenden Anker 2 (Pendel genannt) und der Kontaktfeder 3. Das Pendel hat seinen Drehpunkt bei 8. Seine Eigenschwingungszahl kann durch mehr oder weniger festes Anspannen der Spiralfeder 9 innerhalb bestimmter Grenzen eingestellt werden. Bei jeder Schwingung der Ankers berühren sich die Kontakte 4 für kurze Zeit und schließen dadurch die Verbindung zwischen der Sekundärwicklung 5 des Transformators 7 und der zu ladenden Batterie 6. Voraussetzung für das Zustandekommen eines Ladestromes ist synchrones und phasengleiches Schwingen des Pendels in bezug auf die Frequenz des gleichgerichteten Wechselstroms und ferner, daß der Kontaktschluß stets während des richtigen Polwechsels erfolgt. Außerdem dürfen auch hier, wie bei allen Pendelgleichrichtern, an den Kontakten keine Funken entstehen, da sonst die Kontakte schnell zerstört werden würden. Dies setzt voraus, daß die Kontakte sich stets in dem Augenblick öffnen und schließen, in dem der Wert des Wechselstromes gleich der Batteriespannung ist. In Abb. 102 ist die Kurve Ew der Wechselspannung dargestellt, die Linie Eg ist die Spannung der zu ladenden Batterie. Die Kontakte müssen sich im Punkt E berühren, im Punkt A trennen.

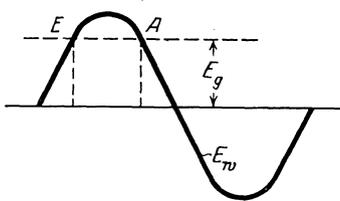


Abb. 102.

Wie man sieht, wird hier nur eine Stromrichtung ausgenutzt, wodurch aber eine Vereinfachung im Aufbau des ganzen Apparates erzielt wurde. Um ein synchrones

Schwingen des Pendels herbeizuführen, muß der Elektromagnet natürlich vom Betriebswechselstrom erregt werden. Das Pendel darf aber nur eine Schwingung während jeder Periode ausführen, wogegen bei gewöhnlicher Wechselstromerregung der Elektromagnet bei jedem Polwechsel einen Zug ausübt, also zwei Schwingungen in jeder Periode. Einer der beiden Kraftimpulse muß deshalb durch Überlagerung eines gleichbleibenden magnetischen Feldes aufgehoben werden; meistens wird hierfür ein Dauermagnet verwendet. Bei dieser Ausführung erzielt man das gleiche Ergebnis durch die gemischte Erregung des Elektromagneten.

Wie aus Abb. 101 ersichtlich, enthält der Stromkreis des Elektromagneten sowohl den Transformator wie die Batterie; es fließt in der Spule also sowohl Gleich- wie auch Wechselstrom, wodurch die erforderliche Polarisierung in einfacher Weise erreicht wird. Ein besonderer Vorteil ergibt sich hierbei noch dadurch, daß der Gleichrichter vor Inbetriebsetzung keine Polarität hat. Die Batterie kann also beliebig, ohne Beachtung der Polarität, an den Gleichrichter angeschlossen werden, jedoch muß sie stets, um den Gleichrichter in Betrieb zu setzen, noch eine gewisse Spannung besitzen, was aber praktisch wohl stets

der Fall ist. Für andere Zwecke, also zur direkten Abgabe von Gleichstrom, eignet sich aus diesem Grunde der Gleichrichter nicht.

Die Type L 30, der sog. „Ladewicht“, ist für 1—3 Sammler bei einem Höchstladestrom von 1,5 A geeignet (s. Abb. 103), während die größeren Typen L 33, L 36 und L 39 bis 12 Sammlerzellen bei höchstens 4 A laden können (s. Abb. 104).

Der Wirkungsgrad der Pendelgleichrichter von Dr. Max Levy erreicht im Mittel etwa 60%.

Das sind die hauptsächlichsten Vertreter der Pendelgleichrichter. Es gibt jedoch noch eine ganze Reihe verschiedener Ausführungen, die sich aber im Prinzip nicht wesentlich von den oben beschriebenen unterscheiden. Z. B. läßt sich die Wechselstromerregerspule, die, wie beim



Abb. 103.
Pendelgleichrichter L 30.

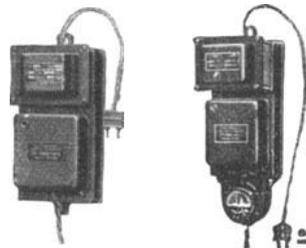


Abb. 104.
Pendelgleichrichter L 33 und L 36.

Hydra-Pendelgleichrichter, den Anker oder das Pendel in Schwingungen versetzt, auch direkt am Pendel anordnen, wobei von der Sekundärwicklung des Transformators einige Windungen zur Erregung dieser nun schwingenden Spule abgezapft werden.

e) **Leistungsbereich der Pendelgleichrichter.** Zusammenfassend kann man sagen, daß Pendelgleichrichter sich nur da eignen, wo verhältnismäßig kleine Leistungen, bis höchstens 40 V bei höchstens 3 A, benötigt werden und das störende Geräusch des hin- und herschwingenden Pendels nicht störend empfunden wird. Die Abhängigkeit von Frequenz und Netzspannung ist jedoch ein Nachteil, der stets zu berücksichtigen ist, ebenso wie die Gefahr der Selbstentladung der Sammlerbatterie, sobald die Netzspannung ausbleibt.

5. Elektrolytgleichrichter.

a) **Theorie der Gleichrichtung.** Werden ein Aluminiumstreifen und ein Eisenstreifen in eine Lösung von Natriumphosphat oder Natrium-

bikarbonat getaucht und an beide Streifen ein Wechselstrom gelegt, so entsteht auf dem Aluminiumstreifen eine mikroskopisch dünne Oxydschicht. Diese Schicht bewirkt, daß der Strom nur in der einen Richtung fließen kann, und zwar vom Eisenstreifen durch die Lösung zum Aluminiumstreifen, aber nicht umgekehrt. Man erhält also auf diese Weise einen sehr einfachen und wirksamen Gleichrichter.

b) Phywegleichrichter. Die Physikalischen Werkstätten in Göttingen stellen nach dem Prinzip von Professor Graetz einen Elektrolytgleichrichter her, dessen Gefäß aus einem starken eisernen Zylinder besteht. Dieser bildet gleichzeitig die Kathode, während die Anode in Form eines Stabes aus möglichst reinem Aluminium isoliert durch den Deckel des Gefäßes geführt wird. Der Elektrolyt ist Ammoniumkarbonat (Hirsch-

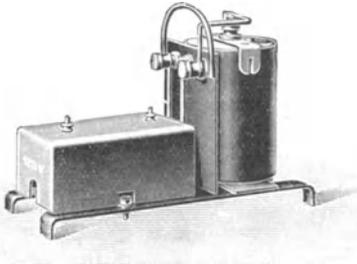


Abb. 105.
Phywe-Elektrolytgleichrichter mit einer Zelle.

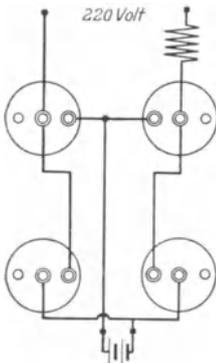


Abb. 106. Schaltbild eines Elektrolytgleichrichters mit 4 Zellen, nach Graetz.

hornsalz); er kann durch eine Einfüllöffnung leicht ausgewechselt werden. Da die Anfrassungen des Aluminiums an der Eintauchgrenze am stärksten sind, empfiehlt es sich, den Elektrolyten mit einer dünnen Ölschicht zu bedecken, wodurch gleichzeitig der übermäßigen Verdunstung entgegengewirkt wird. Ammoniumkarbonat zersetzt sich bei einer Temperatur über 50°C schnell; sie muß deshalb unter diesem Wert bleiben, um so mehr, als die Gleichrichterwirkung oberhalb dieser Temperatur stark abnimmt. Da andererseits die Leitfähigkeit des Elektrolyten mit wachsender Temperatur bis zu dieser Grenze beträchtlich steigt, arbeiten die Gleichrichter am günstigsten mit einer Temperatur des Elektrolyten von etwa 40°C .

Die einzelnen Zellen werden in zwei Größen gebaut, und zwar für 1 und 2 A Gleichstrom. In Verbindung mit einem kleinen Transformator liefert das kleine Modell 30 V bei 1 A Gleichstrom (s. Abb. 105).

Zur Ausnutzung beider Phasen des Wechselstromes dient die ebenfalls von Graetz angegebene Schaltung in Abb. 106.

Zum Anschluß an 220 V Wechselstrom und zur wahlweisen Abgabe von Gleichstrom von 20–70 V ist die Ausführung nach Abb. 107 geeignet, bei der die erforderlichen Spannungen mittels Kurbelschalters an einem Stufentransformator eingestellt werden können. Um die

Zellen, die sich bei längerer Einschaltungsdauer verschlechtert haben, wieder voll wirksam zu machen, schabt man während des Stromdurchganges die Al-Anode in den Zellen mit einer scharfen Schneide aus Stahl oder Messing ab, wobei starke, knallende Funken entstehen. Der Wirkungsgrad dieses Gleichrichters einschließlich der Transformatoren ist mit 10–30% anzunehmen.

c) **Balkitegleichrichter.** Ein anderer Elektrolytgleichrichter ist der von der Fansteel-Products Co., Chicago, gebaute sog. Balkitegleichrichter. Hier besteht die eine Elektrode aus einer Bleiplatte, während als Anoden zwei Tantableche dienen. Als Elektrolyt wird 30 prozentige Schwefelsäure benutzt. Zum Herabsetzen der Netzspannung ist ein kleiner Transformator vorhanden, der gemeinsam mit der Elektrolytzelle in einem handlichen Gehäuse untergebracht ist. Außerdem enthält der Apparat in der Verbraucherleitung noch eine Sicherung für höchste Stromentnahme von etwa 4 A und eine Drosselspule. Die Schaltung ist so gewählt, daß beide Halbwellen der Wechselspannung ausgenützt werden (s. Abb. 108).

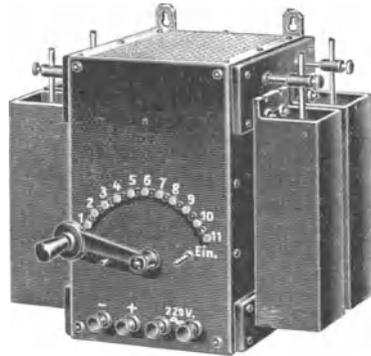


Abb. 107. Phywe - Elektrolytgleichrichter mit 4 Zellen und Stufenschalter.

Die Gleichrichtung des Balkitegleichrichters ist gut, und die Stromausbeute bleibt auch bei mehr als 300-stündiger Dauerbelastung noch unverändert.

Bei normaler Wechselspannung von 220 V wurden folgende Ladestromstärken festgestellt:

für 1 Zelle	3,5	A
„ 2 Zellen	2,5	„
„ 3 „	1,25	„
„ 4 „	0,6	„

Die Wechselstromstärke schwankt dabei zwischen 0,4 und 0,16 A.

Der Wirkungsgrad des Balkitegleichrichters beträgt beim Laden einer Sammlerzelle etwa 23%, steigt aber beim Laden von 3–4 Zellen bis auf 42% an.

d) **Leistungsbereich der Elektrolytgleichrichter.** Der Balkitegleichrichter soll nach Angaben der Herstellerin in Amerika bereits sehr verbreitet sein. Sein Anwendungsgebiet wird aber wohl nicht so sehr in der Fernmeldetechnik, als vielmehr für das Laden von Sammlerbatterien

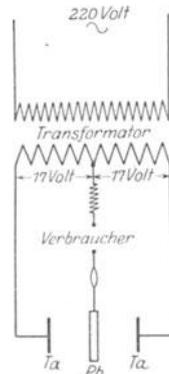


Abb. 108. Schaltbild des Balkitegleichrichters.

für Automobile und dergleichen liegen. Denn bei allen guten Eigenschaften hat er doch auch alle die Nachteile, die Elektrolytgleichrichter nun einmal haben, wie das lästige Nachfüllen von Säure und die Bildung von Knallgas, die ihn für die Verwendung in besseren Wohnräumen ungeeignet machen. Dessenungeachtet ist ihm aber in Garagen, Werkstätten u. dgl. ein weites Anwendungsgebiet offengelassen.

6. Zusammenfassung der verschiedenen Gleichrichterarten.

Die wichtigsten Gleichrichtertypen sind nunmehr beschrieben; in der folgenden Tabelle seien ungefähre Anhaltspunkte über ihre verschiedenen Anwendungsgebiete in der Fernmeldetechnik angegeben:

Nutzbarer Gleichstrom.					
Spannung	0,2 A	1 A	3 A	6 A	10 A und höher
10 V und niedriger	Elektrolyt Glimmlicht	Elektrolyt Pendel Glühkathod. Argonal	Wehnelt Pendel Glühkathod. Argonal Elektrolyt	Wehnelt Glühkathod. Argonal	Wehnelt Glühkathod. Argonal
bis 35 V	Glimmlicht Glühkathod. Wehnelt	Glühkathod. Argonal Wehnelt Pendel	Wehnelt Glühkathod. Argonal Pendel	Wehnelt Glühkathod. Argonal Quecksilber- dampf	Wehnelt Glühkathod. Argonal Quecksilber- dampf
bis 50 V	Glimmlicht Glühkathod. Wehnelt	Glühkathod. Argonal Wehnelt Pendel	Wehnelt Glühkathod. Argonal	Wehnelt Glühkathod. Argonal Quecksilber- dampf	Wehnelt Quecksilber- dampf Argonal
bis 100 V	Wehnelt	Wehnelt Argonal	Wehnelt Quecksilber- dampf	Wehnelt Argonal Quecksilber- dampf	Wehnelt Argonal Quecksilber- dampf
über 100 V	Wehnelt	Wehnelt	Wehnelt Quecksilber- dampf	Wehnelt Quecksilber- dampf	Wehnelt Quecksilber- dampf

Der Wirkungsgrad der Gleichrichter ist stets vom Standpunkt der allgemeinen Wirtschaftlichkeit zu betrachten. Es kann z. B. für kleine Leistungen ein billiger Gleichrichter mit mäßigem Wirkungsgrad einem teuren Gleichrichter mit besserem Wirkungsgrad immer noch überlegen sein.

Im übrigen muß man verlangen, daß ein Gleichrichter keiner Wartung bedarf, sofort beim Einschalten anspringt und beim Ausbleiben des Netzstromes keinen Rückstrom durchläßt. Diesen Forderungen kommt der Wehnelt-, Wolfram- und Siemens-Glühkathodengleichrichter am nächsten, wobei gleichzeitig sein vollkommen geräuschloser Gang im Gegensatz zu den Pendelgleichrichtern ein großer Vorzug ist. Ebenso

treten bei den Glühkathodengleichrichtern keine Störungen des Rundfunkempfanges, wie beim Pendelgleichrichter, auf. Selbst die kleinsten auftretenden Funken am Pendelgleichrichter erzeugen in ihrer Nähe erhebliche elektrische Schwingungen, so daß durch einen in Betrieb befindlichen Pendelgleichrichter sämtliche in diesem Hause aufgestellten Rundfunkempfangsapparate mehr oder weniger starken Störgeräuschen ausgesetzt sind.

Wir haben hier die Gleichrichter als Ladestromquelle für Sammlerbatterien betrachtet. Diese Gleichrichter können gegebenenfalls aber auch direkt, d. h. ohne Sammlerbatterie, zum Betrieb von Fernmeldeanlagen verwendet werden.

In manchen Fällen eignen sich für geringe Leistungen die Glimmlichtgleichrichter zum Betrieb von Fernmeldeanlagen; störend wirkt hier jedoch der stark abgehackte Gleichstrom infolge der einanodigen Anordnung des Gleichrichters, was meistens eine Sonderausführung der anzuschließenden Apparate erfordert.

Besser geeignet sind hierfür die zweianodigen Glühkathodengleichrichter, zur Zeit die Wehnelt-Gleichrichter, die z. B. zum Betrieb von Wasserstands-Fernmeldeanlagen, die normalerweise für Gleichstrombetrieb eingerichtet sind, ohne Änderung der Apparate verwendet werden können.

IV. Maschinenumformer.

Maschinen als Ladestromquellen benutzt man in allen den Fällen, wo es sich um einen stark beanspruchten Betrieb handelt oder aus wirtschaftlichen Gründen auch bei kleinen Leistungen ein Maschinenumformer vorgezogen wird. Der Anschaffungspreis eines kleinen Maschinenumformers für eine Leistung bis etwa 50 W stellt sich in der Regel noch billiger als ein entsprechender Gleichrichter. Dabei liefert der Maschinenumformer einen Gleichstrom von geringer Welligkeit, während der Gleichrichter auch bei Ausnutzung beider Phasen doch nur abgehackten oder pulsierenden Gleichstrom, sog. Wellenstrom, liefert, wenn nicht durch Zwischenschaltung einer besonderen Drossel dieser Wellenstrom in Gleichstrom verbessert wird (s. Abb. 73).

Die Ladeumformer lassen sich in folgende Gruppen einteilen¹⁾:

1. Gleichstrom-Gleichstrom-Motorgenerator,
 " " -Einankerumformer;
2. Drehstrom-Gleichstrom-Motorgenerator,
 " " -Einankerumformer;
3. Einphasen-Wechselstrom-Gleichstrom-Motorgenerator,
 " " " -Einankerumformer.

¹⁾ Siehe auch Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen. REM, Teil 16, S. 143.

Steht ein Gleichstromnetz zur Verfügung, so wird man bei kleinen Ladestromstärken mit Hilfe eines Vorwiderstandes die vorhandene Gleichspannung auf den für die erforderliche Batteriespannung nötigen Wert herabdrücken nach der einfachen Formel $\frac{E}{J} - x \cdot \frac{2,0}{J} = R$. Hierbei ist E die Netzspannung, x die Zellenzahl, J die Ladestromstärke und R der erforderliche Vorwiderstand. Selbstverständlich kann diese einfache Lösung nur da angewandt werden, wo es sich um verhältnismäßig niedrige Stromstärken handelt, die die vorhandene Netzleitung ohne weiteres hergeben kann. Sobald höhere Ladestromstärken gebraucht werden, ist allein schon aus wirtschaftlichen Gründen ein entsprechender Maschinenumformer nötig.

1. Der Gleichstrom-Gleichstrom-Motorgenerator der SSW.

Der Gleichstrom-Gleichstrom-Motorgenerator ist ein Maschinenumformer, bei dem der Antriebsmotor und der Generator getrennte

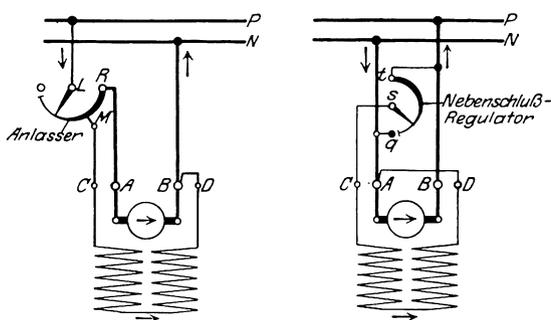


Abb. 109.
Nebenschlußmotor.

Nebenschlußgenerator
für Selbsterregung.

Maschinen sind, die meistens auf einer gemeinsamen Grundplatte angebracht und durch eine Kupplung miteinander verbunden sind. Der Gleichstrommotor ist in der Regel ein Nebenschlußmotor und der Generator ein Nebenschlußgenerator für Selbsterregung (Abb. 109).

Für größere Leistungen,

etwa von 1 kW Motorleistung, ist im allgemeinen der Antriebsmotor noch mit Hilfskompaundwicklung und Wendepolen ausgestattet (s. Prinzipschaltung Abb. 110). Kleinere Gleichstrom-Nebenschlußmotoren bis zu 1,1 kW¹⁾ können auch ohne Anlasser direkt vom Netz mit Hilfe eines Hebel- oder Walzenschalters eingeschaltet werden, vorausgesetzt, daß nicht besondere Vorschriften des Elektrizitätswerkes dies verbieten. Der bei diesem Einschalten auftretende Anlaufstrom beträgt jedoch fast den zehnfachen Betrag des Nennstromes, deshalb müssen die Sicherungen mindestens für den dreifachen Nennstrom bemessen werden.

Gleichstrom-Nebenschlußmotoren bis zu 3 kW können in gleicher Weise mit einem Walzenschalter nach Abb. 111 und einem festen Anker-

¹⁾ Siehe Normalbedingungen des VDE für den Anschluß von Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke, S. 275 § 12.

widerstand an das Netz gelegt werden. Dieser Widerstand bleibt auch während des Betriebes eingeschaltet und vernichtet etwa 15% der Spannung. Drehzahl und Wirkungsgrad des Motors sinken um denselben Betrag. Die Sicherungen sind etwa für den zweifachen Nennstrom zu bemessen. In der Regel wird man jedoch zur Vermeidung des dem Netz entnommenen großen Stromstoßes einen geeigneten Anlasser für den Gleichstrommotor wählen. Hierbei wird zunächst ein größerer Widerstand in den Ankerstromkreis eingeschaltet; in dem Maße, wie die Drehzahl des Motors steigt, wird dieser Widerstand nach

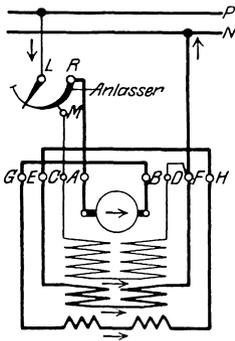


Abb. 110. Nebenschlußmotor mit Hilfskompoundwicklung u. Wendepolen

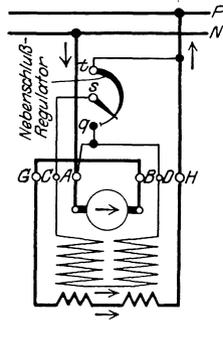


Abb. 110. Nebenschlußgenerator mit Wendepolen für Selbsterregung.

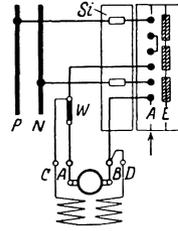


Abb. 111. Schaltbild eines Walzenschalters für Gleichstrom-Nebenschlußmotor.

und nach ausgeschaltet. Das genaue Schaltbild eines solchen Anlassers zeigt Abb. 112.

Motor und Generator werden zweckmäßigerweise auf einer gemeinsamen Grundplatte angebracht. Abb. 113 zeigt eine Ausführung der Siemens-Schuckert-Werke. Ist die Netzspannung niedrig und die Ladenspannung verhältnismäßig hoch, so läßt sich auch beim Motorgenerator die Sparschaltung (s. Abb. 114) anwenden.

2. Gleichstrom-Gleichstrom-Einankerumformer.

Bei Einankerumformern werden Motor- und Generatorankerwicklung getrennt auf einem Anker aufgebracht, während das Feld von einer gemeinschaftlichen Felderregung erzeugt wird. Der Anker hat an beiden Wellenenden je einen Kommutator (s. Abb. 115). Die Sekundärspannung läßt sich jedoch nicht regeln, wie es beim Motorgenerator innerhalb gewisser Grenzen durch den Nebenschlußregler des Generators möglich ist. Da nun bei der Ladung von Sammlerbatterien bekanntlich die Spannung mit zunehmender Ladung steigt, ist eine Regelung unbedingt erforderlich. Aus diesem Grunde sind Einankerumformer für diesen Zweck im allgemeinen nicht zu empfehlen, wenn man nicht die Span-

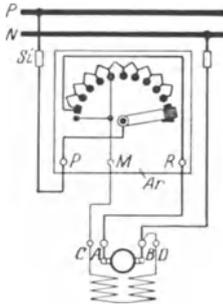


Abb. 112. Schaltbild eines normalen Anlagers für Gleichstrom-Nebenschlußmotor.

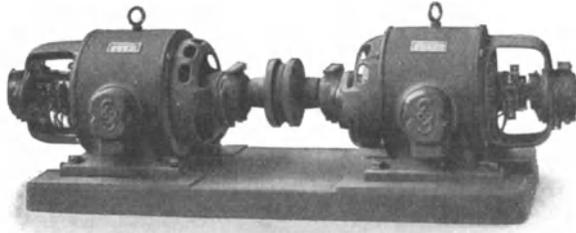


Abb. 113. Gleichstrom-Gleichstrom-Motorgenerator.

