

TELEGRAPHEN- UND FERNSPRECH-TECHNIK

IN EINZELDARSTELLUNGEN HERAUSGEGEBEN VON TH. KARRASS

N^o XI

MEHRFACH-TELEGRAPHEN

VON

A. KRAATZ

POSTRAT IN CÖLN

MIT 212 EINGEDRUCKTEN ABBILDUNGEN



SPRINGER FACHMEDIEN WIESBADEN GMBH

1914

ANKÜNDIGUNG.

Eine der Hauptaufgaben des Telegraphentechnikers besteht gegenwärtig darin, die vorhandenen Leitungen möglichst gut auszunutzen, um in ihnen den stets zunehmenden Verkehr abzuwickeln und das Bauen neuer Leitungen zu vermeiden. Hierzu dienen Apparate von hoher Leistungsfähigkeit, wie sie als Maschinen- und Mehrfach-Telegraphen bekannt sind. Die Maschinen-Telegraphen sind bereits im ersten Bande der Sammlung eingehend dargestellt worden. Der vorliegende Band bringt die Beschreibung der Mehrfach-Telegraphen; hierbei sind nicht nur die Mehrfach-Apparate im engeren Sinne, namentlich der Telegraph von Baudot, sondern auch die ähnliche Zwecke erreichenden Schaltungen für den Gegensprechbetrieb berücksichtigt worden.

Während früher diese Apparate und Schaltungen nur selten verwendet wurden und daher wenig gekannt waren, haben sich die Verhältnisse in neuerer Zeit wesentlich verändert. Jetzt kommen viele Beamte auch mittlerer und selbst kleiner Ämter in die Lage, sich mit Apparaten und Schaltungen dieser Art beschäftigen zu müssen. Das ist insbesondere der Fall, seitdem die unterirdischen Telegraphenleitungen in ausgedehntem Umfange für den Gegensprechbetrieb mit Maschinen- oder Mehrfach-Telegraphen ausgenutzt und Übertragungen bei zahlreichen Ämtern aufgestellt werden. Die Kenntnis aller dieser Apparate und Schaltungen zu verbreiten, ist die Aufgabe des vorliegenden Buches. Namentlich werden die Telegraphenbeamten nützliche Winke darin finden, wie die Ursachen von Betriebsschwierigkeiten zu erkennen und schnell zu beheben sind.

Braunschweig, im April 1914.

Friedr. Vieweg & Sohn.

TELEGRAPHEN- UND FERNSPRECH-TECHNIK IN EINZELDARSTELLUNGEN

UNTER MITWIRKUNG ANDERER FACHMÄNNER

HERAUSGEGEBEN VON

TH. KARRASS

GEH. POSTRAT

OBER-TELEGRAPHENINGENIEUR IM REICHS-POSTAMT

XI.

MEHRFACH-TELEGRAPHEN

VON

A. KRAATZ

MIT 212 EINGEDRUCKTEN ABBILDUNGEN



SPRINGER FACHMEDIEN WIESBADEN GMBH
1914

MEHRFACH-TELEGRAPHEN

VON

A. KRAATZ

POSTRAT IN CÖLN

MIT 212. EINGEDRUCKTEN ABBILDUNGEN



SPRINGER FACHMEDIEN WIESBADEN GMBH
1914

ISBN 978-3-663-03100-0 ISBN 978-3-663-04289-1 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-663-04289-1

**Alle Rechte,
namentlich das Recht der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.**

Copyright, 1914, by Springer Fachmedien Wiesbaden
Ursprünglich erschienen bei Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, Germany 1914

V O R W O R T.

Verfolgt man die Entwicklung der Telegraphentechnik, so läßt sich seit langer Zeit das Bestreben erkennen, die für den großen Verkehr bestimmten Leitungen möglichst gut auszunutzen. Hierdurch sollen die Kosten für das Bauen neuer Leitungen und für ihr Unterhalten erspart und damit die Betriebskosten verringert werden. Um diesen Zweck zu erreichen, haben die Erfinder Apparate hergestellt, mit denen mehrere Beamte gleichzeitig in einer Leitung Telegramme übermitteln können. Diese Apparate lassen sich in zwei Gruppen, in Maschinen- und Mehrfach-Telegraphen teilen. Bei den Maschinen-Telegraphen stanzen die Beamten die Telegramme als Löchergruppen in Streifen; diese laufen nacheinander mit großer Geschwindigkeit durch den Sender, der die Telegraphierströme in die Leitung schickt. Die Mehrfach-Telegraphen weisen dagegen den einzelnen Beamten nacheinander in kurzen Zeitabständen die Leitung zu; die Beamten senden dann unmittelbar und in regelmäßiger Zeitfolge die Telegraphierströme in die Leitung. Zu den Mehrfach-Telegraphen im weiteren Sinne gehören die Gegensprech-Schaltungen, d. h. Schaltungen mit besonderen Hilfsapparaten, mit denen sich mehrere Telegramme gleichzeitig und unabhängig voneinander übermitteln lassen. Ferner sind zu dieser Gruppe die Apparate zu zählen, bei denen Ströme verschiedener Art, wie Gleich- und Wechselstrom oder Wechselströme verschiedener Periodenzahl zum Bilden der einzelnen Absatzwege dienen.

Im vorliegenden Buche habe ich von den Mehrfach-Telegraphen im engeren Sinne nur den Telegraphen von Baudot eingehend beschrieben, weil dieser Apparat zurzeit allein in ausgedehntem Umfange verwendet wird. Die Wirkungsweise des früher praktisch erprobten Telegraphen von Rowland und des in neuer Zeit betriebsfertig durchgearbeiteten Telegraphen von Murray habe ich im Anhang in großen Zügen dargestellt.

Von den zahlreich entworfenen Gegensprech-Schaltungen sind nur die Differentialschaltung und die Brückenschaltung erörtert worden, weil sie allein eine praktische Bedeutung erlangt haben.

Die Gegensprech-Schaltungen für lange Seekabel sind außer Betracht geblieben, da sie im Zusammenhange mit der Herstellung und dem Betriebe dieser Leitungen den Inhalt eines besonderen Bandes der Sammlung bilden sollen.

Von den Betriebsweisen, die Ströme verschiedener Art benutzen, ist nur das Doppel-Gegensprechen kurz erörtert worden, weil die übrigen Verfahren im praktischen Betriebe keine wesentliche Rolle spielen.

Beim Beschreiben der Gegensprech-Schaltungen habe ich in den Text Formeln und Beispiele nur in dem Umfang aufgenommen, daß sich für den Betriebsbeamten ein klares Bild ergibt. Der Beamte, der sich über das Berechnen der Beispiele näher zu unterrichten und einen Anhalt für das Ausrechnen anderer Beispiele zu haben wünscht, findet die erforderlichen Angaben im Anhang.

Beim Durchsehen der Druckbogen hat mich Herr Telegraphen-ingenieur Frei in Cöln in liebenswürdiger Weise unterstützt.

Der Verlagsbuchhandlung danke ich für die auf das Ausstatten des Buches und das Ausführen der Abbildungen verwendete Mühe und Sorgfalt.

Cöln, im März 1914.

A. Kraatz.

Inhaltsübersicht.

Einleitung

Die verschiedenen Arten von Mehrfach-Telegraphen.

Seite

Ausnutzen von Telegraphenleitungen mit Maschinen- und Mehrfach-Telegraphen. Verschiedene Gruppen der Mehrfach-Telegraphen. Mehrfachbetrieb nach Picard. Telegraph von Mercadier.

Erster Abschnitt.

Systeme, die absatzweise arbeiten.

- I. Die theoretischen Grundlagen 3
Verteiler eines Mehrfach-Telegraphen. Zeitliche Folge der Arbeitsvorgänge.
- II. Der Telegraph von Baudot 4
1. Geschichtliches. 2. Wirkungsweise im allgemeinen. Alphabet. Doppelstrombetrieb. Stromverzögerung. 3. Stromlauf und Verteiler für den Zweifachapparat. Stromverhältnisse. Verteiler. Triebwerk. 4. Der Geschwindigkeitsregler. Bauart. Wirkungsweise. Allgemeine Beschaffenheit. Grundeinstellung. Theorie. 5. Die Gleichlaufvorrichtung. Bauart. Wirkungsweise. Einstellung zum Verteiler. 6. Das Relais. Bauart. Wirkungsweise. Einstellung. 7. Der Geber alter Bauart mit magnetischem Festhalten der Tasten. Der Geber neuer Bauart mit mechanischem Festhalten der Tasten. 8. Der Empfänger oder Übersetzer. Allgemeines. Übersetzer elektromagnete. Winkelhebel. Begrenzungscheibe und Kombinator. Sucher. Auslösehebel. Druckrad und Typenrad. Druckvorrichtung. Geschwindigkeitsregler. Bremsmagnet mit Bremse. 9. Das Einstellen zwischen zwei Endämtern. 10. Der Vierfachapparat. 11. Die Übertragung. 12. Der Staffelbetrieb mit Weitergebern. 13. Die Verwendung des Telegraphen von Baudot.