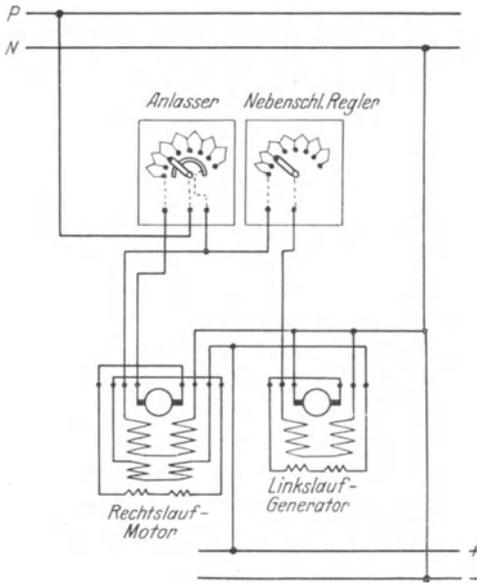


Abb. 114. Schaltbild eines Gleichstrom-Gleichstrom-Motorgenerators in Sparschaltung.



Abb. 115. Gleichstrom-Gleichstrom-Einankerumformer.

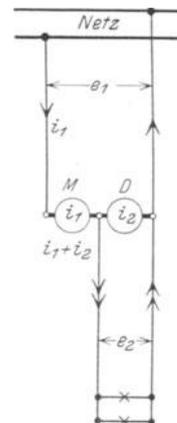


Abb. 116. Prinzip der Sparschaltung.

nungsregelung durch einen regelbaren Widerstand im Hauptstrom erreichen will, wodurch jedoch die Wirtschaftlichkeit des Einankerumformers vermindert wird, da die vernichtete Spannung im Hauptstromregler einen glatten Verlust bedeutet. Im übrigen läßt sich auch beim Einankerumformer die Sparschaltung anwenden, wenn der Unterschied zwischen Sekundär- und Netzspannung nicht zu groß ist.

Prinzip der Sparschaltung. Die Sparschaltung (s. Abb. 116) besteht grundsätzlich darin, daß die Kommutatoren vom Motor (M) und Generator (D) hintereinander geschaltet sind, wobei das Sekundärnetz am Generatoranker liegt. Der Strom im Sekundärnetz ist gleich der Summe von Motor- und Generatorstrom, so daß der Kommutator des Generators nur den Unterschied zwischen dem sekundären und dem

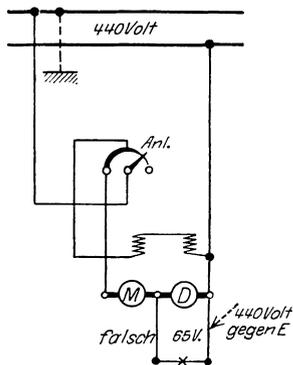


Abb. 117.

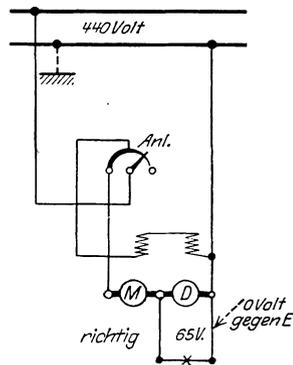


Abb. 118.

Richtige und falsche Anordnung der Sparschaltung bei geerdeten Gleichstromnetzen.

primären Netzstrom führt. Es braucht also nur eine Leistung von $(E_1 - E_2) \cdot I_1$ umgeformt zu werden. Bei gewöhnlicher Schaltung jedoch, bei der der Motorkommutator an der vollen Primärspannung liegt, muß die ganze Leistung $I_1 \cdot E_1$ umgeformt werden (abgesehen von den Verlusten). Die Sparschaltung ermöglicht daher die Verwendung kleinerer Modelle bei gleicher Drehzahl. Da sich außerdem auch der Wirkungsgrad verbessert, sind die Anlage- und Betriebskosten bei der Sparschaltung niedriger als bei der gewöhnlichen Schaltung.

Diese Vorteile der Sparschaltung sind um so größer, je weniger Primär- und Sekundärspannung voneinander abweichen, je kleiner also $(E_1 - E_2)$ wird. Beträgt jedoch die Primärspannung mehr als das achtfache der Sekundärspannung, wie es meistens bei Batterieladung der Fall ist, dann ist der Vorteil der Sparschaltung unwesentlich.

Bei Zweileiternetzen, bei denen eine Leitung geerdet ist, muß darauf geachtet werden, daß die Leitung, die in das sekundäre Netz weiter-

geführt werden soll, stets die geerdete Leitung sein muß, da sonst die hohe Spannung des Primärnetzes im Sekundärkreis auftritt.

Abb. 117 zeigt die falsche, Abb. 118 die richtige Schaltung.



Abb. 119. Lorenz-Gleichstrom-Gleichstrom-Einankerumformer.

Der bekannte Gleichstrom-Gleichstrom-Einankerumformer der C. Lorenz A.-G. (s. Abb. 119) eignet sich zum Laden von 12- oder 24-Volt-Batterien; die Dauerleistung beträgt etwa 200 W. Die Maschine ist mit einem Handgriff versehen und leicht transportabel. Sie enthält



Abb. 120. Levy-Gleichstrom-Gleichstrom-Einankerumformer.

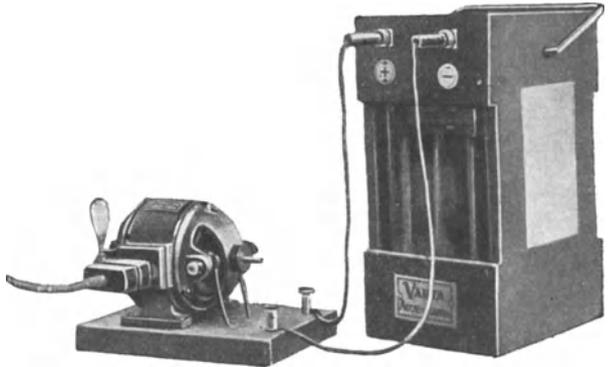


Abb. 121. Estro-Umformer beim Laden einer Heizbatterie.

einen regelbaren Widerstand zum Verändern des Ladestromes, einen vereinigten Strom- und Spannungsmesser zum Ablesen des Ladestromes und der Ladespannung, ein Relais, das das Zurückfließen des Batteriestromes in die Maschine verhindert, wenn der Netzstrom aus irgendeinem Grunde ausbleibt. Das Relais sorgt ferner dafür, daß an den

Anschlußklemmen stets die gleiche Polarität vorhanden ist. Außerdem sind noch ein Netzschalter und die nötigen Netzsicherungen vorhanden.

Die Firma Dr. M. Levy, Berlin, baut einen ähnlichen Gleichstrom-Gleichstrom-Einankerumformer (s. Abb. 120) für eine Leistung bis etwa 80 W.

Eine ganz kleine Ausführung ist der Estro-Spezial-Radio-Umformer der Firma Emil Stromer, Kempten in Bayern, der sich zum Laden von 2—3 Sammlerzellen mit einer Ladestromstärke bis 1,2 A eignet (s. Abb. 121).

3. Der Drehstrom-Gleichstrom-Motorgenerator.

a) **Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufer.** Steht ein Drehstromnetz zur Verfügung, was wohl meistens der Fall ist, so muß bei Benutzung eines Maschinenumformers für die Ladung der Sammlerbatterien ein Drehstrom-Gleichstrom-Motorgenerator benutzt werden. Für kleine Leistungen bis zu etwa 1¹/₂ kW wird als Antriebsmotor in der Regel ein Drehstrommotor mit Kurzschlußläufer verwendet. Diese Motoren haben 6 Anschlußklemmen, die den Ständer in Stern- oder Dreieck zu schalten ermöglichen und somit wahlweise für zwei Anschlußspannungen geeignet sind. Auf dem Leistungsschild dieser Motoren sind demnach stets zwei Spannungswerte angegeben, z. B. 125/220 V. Soll nun der Motor an 220 V angeschlossen werden, so ist die Sternschaltung, für 125 V die Dreieckschaltung am Ständer zu wählen. Abb. 122 zeigt die Klemmenanordnung und Schaltung eines Kurzschlußdrehstrommotors der Siemens-Schuckert-Werke.

Die Schaltung der Gleichstromgeneratoren ist dieselbe wie bei den Umformern mit Gleichstrommotorantrieb. In Abb. 123 sehen wir einen Drehstrom-Gleichstrom-Motorgenerator der SSW auf gemeinsamer Grundplatte.

Kleinere Drehstrommotore mit Kurzschlußläufer und einer Leistung bis etwa 2 kW¹⁾ können meistens ohne Anlasser direkt vom Netz mittels

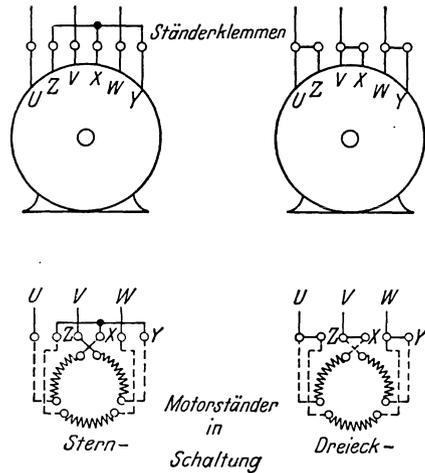


Abb. 122. Klemmenanordnung und Schaltung eines SSW-Kurzschluß-Drehstrommotors.

¹⁾ Siehe Normalbedingungen des VDE für den Anschluß von Motoren an öffentliche Elektrizitätswerke, S. 275, § 12.

dreipoligen Sicherungsschalters eingeschaltet werden (s. Abb. 124). Zu beachten ist jedoch, daß der Anlaufstrom ungefähr das 4,5–6,5fache des normalen Stromes beträgt. Der Motor läuft an und der Strom sinkt auf den der Last entsprechenden Wert. Die Sicherungen sind hierbei

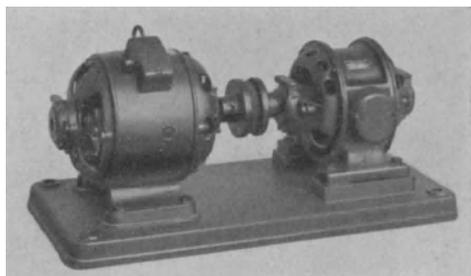


Abb. 123. Drehstrom-Gleichstrom-Motorgenerator.

für den 2,5fachen Nennstrom zu bemessen. Zum Schalten kann auch ein kleiner Walzenschalter verwendet werden. Dieser Walzenschalter ist so ausgebildet, daß in Stellung 1 (Abb. 125) der Motor ohne Sicherungen oder mit Grobsicherungen an das Netz gelegt, in Stellung 2 nach erfolgtem Anlauf betriebs-

mäßig gesichert wird. Die Sicherungen in Stellung 2 sind für den Nennstrom zu bemessen.

Der hohe Anlaufstrom der Kurzschlußmotoren kann dadurch herabgedrückt werden, daß die Ständerwicklung beim Anlaufen in Stern, beim Betrieb aber in Dreieck geschaltet wird. Die hierzu erforderlichen Schalter nennt man Stern-Dreieckschalter.

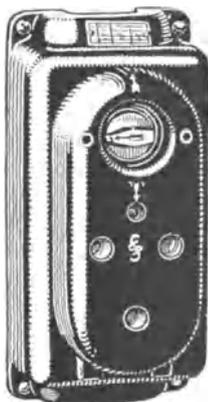


Abb. 124.
Motorsicherungsschalter.

Die Schaltung des Stern-Dreieckanlaßschalters in Verbindung mit dem Drehstrommotor zeigt Abb. 126. Verwendbar sind diese Schalter nur bei Motoren, die 6 Klemmen haben und betriebsmäßig in Dreieck geschaltet sind. Ein Motor für 125/220 V kann also nur bei 125 V mit Stern-Dreieckschaltung angelassen werden, bei 220 V Netzspannung muß ein Motor für 220/380 V gewählt werden. Die Sicherungen sind hierbei auf den 1,3fachen Nennstrom zu bemessen.

Abb. 127 zeigt einen Drehstrom-Gleichstrom-Motorgenerator auf gemeinsamer Grundplatte, mit zugehöriger Ladeschalttafel. Der Stern-Dreieckanlaßschalter für den Motor und der Nebenschlußregler für den Generator sind an der Eisenkonsole unterhalb der Schalttafel angebracht.

b) Schleifringmotoren. Während beim Drehstrommotor mit Kurzschlußläufer die Wicklung des Läufers in sich geschlossen ist, wird beim Schleifringläufer die in drei Abschnitten offene Wicklung zu drei Schleifringen geführt. Durch Einschalten von Widerstand zwischen den drei

Schleifringen wird der Stromstoß beim Anlassen des Motors wesentlich herabgesetzt. Nach und nach wird dann der Widerstand verringert, und nach Erreichen der normalen Umdrehungszahl werden die Schleifringe kurzgeschlossen (s. Abb. 128). Durch eine besondere Vorrichtung

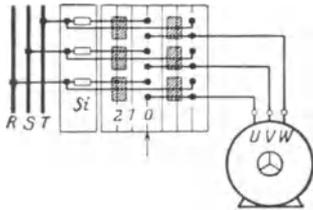


Abb. 125. Schaltbild eines Walzenschalters mit überbrückbaren Sicherungen.

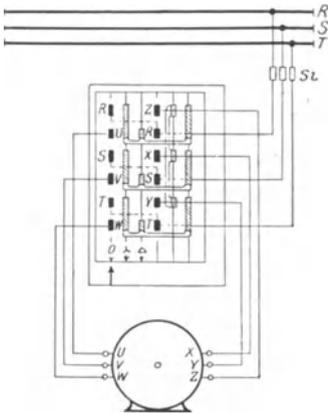


Abb. 126. Schaltbild eines Stern-Dreieckanlaßschalters.

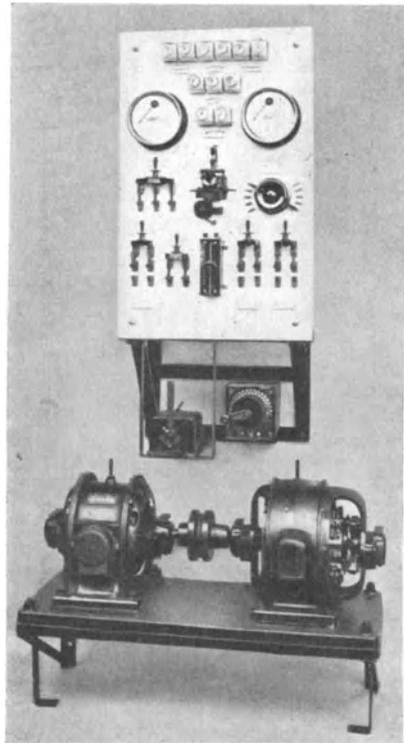


Abb. 127. Drehstrom-Gleichstrom-Ladeschalttafel, Motorgenerator mit Anlasser und Regler.

können dann auch die Bürsten von den Schleifringen abgehoben werden, um unnütze Reibungsverluste und Verschleiß an Bürsten und Schleifringen zu vermeiden.

4. Einphasen-Wechselstrom-Gleichstrom-Motorgenerator.

Bei einem Wechselstromnetz muß der Antriebsmotor ein Einphasen-Induktionsmotor sein. Der Zusammenbau mit dem Ladegenerator ist ebenso wie bei dem Drehstrom-Gleichstrom-Motorgenerator, nur daß der Einphasen-Induktionsmotor auch für kleine Leistungen einen Anlasser benötigt, da er ohne diesen beim Anlassen kein Drehmoment

entwickelt. Der Einphasen-Induktionsmotor darf nur unbelastet anlaufen und erhält zur Erzeugung des Anlaufmoments eine besondere Hilfsphase, die beim Anlassen über eine Drosselspule Ds (s. Abb. 129) an die Netzleitung mit angeschlossen wird und ein nacheilendes Wechselfeld erzeugt. Dies bringt zusammen mit dem Hauptfeld das zum Anlauf nötige Drehfeld auf.

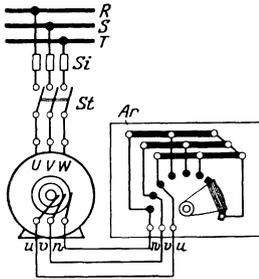


Abb. 128. Schaltbild eines Anlassers für Schleifring-Drehstrommotore.

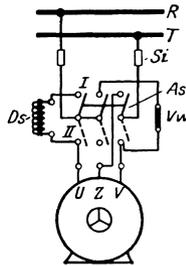


Abb. 129. Schaltbild eines Anlassers für Einphasen-Kurzschlußmotore.

Einphasen-Kurzschlußmotoren werden mit Hilfe eines dreipoligen Umschalters an das Netz gelegt, durch den in der Anlaßstellung der Haupt- und Hilfswicklung Strom zugeführt wird. Nach erfolgtem Anlauf wird in die Betriebsstellung weiter geschaltet und dabei die Hilfsphase wieder geöffnet (s. Abb. 130). Diese Anlaßschalter werden als Hebelschalter oder Walzenschalter ausgebildet.

Die Sicherungen sind für den 1,5fachen Nennstrom zu bemessen. Schleifringmotoren werden in gleicher Weise angelassen, wie bei Drehstrommotoren beschrieben, nur ist während des Anlaufes ebenfalls die Hilfsphase über eine Drosselspule mit dem Netz zu verbinden (s. Abb. 131).

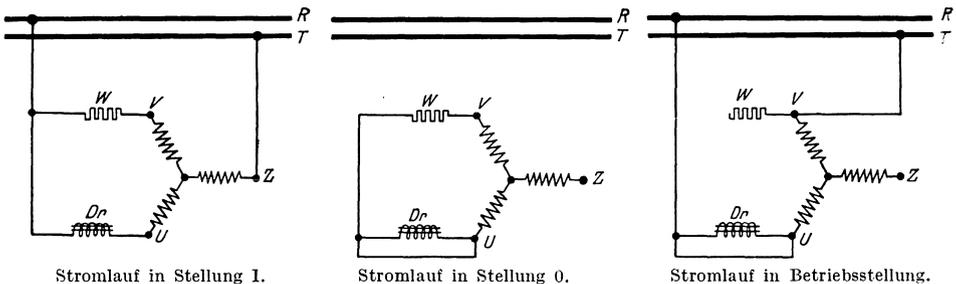


Abb. 130. Schaltbild eines SSW-Anlaßschalters für Einphasen-Kurzschlußmotore.

Während in der Regel bei Drehstrom oder Einphasen-Wechselstrom hauptsächlich Motorgeneratoren gebaut werden, hat die Firma C. Lorenz A.-G., Berlin, auch einen Drehstrom-Gleichstrom- und Wechselstrom-Gleichstrom-Einanker-Umformer für kleine Leistungen auf den Markt gebracht. Der Aufbau ist derselbe wie beim Gleichstrom-Gleichstrom-Einanker-Umformer dieser Firma (s. Abb. 119). Der Umformer ist äußerst einfach zu bedienen und bedarf fast keiner Wartung. Mit dem

eingebauten Regelwiderstand läßt sich die gewünschte Ladestromstärke beliebig einstellen. Durch Abschalten der Netzspannung wird der Ladevorgang selbsttätig unterbrochen. Mit diesem Einanker-Umformer können bis zu 12 Sammlerzellen mit höchstens 6 A geladen werden. Der Wirkungsgrad ist sehr gut und beträgt im Mittel etwa 60%.

In der Hauptsache sind die oben beschriebenen Gleichrichter und Maschinenumformer dazu bestimmt, Sammlerbatterien zu laden. Der Sammler ist infolge seiner großen Betriebssicherheit und Anpassungsfähigkeit die am meisten angewandte Stromquelle in der Fernmeldetechnik. In bestimmten Fällen kann jedoch eine mit Gleichstrom betriebene Fernmeldeanlage auch direkt, ganz oder teilweise, durch einen Gleichrichter oder einen Maschinenumformer betrieben werden.

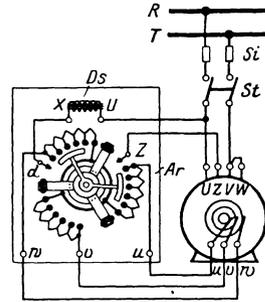


Abb. 131. Schaltbild eines Anlanners für Einphasen-Schleifringmotore.

5. Stromverbrauch im Telegraphenbetrieb.

Im modernen Telegraphenbetrieb geht man mehr und mehr dazu über, den Telegraphierstrom nicht aus Sammlerbatterien, sondern besonderen Generatoren zu entnehmen. Außer den einfachen Morseapparaten benötigen die meisten Telegraphierapparate noch zum Betriebe einen oder mehrere Antriebsmotore. Folgende Übersicht der gebräuchlichsten Telegraphierapparate zeigt, mit welchem Stromverbrauch für Betrieb und Telegraphie bei den verschiedenen Apparaten zu rechnen ist:

Typen	Antriebsstrom bzw. Leistung	Linienstrom
1. Morse		
Arbeitsstrombetrieb	50 mA (Ortsstrom)	15—20 mA Linienrelais
Deutscher Ruhestrom	50 mA „	15—20 mA „
Amerikanischer Ruhestrom	50 mA „	15—20 mA „
2. Schnellmorse-System S. & H.	10 W	20 mA
3. Hughes-Typendrucker	7 W	15—20 mA
4. Ferndrucker von S. & H.	—	pro Tag 1/2 Ah
5. Baudot-Mehrfach-Telegraph.	etwa 44 W	20 mA
6. Siemens-Schnelltelegraph		
Sender	110 W	30 mA
Empfänger	165 W	33 mA Locher
7. Pendeltelegraph von S. & H.	110 W	30 mA
8. Tasten-Schnelltelegraph von S. & H.	185 W	30 mA
9. Drehspul-Schnellschreiber von S. & H.	28 W	5 mA

6. Telegraphiermaschinen.

Zum Antrieb dienen, je nach der Stromart des vorhandenen Netzes, kleine Gleichstrom-, Wechselstrom- oder Drehstrommotoren. Die Generatoren zur Erzeugung der Telegraphierströme müssen je nach Art, Anzahl und Entfernung der angeschlossenen Telegraphierapparate die verschiedensten Spannungen und Gleichströme hervorbringen.

Bei Baudot, Wheatstone, dem Siemens-Schnelltelegraphen usw., die, wie bekannt, mit Plus-Minusbetrieb arbeiten, müssen entweder je zwei Generatoren für jede Spannung oder, was besser ist, ein Doppelspannungsgenerator für jede $+ -$ Spannung vorgesehen werden. Der Anker dieses Doppelspannungsgenerators hat zwei Wicklungen und zwei Kollektoren und erzeugt demnach zwei getrennte $+ -$ Spannungen.

In der Regel werden je vier Doppelspannungsgeneratoren für vier verschiedene $+ -$ Spannungen zusammen mit dem vom Netz angetriebenen Motor auf eine gemeinsame Grundplatte gesetzt. Um möglichst kleine Maschinen zu erhalten, haben die Generatoren bei vorhandenem Gleichstromnetz Fremderregung, oder bei einem Wechselstrom- oder Drehstromnetz Eigenregung durch eine kleine direkt gekuppelte Erregermaschine.

Die Abb. 132, 133 zeigen die Prinzipschaltungen für beide Anschlüsse. Bei Doppelleitungsbetrieb fällt die Erdleitung natürlich weg.

Diese Telegraphierstromaggregate, auch Telegraphiermaschinen genannt, werden von den S S W nach besonderer Bauart so hergestellt, daß die erhaltenen Gleichströme eine ganz geringe Welligkeit besitzen und die Spannungsschwankungen zwischen Leer- und Halblast bzw. Halb- und Vollast sich in geringen Grenzen halten.

Abb. 134 zeigt eine Telegraphiermaschine zum Anschluß an ein Wechselstromnetz von 120 V, die folgende Telegraphierspannungen abgeben kann:

2×40	V bei 2	$+ 3,75$	A
2×60	„ „	$1,08 + 2,92$	„
2×80	„ „	$2,9 + 2,75$	„
2×100	„ „	$2,55 + 2,3$	„

In der Mitte sehen wir den Wechselstrommotor (M), links die Erregermaschine (E). Unter den gemeinsamen Eisenschienen sind sog. Schwingungsdämpfer (D) der Firma Gesellschaft für Isolierung gegen Erschütterungen und Geräusche m. b. H., Charlottenburg, zu sehen, die ein vollkommen erschütterungsfreies Arbeiten der Telegraphiermaschinen ermöglichen.

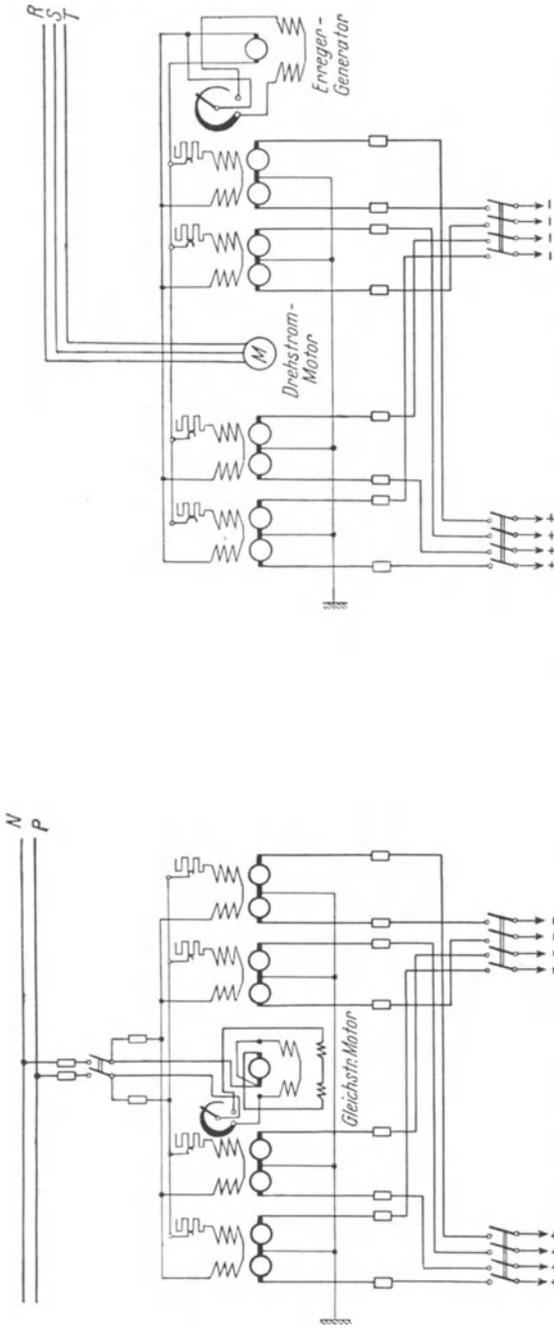


Abb. 132. Prinzipschaltbild einer Telegraphiermaschine zum Anschluß an ein Gleichstromnetz.

Abb. 133. Prinzipschaltbild einer Telegraphiermaschine zum Anschluß an ein Drehstromnetz.

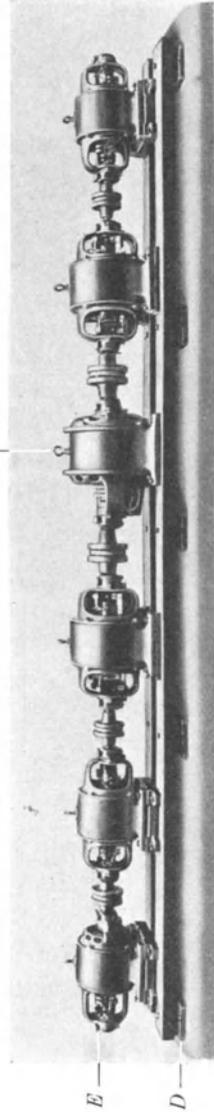


Abb. 134. Telegraphiermaschinenaggregat.

Da die Telegraphiermaschinen dauernd in Betrieb sind, ist es notwendig, stets ein betriebsfertiges Reserveaggregat bereit zu haben; die Umschaltung auf einer besonderen Schalttafel muß ohne Zeitverlust und ohne Betriebsunterbrechung erfolgen können.

Die Betriebssicherheit dieses reinen Maschinenbetriebes ist mindestens ebenso groß wie der mit Sammlerbatterien. Steht noch eine Reservestromquelle für die Motoren, ein Benzingenerator oder dergleichen, zur Verfügung, so ist man auch noch vollkommen unabhängig von jeglichen Betriebsstörungen im Netz. Diese Sicherheit und Unabhängigkeit ist hauptsächlich bei Telegraphenämtern von so großer Bedeutung, daß in manchen Fällen sogar die Wirtschaftlichkeit erst an zweiter Stelle steht. Wirtschaftlich ist der reine Maschinenbetrieb nur dann, wenn sämtliche in Betrieb befindlichen Generatoren voll und möglichst ununterbrochen belastet sind, wie es bei großen, in wichtigen Knotenpunkten gelegenen Telegraphenämtern auch meistens der Fall sein wird; sonst setzt die Leerlaufarbeit des Telegraphiermaschinenaggregats, die im Mittel etwa 30% ausmacht, den Wirkungsgrad erheblich herab.

7. Maschinenumformer für Verstärkerämter.

Sonderausführungen in Motorgeneratoren sind noch bei Verstärkerämtern zum Laden der Sammlerbatterien für die Heizströme der Glühkathoden in den Verstärkerröhren, zum Aufladen der sog. Gittersammler, wie auch zur direkten Lieferung der Anodenströme zu erwähnen.

Die Sammlerbatterie für die Heizströme, Heizbatterie, wird meistens in Pufferschaltung geladen, d. h. die Heizbatterie liegt parallel zum Generator, so daß der Motorgenerator dauernd Strom während des Betriebes abgeben muß. Die Spannung des Generators und der Heizbatterie beträgt etwa 12—17 V und die Stromstärke je nach Größe des Amtes etwa 10—400 A. Die Ladespannung der Gittersammler, die 6 V beträgt, wird ebenfalls diesem Generator entnommen. Der Generator ist ein Nebenschluß-Gleichstromgenerator, der möglichst überschwingungsfreien Gleichstrom liefern muß.

Die Anodenströme werden direkt von einem Motorgenerator erzeugt; die Gleichspannung beträgt z. B. 220 V, die Stromstärke 2,27 A. Der Generator ist ein Compoundgenerator mit Fremderregung, der ebenfalls möglichst überschwingungsfreien Gleichstrom liefert. Die Antriebsmotoren sind, je nach der vorhandenen Stromart, Gleichstrom-, Wechselstrom- oder Drehstrommotoren. Als Reserve stellt man für den Anodenstromumformer in der Regel noch einen Motorgenerator auf, der aus einer Reservesammlerbatterie angetrieben wird. Der Antriebsmotor ist dann ein Gleichstrom-Nebenschlußmotor für eine Betriebsspannung von z. B. 22 V und verbraucht etwa 42 A. Der Generator ist der gleiche, wie oben angegeben.

8. Maschinenumformer für Mehrfachtelephonie auf Postleitungen.

Bei den Röhrensendern und -empfängern für die Mehrfachtelephonie auf Postleitungen werden die Heizströme für die Kathoden der Röhren entweder einer Sammlerbatterie oder einem Spezialgenerator zum Erzeugen möglichst überschwingungsfreien Gleichstromes entnommen. Die Heizspannung für ein Gerät beträgt 12 V, der Stromverbrauch 4,4 A. Der Gleichstromgenerator wird von einem dem Netz entsprechenden Motor angetrieben.

Die Anodenspannung kann einem Gleichstromnetz von 220 V entnommen werden. Falls ein Gleichstromnetz nicht vorhanden ist, muß entweder eine Sammlerbatterie von 110 Zellen mit Masseplatten und entsprechender Ladeeinrichtung zur Verfügung stehen oder ein kleiner Umformer die erforderliche Gleichspannung von 220 V liefern. Der Anodenstromverbrauch für ein Gerät beträgt 0,04 A. Dieser Anodenstromumformer wird zweckmäßigerweise mit dem Heizstromumformer unmittelbar gekuppelt.

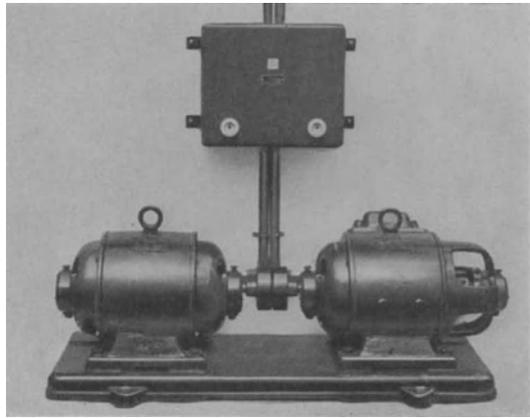


Abb. 135. Ladeumformer für Hochfrequenztelephonie.

Ladeumformer für Hochfrequenztelephonie für Elektrizitätswerke (leitungsgerichtete Hochfrequenztelephonie). Telefunken benutzt als Zentralstromquelle eine Sammlerbatterie, mit Großoberflächenplatten, von 15 Zellen, also 30 V und einer Kapazität von 54 Ah. Diese Batterie liefert die Heizströme für die Empfangs- und Senderöhren, treibt einen kleinen Umformer an, der die Anodenspannung von 400 V erzeugt und gibt die Hilfsspannung für die Relais, die Mikrophonströme usw. ab. Das Wesentliche bei dieser Anordnung besteht darin, daß nach jedem Gespräch die Zentralbatterie aus einer größeren Sammlerbatterie über Widerstand oder durch einen besonderen Ladeumformer (Abb. 135) selbsttätig aufgeladen wird, so daß also nach jedem Gespräch die Sammlerbatterie voll aufgeladen wird. Der Ladeumformer besteht aus einem Antriebsmotor, der dem vorhandenen Netz entspricht und durch Kupplung einen Gleich-

stromgenerator von 50 V und 10 A antreibt. Dieser Ladestrom von 10 A ist sowohl am Anfang wie auch am Ende der Ladung, trotz der steigenden Gegenspannung der Batterie, ziemlich gleich, was durch

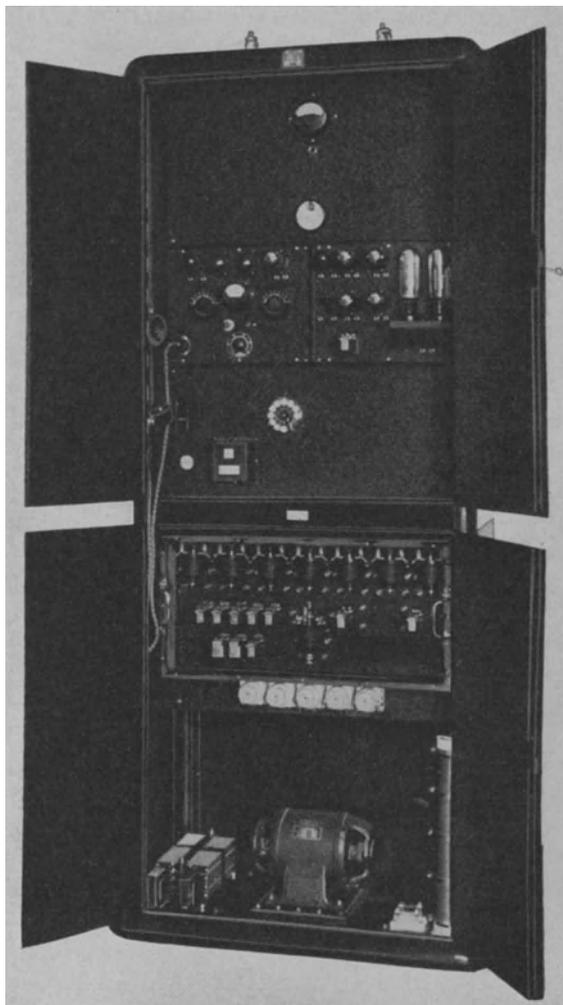


Abb. 136. Vollständige Empfangs- und Sendeeinrichtung für Hochfrequenztelegraphie, System Telefunken.

eine gute Kompoundierung des Generators erreicht wird. Ein selbsttätiger Rückstromausschalter verhütet, daß sich beim Ausbleiben des Netzstromes die Batterie über den Generator entladen kann. Abb. 136 zeigt die vollständige Empfangs- und Sendeeinrichtung. Der auf dieser

Abbildung sichtbare kleine Anodenstromumformer wird von der Zentralbatterie nur während des Sprechbetriebes eingeschaltet und angetrieben.

Der Stromverbrauch aus der Zentralbatterie während der Ruhepausen beträgt 1,1 A bei 30 V und wird durch die Heizung der Anrufempfangsröhren hervorgerufen. Während des Sprechbetriebes werden der Zentralbatterie 7 A bei 30 V entnommen.

9. Maschinenumformer für Rundfunk- und drahtlose Telegraphiesender.

a) Rundfunksender mittlerer Leistung. Für Rundfunksender, die mit Leistungen bis etwa 5 kW aufgenommener Röhrenleistung bei

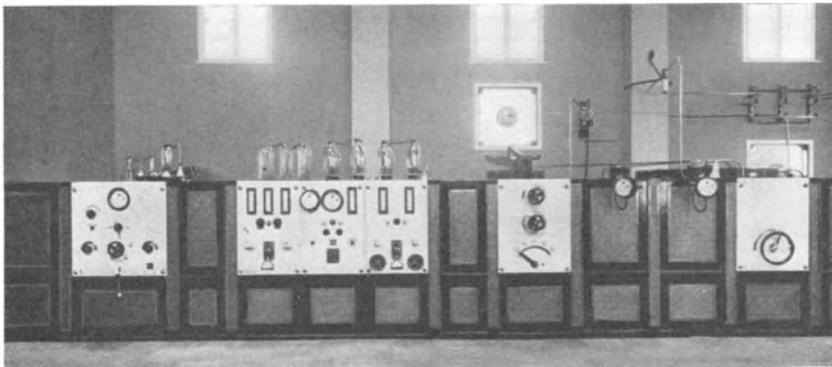


Abb. 137. Deutschland-Rundfunksender in Königswusterhausen.

Telephonieruhestrom und mit Wellen von etwa 250—600 m arbeiten, verwendet man zur Speisung der Röhrensender in der Regel Gleichstromgeneratoren. Die in den Sendern benutzten Hochvakuumröhren erfordern eine Anodenspannung von etwa 4000 V. Dieser hochgespannte Gleichstrom, der möglichst Oberschwingungsfrei sein muß, wird von Spezial-Hochspannungsgeneratoren erzeugt, die durch einen aus dem Netz gespeisten Motor durch Kupplung angetrieben werden; gleichzeitig ist mit dem Umformer eine kleine Erregermaschine gekuppelt.

Die mit den Hochspannungsgeneratoren verbundenen Röhrensender verwandeln den hochgespannten Gleichstrom in Wechselstrom von hoher Frequenz, dessen Energie durch die in einem Mikrofon erzeugten Sprechströme im Rhythmus der Sprechschwingungen verändert (moduliert) und in dieser Form auf die Antenne übertragen wird.

b) Rundfunksender größerer Leistung. Für Rundfunksender größerer Leistung werden die erforderlichen Anodenspannungen unmittelbar aus einem Drehstromnetz von 220 oder 380 V entnommen, bis auf etwa 12000 V hochtransformiert, mit Hilfe von Hochvakuumgleichrichtern gleichgerichtet und in dieser Form dem Anodenkreis zugeführt. Die Heizströme werden aus einem besonderen Umformeraggregat, Drehstrom auf Gleichstrom, entnommen. Abb. 137 zeigt den von Telefunken gebauten Deutschland-Rundfunksender in Königswusterhausen.

Der Kraftbedarf eines 10 kW-Röhrensenders für Rundfunkzwecke beträgt etwa 22 kW, der eines solchen für 20 kW-Antennenleistung etwa 43—44 kW. Der Gesamtwirkungsgrad ist bei kleinen Röhrensendern, bis etwa 1 kW-Antennenleistung, mit ungefähr 35% anzusetzen, während bei größeren Röhrendentypen von 5 kW aufwärts der Gesamtwirkungsgrad 45% und mehr beträgt.

c) Kurzwellensender. Bei Röhrensendern für kürzere Wellen, unter 200 m, sog. Kurzwellensendern, werden die Sender kleiner Leistung, bis 1,5 kW, ebenfalls aus Gleichstrommaschinen (wie unter a) gespeist; bei Kurzwellensendern größerer Röhrenleistung, bis 5 kW, wird die Anodenspannung einem Drehstromnetz entnommen, hochtransformiert und gleichgerichtet wie unter b. Der Kraftbedarf eines 1,5 kW-Senders beträgt hier etwa 6,5 kW, der eines 5 kW-Senders etwa 18 kW.

d) Telegraphieröhrensender mittlerer Leistung. Telegraphieröhrensender mittlerer Leistung für Land-, Schiffs- und Flughafenstationen haben eine Antennenkreisleistung von 0,4—3 kW. Die Betriebsart ist hier wie unter a, also Gleichstrommaschinen mit Antriebsmotoren, passend zum vorhandenen Netz.

Der Kraftbedarf

eines 0,4 kW-Senders	beträgt	etwa	2 kW
„ 0,8 „ „	„	„	3 „
„ 1,5 „ „	„	„	5 „
„ 3,0 „ „	„	„	8 „

e) Maschinensender größerer Leistung. Für Antennenleistungen über 50 bis etwa 1000 kW werden insbesondere im transatlantischen Telegraphenverkehr große Maschinensender angewandt. Die der Antenne zugeführten hochfrequenten Wechselströme werden hier nicht unter Zuhilfenahme von Hochvakuumröhren, sondern direkt mit einer für sehr hohe Frequenzen gebauten Maschine erzeugt. Neben dem Verfahren zur direkten Erzeugung der aus der Antenne ausgestrahlten Hochfrequenz unmittelbar aus der Maschine sei hier noch der von Telefunken angewandte Weg der Frequenzerhöhung kurz angedeutet.

Aus der Maschine wird ein hochfrequenter Wechselstrom von 6000 bis 10000 Perioden entnommen und mit Hilfe eines ruhenden Frequenzwandlers vervielfacht. Diese Großmaschinensender arbeiten durchweg



Abb. 138. Maschinensender der Großfunkanlage in Nauen.

mit sehr langen Wellen von 5000—30000 m. Wesentlich bei allen Maschinensendern ist die völlige Konstanthaltung der Umdrehungszahl des Hochfrequenzgenerators, um größere Wellenschwankungen zu ver-

meiden, die den Fernempfang sehr störend beeinflussen, wenn nicht gar unmöglich machen. Die zulässigen Tournenschwankungen einer solchen Anlage bewegen sich zwischen $1/20$ — $1/1000$, je nach der Länge der ausgestrahlten Wellen.

In vielen Fällen wird der Hochfrequenzgenerator durch einen passenden Drehstrommotor angetrieben, für dessen Größenabmessung ein Wirkungsgrad der gesamten Senderanlage von etwa 51—65% angesetzt werden kann.

Abb. 138 zeigt die Maschinensender der Großfunkanlage Nauen mit einer Antennenleistung von etwa 400 kW. Der Kraftbedarf, der etwa

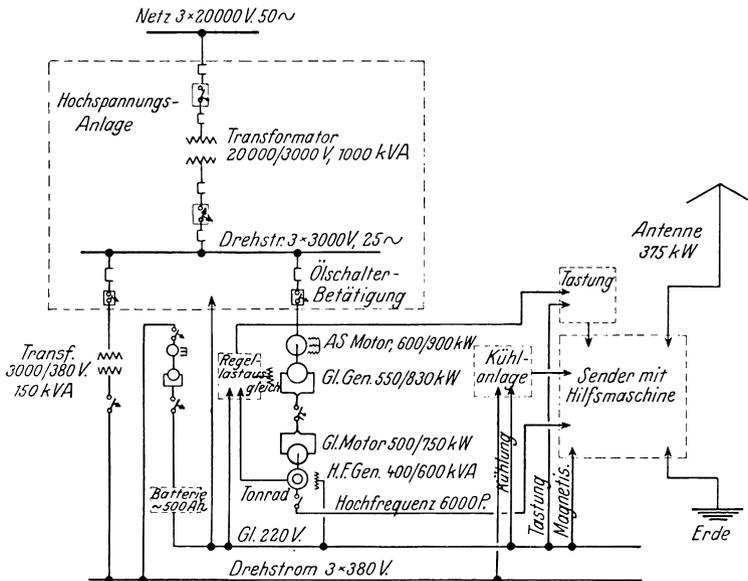


Abb. 139. Schaltbild der Großfunkanlage in Nauen.

1000 kVA beträgt, wird dem hochgespannten Überlandnetz in normaler Weise entnommen. Der hochgespannte Strom wird in der Station auf die 3000 V betragende Stationsspannung herabtransformiert und so dem Drehstromantriebsmotor des Hochfrequenzgenerators zugeführt. Die im Hochfrequenzgenerator erzeugte Frequenz wird entweder unmittelbar oder über ortsfeste Frequenzwandler, je nach der geforderten Welle, an die Antenne abgegeben.

Neuerdings verwandelt man den hochgespannten Drehstrom durch einen Drehstrom-Gleichstromumformer in gleichgespannten Strom von etwa 800 V Spannung und treibt mit diesem den Hochfrequenzgenerator an (s. Abb. 139). Durch diese Anordnung läßt sich die Drehzahl des Hochfrequenzgenerators, die für die Konstanz der ausgestrahlten

Welle von großer Bedeutung ist, besser und einfacher konstant halten.

Für die Hilfsströme des Senders, die zur Magnetisierung, Tastung, Blockierung usw. erforderlich sind, bestehen noch besondere kleinere Drehstrom-Gleichstromaggregate von 220 V Spannung. Andere Nebenaggregate des Senders, wie Kühlwasser- und Ölkühpumpen usw., werden durch Drehstrom angetrieben. Für diese Zwecke wird dem Stationsnetz ein Strom von ungefähr 150 kVA entnommen. Bei diesen großen Maschinensenderanlagen werden Sammlerbatterien nur mit verhältnismäßig geringen Leistungen (etwa 300 — 500 Ah) verwendet.

Für die in letzter Zeit als Zusatzstation für die großen Langwellensender immer mehr verwendeten Kurzwellensender wird der Strom ebenfalls vorhandenen Netzen entnommen. Er wird entweder dem Gleichrichterteil des Senders unmittelbar zugeführt, für die Erzielung einer hohen Wellenkonstanz durch Umformer in hochgespannten Gleichstrom umgewandelt oder einer Sammlerbatterie entnommen. Bei einem Kurzwellensender von etwa 50 kW Antennenleistung beträgt der Primärkraftbedarf etwa 200 kVA.

Bei den zu den Großfunkanlagen gehörenden Großempfangsanlagen wird der Betriebsstrom Sammlerbatterien verschiedener Spannung und Größe entnommen. Die Sammler werden ebenfalls mittels Umformer aus einem vorhandenen Netz oder aus einer eigenen Kraftzentrale mit Rohölmotor geladen. Der Leistungsbedarf beträgt, je nach der Anzahl der Empfangsapparate, etwa 2 bis 15 kW.

Von gleicher Art und Höhe sind die Stromerfordernisse der zugehörigen Betriebszentrale.

V. Polwechsler.

Um die an eine Fernsprechzentrale angeschlossenen Fernsprechapparate schneller und leichter anrufen zu können, bedient man sich statt der durch Hand betriebenen Läuteinduktoren der Polwechsler mit Wechselstromtransformatoren oder in größeren Anlagen der sog. Rufstrommaschinen.

Der Polwechsler wird bei Fernsprechvermittlungsstellen mit Zentralbatteriebetrieb an einige Zellen dieser Sammlerbatterie angeschlossen, da eine Spannung von 8—12 V für die Inbetriebsetzung des Polwechslers genügt; sonst wird eine Batterie von Primärelementen gleicher Spannung benutzt. Diesen Gleichstrom verwandelt der Polwechsler in Wechselstrom von 40 oder 60 V bei etwa 25 Perioden.

Beschreibung eines Polwechslersystems. Der Polwechsler kann z. B. aus einem kräftig gebauten Unterbrechersystem und einem

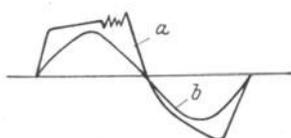


Abb. 140. Wechselstromkurven beim Polwechsler.

Transformator bestehen. Der Anker des Unterbrechers ist als Pendel ausgebildet und trägt eine Kontaktzunge, die sich zwischen zwei Kontakten bewegt. Der Transformator hat eine geteilte Primär- und eine Sekundärwicklung; beide sind gut voneinander isoliert. Selbst bei Kurzschluß der sekundären Wicklung tritt im Transformator keine übermäßige Erwärmung ein. Der Kern des Transformators besteht aus Eisenblechen, die an zwei Längsseiten des Transformators magnetisch geschlossen sind. Parallel zu den Kontakten des Unterbrechers ist bei Sekundärspannungen über 60 V je ein Kondensator geschaltet, um die Funkenbildung an den Kontakten zu verhindern und die steile Wechselstromkurve *a* (s. Abb. 140) in eine Sinuskurve *b* abzuflachen. Nach Vorschrift der Reichspost darf aber der Rufstrom zum Amte eine Spannung von 40 V bei etwa 25 Perioden nicht übersteigen. Bei Anruf der Nebenstellen durch die Hauptstelle kann der Rufstrom bis 60 V betragen.

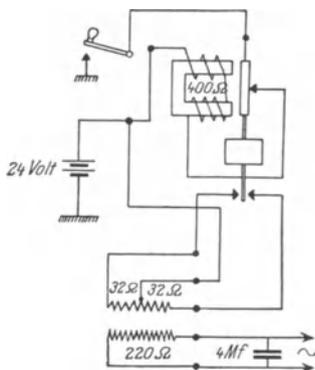


Abb. 141. Schaltbild eines Polwechslers von S. & H. — Reichspostmodell.