Zweiter Abschnitt.

Systeme, die gleichzeitig arbeiten.

- I. Die theoretischen Grundlagen 115
- A. Das Gegensprechen nach der Differentialschaltung. 115
Allgemeines. Differentiale Wickelung. Das polarisierte Relais mit Flügelanker. Das „P. O. Standard“-Relais. Differentialgalvanoskop. Kurbelrheostat. Schaltung für zwei Endämter. Widerstand der künstlichen Leitung. Stromverhältnisse.
- B. Das Gegensprechen nach der Brückenschaltung 135
Allgemeines. a) Schaltung mit gleichen Brückenarmen. Widerstand der künstlichen Leitung. Stromverhältnisse. b) Schaltung mit ungleichen Brückenarmen. Widerstand der künstlichen Leitung. Stromverhältnisse.

	Seite
II. Hilfsapparate	143
A. Die künstliche Leitung	143
Aufbau. Abgleichen bei der Differentialschaltung und bei der Brückenschaltung.	
B. Die Induktanzspulen.	158
C. Der Seiteninduktionschutz	160
III. Das Gegensprechen mit dem Klopferapparat	163
IV. Das Gegensprechen mit dem Hughesapparat	164
Der Hughesapparat. Differentialschaltung. Brückenschaltung.	
V. Das Gegensprechen mit dem Telegraphen von Wheatstone.	187
VI. Das Gegensprechen mit dem Telegraphen von Siemens & Halske	190
VII. Das Gegensprechen mit dem Telegraphen von Baudot	193
VIII. Die Übertragung	195
IX. Das Doppel-Gegensprechen	200

Anhang.

[1]. Die Stromverhältnisse bei der Differentialschaltung	203
[2]. Die Wheatstonesche Brücke.	205
[3]. Die Stromverhältnisse bei der Brückenschaltung	206
[4]. Die Kapazität des ebenen Kondensators	208
[5]. Die Ladung und Entladung eines Kondensators.	209
[6]. Die Kapazität von Telegraphenleitungen	209
[7]. Der Stromverlauf in Telegraphenleitungen	210
[8]. Gleichstrommessungen an Telegraphenleitungen	216
[9]. Der Stromverlauf im Kreise mit Widerstand und Selbstinduktivität	217
[10]. Der Telegraph von Rowland.	218
[11]. Der Telegraph von Murray	222
Alphabetisches Namen- und Sachregister	226

Einleitung.

Die verschiedenen Arten von Mehrfach-Telegraphen.

Zum Betrieb einer Telegraphenleitung ist im allgemeinen bei dem gebenden Amt eine Stromquelle und bei dem nehmenden Amt ein Empfangsapparat erforderlich. Die Stromquelle wird mit einem geeigneten Geber an die Leitung gelegt. Ist nur ein mit Menschenhand zu bedienender Geber vorhanden, so kann das Telegramm vielfach nicht so schnell übermittelt werden, wie es die elektrischen Eigenschaften der Leitung und die elektrischen und mechanischen Eigenschaften des Empfängers gestatten. Um die Leitung besser auszunutzen, als es beim Arbeiten eines einzelnen Beamten möglich ist, sind mit gutem Erfolge zwei Arten von besonderen Telegraphen hergestellt worden, die als Mehrfach-Telegraphen und Maschinen-Telegraphen ¹⁾ bezeichnet werden.

Bei der zweiten Gruppe dieser Apparate sendet eine Maschine anstelle der menschlichen Hand die Telegraphierströme in schneller Folge in die Leitung; der Empfänger zeichnet die ankommenden Ströme sogleich auf. Mehrere Beamte können gleichzeitig Streifen vorbereiten, die nacheinander mit großer Geschwindigkeit den Sender durchlaufen und hierbei die Stromstöße in die Leitung schicken. Das Kennzeichen der Maschinen-Telegraphen ist also, daß die Apparate, mit denen die Beamten die Telegramme zum Senden vorbereiten, nicht unmittelbar mit der Leitung verbunden sind.

Abweichend hiervon senden bei den Mehrfach-Telegraphen die von den Beamten bedienten Geber die Ströme unmittelbar in die Leitung. Im allgemeinen lassen sich folgende vier Gruppen von Mehrfach-Telegraphen unterscheiden:

1. Apparate, bei denen die Geber und Empfänger in bestimmten Zeitabständen und nacheinander mit der Leitung verbunden werden;
2. Apparate, mit denen gleichzeitig von beiden Endämtern der Leitung aus gearbeitet wird;
3. Apparate, bei denen einerseits die verschiedene Richtung und andererseits die verschiedene Stärke von Strömen benutzt wird;
4. Apparate, mit denen gleichzeitig Gleich- und Wechselstrom oder Wechselströme verschiedener Periodenzahl durch die Leitung gesandt werden.