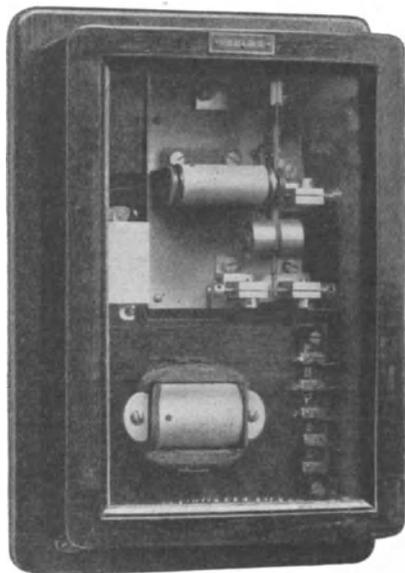


Abb. 142. Polwechsler der Reichspost.

ist zweckmäßig, dies auch in Privatanlagen zu tun. Das Schaltbild zeigt Abb. 141.

Bei Verwendung der Polwechsler in Postnebenstellenanlagen ist der primäre und sekundäre Stromkreis durch vier Sicherungen für 2 A zu sichern. Es

Bei Verwendung der Polwechsler in Postnebenstellenanlagen ist der primäre und sekundäre Stromkreis durch vier Sicherungen für 2 A zu sichern. Es

Die Arbeitsweise des Polwechslers ist folgende: Beim Niederdrücken der Ruftaste wird der Stromkreis der Erregerbatterie geschlossen. Der Strom fließt von der Batterie über die Ruftaste zum Magnetsystem des Unterbrechers und über den Unterbrecherkontakt des Ankers zur Batterie zurück. Hierdurch wird das Pendel des Unterbrechers angezogen. Zur gleichen Zeit fließt ein Strom von der Batterie über die Ruftaste zur Mitte der geteilten Primärwicklung und von dort, je nach der Stellung des Unterbrecherankers, durch die eine oder andere Hälfte der Primärwicklung über den einen oder anderen Kontakt am Unterbrecher, die Kontaktzunge und den Anker zur Batterie zurück. Durch das abwechselnde Fließen des Stromes durch die Wicklungshälften der Primärwicklung entstehen in dieser Stromstöße wechselnder Richtung, welche die Sekundärwicklung des Transformators induzieren und von ihr als Wechselstrom ausgesandt werden. Dieser Wechselstrom wird als Rufstrom verwendet. In Abb. 142 ist ein Polwechsler der Reichspost zu sehen. Der Stromverbrauch des Polwechslers beträgt etwa 0,2 A, die Leistung des kleinen Modells etwa 1,25 W bei 400 Ω Belastung, des größeren Modells etwa 4 W.

Ein anderer Polwechsler ist der Relaispolwechsler, dessen Prinzipschaltung aus Abb. 143 zu ersehen ist. Wird das Relais 1 über einen Kontakt 2 am Sprechumschalter an die Batterie gelegt, so arbeitet es als Selbstunterbrecher über seinem Kontakt 3. Durch einen zweiten Kontakt 4 des Relais werden abwechselnd die Teile 5 und 6 der Primärwicklung an Spannung gelegt. Die Kondensatoren 7 und 8 dienen zum Funkenlöschen am Kontakt 4, der Kondensator 9 zum Abflachen der Wechselstromkurve.

Abb. 144 zeigt einen Relaispolwechsler mit doppeltem Relaisübertragersatz. Durch Umlegen des Kippschalters *K* kann der eine oder der andere Satz in Betrieb genommen werden.

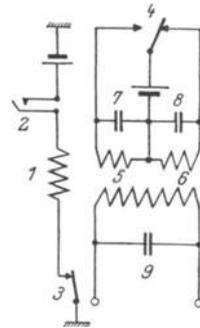


Abb. 143. Schaltbild des Relaispolwechslers.

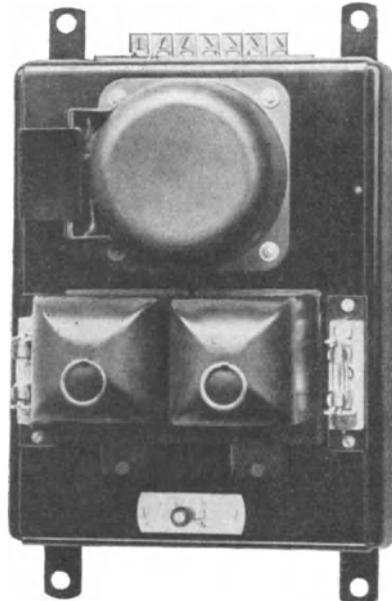


Abb. 144. Relaispolwechsler.

VI. Kurbelinduktoren.

Die Kurbelinduktoren sind Stromerzeuger, die von Hand betätigt werden und einen zum Anrufen geeigneten Wechselstrom liefern. Der Kurbelinduktor besteht aus einigen permanenten Magneten, zwischen deren Polen sich ein kleiner Anker dreht. Die Drehung erfolgt durch Handkurbel und Zahnradübersetzung, so daß die nötige Umdrehungszahl auch bei langsamer Drehung der Handkurbel erreicht wird.

Verwendung finden die Kurbelinduktoren in manuellen Fernsprechanlagen für Ortsbatteriebetrieb, bei denen eine verhältnismäßig geringe Teilnehmerzahl bei größerer Entfernung von der Zentrale in Frage kommt und ein Polwechsler deshalb ungeeignet ist. Auch als Reserveanrufmittel bei Zentralbatterieanlagen, im Falle des Versagens des Polwechslers.

Folgende Zusammenstellung gibt eine Übersicht der wichtigsten Angaben über Gewicht, Bauart und Leistungen der bekanntesten Kurbelinduktoren verschiedener Bauart:

		Siemens & Halske		Western		R.T.V.
		I	II	I	II	
Gewicht in kg		3,87	1,2	5,2	2,0	1,2
Magnetzahl		4	2	5	2	2
Strom in mA bei 3 Kurbelumdr./sk und normaler Belastung von	500 Ω	110	56	90	62	55
	1000 Ω	88	47	62	48	35
	1500 Ω	72	40	45	39	26
Größte Nutzleistung in Watt . . bei Ohm		8	2,4	5	2,3	1,6
		1300	1500	300	1000	550

VII. Rufstrommaschinen.

In größeren Fernsprechämtern werden meistens, den größeren Leistungen entsprechend, sog. Rufstrommaschinen verwendet. Das sind kleine Motorgeneratoren oder Einankerumformer, die vom Netz angetrieben und den zum Anrufen nötigen Wechselstrom von 40 bzw. 60 V bei etwa 23–25 Perioden liefern (Netz-Rufstromumformer). Als Reserve muß dann aber, falls der Netzstrom einmal ausbleibt, eine Rufstrommaschine vorhanden sein, die von einigen Zellen der Sammlerbatterie angetrieben werden kann (Batterie-Rufstromumformer).

Das Schaltbild eines Gleichstrom-Einphasen-Wechselstromumformers als Rufstrommaschine zeigt Abb. 145. Hierbei hat der Wechselstrom-generator Fremderregung von 60 V aus einer Sammlerbatterie unter

Vorschaltung eines Justierwiderstandes zur Konstanthaltung des Erregerstromes.

Das Prinzipschaltbild eines Einphasengenerators mit Fremderregung aus dem Gleichstromnetz zeigt Abb. 146, während in Abb. 147 die

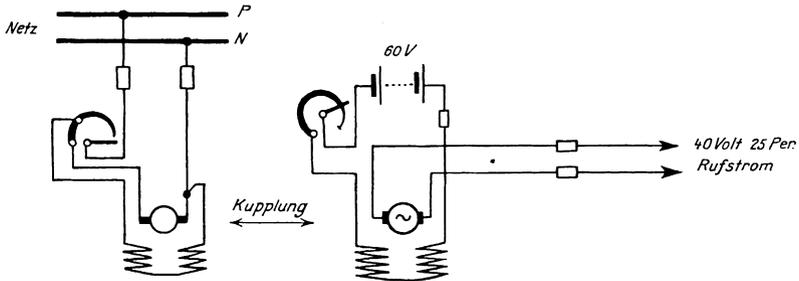


Abb. 145. Schaltbild eines Gleichstrom-Einphasen-Wechselstrom-Motorgenerators als Rufstrommaschine.

Prinzipschaltung eines Einphasengenerators mit Selbsterregung zu sehen ist. Die Prinzipschaltung eines Gleichstrom-Einphasen-Wechselstrom-Einankerumformers gibt Abb. 148. Die Motorgeneratoren sind auf einer gemeinsamen Grundplatte angebracht, wie bereits bei den Ladeumformern angegeben. Die Leistung der Rufstrommaschinen beträgt in der Regel etwa 35–150 VA bei $\cos \varphi = 1$.

Für die Amts-, Frei- und Besetzzeichengabe in Selbstanschlußämtern wird mit diesen Rufstrommaschinen noch eine Signalmaschine betrieben, die direkt mit der Rufstrommaschine gekuppelt ist. Wie bei der Rufstrommaschine sind auch hier zwei Aggregate vorgesehen, und zwar der eine für Netzbetrieb und der andere als Reservesatz für Batteriebetrieb.

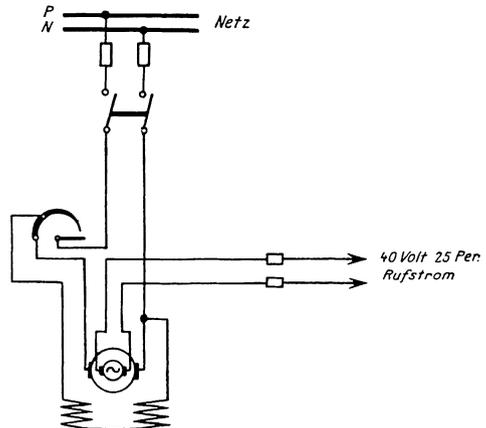


Abb. 146. Schaltbild eines Gleichstrom-Einphasen-Wechselstrom-Einankerumformers als Rufstrommaschine.

Diese Ruf- und Signalmaschine setzt sich zusammen aus einem Antriebsmotor, der vom Starkstromnetz gespeist wird, einem mit dem Motor unmittelbar gekuppelten Einphasen-Wechselstromgenerator, die Rufstrommaschine, und der unmittelbar mit dieser gekuppelten Signalmaschine.

Die Signalmaschine besteht im wesentlichen aus dem sog. Sekundenschalter, dessen Kontaktscheiben durch ein Schneckenradgetriebe in Drehung versetzt werden und die periodischen Unterbrechungen der

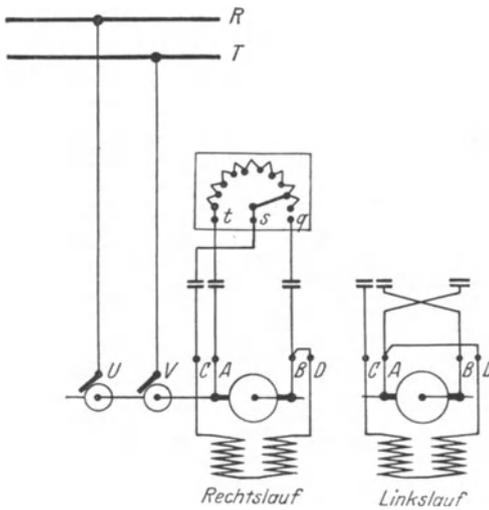


Abb. 147. Schaltbild eines Einphasengenerators mit Selbsterregung.

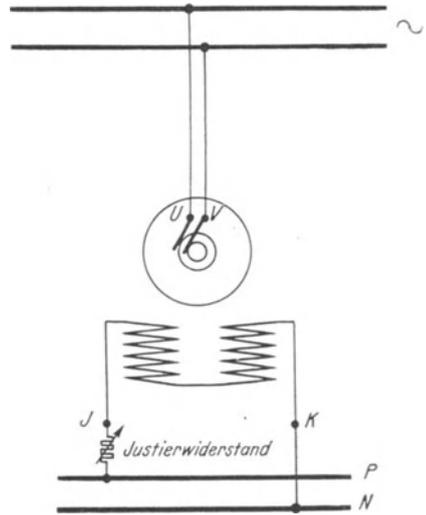


Abb. 148. Prinzipschaltung eines Gleichstrom-Einphasen-Wechselstrom-Einankerumformers.

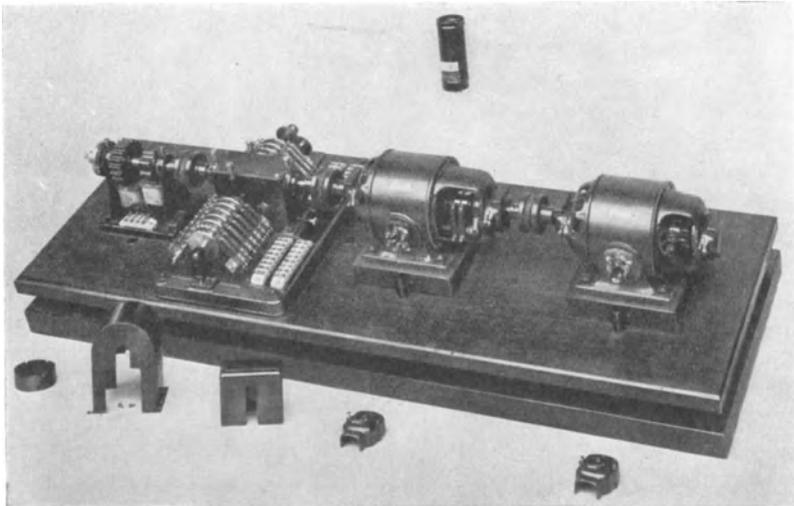


Abb. 149. Ruf- und Signalmaschine.

einzelnen Signale bewirken. Der hohe Summertone für das Amtszeichen und das Freizeichen sowie der tiefe Summertone für das Besetzzeichen

werden auf induktivem Wege dadurch erzeugt, daß je ein vielpoliges Zahnrad und ein nur mit wenigen Polen versehenes Zahnrad sich in je einem magnetischen Felde drehen und dadurch jedes Feld in seiner Stärke periodisch verändern. Dem Erregergleichstrom des Feldes wird infolgedessen ein Wechselstrom in Höhe der Tonfrequenz überlagert, der seinen Weg über einen Summertransformator in die Verbrauchsstromkreise nimmt.

In Abb. 149 sehen wir rechts den Antriebsmotor (in diesem Fall ein Gleichstrommotor), in der Mitte den Einphasen-Wechselstromgenerator mit seinem an der Wand befestigten Justierwiderstand und links die oben beschriebene Signalmaschine.

VIII. Kleintransformatoren.

Bei Fernmeldeanlagen, wie Klingel- und Signalanlagen, Weckern, Türöffnern usw., werden zur Stromversorgung Kleintransformatoren oder Klingeltransformatoren dann verwendet, wenn ein Wechselstrom- oder Drehstromnetz zur Verfügung steht. Gegenüber Primärelementen und Sammlern haben diese Transformatoren den großen Vorzug unbegrenzter Lebensdauer und ständiger Betriebsbereitschaft; außerdem brauchen sie keine Wartung und liefern den zum Betrieb der Fernmeldeanlagen erforderlichen Strom stets in unveränderter Stärke und Spannung.

1. Klingeltransformatoren.

Diese Transformatoren haben eine Primärwicklung zum Anschluß an das Wechselstromnetz oder eine Phase des Drehstromnetzes und eine gut von der Primärwicklung isolierte Sekundärwicklung, von der je nach Art der Fernmeldeanlage die erforderlichen Spannungen abgenommen werden können (s. Abb. 150). Bei einem Kurzschluß in der Fernmeldeanlage fällt die Spannung auf der Schwachstromseite rasch auf Null, so daß keine für die Fernmeldeanlage gefährlich hohe Stromstärke auftreten kann. Auch bei einem dauernden Kurzschluß an den Schwachstromklemmen darf nach den VDE-Vorschriften¹⁾ eine Über-temperatur von höchstens 120° C am Transformator auftreten, so daß eine Gefahr für den Transformator oder seine Umgebung ausgeschlossen ist. Außerdem muß die auf den Transformatoren angegebene Stromstärke auch bei den höchsten Sekundärspannungen erreicht werden. Die Siemens-Schuckert-Werke bauen nach diesen Grundsätzen Klingel-

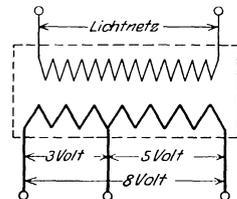


Abb. 150. Schaltbild eines Klingeltransformators.

¹⁾ Siehe Teil 49, S. 534.

transformatoren für die üblichen Netzspannungen von 100–240 V und abnehmbare Sekundärspannungen von 3, 5 und 8 V sowie 6, 10 und 16 V.

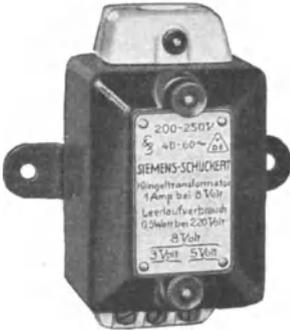


Abb. 151.
SSW-Klingeltransformator.

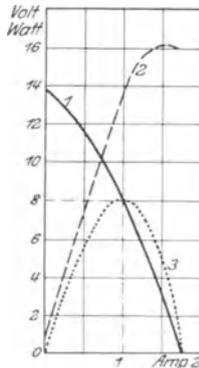


Abb. 152. Spannungs-
und Leistungskurven
des SSW-Klingel-
transformators.

Die kleinste Type liefert einen Strom von 0,5 A, während die größeren Typen bis 1 A abgeben. Abb. 151 zeigt die Typen L 701 und L 702. Aus den Kurven der Abb. 152 ist der Verlauf der Spannung und der primären und sekundären Leistung des Transformators bei steigender Strombelastung zu ersehen, wobei sich die Angaben auf induktionsfreie Belastung und eine Frequenz von 50 Per/sec bei

einem Schwachstromanschluß an die Klemmen für 8 V beziehen. Der Leerlaufverbrauch beträgt etwa 0,5 W für die kleineren und 0,9 W für die größeren Typen dieser Firma.

2. Verwendungsvorschriften für Klingeltransformatoren.

Die Leitungsverlegung für die an der Sekundärseite dieser Klingeltransformatoren angeschlossenen Apparate kann nach den Normen für isolierte Leitungen in Fernmeldeanlagen¹⁾ ausgeführt werden, wobei die Leitung nicht gesichert zu werden braucht.

3. Kleintransformatoren für größere Leistungen.

Für ausgedehntere Signalanlagen, wie z. B. zum Betrieb von Wechselstromhupen, größeren Wechselstromweckern usw., sind größere Transformatoren anzuwenden, die je nach Art des Betriebes zur Aufstellung in bedeckten Räumen oder auch im Freien geeignet sein müssen. Bei Anlagen unter Tage sind Transformatoren in spritz- und schwallwasserdichtem Gehäuse zu verwenden.

Das Übersetzungsverhältnis richtet sich nach der Netzspannung und den auf der Sekundärseite benötigten VA. Die Leitungen auf der Sekundärseite sind jedoch nach den VDE-Vorschriften für isolierte Leitungen in Starkstromanlagen auszuführen²⁾.

¹⁾ Siehe Vorschriftenbuch des VDE, S. 529.

²⁾ Siehe Vorschriftenbuch des VDE, S. 1.

IX. Traduktoren.

Für Anlagen, bei denen unter allen Umständen eine stets betriebsbereite Stromquelle gefordert werden muß, wie z. B. bei allen Notsignaleinrichtungen u. dgl. in Warenhäusern, Bürohäusern, Theatern usw., ist die Verwendung von derartigen Transformatoren nicht zugänglich, da sie stets vom Zustand des Netzes abhängig sind. Diese Anlagen müssen aber gerade in gefährlichen Augenblicken, wie z. B. bei Ausbruch eines Brandes, sicher arbeiten, auch dann, wenn etwa die Starkstromleitungen bereits gestört sind. Primärelemente sind für solche Anlagen meistens nicht geeignet, da der 30—40 proz. Spannungsabfall von Beginn der Entladung bis zur praktischen Erschöpfung für die mit möglichst konstanter Spannung arbeitenden Apparate sehr störend wirken kann. Einwandfrei sind hier allein kleine Sammlerbatterien, vorausgesetzt, daß sie sich stets in geladenem Zustande befinden und regelmäßig gewartet werden.

Es sind nun eine ganze Reihe verschiedener Apparate auf den Markt gekommen, die den Energiebedarf aus dem Starkstromnetz den Fernmeldeanlagen über eine ganz kleine Sammlerbatterie oder elektrolytische Zellen zuführen sollen. Der VDE hat für den Aufbau derartiger Apparate bestimmte Richtlinien aufgestellt, und zwar in den „Leitsätzen für den Anschluß von Geräten und Einrichtungen, die eine leitende Verbindung zwischen Niederspannungs-Starkstrom- und Fernmeldeanlagen erfordern“¹⁾.

Der A-I-Traduktor.

Ein den Verbandsvorschriften entsprechender Apparat ist der

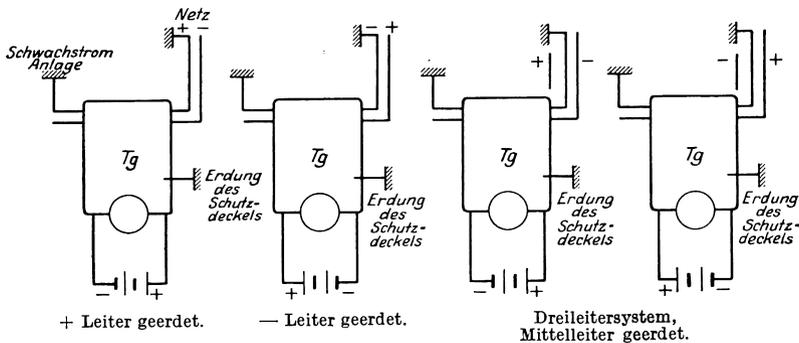


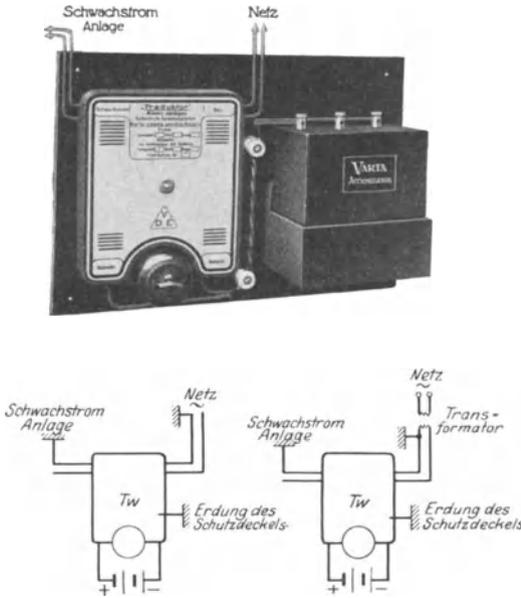
Abb. 153. Anschlußschaltungen des Traduktors „Tgi“.

A-I-Traduktor²⁾. Dieser wird sowohl für geerdete Gleichstromnetze von 110 oder 220 V als auch für geerdete und ungeerdete

¹⁾ Siehe VDE-Vorschriften, Teil 50, S. 536.

²⁾ Siehe ETZ 1926, Nr. 27, S. 794.

Wechselstrom- oder Drehstromnetze hergestellt. Der Traduktor¹⁾ hat auf der Niederspannungsseite 4 oder 8 V und kann zeitweise bei Bedarf eine Stromstärke bis zu mehreren A abgeben.



Geerdetes Wechselstromnetz. Ungeerdetes Wechselstromnetz.
 Abb. 155. Anschlußschaltungen des Traduktors „Tw“.

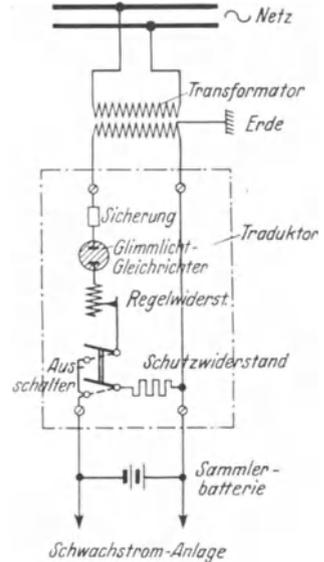


Abb 156. Schaltbild eines A-I-Traduktors für Wechselstrom-anschluß.

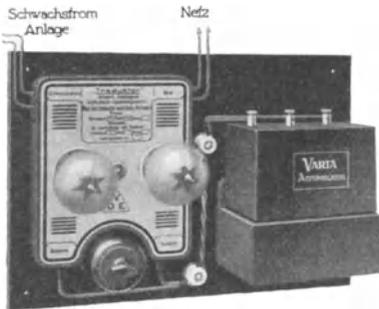


Abb. 157. A-I-Traduktor zum Anschluß an ein geerdetes Wechselstromnetz.

Die Anschlußschaltungen des Traduktors Type „Tgi“ für Gleichstromnetze bei verschieden geerdetem Leiter des Netzes zeigt Abb. 153, die äußere Ansicht Abb. 154.

Bei Wechselstrom- oder Drehstromnetz wird die Dauerladung der Sammlerbatterie mittels Glimmlicht-Gleichrichterröhren bewirkt. Die Anschlußschaltungen des dafür geeigneten Traduktors Type „Tw“ zeigt Abb. 155. Voraussetzung ist,

daß ein Leiter des Netzes betriebsmäßig geerdet ist und die Spannung 220 V beträgt. Ist ein geerdeter Leiter im Netz nicht vorhanden oder beträgt die Spannung des Netzes nur 110 V, dann muß ein kleiner Transformator verwendet werden (s. Abb. 155 und 156).

¹⁾ D. R. P. Nr. 363 552 u. 376 330.

Die äußere Ansicht des Wechselstromtraduktors Type „Tw“ zeigt Abb. 157, seine Schaltung in Verbindung mit einer Signalanlage bei einem Gleichstromnetz Abb. 158.

Der Stromverbrauch auf der Starkstromseite beträgt nur etwa 10 bis 20 mA. Die Wirtschaftlichkeit derartiger Apparate zeigt sich nicht nur im günstigsten Nutzeffekt, sondern vor allen Dingen in dem stets sicheren Arbeiten, auch in gefährlichen Augenblicken. Eine Wartung ist praktisch nicht nötig, da es genügt, wenn etwa alle 6 Monate etwas destilliertes Wasser nachgefüllt wird.

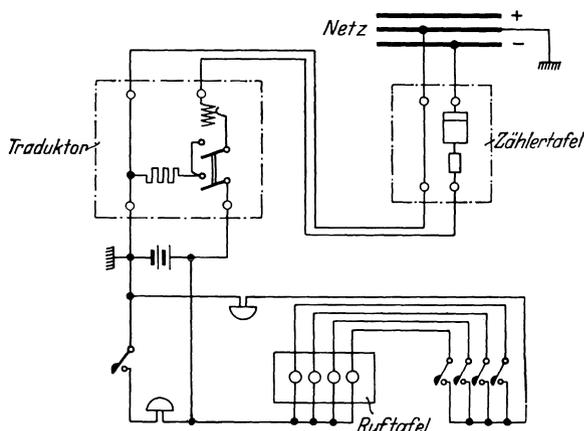


Abb. 158. Gleichstromtraduktor in Verbindung mit Signalanlage.

Gebaut und vertrieben werden die Traduktoren von der Firma Albert Joebges, Berlin.

X. Über die Verwendung von Wechselstrom zum Betrieb kleinerer Fernsprechanlagen¹⁾.

Für den Betrieb von Fernsprechanlagen wird im allgemeinen Gleichstrom und Wechselstrom nebeneinander verwendet, und zwar Gleichstrom für die Speisung der Mikrophone, Relais, Anruf- und sonstigen Signallampen, Wechselstrom für den Anruf der Sprechstellen. Bei automatischen Fernsprechanlagen, zum Erzeugen der akustischen Signale für Frei- und Besetzmeldung und außerdem zur Nummernwahl über lange hochspannungsbeeinflusste Fernleitungen.

Es ist verschiedentlich angeregt worden, den Betriebsstrom für solche Anlagen kleineren Umfangs, in erster Linie also Privatanlagen, ausschließlich dem Starkstromnetz (Wechselstrom) zu entnehmen, um die sonst üblichen Sammlerbatterien zu sparen, und nur in den Fällen, wo aus Sicherheitsgründen nicht ganz auf sie verzichtet werden kann, eine kleine Batterie als Reserve einzubauen.

Da für die Speisung der Mikrophone Gleichstrom unbedingt erforderlich ist, gingen die Vorschläge dahin, hierfür den Netzstrom unter Verwendung von Gleichrichtern umzuformen, ihn im übrigen aber mit

¹⁾ Siehe Siemens-Zeitschrift Heft 6, Jahrg. 6, S. 304.

Hilfe von Transformatoren auf die in Fernsprechanlagen gebräuchliche Spannung von 24 bzw. 60 V herabzusetzen, und damit alle sonstigen irgend betreibbaren Apparate, also auch die Relais, Lampen, Schauzeichen zu speisen.

Um zu untersuchen, ob ein solcher Betrieb technisch möglich ist, und ob irgendwelche wirtschaftlichen Vorteile damit erzielt werden können, ist zunächst zu beachten, daß die Konstruktion der zur Zeit gebräuchlichen Fernsprechrelais für die Speisung mit Wechselstrom, z. B. für die Fernwahl, erheblich geändert werden mußte. Diese Ausführung wird sich gegenüber der früheren ganz erheblich teurer stellen. Auch können nicht alle Relais mit Wechselstrom gesteuert werden, so z. B. nicht die Speiserelais (über die die Mikrophone der Sprechstellen mit Strom versorgt werden) und ebensowenig die Anrufrelais mit Haltewicklung. Die Speiserelais kommen aus dem schon angeführten Grunde nicht in Betracht. Bei den Anrufrelais würde der in der Haltewicklung fließende Wechselstrom sich über die Anrufwicklung auf die Amts- oder Sprechstellenleitung übertragen. Das gilt auch für solche Relais, die über eine Ader eines Schnurpaares gesteuert werden müssen. Die Steuerader wird als Einzelleitung in der Schnur geführt; die Benutzung einer Doppelleitung im Schnurpaar dürfte wohl in den aller seltensten Fällen noch möglich sein. Bei vollautomatischen Fernsprechanlagen ist die Anwendung von Wechselstrom für die mit Zeitbedingung arbeitenden Relais überhaupt unmöglich. Die Stromstoßrelais müssen, wie bekannt, mit 10 Unterbrechungen in der Sekunde gesteuert werden, während der Wechselstrom eine Periodenzahl von 50 pro Sekunde hat, so daß die Zeitbedingungen nicht erfüllt werden können. Noch schärfer sind die Forderungen für Prüfreilais in den Wähleranlagen¹⁾. Aus dem Wechselstromnetz können überdies die Signallampen (Schlußlampen) nicht gespeist werden, die über eine Schnurader eingeschaltet werden müssen. Die Gründe hierfür sind bereits näher erläutert.

Die heute bei den Sprechstellen eingebauten Wechselstromwecker sind allgemein für einen Wechselstrom von 25 Perioden eingerichtet; ein solcher Wechselstromwecker spricht aber auf einen Wechselstrom von 50 Perioden meistens nicht ohne weiteres an. Es müßten also besondere Wecker oder Umformungen des Wechselstromes verwendet werden. Wenn man bedenkt, daß die Deutsche Reichspost mehrere Millionen Wechselstromwecker in den Fernsprechgehäusen untergebracht hat, so ist wohl mit Sicherheit anzunehmen, daß sie die Benutzung des Wechselstroms von 50 Perioden ablehnen wird. Es bliebe somit nur noch übrig, die Privatanlagen mit Wecker für 50 Perioden

¹⁾ Siehe Selbstanschlußbetrieb auf starkstrombeeinflußten Leitungen und Fernwahl mit Wechselstrom von Dipl.-Ing. Hebel, Z. Fernmeldetechn. 1925, H. 9.

einzurichten. Dieser Ausweg ist ebenfalls nicht gangbar, da bei Dauerverbindungen der Rufstrom des Amtes mit 25 Perioden auf einen Wecker für 50 Perioden einwirkt. Da aber, wie bereits erwähnt, ein Wecker für 25 Perioden auf 50 Perioden nicht anspricht, so müßte ein Wecker konstruiert werden, der beide Bedingungen erfüllt. Ob dies möglich ist, läßt sich zur Zeit noch nicht übersehen. Es wäre überhaupt unzweckmäßig, Wechselstromwecker durch Gleichstromwecker ersetzen zu wollen, denn jeder, dem einmal die Unterhaltung einer Signal- oder Fernsprechanlage mit Gleichstromweckern übertragen worden ist, weiß, wie oft der Unterbrecherkontakt des Gleichstromweckers als Störungsquelle festgestellt wird.

Bei den automatischen Fernsprechanlagen werden, wie bekannt, zur Kennzeichnung bestimmter Schaltvorgänge auch bestimmte akustische Signale (Summerzeichen) angewandt. Bei der bevorstehenden Ausbreitung solcher Anlagen im Orts-, Vororts- und Fernverkehr sowie in Privatanlagen muß unbedingt gefordert werden, daß diese Summerzeichen für alle Anlagen einheitlich sind, ganz gleich, ob es sich hierbei um kleine oder große Anlagen handelt.

Für die Verwendung von Wechselstrom ist noch zu beachten, daß für die Wechselstromkreise eine abgesonderte Verdrahtung notwendig ist. Ebenso müßten Sicherungen für Gleich- und Wechselstrom eingebaut werden. Somit wären die Anlagen mit doppelter Verdrahtung und doppelter Sicherung auszuführen.

Würde man nur die Mikrophone aus Sammlerbatterien speisen, für alle übrigen Fälle aber Wechselstrom benutzen, so würde die Einrichtung zum Aufladen der Sammler dieselbe bleiben, ohne Rücksicht auf die Größe der Sammlerbatterie. Ersparnisse würden also insofern eintreten, als nur eine Sammlerbatterie mit geringerer Kapazität vorgesehen zu werden brauchte. Diese Ersparnisse werden jedoch durch die Mehrausgaben für die teure Konstruktion der Relais und doppelte Verdrahtung und Sicherung bei weitem übertroffen.

Wollte man auch noch den Mikrophonespeisestrom dem Wechselstromnetz (über einen Gleichrichter) entnehmen, so wäre man trotzdem gezwungen, eine Batterie als Reserve aufzustellen, denn mit der Möglichkeit, daß der Kraftstrom ausbleibt, muß unbedingt gerechnet werden; eine Fernsprechanlage darf auf keinen Fall von Zufälligkeiten abhängig sein. Dieser Weg ist aber auch deshalb nicht gangbar, weil Relais, die mit Wechselstrom arbeiten sollen, einen niedrigeren Ohmschen Widerstand haben müssen; werden sie dann bei Störungen aus der Reservebatterie gespeist, so erwärmen sie sich in unzulässiger Weise. Ein einwandfreier Betrieb ist hierbei auch deshalb nicht möglich, weil die Relais bei Speisung mit Wechselstrom einen ganz anderen Widerstand (Scheinwiderstand) haben als bei Gleichstrom. Das Halten einer Reservebatterie

neben dem Wechselstrombetrieb ist auch unwirtschaftlich. Damit die Batterie sich stets in gutem Zustande befindet, muß sie in bestimmten Zwischenräumen entladen und wieder geladen werden. Die Entladung muß dann über Widerstände erfolgen, d. h. der Strom wird nutzlos verbraucht.

Es ist also viel wirtschaftlicher, die Sammlerbatterie nicht nur als Reserve, sondern dauernd zu benutzen, ganz abgesehen von dem Umstand, daß im anderen Falle keine oder in Wirklichkeit nur eine sehr geringe Gewähr dafür gegeben ist, daß die Reservebatterie, wenn auf sie zurückgegriffen werden muß, auch tatsächlich betriebsfähig ist.

Schon allein aus diesem und den andern, kurz angedeuteten Gründen müssen die Anregungen, von dem bisher gebräuchlichen und bewährten Verfahren der Stromversorgung abzuweichen, als unzweckmäßig abgelehnt werden. Hierzu kommt, daß diese Vorschläge nur für handbediente kleinere Anlagen gelten sollen, also mit der nicht mehr aufzuhaltenden Ausbreitung des Selbstanschlußbetriebes hinfällig werden.

XI. Direkter Betrieb von Fernsprechanlagen mittels normaler Gleichstrommaschinen.

Bei der Stromversorgung größerer Fernsprechanlagen nach dem Zentralbatteriesystem werden in der Regel Spannungen von 12, 16 und 24 V, bei Selbstanschluß- (automatischen) Ämtern bis zu 60 V verwendet. Gewöhnlich werden demnach 2 Sammlerbatterien zu je 6, 8, 12 bis 30 Zellen benötigt, wobei die eine Batterie in Betrieb ist und die andere geladen wird oder in geladenem Zustand als Reserve bereitsteht.

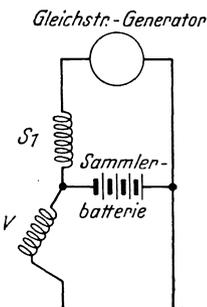


Abb. 159. Prinzipschaltung zur Speisung von Fernsprechanlagen aus normalen Gleichstrommaschinen, nach Dr. Karl Schmidt.

Auch hier hat man aus wirtschaftlichen Gründen versucht, die Verwendung der kostspieligen Sammlerbatterien nach Möglichkeit einzuschränken. Man kann z. B. die Lademaschine direkt mit einer Sammlerbatterie und dem Fernsprechnet parallel schalten, so daß die Batterie als Pufferbatterie wirkt. Der Nachteil dieses an sich einfachen Verfahrens besteht aber darin, daß die Maschinengeräusche in der ganzen Fernsprechanlage wahrnehmbar sind

und sich mitunter sehr störend bemerkbar machen.

Wie bereits bei Behandlung der Telegraphiermaschinen erwähnt, erzeugt die normale Gleichstrommaschine keinen reinen Gleichstrom, wie er z. B. von einer Sammlerbatterie geliefert wird, sondern es sind im Maschinengleichstrom Wechselströme, wenn auch von sehr geringer

Amplitude, darübergelagert. Der Grund liegt darin, daß die Ankeroberfläche aus Nuten und Zähnen besteht und beim Vorübergehen der Zähne am Polschuh magnetische Pulsationen erzeugt werden, die in der Ankerwicklung Wechselströme induzieren. Auch treten durch das zeitweise Kurzschließen der Ankerspulen durch die Bürsten am umlaufenden Kollektor, durch die geringe Zahl von Kollektorlamellen oder infolge exzentrischer Lage des Ankers zu den Polschuhen Induktionsströme auf, wodurch auch noch erhebliche Geräuschströme entstehen können. Die Welligkeit eines normalen Gleichstromgenerators beträgt etwa 10 bis 15% bei kleinen Maschinen, 5% bei größeren Maschinen. Man kann nun, wie bereits gesagt,

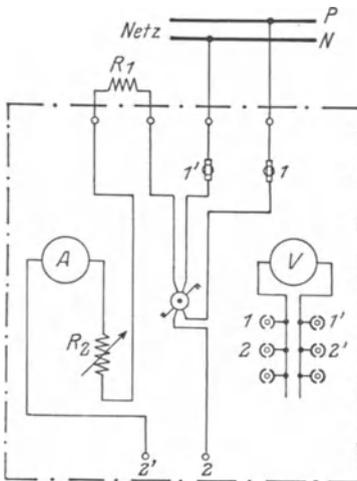


Abb. 160.
Schaltbild einer Ladeschalttafel zum Laden einer Sammlerbatterie aus einem Gleichstromnetz mittels Vorwiderstand.

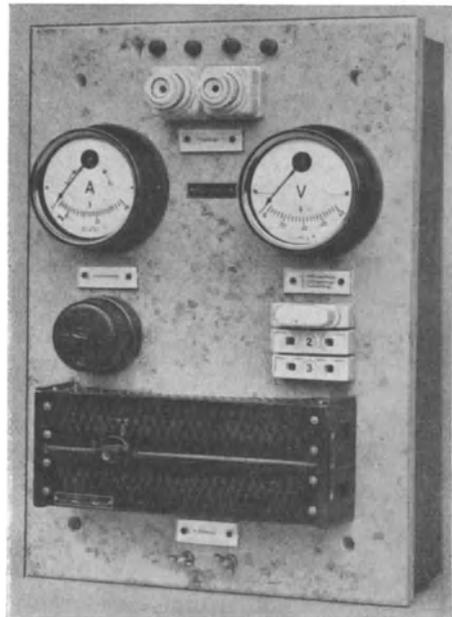


Abb. 161. Ladeschalttafel zum Laden einer Sammlerbatterie bis 25 A.

durch besonderen Bau der Maschinen die Welligkeit des Gleichstromes bis auf etwa 2% herunterdrücken. Diese besonderen Maschinen, die natürlich teurer sind als normale Gleichstrommaschinen, rufen beim Parallelschalten mit einer Sammlerbatterie nur noch ein äußerst geringes Geräusch im Fernhörer hervor.

Einen neuen Weg, um mit einer normalen Gleichstrommaschine und einer parallel geschalteten Sammlerbatterie von verhältnismäßig kleiner Kapazität geräuschfreien Gleichstrom für Fernsprechanlagen zu erhalten, hat Dr. h. c. Karl Schmidt¹⁾ angegeben.

¹⁾ Siehe ETZ 1924, H. 27.

Das Prinzip dieser Einrichtung ist folgendes: Ein Drosseltransformator mit einer festen Spule S_1 hat eine verschiebbare Spule V , die mit dem Kraftfluß des Transformators gekuppelt ist.

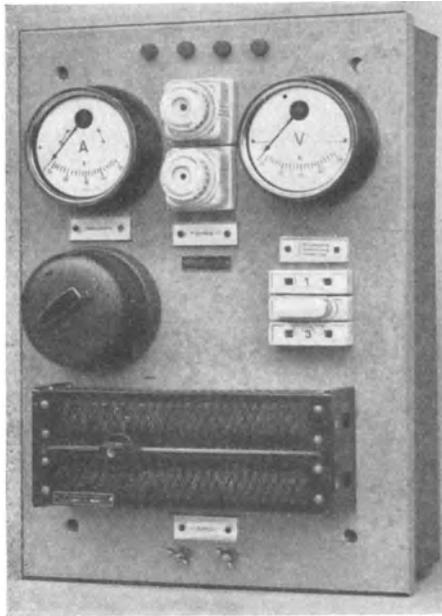


Abb. 162. Ladeschalttafel zum Laden einer Sammlerbatterie bis 60 A.

Beide Wicklungen von S_1 und V sind in Serie geschaltet, während die Sammlerbatterie zwischen dem Verbindungspunkt der festen mit der beweglichen Spule und dem einen Pol der Gleichstrommaschine liegt (siehe Abb. 159). Die zusätzliche Spannung in der Spule V wird durch die Streulinien, die am Luftspalt des Transformators auftreten, induziert, und man kann mit Hilfe der beweglichen Wicklung eine vollkommene Kompensation auf Nullerreichen. Ein Drosseltransformator nach diesem Grundsatz ist in der Fernsprechzentrale in Chemnitz von der Firma Lorenz aufgestellt. Er hat es ermöglicht, bei Benutzung nur einer Sammlerbatterie bei gleichzeitiger Pufferung durch die Gleichstrommaschine die sonst äußerst störenden Maschinen Geräusche in den Fernsprechleitungen vollkommen zu beseitigen.

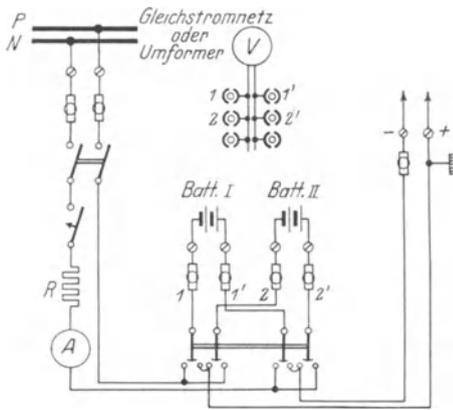


Abb. 163. Schaltbild einer Schalttafel zum Laden und Entladen von 2 Sammlerbatterien, mit selbsttätigem Nullstromschalter.

Ob es nun gelingt, nach diesem System und mit Hilfe einer zuverlässigen Reservestromquelle bei Ausbleiben des Netzstromes einen vollkommen einwandfreien Betrieb für Fernsprechanlagen

unter Vermeidung jeglicher Sammlerbatterien zu erreichen, ist jedoch noch sehr fraglich. Die Einschränkung in der Benutzung großer Sammler-

batterien ist aber auf jeden Fall zu begrüßen und wird dort, wo nur eine Pufferbatterie zur Verfügung steht und im übrigen die vorhandene Gleichstrommaschine Gleichstrom von starker Welligkeit liefert, mit Vorteil angewandt werden können.

Über die wirtschaftliche Frage bei Neuanlagen läßt sich zur Zeit noch kein abschließendes Urteil über das Verfahren von Dr. Karl Schmidt abgeben, da in dieser Richtung noch nicht genügend Erfahrungen vorliegen. Immerhin zeigt aber dieser interessante Versuch, daß eine Entwicklung und Vervollkommnung der Stromversorgung in dieser Richtung auch bei größeren Fernsprechanlagen sehr wohl möglich ist.

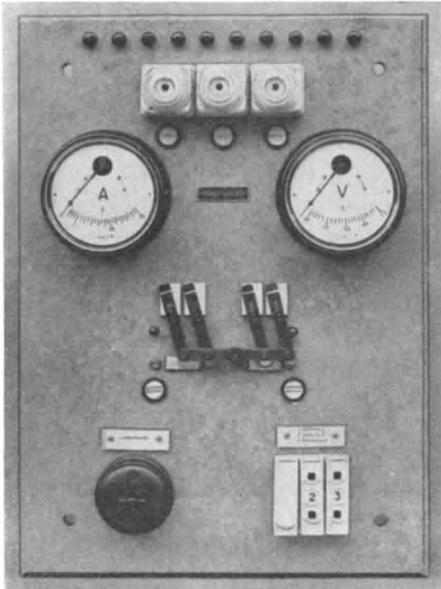


Abb. 164. Ladeschalttafel zum Laden von 2 Wechselbatterien bis 10 A.

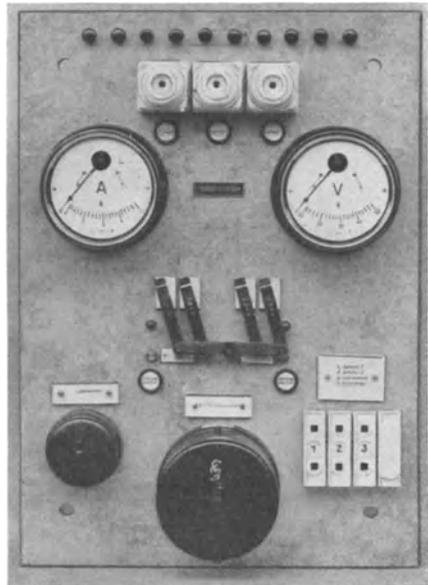


Abb. 165. Ladeschalttafel zum Laden von 2 Wechselbatterien bis 10 A, mit Nullstromschalter.

XII. Normale Ladeschalttafeln.

In den vorstehenden Abschnitten sind sämtliche Stromquellen, Gleichrichter und Umformer, die für die Stromversorgung der mannigfachsten Fernmeldeanlagen in Betracht kommen, eingehend behandelt worden, so daß es ohne weiteres möglich ist, die in jedem Fall zweckmäßigste Stromquelle, Gleichrichter- oder Umformereinrichtung zu bestimmen. Nun sollen noch die für die verschiedenen Zwecke benötigten Schalttafeln, Schalt- und Signaleinrichtungen und größere vollständige Schaltanlagen für die Stromversorgung bei Fernmeldeanlagen betrachtet werden.

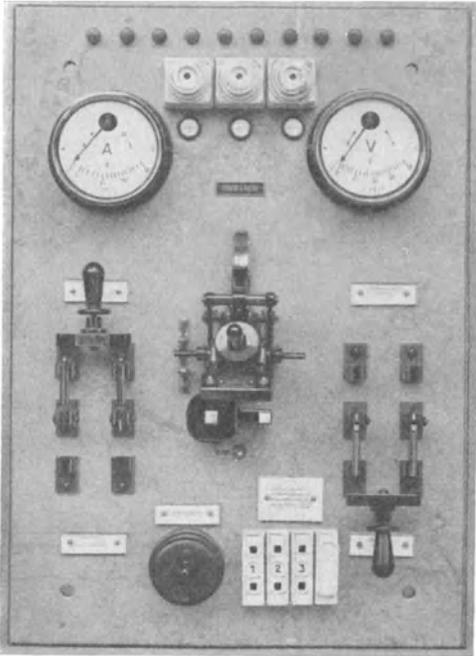


Abb. 166. Ladeschalttafel zum Laden von 2 Wechselbatterien bis 25 A, mit Nullstromausschalter.



Abb. 167. Gleichrichterladeschalttafel bis 10 A.

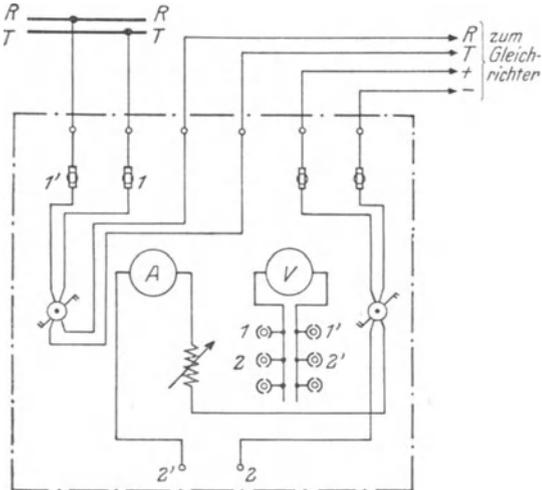


Abb. 168. Schaltbild einer Ladeschalttafel zum Laden einer Sammlerbatterie aus einem Wechselstromnetz mittels Gleichrichter.