Von den Apparaten der ersten Gruppe, die absatzweise arbeiten, wird bisher allein der Telegraph von Baudot im Betrieb ausgedehnt verwendet.

¹⁾ Vgl. A. Kraatz, Maschinen-Telegraphen. Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig 1906.

Der Apparat von Meyer, mit dem Morsezeichen übermittelt werden, hat gegenüber den Drucktelegraphen seinen Platz nicht behaupten können; es wird daher davon abgesehen, ihn zu beschreiben. Auch der Drucktelegraph von Rowland ist nach längerem Erproben aus dem praktischen Betriebe zurückgezogen worden. In neuerer Zeit hat Murray einen Mehrfach-Telegraphen angegeben, bei dem er einzelne Apparate seines Maschinen-Telegraphen mitverwendet. Die Grundzüge dieser Apparate von Rowland und Murray werden im Anhang kurz erläutert werden.

Ebenfalls haben sich von den verschiedenen Apparaten und Schaltungen, die zur zweiten Gruppe zu rechnen sind und auch als Gegensprech-Telegraphen bezeichnet werden, nur wenige dauernd für den Betrieb bewährt. Die Beschreibung soll daher auf die beiden verbreitetsten Schaltungen für die Gegensprech-Telegraphie, nämlich die Brücken- und die Differentialschaltung, beschränkt werden. Im Zusammenhange hiermit wird die gebräuchlichste Schaltung der dritten Gruppe kurz behandelt werden.

Von den Systemen der vierten Gruppe sind hauptsächlich die von Picard und Mercadier anzuführen. Picard ¹⁾ benutzt zwei Apparatsätze, von denen der eine dem gewöhnlichen Morseapparat entspricht, während der andere zum Telegraphieren Wechselstrom und zum Empfangen eine Art Fernhörer verwendet, dessen Membran unter dem Einfluß der Wechselströme schwingt und hierbei einen Kontakt lockert. Der auf diese Weise vergrößerte Übergangswiderstand dient dazu, in einem besonderen Stromkreis einen Morseapparat arbeiten zu lassen.

Bei dem Apparate von Mercadier werden mit mehreren Gebern Wechselströme verschiedener Periodenzahl gleichzeitig in die Leitung gesandt. Diese Ströme fließen an der Empfangsstelle durch die Windungen hintereinander geschalteter Elektromagnete, der „Monotelephone“. Die Platten dieser Apparate sind so abgestimmt, daß sie nur auf Ströme bestimmter Periodenzahl kräftig schwingen. Auch diese Platten bringen beim Schwingen einen Übergangswiderstand ins Spiel, der die Stromverhältnisse in einem Kreise mit dem Empfangsapparate verändert. Da der Apparat bis jetzt noch nicht dauernd im Betrieb ist, so wird er im vorliegenden Buche nicht beschrieben werden.

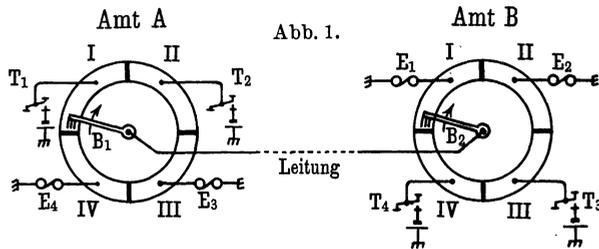
¹⁾ Vgl. K. Berger, Das gleichzeitige Telegraphieren und Fernsprechen und das Mehrfach-Fernsprechen. Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig 1910.

Erster Abschnitt.

Systeme, die absatzweise arbeiten.

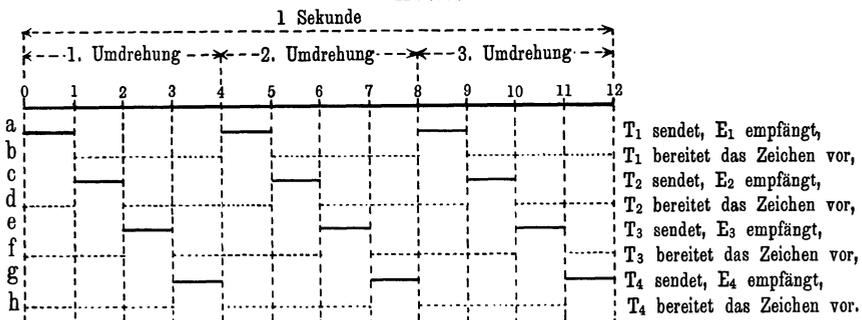
I. Die theoretischen Grundlagen.