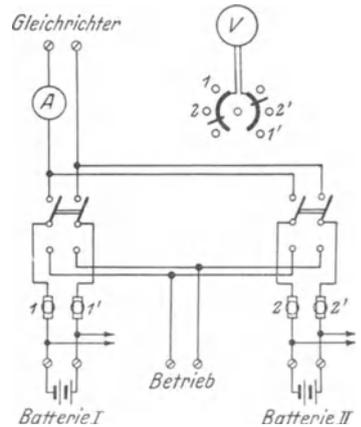


Abb. 169. Schaltbild einer Ladeschalttafel zum wechselseitigen Laden und Entladen von 2 Batterien. Ladung mittels Gleichrichter.

Die Prinzipschaltung einer Ladeschalttafel von Siemens & Halske, wie sie beim Laden einer transportablen oder ortsfesten Sammlerbatterie

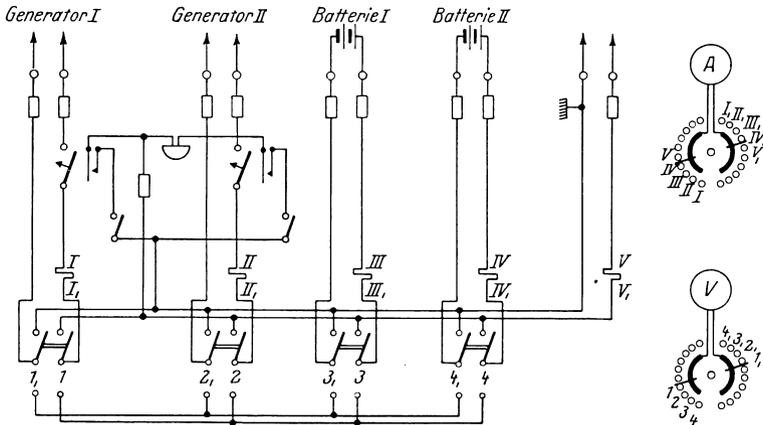


Abb. 170. Schaltbild einer Schalttafel zum Laden und betriebsmäßigen Entladen von 2 Sammlerbatterien. Ladung oder Pufferung durch 2 Umformer.

aus einem Gleichstromnetz gebraucht wird, zeigt Abb. 160. Abb. 161 gibt die äußere Ansicht dieser Ladeschalttafel für eine Ladestromstärke bis 25 A und Abb. 162 für eine Ladestromstärke bis 60 A.

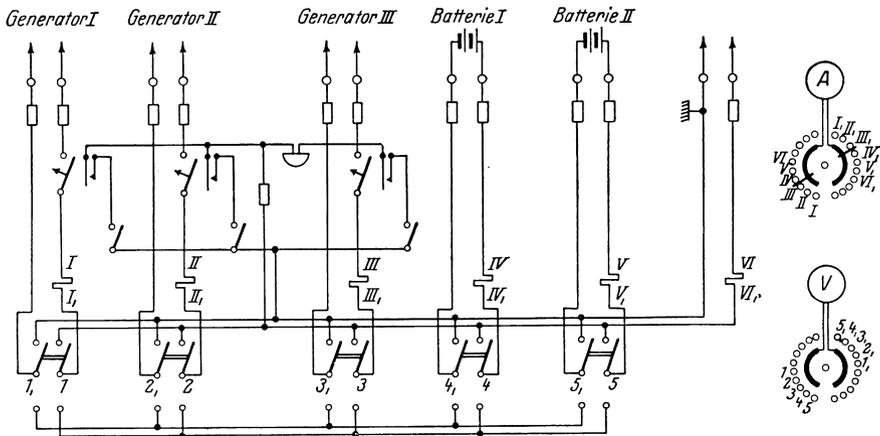


Abb. 171. Schaltbild einer Schalttafel zum Laden und betriebsmäßigen Entladen von 2 Sammlerbatterien. Ladung oder Pufferung mittels 3 Umformern, wovon einer Benzinreserveagregat.

Bei Betrieb einer Fernmeldeanlage mit zwei Sammlerbatterien, sog. Wechselbatterien, wobei die eine Batterie in Betrieb ist und die andere auf Ladung oder in Bereitschaft steht, wendet man für Ladung und Entladung folgende grundsätzliche Schaltungen an: Abb. 163.

Die äußere Ansicht solcher Schalttafeln, wie sie von obiger Firma normalerweise gebaut werden, zeigen die Abb. 164, 165, 166. Sämtliche

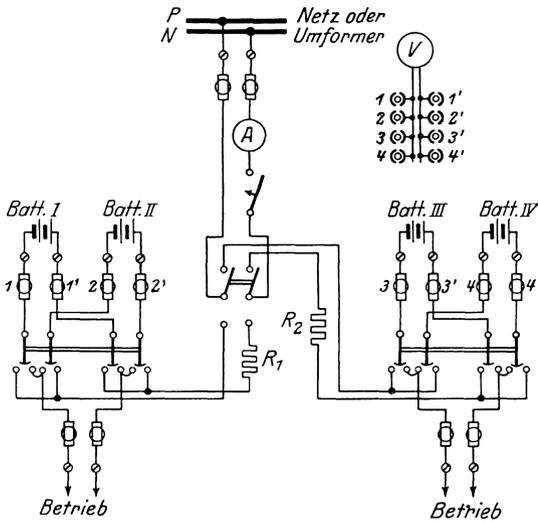


Abb. 172. Schaltbild einer Schalttafel zum Laden und Entladen von 4 Sammlerbatterien.

lische Schalter, Anlasser und Sicherungen für den Antriebsmotor des Umformeraggregats werden am besten auf besonderen Motorschalttafeln in möglichster Nähe des Umformers und die Sicherungen für die Sammlerbatterien getrennt von der Ladeschalttafel in möglichster Nähe, jedoch außerhalb des Sammlerraumes, angebracht. Steht ein Gleichrichter zur Verfügung, und soll das Laden einer Batterie durch Strom- und Spannungsmesser überwacht

und durch einen regelbaren Widerstand einstellbar sein, so wendet man für Ladestromstärken der Schalttafel bis 10 A, Abb. 167, die Prinzipschaltung nach Abb. 168 an, bei Wechselbatteriebetrieb jedoch die nach Abb. 169.

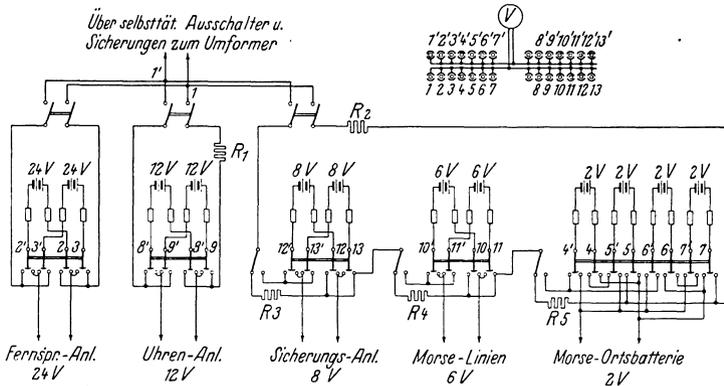


Abb. 173. Schaltbild einer Ladeschalttafel für eine Bahnhofs-Fernmeldeanlage.

Bei Wechselbatterien mit einer Ladestromstärke bis 60 A, bei denen zur Sicherung des Betriebes zwei Ladeumformer vorhanden sind,

von denen der eine oder der andere auch in Pufferschaltung parallel zur jeweiligen Betriebsbatterie arbeiten kann, ist die entsprechende Prinzipschaltung in Abb. 170 wiedergegeben.

Steht noch ein Reserveaggregat, wie z. B. ein Benzingerator, zur Verfügung, um auch beim Ausbleiben des Netzstromes den Betrieb sicher aufrechtzuerhalten, so kommt die Prinzipschaltung nach Abb. 171 in Betracht.

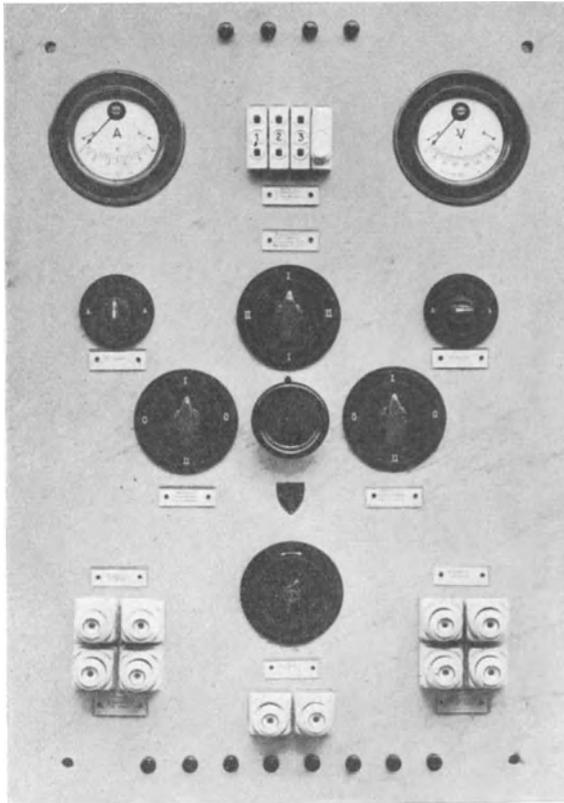


Abb. 174. Ladeschalttafel für Anlagen mit 2 Betriebsbatterien und 1 Reservebatterie.

Die in den Schaltungen angegebenen automatischen Ausschalter sind Nullstromausschalter, die für eine bestimmte Stromstärke gebaut, sich beim Sinken dieser Stromstärke bis auf etwa 5% selbst ausschalten und dadurch verhindern, daß sich beim Ausbleiben des Netzstromes die Sammlerbatterie über den Generator entladen kann. Zweckmäßigerweise erhalten diese Nullstromausschalter noch Kontakte, die sich beim Auslösen des Schalters schließen und damit einen Wecker oder ein Lichtsignal betätigen.

Batteriegruppen in drei Ladekreisen geladen, und zwar umfaßt ein Ladekreis die Fernsprechbatterie, der zweite die Uhrenbatterie und der dritte die Sicherungs-, Morse-, Linien- und Morse-Ortsbatterie. Jede Batteriegruppe in diesem Ladekreis kann auch einzeln geladen werden, indem die nicht zu ladenden Batterien von den angegebenen Vorwiderständen R_3 , R_4 und R_5 überbrückt werden. Die Ladung der Morse-Ortsbatterie erfolgt hintereinander, während bei der Entladung diese Zellen parallel geschaltet werden, damit sie bei Verwendung der gleichen Zellentypen für den Ortsstrom der Morseapparate erforderlichen erhöhten Entladestrom hergeben können¹⁾.

Für die mannigfachen Anforderungen bei Fernmeldeanlagen werden nun auch die verschiedensten Ausführungen von Ladeschalttafeln benötigt. So können z. B. auch mehrere, getrennte Fernmeldeanlagen von nur einer Sammlerbatterie gespeist werden, falls für diese einzelnen Anlagen gleiche Batterien ausreichen, so daß nur eine Reservebatterie nötig wird. Es muß dann aber Vorsorge dafür getroffen werden, daß mittels eines Sperrschalters eine zu ladende Batterie nur dann umgeschaltet werden kann, wenn die aufgeladene Reservebatterie bereits auf die betreffende Anlage geschaltet ist. Eine für Fernmeldeanlagen nach diesem Grundsatz gebaute Ladeschalttafel für 2 Anlagen mit 2 Batterien und 1 Reservebatterie zeigt Abb. 174.

In Abb. 175 sieht man den Montageplan der Stromversorgung für eine kleine Fernsprechanlage mit Handbetrieb in Verbindung mit den zugehörigen Apparaten.

XIII. Selbsttätige Lade- und Stromlieferungseinrichtungen.

Es besteht häufig das Bedürfnis, die Sammlerbatterien nach Möglichkeit selbsttätig zu laden. Eine vollkommen selbsttätige Ladeeinrichtung wird aber in verhältnismäßig kurzer Zeit zum Mißerfolg führen, aus dem einfachen Grunde, weil die Sammlerbatterie stets einer gewissen Wartung bedarf. Etwa auftretende Fehler in der Sammlerbatterie können jedoch bei einer vollkommen selbsttätigen Ladeeinrichtung schnell die Batterie schwer schädigen, wenn nicht ganz unbrauchbar machen. Besser ist eine Einrichtung, die selbsttätig das mit der Wartung der Sammler betraute Personal auf die Spannungsänderungen der Batterien beim Laden und Entladen aufmerksam macht und somit eine Überladung oder eine zu tiefe Entladung verhindert²⁾.

a) **Halbautomatische Ladeeinrichtung.** Die Firma Siemens & Halske baut nach diesen Gesichtspunkten eine Einrichtung, die zur selbsttätigen

¹⁾ Siehe Sammlerbetrieb in Telegraphenämtern von Ober-Ing. A. Schreiber: Siemens-Zeitschrift 1925, H. 7.

²⁾ Ein neues Verfahren für die vollkommen selbsttätige Ladung gibt Dr. Otto Feusner in der ETZ 1926, Heft 8, S. 232 an.

Überwachung der Spannungsgrenzen je einer Sammlerbatterie dient. Wie aus dem Stromlauf Abb. 176 ersichtlich, liegt parallel zu der Batterie ein Relais, das bei einer Zellenspannung von beispielsweise 2,7 V seinen Anker anzieht und so lange festhält, bis die Zellenspannung auf beispielsweise 1,8 V gesunken ist. Bei der höchsten Spannung leuchtet eine rote Lampe und bei der niedrigsten eine grüne Lampe auf. Sobald die eine oder andere Lampe aufleuchtet, wird ein besonderer Signalanker durch ein zweites Relais eingeschaltet. Die Ein-

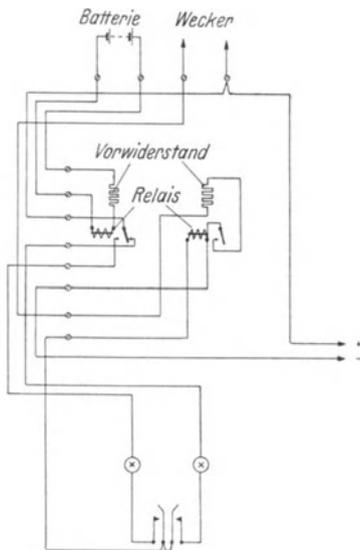


Abb. 176. Schaltbild der selbsttätigen Lade- und Entladeüberwachungseinrichtung.

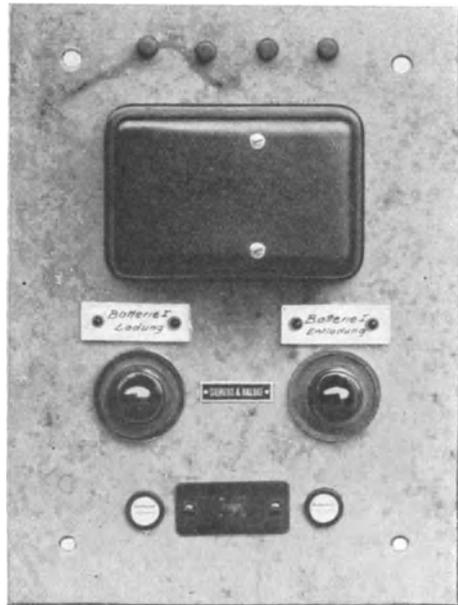


Abb. 177. Selbsttätige Lade- und Entladeüberwachungseinrichtung.

stellung der Relais erfolgt natürlich nach Art des betreffenden Lade- und Entladebetriebes. Wenn z. B. nicht mit voller Stromstärke geladen wird, so erreicht die Zellenspannung auch nur höchstens 2,5 bis 2,6 V, ebenso darf in manchen Fällen die niedrigste Entladespannung nicht 1,8, sondern beispielsweise nur 1,9 V betragen. Abb. 177 zeigt die äußere Ansicht dieser Einrichtung.

b) Der Pöhler-Schalter. Ein für manche Zwecke sehr brauchbarer selbsttätiger Ladeschalter ist der Pöhler-Schalter DRP. 415 705. Dieser beruht auf dem Grundsatz, daß jede Sammlerbatterie von dem Zeitpunkt ab, wo sie während des Ladens eine Zellenspannung von 2,4 V erreicht hat, eine vorher bestimmbare Energie in einer gewissen Zeit bis

zur Vollladung verbraucht, ganz gleich, welche Strommenge der Sammlerbatterie vor dem Laden entnommen wurde. Es ist leicht, den Punkt zu bestimmen, an dem die Spannung von 2,4 V erreicht ist, da die Ladespannung des Sammlers in diesem Bereich sehr schnell sprunghaft ansteigt (s. Abb. 178). Infolgedessen ist es aber auch möglich, ein Relais zu bauen, das an dieser Stelle mit Sicherheit anspricht. Durch dieses Relais kann dann ein Uhrwerk in Gang gesetzt werden, das nach einer bestimmten, durch Erfahrung ermittelten Zeit einen Schalter auslöst und damit den Ladestrom unterbricht (siehe Schaltung Abb. 179). Soll nach Erreichung der Zellenspannung mit verminderter Stromstärke geladen werden, so kann mit Hilfe eines Nullspannungsausschalters ein Parallelwiderstand abgeschaltet und dadurch der Ladestrom auf das gewünschte Maß herabgesetzt werden (s. Abb. 180).

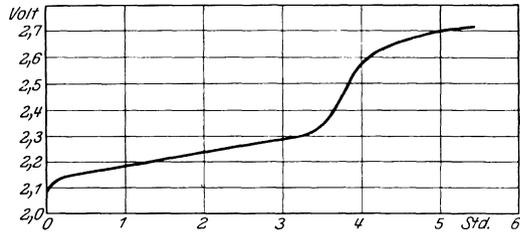


Abb. 178. Spannungskurve bei Ladung eines Sammlers.

+
-
Konstante Spannung
V
W
A
+ -
Verlauf der Ladestromstärke, 2,4 Volt

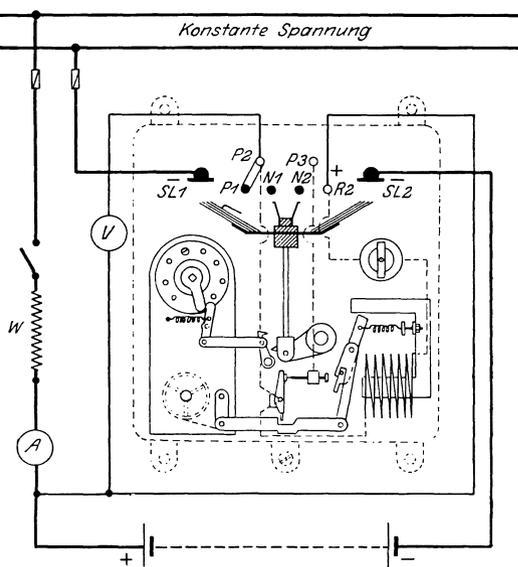


Abb. 179. Schaltbild des Pöhler-Schalters.

Auch lassen sich mit Hilfe dieses Schalters die Ladeaggregate, wie Umformer und Gleichrichter, selbsttätig abschalten. Die äußere Ansicht zeigt Abb. 181, den Aufbau bei abgenommener Schutzkappe Abb. 182.

Ein Ausführungsbeispiel einer mit diesem Schalter versehenen selbsttätigen Ladeeinrichtung mit Wehnelt-Gleichrichter¹⁾ zum Anschluß an

¹⁾ Siehe: Der Wehnelt-Gleichrichter für Starkstrom von Dr. Werner Germershausen. Mitt. V. El.-Werke 1926.

ein Drehstromnetz und zum Laden einer Sammlerbatterie von 40 Zellen mit einer Ladestromstärke bis 40 A zeigt Abb. 183. Auf der Schalttafel befinden sich die Strom- und Spannungszeiger, ein dreipoliger Nullspannungsschalter, ein zweipoliger Gleichstromschalter, der Pöhler-Schalter, die sechs Sicherungen und die Anschlußklemmen. In der Seitenansicht Abb. 184 bei teilweise geöffnetem Schutzgehäuse sieht man den Drehstromtransformator mit getrennten Wicklungen, drei

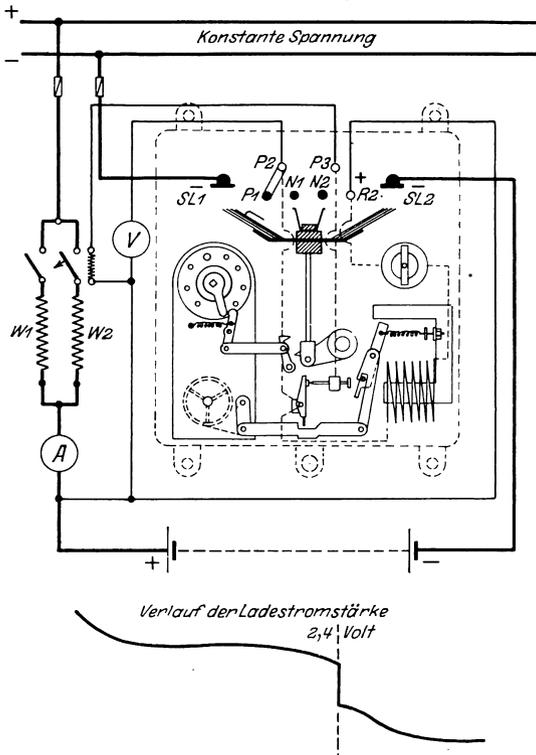


Abb. 180. Schaltbild des Pöhler-Schalters mit Nullspannungsausschalter.

Drosselspulen sowie den Gleichrichterkolben. Das Schaltbild der gesamten Anlage zeigt Abb. 185. Tritt eine Unterbrechung im Netzstrom ein, so wird der Nullspannungsschalter *NS* doch durch die Batteriespannung festgehalten, ebenso bleibt der Pöhler-Schalter eingeschaltet und das Pendel der Uhr in Ruhe. Eine Entladung der Batterie über den Gleichrichterkolben ist ausgeschlossen, da der Kolben ein nur in einer Richtung durchlässiges Ventil darstellt. Kehrt dann der Netzstrom wieder, so beginnt die Wehnelt-Kathode sofort zu glühen und leitet unmittelbar darauf die Zündung des Gleichrichterkolbens und damit den Ladestrom ein.



Abb. 181. Pöhler-Schalter, geschlossen.

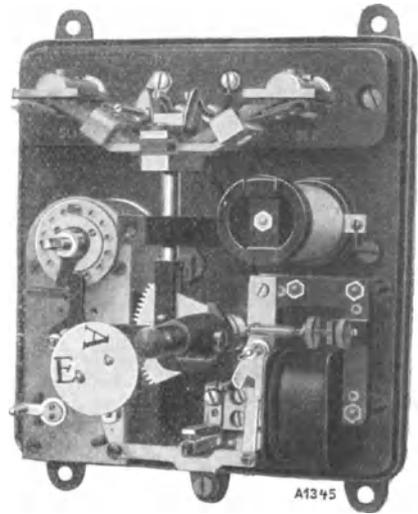


Abb. 182. Pöhler-Schalter, geöffnet.

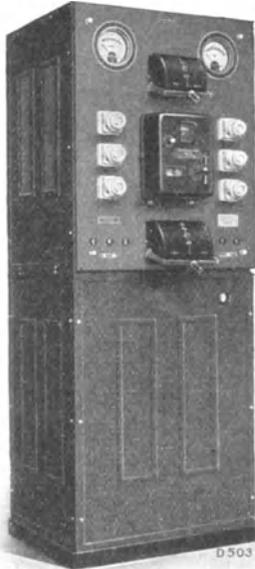


Abb. 183. Selbsttätige Ladeeinrichtung mit Wehnelt-Gleichrichter und Pöhler-Schalter.

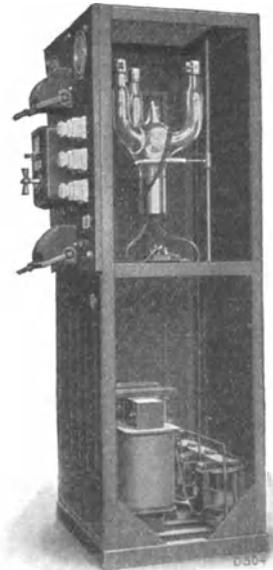


Abb. 184. Dieselbe, Seitenansicht, geöffnet.

e) **Selbsttätige Stromlieferungseinrichtung.** Für besondere Fälle können selbsttätige Stromlieferungseinrichtungen für Fernsprech-Privatanlagen und öffentliche Fernsprech-Landzentralen bis 100 Teilnehmer und verhältnismäßig schwachem Verkehr mit Vorteil verwendet werden, zumal die bisher üblichen Stromlieferungsanlagen nach dem Zwei-Batterie-System für Kleinautomaten, kleinere Vollautomaten und besonders für öffentliche Landzentralen verhältnismäßig teuer und in der Bedienung umständlich sind.