Bei den Mehrfach-Telegraphen, die absatzweise arbeiten, wird die Leitung mittels eines „Verteilers“ in regelmäßiger Folge auf verschiedene Apparate geschaltet, von denen jeder Apparat durch einen besonderen Beamten bedient wird. Der Grundgedanke eines solchen Mehrfach-Telegraphen wird durch



die schematische Darstellung in Abb. 1 erläutert. Die Leitung wird bei den Endämtern *A* und *B* mit den umlaufenden Bürsten B_1 und B_2 des Verteilers verbunden. Jede Bürste gleitet über einen zum Verteiler gehörigen Metall-

Abb. 2.



ring, der in mehrere voneinander isolierte gleiche Teile zerlegt ist. Bei einem Vierfach-Telegraphen, wie er in Abb. 1 angedeutet ist, enthält jeder Ring die vier Teile I bis IV. Soll der Apparat in der Weise betrieben werden, daß gleichzeitig je zwei Telegramme in beiden Richtungen zu befördern sind, so werden auf dem Amt *A* zwei Teile, etwa I und II, mit den als Tasten dargestellten Gebern T_1 und T_2 und die übrigen beiden Teile III und IV mit

den Empfängern E_3 und E_4 verbunden. Beim Amte B führen dann Zuleitungen von den Teilen I und II zu den Empfängern E_1 und E_2 und von den Teilen III und IV zu den Gebern T_3 und T_4 . Um die von einem Sender aus in die Leitung fließenden Ströme vollständig den zugehörigen Empfängern zuzuführen, müssen die Bürsten B_1 und B_2 zu den gleichen Zeiten über die gleichen Teile der Metallringe gleiten; sie müssen synchron laufen, d. h. sie müssen gleiche Umlaufgeschwindigkeit besitzen und in demselben Zeitpunkte dieselbe Stellung zu den einander entsprechenden Teilen haben. Machen z. B. die Bürsten in einer Sekunde drei Umdrehungen, so wird jeder Teil in jedem Drittel einer Sekunde während $\frac{1}{12}$ Sekunden mit der Leitung verbunden. In dieser Zeit von $\frac{1}{12}$ Sekunden wird von einem Sender aus Strom in die Leitung fließen; in der übrigen Zeit von $\frac{3}{12}$ Sekunden kann der Beamte am Sender das nächste Zeichen vorbereiten. In Abb. 2 sind für drei Umdrehungen in einer Sekunde die Zeiten angegeben, in denen die Ströme gesandt und die Zeichen vorbereitet werden. Aus der Zeichnung ergibt sich der Begriff des „absatzweise“ Arbeitens des Apparates.

Nach dem in Abb. 1 für einen Vierfach-Telegraphen dargestellten Grundgedanken lassen sich auch Zweifach-, Dreifach-, Sechsfach- usw. Telegraphen bilden.

II. Der Telegraph von Baudot¹⁾.

1. Geschichtliches.

Jean Maurice Émile Baudot trat im Jahre 1870 im Alter von 25 Jahren in den Dienst der französischen Telegraphenverwaltung. Seit dem Jahre 1872 beschäftigte er sich mit der Verwendung eines Drucktelegraphen als Empfänger für einen Mehrfach-Telegraphen. Ein brauchbarer Druckapparat war zu jener Zeit in dem Hughesapparate bekannt, und der Grundgedanke eines Mehrfach-Telegraphen hatte sich bei dem Apparate des französischen Telegraphenbeamten Meyer als zweckmäßig erwiesen. Nachdem Baudot den ersten Empfänger im Jahre 1874 hergestellt hatte, unterbreitete er im folgenden Jahre seine Erfindung der französischen Verwaltung, die den neuen Apparat im Jahre 1877 endgültig annahm. Seit dieser Zeit ist der Apparat, den Baudot im Laufe der Jahre in vielen Punkten vervollkommnete, in großem Umfang in Frankreich und in anderen Ländern eingeführt worden. Baudot starb im Jahre 1903.

2. Wirkungsweise im allgemeinen.

Mit dem Apparate von Baudot lassen sich Buchstaben, Zahlen, Satzzeichen und einige andere Zeichen übermitteln. Die Buchstaben usw. erscheinen im Empfänger in Typendruck auf einem fortlaufenden Streifen.

¹⁾ Vgl. „Cours d'appareils Baudot à l'usage des commis dirigeants“ von Poulain und Faivre, 319 S., Paris, Verlag der Verfasser, 3. Ausgabe 1909; „Le télégraphe multiple Baudot et ses applications“ von Y. Caminade und L. Naud, 236 S., Verlag des „Courrier des examens des postes, télégraphes et téléphones“, Rue Danton et rue Serpente (Paris VI^e); „Le système de télégraphie Baudot et ses applications“ von P. Mercy, 476 S., Verlag des Verfassers, Paris, 23, quai de Grenelle, 1913; ferner „Der Mehrfach-Typendruker von Baudot“ von Grallert, Elektrotechnische Zeitschrift 1901, Verlag von Julius Springer, Berlin, Heft 13, dem die Abb. 16, 18 und 21 entnommen sind.

Baudot verwendet für alle Zeichen die gleiche Zahl von Stromeinheiten, nämlich fünf. Da die Einheiten positiv oder negativ gewählt werden, so ergeben sich 2^5 oder 32 mögliche Zusammenstellungen. Um jedoch den Empfänger wirken zu lassen, muß jede Zusammenstellung mindestens eine positive Stromeinheit enthalten; es bleibt daher die aus fünf negativen Einheiten bestehende Stromsendung unbenutzt. Die Bedeutung der verwendbaren 31 Zusammenstellungen von positiven und negativen Einheiten ist in Abb. 3 angegeben¹⁾. Das Alphabet enthält einige der französischen Sprache besonders angepaßte Zeichen, nämlich

\underline{o} als Endung der Ordnungszahlen, \underline{f} als Abkürzung für Franc(s), \underline{h} als Abkürzung für heure(s), z. B. $5^{\underline{h}}$, \underline{t} als Abkürzung für Endungen, z. B. imméd \underline{t} . Ferner stellt * das Irrungszeichen dar. Wird Buchstabenweiß übermittelt, das bei den späteren Betrachtungen durch das Zeichen \square angedeutet werden soll, so wird der Papierstreifen im Empfänger um eine Zeichenbreite vorgeschoben; gleichzeitig wird das Typenrad so gestellt, daß hierauf die in Sp. 3 aufgeführten Buchstaben gedruckt werden. Wenn Zahlenweiß übermittelt wird, das künftig durch das Zeichen \diamond angedeutet werden soll, so schiebt der Empfänger den Papierstreifen ebenfalls um eine Zeichenbreite vor; im Zusammenhange hiermit erhält das Typenrad eine solche Stellung, daß die Stromsendungen im Empfänger die Zeichen in Sp. 4 drucken lassen.

Diese Art der Zeichenbildung bedingt im Geber fünf voneinander unabhängige Teile, die Tasten, die in ihrer Ruhelage negativen Strom oder Trennstrom, in ihrer Arbeitslage positiven Strom oder Zeichenstrom senden. Die mit einem Pole geerdeten

Batterien sollen, je nachdem ihr positiver oder negativer Pol mit der Leitung verbunden werden kann, als Zeichen- oder Trennbatterie bezeichnet werden. Die fünf ein Zeichen bildenden Stromstöße sollen nacheinander in die Leitung gesandt werden; es gehört also zu jedem Geber ein Teil des Verteilers mit fünf

Abb. 3.

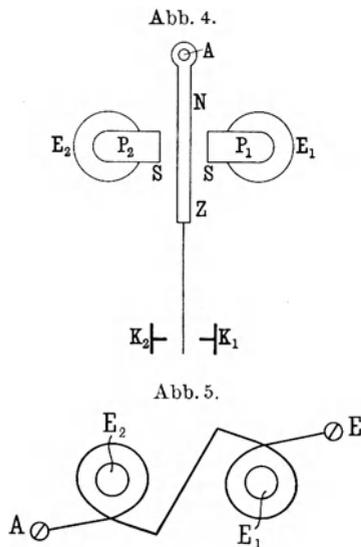
Lfde. Nr.	Zusammenstellung der Stromeinheiten	Bedeutung der Zeichen	
		3	4
1	2	3	4
1	+ - - - -	a	1
2	- + - - -	e	2
3	- - + - -	y	3
4	- - - + -	<i>Zahlenweiß</i>	
5	- - - - +	<i>Buchstabenweiß</i>	
6	+ + - - -	é	é
7	- + + - -	i	\underline{o}
8	- - + + -	b	8
9	- - - + +	*	*
10	+ + + - -	o	5
11	- + + + -	f	\underline{f}
12	- - + + +	r	—
13	+ + + + -	d	0
14	- + + + +	n	No.
15	+ + + + +	p	%
16	+ - + - -	u	4
17	- + - + -	g	7
18	- - + - +	s	;
19	+ - - + -	j	6
20	- + - - +	x	,
21	+ - - - +	\underline{t}	.
22	+ + - + -	h	\underline{h}
23	+ + - - +	z	:
24	+ - + + -	c	9
25	+ - + - +	t	!
26	+ - - + +	k	(
27	+ + + - +	v	'
28	+ + - - +	l	=
29	+ - + + +	q	/
30	- + + - +	w	?
31	- + - + +	m)