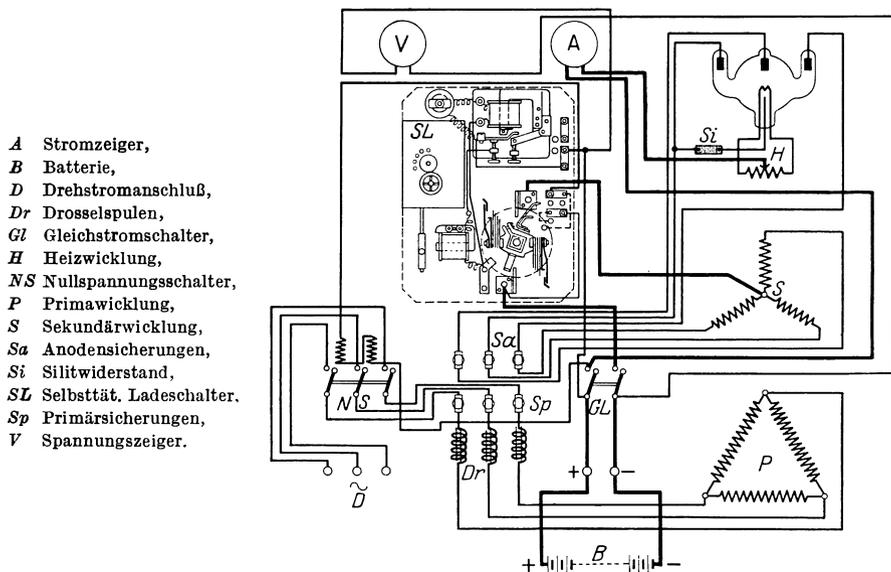


Abb. 185. Schaltbild einer selbsttätigen Ladeeinrichtung mit Wehnelt-Gleichrichter und Pöhler-Schalter.

Versuche der S. & H. A.-G. haben gezeigt, daß man bei Verwendung eines kleinen Umformers mit besonders ausgebildetem Kollektor und nur einer Sammlerbatterie in Pufferschaltung mit der Maschine auskommen kann, wobei die Batterie nur eine verhältnismäßig geringe Kapazität zu haben braucht. Die ganze Schaltanlage wird außerdem dadurch verbilligt und vereinfacht, daß sie mit dem Umformer zu einem Apparat D. R. P. a. (s. Abb. 186) zusammengebaut ist. Bei normalem Betrieb soll die Sammlerbatterie nur dazu dienen, den ersten Schaltungsvorgang beim Herstellen einer Verbindung zu bewirken, sie soll also nur für Bruchteile von Sekunden in Tätigkeit treten; während der übrigen Dauer der Verbindung wird der Gesamtstrom dem Umformer entnommen. Die Einschaltung des Umformers sowie das Zusammenschalten des Umformers mit der Sammlerbatterie und den die Fern-

sprechanlage speisenden Leitungen geschieht durch eine Relaiskombination (s. Abb. 187).

Der Vorgang spielt sich folgendermaßen ab:

Ruft ein Teilnehmer an, so wird bei Belegen des Gruppen- bzw. Leitungswählers das *S*-Relais und damit das *R*-Relais eingeschaltet, welches über das Stockwerkrelais *St* den Drehstrommotor anläßt. Wenn der Generator die erforderliche Spannung erreicht hat, wird das *S*-Relais durch Gegenmagnetisierung zum Abfall gebracht, wodurch *L*-Relais erregt und die Maschine an die Batterie geschaltet wird.

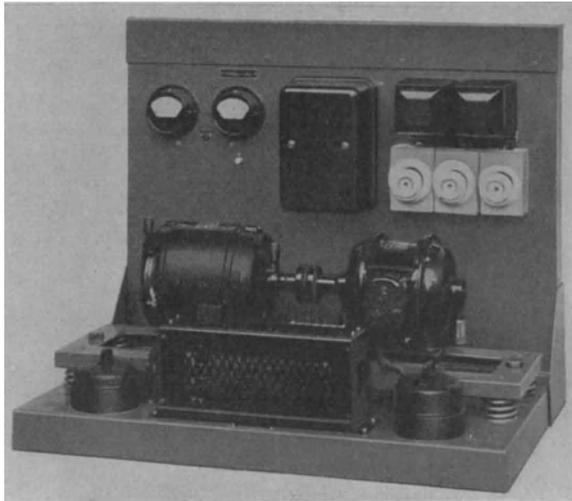


Abb. 186. Selbsttätige Stromlieferungseinrichtung.

Erfolgt bei Ausbleiben der Drehstromnetzspannung Rückstrom von der Batterie zur Maschine, so wird *R*-Relais gegenmagnetisiert und fällt ab, wodurch die Maschine still gesetzt wird.

Die Abschaltung erfolgt normalerweise dadurch, daß bei Einhängen aller Teilnehmer der *an*-Kontakt geöffnet ist.

Die Stromstärke wird durch den Nebenschlußregler entsprechend eingestellt. Der Sammlerbatterie fällt also zunächst die Aufgabe zu, die Relaiskombination zu betätigen und den Betriebsstrom so lange herzugeben, bis der Maschinensatz die notwendige Spannung erreicht hat, damit die Zuschaltung des Satzes auf die Sammlerbatterie erfolgen kann.

Als zweite Aufgabe ist anzusehen, daß die Sammlerbatterie die bei Spitzenverkehr erforderlichen, über die Leistung des Maschinensatzes hinausgehenden Stromstöße hergibt. Sie wirkt wie die gewöhnliche Pufferbatterie.

Die dritte Aufgabe der Sammlerbatterie ist die Stromlieferung für den Fall, daß das Netz versagt und der Netzstrom daher vorübergehend ausbleibt. In diesem Falle hat die Batterie den gesamten für die Fernsprechanlage benötigten Strom zu liefern.

Es wird deshalb mit Rücksicht auf die Aufgabe 3 erforderlich sein, die Sammlerbatterie von Fall zu Fall den besonderen Betriebsbedingungen des betreffenden Netzes entsprechend zu bemessen. Ist es z. B. ein Freileitungsnetz und kommen häufig Störungen vor, deren Beseitigung verhältnismäßig lange Zeit in Anspruch nimmt, dann muß die Kapazität der Sammlerbatterie höher gewählt werden.

Im Gegensatz zu den bisher üblichen Stromversorgungsanlagen, bei denen es erforderlich war, von Hand die eine oder andere Sammlerbatterie auf das Netz oder auf Ladung zu schalten, die Lademaschine anzulassen, die Lademaschine abzuschalten, wenn das Laden beendet

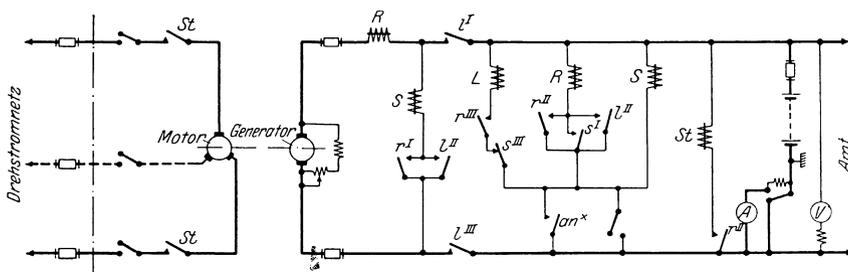


Abb. 187. Schaltbild der selbsttätigen Stromlieferungseinrichtung.

war, beschränkt sich die Tätigkeit der mit der Wartung betrauten Person jetzt darauf, in längeren Zeiträumen einmal den Umformer in bezug auf Schmierung und sauberen Kollektor nachzusehen und den Säurestand der Batterie nachzuprüfen. Im normalen Betrieb ist das Eingreifen einer Bedienungsperson nicht erforderlich.

Sollte sich zeigen, daß der Säurestand zu niedrig ist — ein Zeichen dafür, daß mehr aus der Sammlerbatterie entnommen worden ist, als durch den Umformer hineingegeben wurde, und zwar dadurch verursacht, daß die Spannung des Generators nicht richtig reguliert war —, so ist dem in einfacher Weise dadurch abzuhelfen, daß mit Hilfe des an dem Aggregat angebrachten Nebenschluß-Regulierwiderstandes die Spannung entsprechend erhöht wird.

Die Sammlerbatterie soll stets auf voller Spannung bzw. die Säure in dem Zustande des geladenen Sammlers gehalten werden. Es ist deshalb vor allem in der ersten Zeit nach der Einschaltung eine Kontrolle erforderlich, um die Spannung der Maschine dem Verkehr in der Zentrale richtig anzupassen. Es ist selbstverständlich, daß sie auch nicht dauernd überladen werden darf. Die Spannung ist so einzustellen, daß nur ein

geringer, dem Säureverbrauch der Batterie entsprechender Stromüberschuß in die Sammlerbatterie geschickt wird.

Die Lebensdauer der Batterie ist bei dieser Betriebsweise eine verhältnismäßig hohe. Um etwaige Ansätze von Sulfatbildungen zu beseitigen, ist die beschriebene Ladeeinrichtung noch mit einem Schalter versehen, wodurch die Maschine auch auf Dauerladung geschaltet werden kann. Man wird also hierdurch in die Lage versetzt, die Sammlerbatterie etwa alle 4 bis 6 Wochen einmal bis zur vollen Gasentwicklung aufzuladen bzw. durch eine Dauerladung mit schwachen Strömen Sulfatbildungen zu beseitigen.

Die Firma S. & H. A.-G. stellt zur Zeit folgende Einrichtungen her:

Für 24 V regelbar bis 35 V und

für 60 V regelbar bis 85 V

mit Leistungen:

Einrichtung I von 60 W bei 24 V,

„ II „ 80 „ „ 24 bzw. 60 V,

„ III „ 200 „ „ 24 „ 60 „

zum Anschluß an Gleichstrom- oder Drehstromnetze mit normalen Spannungen.

Bemerkung: Die Einrichtung I ist nur für 24 V und zum Anschluß an ein Drehstromnetz von 110 bzw. 220 V geeignet.

Die Stromabgabe des Generators beträgt bei:

Einrichtung I:

a) bei 24 bis 35 V 2,4 bis 1,7 A;

Einrichtung II:

b) bei 24 bis 35 V 3,3 A konstant,

c) bei 60 bis 85 V 1,35 A konstant;

Einrichtung III:

d) bei 24 bis 35 V 8 bis 6 A,

e) bei 60 bis 85 V 3,3 bis 2,8 A.

Die Einrichtungen sind für Klein- und Vollautomaten verwendbar wie folgt:

Einrichtung I für Anlagen bis zu 25 Teilnehmeranschlüssen,

„ II „ „ „ „ 50 „

„ III „ „ „ „ 100 „

Als Sammlerbatterie ist unter normalen Verhältnissen eine solche mit Groboberflächenplatten vorzusehen, und zwar mit einer Kapazität von etwa 15 Ah.

XIV. Prüfeinrichtungen.

Zum Schluß sei noch eine Einrichtung erwähnt, die eine Kontrolle des Isolationszustandes, und zwar Leitung gegen Leitung, Leitung gegen

Erde, Sammlerbatterie gegen Erde und Umformer gegen Erde in einer Fernmeldeanlage ermöglicht.

Eine von der Firma Siemens & Halske gebaute Prüfeinrichtung (s. Schaltung Abb. 188) besteht aus einem Prüfschalter, einem Einschalter, einer Prüftaste, einem Widerstandsmesser, einem Prüfstöpsel und mehrerer Prüfklinken. Diese Apparate sind in einem besonderen Schrank vereinigt oder in den Fernsprechzentralen selbst untergebracht.

Die von den Klappenschränken kommenden und zu den Fernsprechern führenden Leitungen werden über je eine der Prüfklinken geführt. Die Prüfungen gehen wie folgt vor sich:

a) **Leitung a gegen Erde.** Der Prüfstöpsel wird in die betreffende Klinke eingeführt, wodurch die vom Klappenschrank kommenden Leitungen in den Kontakten 2 und 3 der Klinke von der übrigen Leitung abgetrennt und diese durch die Kontakte 1 und 4 an die Prüfleitungen

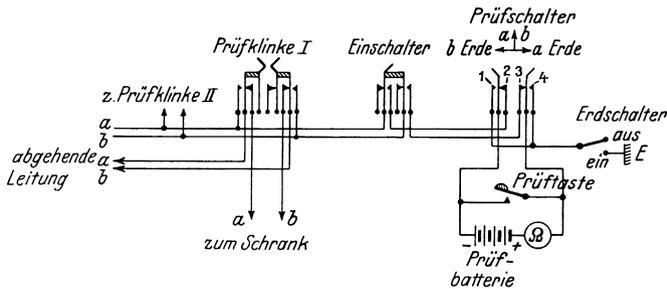


Abb. 188. Isolationsprüfeinrichtung mit schnurlosem Stöpsel.

gelegt wird. Der Einschalter ist umzulegen, und der Prüfschalter wird in die Stellung a —Erde gebracht. Der zwischen Erde und a -Leitung bestehende Widerstand (Schluß) wird von dem Widerstandsmesser angezeigt. Es fließt in diesem Fall ein Strom von der Batterie über den Kontakt 2 des Schalters, Kontakt 1 der Klinke, über die abgehende Leitung a , Erde, Kontakt 4 des Schalters, Widerstandsmesser, Batterie. Die Leitung b wird in dem Kontakt 3 des Schalters getrennt.

b) **Leitung b gegen Erde.** Der Prüfschalter wird jetzt in die Stellung b —Erde umgelegt, und es fließt bei einem Erdschluß ein Strom von der Batterie über den Kontakt 1 des Schalters, Erde, die abgehende Leitung b , Kontakt 4 der Klinke, Kontakt 3 des Schalters, Widerstandsmesser, Batterie.

c) **Leitung a und b auf Schluß oder Bruch.** Der Prüfschalter bleibt in der Stellung a — b , der Strom fließt von der Batterie über Kontakt 2 des Schalters, Kontakt 1 der Klinke, Leitung a über den Kurzschluß in die Leitung b , Kontakt 4 der Klinke, Kontakt 3 des Schalters, Widerstandsmesser, Batterie. Ist kein Schluß vorhanden, so zeigt der Wider

standsmesser den Widerstand an, der durch die in den Leitungen liegenden Apparate bedingt ist, wenn diese während der Prüfung in den Leitungen verbleiben.

Sind die Apparate abgeschaltet, dann zeigt der Widerstandsmesser keinen Ausschlag, wenn die Leitungen unter sich von Schluß frei sind.

Bei einem Bruch der Leitung bleibt der Widerstandsmesser in Ruhe, wenn der Bruch vor den Stationen liegt. Ist die Leitung zwischen den Apparaten gestört, so zeigt der Widerstandsmesser einen höheren Widerstand an als den durch die Zahl der Stationen bedingten.

d) Batterieprüfung. Durch Drücken der Prüftaste wird die Spannung der Batterie angezeigt. Um einwandfreie Prüfungen vorzunehmen, muß die Spannung immer auf gleicher Höhe bleiben. Nach erfolgter Prüfung ist der Stöpsel aus der Klinke zu entfernen.

Das Bedürfnis nach derartigen Prüfmessungen besteht besonders häufig auch bei Fernmeldeanlagen in Bergwerken¹⁾ und chemischen Fabriken. ~~w~~ infolge ungünstiger Verhältnisse, wie Feuchtigkeit, schädliche Dämpfe und Gase, die Erhaltung der notwendigen Isolationswerte sehr schwierig ist und trotzdem ein unbedingt sicheres Arbeiten der Fernmeldeanlage gefordert werden muß. Eine derartige Spezialeinrichtung zur Isolationsmessung für eine Schachtsignalanlage mit 2 Sammlerbatterien, ebenfalls von Siemens & Halske gebaut, zeigt Abb. 189, die Schaltung dieser Einrichtung Abb. 190.



Abb. 189. Prüfeinrichtung für Fernmeldeanlagen.

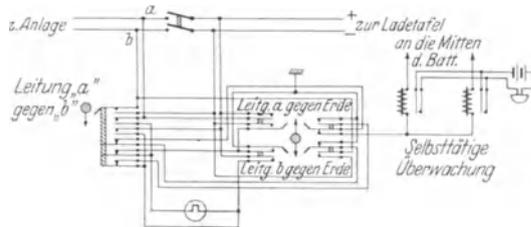


Abb. 190. Schaltbild einer Prüfeinrichtung für Fernmeldeanlagen.

¹⁾ Nach § 40, Absatz c der Verbandsvorschriften muß jede Schachtsignalanlage unter Tage für jede Förderung eine eigene und gesonderte Stromversorgung besitzen, an die andere Stromverbraucher nicht angeschlossen werden dürfen. Der Anschluß an Starkstromnetze ist nur gestattet, wenn hierbei keine unmittelbare elektrische Verbindung zwischen Signalanlage und Netz hergestellt wird.

XV. Übersicht der Anwendungsgebiete von Stromquellen für Fernmeldezwecke.

Art der Verwendung	Stromverbrauch	Art der Stromquelle	Seite
Signalanlagen:			
Haus-Klingelanlagen	pro Wecker 150 mA	Nasse Elemente, Trockenelemente, Klingeltransformatoren, Traduktor	2, 6, 104 105
Größere Klingelanlagen	pro Wecker 200 mA	Traduktor oder Masseplattensammler	105, 10
Fabrik-Klingelanlagen	pro Wecker 200 bis 250 mA	Masseplattensammler, Kleintransformator, Traduktor	10, 104 105
Gruben-Klingelanlagen	pro Wecker 200 bis 250 mA	Masseplattensammler, Kleintransformator, Traduktor	10, 104 105
Lichtsignalanlagen	pro Lampe 200 mA	Großoberflächensammler, Kleintransformatoren	20, 104
Hupensignalanlagen	pro Hupe 0,7 bis 0,3 A	Großoberflächensammler, Kleintransformatoren	20, 104 20, 105
Sicherheitsanlagen	je nach angeschl. Apparat	Großoberflächensammler, Tradukto-	
Feuermeldeanlagen:			
Zeigerapparate:			
Geber (Ruhestrom)	Linienbatterie 45 mA	Masseplattensammler	10
Empfänger	Lokalbatterie 8 V, mA je nach Apparat	Nasse Elemente, Masseplattensammler	2, 10
Siemens-System I (Morse-Sicherheitssystem)			
Geber (Ruhestrom)	Linienbatterie 60 mA	Masseplattensammler	10
Empfänger mit Doppel-Morseapparat, Zeitstempel in Verbindung mit Haupt- uhr	Lokalbatterie 24 V bis 1 A	Großoberflächensammler	20
Siemens-System II und III:			
Geber (Ruhestrom)	Linienbatterie 60 mA	Masseplattensammler	10

Übersicht der Anwendungsgebiete von Stromquellen für Fernmeldezwecke. 131

Art der Verwendung	Stromverbrauch	Art der Stromquelle	Seite
Empfänger mit Doppel-Morseapparat, Zeitstempel, Lichtruftafel, Einschlagsglocken usw.	Lokalbatterie 24 V bis 3 A	Großoberflächensammler	20
Selbsttätige Feuermelder:	Linienbatterie 25 mA Lokalbatterie 2 × 6 V bis 1 bis 1 1/2 A	Masseplattensammler Großoberflächensammler	10 20
Manuelle Fernsprechanlagen:	pro Mikrophon 35 bis 40 mA etwa 10 Ah etwa 20 Ah etwa 40 Ah etwa 60 Ah etwa 130 Ah	Großoberflächen-, Duplex-Gitterplattensammler " " " " " " " " " " " " " " "	20, 15 20, 15 20, 15 20, 15 20, 15 20, 15
1. mit Zentralbatteriebetrieb (ZB) z. B. für 2 Amtsleitungen und 20 Teilnehmer für 4 Amtsleitungen und 40 Teilnehmer für 8 Amtsleitungen und 80 Teilnehmer für 10 Amtsleitungen und 200 Teilnehmer für 20 Amtsleitungen und 500 Teilnehmer	pro Mikrophon 150 mA	Masseplattensammler	10
2. Einzelbatterie bei Sprechstellen und Teilnehmerstellen mit zahlreichen Nebenstellen	pro Mikrophon 150 mA	Masseplattensammler, Glimmlichtgleichrichter mit Pufferbatterie, Traduktor	10, 43 105
3. Amtsmikrophonbatterie für Orts- und Fernbetrieb, soweit keine ZB vorhanden	pro Mikrophon 150 mA	Masseplattensammler	10
4. Sp-Leitungen (Bezirksleitungen)	6 bis 8 V Strombedarf je nach Art der angeschl. Rufaggregate (Wecker)	Abzweigung von vorhandener Sammlerbatterie, Rufstrommaschine mit Übertrager, Polwechsler mit Übertrager, Kurbelinduktor	100 97, 100
5. Rufbatterie für Fernsprechleitungen	24 bis 60 V bis 200 mA 35 VA und mehr	Polwechsler Rufmaschine	97 100
6. Anruf der Sprechstellen vom Amt aus bei Netzen mit Ortsbatterie-(OB)-Betrieb	erforderliche Spannung je nach der Entfernung	Kurbelinduktor	100
7. Anruf des Amtes und der Teilnehmer vom Teilnehmer aus OB-Netzen			

Art der Verwendung	Stromverbrauch	Art der Stromquelle	Seite
8. Antrieb des Polwechslers	0, ? A	Masseplattensammler, Trockenelemente, Traduktor	10, 6 105
9. Antrieb der Rufstrommaschine	70 bis 200 W je nach Größe	Netz, vorhandene Sammlerbatterie ZB.	77, 40
10. Laden von Sammlern	—	Netz, Umformer, Gleichrichter	10, 6
11. Schlußzeichen	—	Masseplattensammler, Trockenelemente, nasse Elemente	2
Wasserstands-Fernmeldeanlagen:	pro Anlage		
1 Geber	auf 1000 m { Arbeitsstrom Entfernung	Nasse Elemente, Masseplattensammler, Gleichrichter	2, 10 40
1 Empfänger	Ruhestrom	Nasse Elemente, Masseplattensammler, Gleichrichter	2, 10 40
Selbsttätige Fernsprechanlagen (SA-Ämter):			
bis 100 Anschlüsse (Nebenstellenanschlüsse zählen doppelt).	60 V, etwa 30 Ah	{ 2 Wechselbatterien - Großoberflächen- sammler oder	20
" 200 "	60 V, " 60 Ah	selbsttätige Ladeeinrichtung, bestehend aus	120, 125
" 300 "	60 V, " 90 Ah	einer kleinen Pufferbatterie und einem	
" 400 "	60 V, " 120 Ah	Umformer oder	
" 500 "	60 V, " 150 Ah	{ 1 Pufferbatterie m. Gleichstromgenerator oder	115
" 600 "	60 V, " 190 Ah	Gleichstromgenerator in normaler Ausführung	110
" 700 "	60 V, " 230 Ah	u. Drosselspule nach Dr. K. Schmidt oder	111
" 800 "	60 V, " 270 Ah	Gleichstromgenerator in Sonderausführung	
" 900 "	60 V, " 310 Ah	für überschwingungsfreien Gleichstrom	
" 1000 "	60 V, " 360 Ah		
Anruf, Besetzt-Zeichen-Gebung:	Kohlefaden		
für kleinere Ämter bis etwa 100 Teilnehmer	{ einf. bei 24 V, bei 12 V 80 mA, 120 mA	Polwechslers	97
für größere Ämter	{ dopp. 160 mA, 240 mA pro Relais 12 mA	Rufstrommaschine	100

Art der Verwendung	Stromverbrauch	Art der Stromquelle	Seite
Telegraphenanlagen:			
Morse-Arbeitsstrombetrieb: Ortsstrom . . .	50 mA	Großoberflächen-, Duplex-Gitterplatten-sammler	20, 15
Linienstrom	15 bis 20 mA	Nasse Elemente, Masseplattensammler	2, 10
Deutscher Ruhestrombetrieb:			
Ortsstrom	50 mA	Großoberflächen-, Duplex-Gitterplatten-sammler	20, 15
Linienstrom	15 bis 20 mA	Nasse Elemente, Masseplattensammler	2, 10
Amerikanischer Ruhestrombetrieb:			
Ortsstrom	50 mA	Großoberflächen-, Duplex-Gitterplatten-sammler	20, 15
Linienstrom	15 bis 20 mA	Nasse Elemente, Masseplattensammler	2, 10
Schnellmorseystem Siemens & Halske:			
Antrieb des Motors	10 W	Gleichstrommotor 110 V	78
Linienstrom	20 mA	Großoberflächensammler, Telegraphiermaschine	20, 88
Hughes-Typendrucker:			
Antriebe durch Aufzuggewicht oder Motor	7 W	Gleichstrommotor 110 V	78
Linienstrom	15 bis 20 mA	Großoberflächensammler, Telegraphiermaschine	20, 88
Fernrunder von Siemens & Halske	24 V bis 1/2 Ah pro Tag	Duplex-Gitterplattensammler	15
Baudot-Mehrfachtelegraph:			
Antrieb des Motors	44 W	Gleichstrommotor 110 V	78
Linienstrom	20 mA	Großoberflächensammler, Telegraphiermaschine	20, 88
Siemens-Schnelltelegraph:			
Sender: Antrieb des Motors	110 W	Gleichstrommotor 110 V	78
Linienstrom	30 mA	Großoberflächensammler, Telegraphiermaschine	20, 88
Empfänger: Antrieb des Motors	165 W	Gleichstrommotor 110 V	78
Linienstrom (Locher)	33 mA	Großoberflächensammler, Telegraphiermaschine	20, 88

Art der Verwendung	Stromverbrauch	Art der Stromquelle	Seite
Pendelelegraph von Siemens & Halske:			
Antrieb des Motors	110 W	Gleichstrommotor 110 V	78
Linienstrom	30 mA	Großoberflächenammler, Telegraphier- maschine.	20, 88
Tasten-Schnellelegraph von Siemens & Halske:			
Antrieb des Motors	185 W	Gleichstrommotor 110 V	78
Linienstrom	30 mA	Großoberflächenammler, Telegraphier- maschine.	20, 88
Drehpul-Schnellschreiber von Siemens & Halske:			
Antriebsstrom	28 W	Gleichstrom 110 oder 220 V aus Netz, Um- former oder vorhandener Batterie	77
Linienstrom	5 mA		
Rundfunk - Empfangsanlagen:			
Empfängergerät	Heizung	Heizung	Anoden
Hochfrequenzverstärkung	2—4 V	Masseplatten- sammler	Trockenbatterie
Audion	bis 40 mW	" "	Anodensammlerbatterie
Verstärkergerät.	bis 400 mW	" "	" "
	bis 4 W	" "	" "
	bis 40 W	Großoberflächenammler	Gleichrichter
	bis 400 W	Umformer	" "
		" "	Umformer
Rundfunk - Sendeanlagen:			
Röhrensender bis 600 m Wellen und 5 kW	bis 12 kW	Gleichstrom aus Umformern	77, 93
Antennenleistung	bis 22 kW	Netz, Hochvakuumgleichrichter	49, 94
Röhrensender bis 10 kW Antennenleistung	bis 44 kW	Netz, Hochvakuumgleichrichter	49, 94
Röhrensender bis 20 kW Antennenleistung			
Kurzwellen-Röhrensender bis 200 m Wellen und 1,5 kW	bis 6,5 kW	Gleichstrom aus Umformern	77, 94
Kurzwellen-Röhrensender bis 200 m Wellen und 5 kW	bis 18 kW	Netz, Hochvakuumgleichrichter	49, 94
Maschinensender von 5 bis 30 km Wellen	bis 1000 kW	Hochfrequenzmaschinen	94

Sachverzeichnis.