¹⁾ Im deutschen Betriebe fallen die in Sp. 3 unter Nr. 6 und 21 und in Sp. 4 unter Nr. 7, 11, 14 und 22 angegebenen Zeichen fort.

voneinander isolierten Stücken, die nacheinander von einer Bürste bestrichen werden. Der Körper der Bürste ist mit der Leitung verbunden, deren Ende an dem Körper der Bürste beim zweiten Amte liegt. Diese Bürste gleitet über fünf Stücke eines Verteilers, die mit den fünf Elektromagneten des Empfängers verbunden sind. Befindet sich die Bürste beim ersten Amte, dem Amt *A*, auf dem Stück 1, so muß die Bürste beim zweiten Amte, dem Amte *B*, ebenfalls auf dem Stück 1 stehen. Es ist dann die Taste 1 des Gebers bei *A* mit dem Elektromagneten 1 des Empfängers bei *B* durch die Leitung verbunden. Daß bei der wirklichen Ausführung des Apparates die Linienströme nicht unmittelbar, sondern durch Vermittelung eines polarisierten Relais auf die Elektromagnete des Empfängers wirken, kann bei der folgenden Betrachtung unberücksichtigt bleiben.

Doppelstrom, d. h. Strom der einen Richtung als Trennstrom, der die Anker der Elektromagnete in die Ruhelage bringt, und Strom der anderen

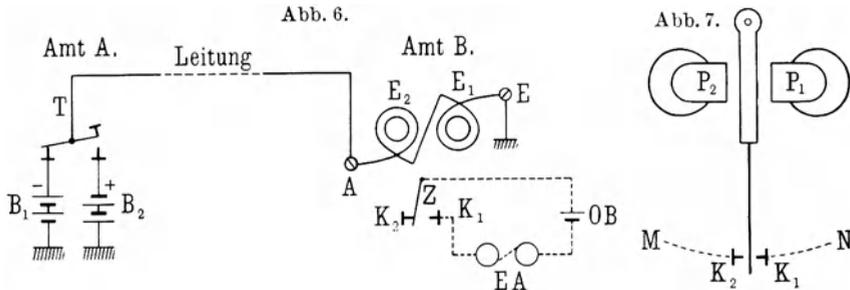
Richtung als Zeichenstrom, der die Anker in die Arbeitslage überführt, bedingt die Verwendung polarisierter Apparate. Der Grundgedanke dieser Apparate ergibt sich aus den Abb. 4 und 5. Sind die Kerne E_1 und E_2 aus weichem Eisen mit ihren unteren Enden auf den Südpol eines Dauermagneten gesetzt, so sind die mit ihren oberen Enden verbundenen Polschuhe P_1 und P_2 süd-magnetisch. Zwischen diesen Polschuhen befindet sich die Zunge Z aus weichem Eisen, die von dem Nordpole des Dauermagneten so beeinflusst wird, daß sie in dem Teile zwischen den Polschuhen nord-magnetisch ist. Z ist um die Achse A drehbar und trägt einen Ansatz aus unmagnetischem Metall, der sich zwischen den Kontakten K_1 und K_2 bewegen kann. Sind die Polschuhe P_1 und P_2 gleich stark mag-