- Accumulator s. Sammler.
AEG-Quecksilberdampfgleichrichter 60.
Allgemeine Behandlungsvorschriften für Sammler 31.
Anodenbatterie 7.
Anoden am Gleichrichter 42.
Anlasser 79.
Amtsmikrophonstrom 131.
Arbeitsstrom 87.
Argonalggleichrichter 66.
Aräometer 33.
Arten der Sammler 9.
Aufbau der Masseplattensammler 10.
— der Gitterplattensammler 15.
— der Großoberflächenplattensammler 20.
Aufstellung der Sammler 36.
Auswahl der Gleichrichter 76.
Auswahl der Sammler 9, 25.
- Balkite-Gleichrichter 75.**
Batterie 2.
Batterieumschalter 112.
Behandlungsvorschriften für Sammler 31.
Betriebsspannung 130.
Bodengestelle für Sammler 39.
- Chlor im Sammler 35.
Chromsäureelement 3.
Cupronelement 3.
- Daniell-Elemente 4.**
Depolarisation 1.
Drehstrom-Gleichstrom-Motor-Generator 84.
Drehstrom-Gleichstrom-Einankerumformer 86.
Drehstrommotor 83.
Drosseltransformator 110.
Duplexplattensammler 18.
Duplexgleichrichter 52.
- Edelgase 41.
Eigenerregung 88.
Eigenschaften der Masseplattensammler 10.
— der Gitterplattensammler 16.
— der Großoberflächenplattensammler 20.
Einankerumformer 79.
Einphasen-Induktionsmotor 85.
Eisenkathode 41.
Elemente, galvanische 1.
Elektrolyt 1.
Elektrolytgleichrichter 73.
Elektroden 41.
Entladung von Elementen 6.
Entladung von Sammlern 31.
Etagengestelle für Sammler 39.
- Felderregung 79.
Ferndrucker 87.
Fremderregung 88.
Füllsäure 34.
- Galvanische Elemente 1.
Gasentwicklung bei Sammlern 31.
Gasspannung bei Sammlern 32.
Gebrauchsdauer von Elementen 2.
— von Sammlern 21.
Gefäße für Sammler 27.
Gleichrichter 40.
Gleichstrom-Gleichstrom-Motorgenerator 78.
Gleichstrom-Gleichstrom-Einankerumformer 79.
Gleichstromgenerator 78.
Glimmlichtgleichrichter 41.
Gitterplattensammler 15.
Grove-Bunsen-Ketten 5.
Großoberflächenplattensammler 20.
Glühkathodengleichrichter 45.
- Hilfsregung 59.
Hilfsanode 45.

- Hughes-Typendruckermotor 87.
 Hochspannungs-Wehnelt-Gleichrichter 49.
- Isolationskontrolle 127.
 Ionen 1.
- Kadmiumelektrode** 29.
 Kapazität von Elementen 2.
 Kapazität von Sammlern 24.
 Kastenplatte 9.
 Kathodenfall 42.
 Kleintransformator 103.
 Klingeltransformator 103.
 Kommutator 115.
 Compoundwicklung 79.
 Kurzschlußläufer 83.
 Kurbelinduktoren 100.
- Lademaschinen** 77.
 Ladeumformer 77.
 Lalande-Elemente 3.
 Lagerelemente 6.
 Laderegeln für Sammler 31.
 Ladestrom 32.
 Ladeschalttafel 113.
 Leistungsbereich der Elemente 2.
 — der Gleichrichter 76.
 — der Sammler 24.
 Leclanché-Elemente 2.
 Lichtbogengleichrichter 56.
 Lokalbatterie s. Ortsbatterie.
 Lorenz-Umformer 82.
- Masseplattensammler** 10.
 Maschinenumformer 77.
 — für Mehrfachtelephonie 91.
 — für Rundfunk und drahtlose Telegraphie 93.
 — für Verstärkerämter 90.
 Maschinengleichstrom 77.
 Maschinensender 94.
 Mechanische Pendelgleichrichter 68.
 Meidinger-Elemente 4.
 Mikrofonbatterien 45.
 Motorgenerator 78.
 Morse-Telegraph 87.
- Nachladung von Sammlern 32.
 Nasse Elemente 2.
 Nebenschlußgenerator 78.
 Nebenschlußmotor 78.
 Netzladung 78.
- Oberschwingungen** 110.
 Ortsbatterien 116.
- Pendelgleichrichter** 68.
 Primärelemente 1.
 Pöhler-Schalter 120.
 Polarisations 1.
 Polwechsler 97.
 Pufferbatterie 117.
 Prüfeinrichtungen 127.
 Prüfung von Säure für Sammler 36.
 — von destilliertem Wasser für Sammler 35.
- Quecksilberdampfgleichrichter** 56.
- Ramar-Gleichrichter** 54.
 Räume für Sammler 36.
 Regler für Generatoren 78.
 Ruhespannung von Elementen 7.
 — von Sammlern 29.
 Rufstrommaschinen 100.
 Ruhestrombetrieb 87.
- Sammler** 8.
 Sammlerladung durch Gleichrichter 77.
 — durch Umformer 87.
 — vom Netz 78.
 Sammlerräume 36.
 Säuredichte 13, 20, 23, 34.
 Säureentwicklung bei der Ladung 8.
 Säureverbrauch bei der Entladung 8.
 Schalttafel 113.
 Schaltung von Elementen (und Sammler) 2.
 Schnellmorsesystem 87.
 Schleifringläufer 84.
 Schwingungsdämpfer 88.
 Selbstentladung 15, 24.
 Selbsterregung 78.
 Selbsttätige Schalter 117.
 — Ladeeinrichtung 119.
 — Stromlieferungseinrichtung 124.
 Sekundärelemente s. Sammler.
 Sicherungen 84.
 Signalmaschine 102.
 Siemens-Schuckert-Quecksilberdampfgleichrichter 61.
 Simplexgleichrichter 50.
 Spannung von Elementen 2.
 — von Sammlern 9.
 Spannungsverlust im Gleichrichter 42.

- Sparschaltung 81.
 Spezifisches Gewicht der Füllsäure 34.
 Stern-Dreieck-Anlaßschalter 85.
 Strombedarf 87, 130.
 Störungen bei Sammlern 28.
 Sulfatierung 32.
- Telegraphiermaschine 88.
 Telegraphierstrom 87.
 Theorie der Gleichrichtung bei Gleichrichtern 41, 45.
 — der Stromerzeugung bei Elementen I.
 — der Stromerzeugung bei Sammlern 8.
 Transformatoren 105.
 Transformator für Gleichrichter 45.
 Trockenelemente 5.
 Tungar-Gleichrichter 54.
- Umformer 77.
 Untersuchung der Sammler 28.
 Übersicht der Gleichrichter 76.
 — der Anwendungsgebiete von Stromquellen für Fernmeldezwecke 130.
- Ventilwirkung bei Gleichrichter 43.
 Verunreinigung der Sammler 35.
- Vor- und Nachteile der Masseplattensammler 15.
 — und Nachteile der Gitterplattensammler 20.
 — und Nachteile der Groboberflächensammler 24.
 Vorwiderstand 119.
- Wahl der zweckmäßigsten Sammler 9, 25.
 Wasserverdunstung bei Sammler 34.
 Wechselstromgenerator 101.
 Wechselstrom-Gleichstrom-Motorgenerator 85.
 Wechselstrom-Gleichstrom-Einanker-Umformer 86.
 Wechselstrommotor 85.
 Wehnelt-Gleichrichter 45.
 Wolfram-Glühkathodengleichrichter 54.
 Wirkungsgrad von Gleichrichtern 44, 49, 62.
 — von Umformern 49, 77.
- Zellengefäße von Sammlern 27.
 Zelluloidgefäße 28.
 Zellenzahl 9.
-

Verlag von Julius Springer in Berlin W 9

Englisch-Deutsches und Deutsch-Englisches
Wörterbuch
der Elektrischen Nachrichtentechnik

Von **O. Sattelberg**

im Telegraphentechnischen Reichsamt Berlin

Das Wörterbuch behandelt außer der **gesamten Nachrichtentechnik** die Rand- und Hilfswissenschaften: Elektrophysik, Magnetismus und Mathematik, sowie weitgehend auch die Starkstromtechnik

Für jeden ernsthaften Radioamateur und Fachmann
ist das Wörterbuch unentbehrlich

Erster Teil:

Englisch-Deutsch

Zweiter Teil:

Deutsch-Englisch

292 Seiten. 1925. Gebunden RM 11.— | VIII, 320 Seiten. 1926. Geb. RM 12.—

Aus den zahlreichen Besprechungen:

Es ist zu begrüßen, daß sich ein Fachmann gefunden hat, der das technische Englisch in gute deutsche Wortverbindungen gefaßt hat. — Der vorliegende erste Band ist mit viel Übersicht und Sorgfalt zusammengestellt, so daß er ohne weiteres in der Lage ist, bei der Verdeutschung englischer und amerikanischer Fachliteratur eine zuverlässige Hilfe zu sein. („*Radio-Umschau*“.) Der zweite Teil des Sattelbergschen Wörterbuches ist keine einfache Umstellung des ersten Teiles, sondern, wie schon aus dem Umfang hervorgeht, ist er gegenüber dem ersten Teil auch wesentlich erweitert. Dies ist sehr anerkennenswert, und es ist erstaunlich, daß der Verfasser in seinem Büchlein, das nur ein Teilgebiet behandelt, mehr Ausdrücke bringt als gleichartige Bücher, welche das Gesamtgebiet der Elektrotechnik behandeln. („*Elektrotechnische Zeitschrift*“.)

Telephon- und Signalanlagen. Ein praktischer Leitfaden für die Errichtung elektrischer Fernmelde- (Schwachstrom-) Anlagen. Herausgegeben von Oberingenieur **Carl Beckmann**, Berlin-Schöneberg. Bearbeitet nach den Leitsätzen für die Errichtung elektrischer Fernmelde- (Schwachstrom-) Anlagen der Kommission des Verbandes deutscher Elektrotechniker und des Verbandes elektrotechnischer Installationsfirmen in Deutschland. Dritte, verbesserte Auflage. Mit 418 Abbildungen und Schaltungen und einer Zusammenstellung der gesetzlichen Bestimmungen für Fernmeldeanlagen. IX, 325 Seiten. 1923. Gebunden RM 7.50

Der Fernsprechverkehr als Massenerscheinung mit starken Schwankungen. Von Dr. **G. Rückle** und Dr.-Ing. **F. Lubberger**. Mit 19 Abbildungen im Text und auf einer Tafel. V, 150 Seiten. 1924. RM 11.—; gebunden RM 12.—

Die Nebenstellentechnik. Von Oberingenieur **Hans B. Willers**, Berlin-Schöneberg. Mit 137 Textabbildungen. VI, 172 Seiten. 1920. Gebunden R 7.— M

Ⓜ **Franz X. Mayers Handbuch des Telephon- und Telegraphendienstes.** Behelf für den Telegraphendienst und zur Vorbereitung für die Telegraphenprüfung. Dritte, vermehrte und erweiterte Auflage. Neubearbeitet und ergänzt von **Ferdinand Goretschan**, Wien. („*Technische Praxis*“, Band XVIII.) Mit 50 Abbildungen und 5 Tafeln. 205 Seiten. 1924. Pappband RM 3.50; gebunden RM 4.50

Die mit Ⓜ bezeichneten Werke sind im Verlag von Julius Springer in Wien erschienen.

Der Poulsen-Lichtbogengenerator. Von C. F. Elwell. Ins Deutsche übertragen von Dr. A. Semm und Dr. F. Gerth. Mit 149 Textabbildungen. X, 180 Seiten. 1926. RM 12.—; gebunden RM 13.50

Drahtlose Telegraphie und Telephonie. Ein Leitfaden für Ingenieure und Studierende von L. B. Turner. Ins Deutsche übersetzt von Dipl.-Ing. W. Glitsch, Darmstadt. Mit 143 Textabbildungen. IX, 220 Seiten. 1925. Gebunden RM 10.50

Radiotelegraphisches Praktikum. Von Dr.-Ing. H. Rein. Dritte, umgearbeitete und vermehrte Auflage von Prof. Dr. K. Wirtz, Darmstadt. Mit 432 Textabbildungen und 7 Tafeln. XVIII, 559 Seiten. 1921. Berichtiger Neudruck. 1922. Gebunden RM 20.—

Aussendung und Empfang elektrischer Wellen. Von Professor Dr.-Ing. und Dr.-Ing. e. h. Reinhold Rüdenberg. Mit 46 Textabbildungen. VI, 68 Seiten. 1926. RM 3.90

Taschenbuch der drahtlosen Telegraphie und Telephonie. Bearbeitet von Reg.-Rat a. D. Dr. E. Alberti-Berlin; Dr.-Ing. G. Anders-Berlin; Dr. H. Backhaus-Berlin; Postrat Dipl.-Ing. Dr. F. Banneitz-Berlin; Dr.-Ing. H. Carsten-Charlottenburg; Professor Dr. A. Deckert-Berlin; Postrat Dipl.-Ing. F. Eppen-Berlin; Professor Dr. A. Esau-Jena; Privatdozent Dr. A. Gehrts-Charlottenburg; Ingenieur E. Gerlach-Berlin; Postrat Dipl.-Ing. W. Hahn-Berlin; Abt.-Dir. Dr.-Ing. H. Harbich-Berlin; Geh.-Rat Professor Dr. W. Jaeger-Charlottenburg; Dr. N. v. Korshenewsky-Berlin; Dr. G. Meßtorff-Berlin; Dr. H. F. Mayer-Berlin; Dr. U. Meyer-Köln; Oberingenieur H. Muth-Berlin; Dr.-Ing. L. Pungs-Berlin; Oberingenieur J. Pusch-Berlin; Oberpostinspektor O. Sattelberg-Berlin; Oberpostrat H. Schulz-Berlin; Dr. A. Scheibe-Charlottenburg; Postrat Dr. A. Semm-Berlin; Oberpostrat H. Thurn-Berlin; Postdirektor F. Weichart-Berlin; Telegraphendirektor Dr. A. Wratzke-Berlin; Geh.-Rat Professor Dr. K. Wirtz-Darmstadt; Regierungsrat Dr. G. Zickner-Charlottenburg. Herausgegeben von Dr. F. Banneitz. Mit 1190 Abbildungen und zahlreichen Tabellen im Text. Erscheint Anfang 1927.

Der Radio-Amateur (Radio-Telephonie). Ein Lehr- und Hilfsbuch für die Radio-Amateure aller Länder. Von Dr. Eugen Nesper. Sechste, bedeutend vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 955 Textabbildungen. XXVIII, 858 Seiten. 1925. Gebunden RM 18.—

Radio-Schnelltelegraphie. Von Dr. Eugen Nesper. Mit 108 Abbildungen. XII, 120 Seiten. 1922. RM 4.50

Bildrundfunk. Von Prof. Dr. A. Korn, Berlin, und Dr. E. Nesper. Mit 65 Textabbildungen. IV, 102 Seiten. 1926. RM 5.40

J. Scott-Taggart, Die Vakuumröhren und ihre Schaltungen für den Radio-Amateur. Deutsche Bearbeitung von Dr. Siegm. Loewe und Dr. Eugen Nesper. Mit 136 Textabbildungen. VIII, 180 Seiten. 1925. Gebunden RM 13.50

Der Quecksilberdampf-Gleichrichter. Von Ingenieur **Kurt Emil Müller.**
Erster Band: **Theoretische Grundlagen.** Mit 49 Textabbildungen und
4 Zahlentafeln. IX, 217 Seiten. 1925. Gebunden RM 15.—

Anleitung zur Entwicklung elektrischer Starkstromschaltungen.
Von Dr.-Ing. **Georg I. Meyer,** beratender Ingenieur für Elektrotechnik. Mit
167 Textabbildungen. VI, 160 Seiten. 1926. Gebunden RM 12.—

Schaltungsbuch für Gleich- und Wechselstromanlagen. Dynamo-
maschinen, Motoren und Transformatoren, Lichtenanlagen, Kraftwerke und
Umformerstationen. Unter Berücksichtigung der neuen, vom Verband
Deutscher Elektrotechniker festgesetzten Schaltzeichen. Ein Lehr- und
Hilfsbuch von Oberstudienrat Dipl.-Ing. **Emil Kosack,** Magdeburg. Zweite,
erweiterte Auflage. Mit 257 Abbildungen im Text und auf 2 Tafeln.
X, 198 Seiten. 1926. RM 8.40; gebunden RM 9.90

Elektrische Starkstromanlagen. Maschinen, Apparate, Schaltungen, Betrieb.
Kurzgefaßtes Hilfsbuch für Ingenieure und Techniker sowie zum Gebrauch
an technischen Lehranstalten. Von Oberstudienrat Dipl.-Ing. **Emil Kosack,**
Magdeburg. Sechste, durchgesehene und ergänzte Auflage. Mit 296 Text-
figuren. XII, 330 Seiten. 1923. RM 5.50; gebunden RM 6.90

Grundzüge der Starkstromtechnik für Unterricht und Praxis. Von Dr.-Ing.
K. Hoerner. Mit 319 Textabbildungen und zahlreichen Beispielen. V,
257 Seiten. 1923. RM 4.—; gebunden RM 5.—

Elektrische Hochspannungszündapparate. Theoretische und experi-
mentelle Untersuchungen. Von Professor Dipl.-Ing. **Viktor Kulebakin,**
Moskau. Mit 100 Textabbildungen. 89 Seiten. 1924. RM 4.20

Elektronen- und Ionen-Strome. Experimentalvortrag bei der Jahres-
versammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker am 30. Mai 1922.
Von Professor Dr. **J. Zenneck,** München. Mit 41 Abbildungen. 48 Seiten.
1923. RM 1.50

**Der Einfluß mangelhafter elektrischer Anlagen auf die Feuer-
sicherheit besonders in der Landwirtschaft.** Von **K. Schneidermann,**
Berlin. Dritte, erweiterte Auflage. Mit 37 Textabbildungen. (Erweiterter
Sonderabdruck aus „ETZ“, Elektrotechnische Zeitschrift, 44. Jahrgang, 1923,
Heft 16.) VI, 20 Seiten. 1925. RM 0.65
25 Expl. je RM 0.60; 100 Expl. je RM 0.55; 500 Expl. und mehr je RM 0.50

**Die Genossenschaft als Träger der Elektrizitätsversorgung in der
ländlichen Gemeinde.**
Erstes Heft: Gründung und Finanzierung von Elektrizitäts-
genossenschaften. Von **Adolf Wolterstorff,** Genossenschaftlichem
Verbandssekretär. IV, 35 Seiten. 1919. RM 1.20

Die elektrische Kraftübertragung. Von Obergeringieur Dipl.-Ing. **Herbert Kyser.** In 3 Bänden.

Erster Band: Die Motoren, Umformer und Transformatoren. Ihre Arbeitsweise, Schaltung, Anwendung und Ausführung. Zweite, umgearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 305 Textfiguren und 6 Tafeln. XV, 417 Seiten. 1920. Unveränderter Neudruck. 1923.

Gebunden RM 15.—

Zweiter Band: Die Niederspannungs- und Hochspannungs-Leitungsanlagen. Ihre Projektierung, Berechnung, elektrische und mechanische Ausführung und Untersuchung. Zweite, umgearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 319 Textfiguren und 44 Tabellen. VIII, 406 Seiten. 1921. Unveränderter Neudruck. 1923.

Gebunden RM 15.—

Dritter Band: Die maschinellen und elektrischen Einrichtungen des Kraftwerkes und die wirtschaftlichen Gesichtspunkte für die Projektierung. Zweite, umgearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 665 Textfiguren, 2 Tafeln und 87 Tabellen. XII, 930 Seiten. 1923.

Gebunden RM 28.—

Bau großer Elektrizitätswerke. Von Geh. Baurat Prof. Dr.-Ing. h. c. Dr. phil. **G. Klingenberg.** Zweite, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 770 Textabbildungen und 13 Tafeln. VIII, 608 Seiten. 1924. Berichtigter Neudruck. 1926.

Gebunden RM 45.—

Die Transformatoren. Von Prof. Dr. techn. **Milan Vidmar,** Ljubljana. Zweite, verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 320 Abbildungen im Text und auf einer Tafel. XVIII, 752 Seiten. 1925.

Gebunden RM 36.—

Überströme in Hochspannungsanlagen. Von **J. Biermanns,** Chefelektriker der AEG-Fabriken für Transformatoren und Hochspannungsmaterial. Mit 322 Textabbildungen. VIII, 452 Seiten. 1926.

Gebunden RM 30.—

Kurzschlußströme beim Betrieb von Großkraftwerken. Von Prof. Dr.-Ing. und Dr.-Ing. e. h. **Reinhold Rüdenberg,** Privatdozent, Berlin. Mit 60 Textabbildungen. IV, 75 Seiten. 1925.

RM 4.80

Elektrische Schaltvorgänge und verwandte Störungserscheinungen in Starkstromanlagen. Von Prof. Dr.-Ing. und Dr.-Ing. e. h. **Reinhold Rüdenberg,** Privatdozent, Berlin. Zweite, berichtigte Auflage. Mit 477 Abbildungen im Text und 1 Tafel. VIII, 510 Seiten. 1926.

Gebunden RM 24.—

Hilfsbuch für die Elektrotechnik. Unter Mitwirkung namhafter Fachgenossen bearbeitet und herausgegeben von Dr. **Karl Strecker.** Zehnte, umgearbeitete Auflage. **Starkstromausgabe.** Mit 560 Abbildungen. XII, 739 Seiten. 1925.

Gebunden RM 13.50

Schwachstromausgabe. Mit etwa 600 Textabbildungen. Erscheint 1927.