netisch, und steht die Zunge Z genau in der Mitte zwischen ihnen, so ziehen beide die Zunge mit gleicher Kraft an; ihre Wirkungen heben sich daher auf. In dieser Lage ist die Zunge gewissermaßen im labilen Gleichgewichte; die geringste Erschütterung genügt, um die Zunge aus der Mittellage zu entfernen. Sobald aber die Lage der Zunge ein wenig von der Mittellage abweicht, zieht der jetzt näher stehende Polschuh, z. B. P_1 , die Zunge Z stärker an, als der andere Polschuh, und legt ihren Ansatz gegen den Kontakt K_1 . Diese Lage behält die Zunge, bis sie infolge einer äußeren Einwirkung gegen den anderen Kontakt K_2 gelegt wird. Bleibt die Zunge an jedem der beiden Kontakte liegen, gegen den man sie mit der Hand legt, so stehen beide Polschuhe symmetrisch zur Mittellage der Zunge, und das Relais ist „neutral“ eingestellt. Sind die Kerne E_1 und E_2 mit isoliertem Drahte bewickelt und die Windungen nach Abb. 5 geschaltet, so macht ein bei A eintretender positiver Strom das obere Ende von E_1 süd-magnetisch und das obere Ende von E_2 nord-magnetisch. Der vorhandene Süd-magnetismus wird also in E_1 verstärkt und in E_2 geschwächt. Es zieht daher der Polschuh P_1 die Zunge Z stärker

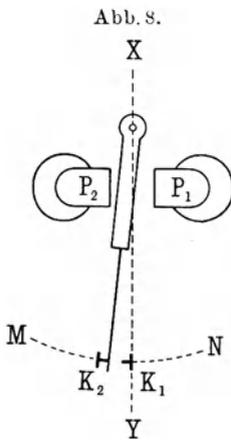
an, als der Polschuh P_2 , und legt sie mit ihrem Ansatz gegen den Kontakt K_1 . Fließt darauf von A aus ein negativer Strom durch die Windungen, so werden, umgekehrt wie vorher, der Südmagnetismus von E_1 geschwächt und der von E_2 verstärkt; da nun P_2 die Zunge Z stärker anzieht, als P_1 , so wird der Ansatz von Z gegen den Kontakt K_2 gelegt.

Der in Abb. 4 dargestellte Apparat wird im allgemeinen als Relais verwendet, d. h. zwischen die Zunge Z und den als Arbeitskontakt dienenden Kontakt K_1 wird der eigentliche Empfangsapparat EA mit einer Ortsbatterie OB (Abb. 6) geschaltet. Wird zum Telegraphieren eine Morsetaste T nach der Schaltung für Arbeitstrombetrieb benutzt, so soll die Zunge Z so lange gegen den Arbeitskontakt K_1 gelegt werden, als die Taste niedergedrückt wird. Die Einschaltung des Relais beim Amte B ist je nach der Richtung des Stromes, der beim Niederdrücken der Taste vom Amt A gesandt wird, verschieden. Wird ein Doppelstrombetrieb mit positivem Zeichenstrom verwendet, so ist die Leitung mit der Klemme A und die Erdleitung mit der Klemme E des polarisierten Relais zu verbinden, wie es in Abb. 6 angegeben ist. Die Zuleitungen zum Relais sind umzulegen, wenn der Zeichenstrom negativ ist.



Beim Doppelstrombetriebe, wie er in Abb. 6 angedeutet ist, fließt in der Ruhelage der Taste ein negativer Strom durch die Relaiswindungen. Beim Tastendrucke wird ein positiver Strom von gleicher Stärke durch die Relaiswindungen gesandt. Der Unterschied in der Stärke des Magnetismus beider Polschuhe beim Stromdurchgang ist also für beide Fälle gleich. Die Kontakte und die Polschuhe werden symmetrisch zur Zunge gestellt, wie es in Abb. 7 dargestellt ist. Die Verstärkung des vorhandenen Magnetismus in dem einen Kern und seine Schwächung in dem anderen Kern ist durch die Stärke des Telegraphierstromes bedingt. Die Kraft, mit der der Ansatz der Zunge gegen einen Kontakt gelegt wird, hängt allein von dem Unterschiede der von dem Magnetismus beider Kerne ausgeübten anziehenden Kräfte ab. Ist der Trennstrom stark, so wird die Zunge Z mit großer Kraft gegen den Ruhekontakt K_2 gelegt und in dieser Lage gehalten. Bei gleichen Batterien B_1 und B_2 ist der Zeichenstrom ebenso stark, wie der Trennstrom; die Zunge Z wird also mit gleich großer Kraft gegen den Arbeitskontakt K_1 gelegt und in dieser Lage festgehalten. Wird infolge eines Nebenschlusses der Leitung der Strom geschwächt, so gilt dies in gleichem Maße für den Trenn- und den Zeichenstrom. Beide Ströme erzeugen geringere, aber einander gleiche Wirkungen. Hierin liegt der Vorteil des Betriebes mit Doppelstrom gegenüber dem mit einfachem Arbeitstrom, bei dem nur dann ein Telegraphierstrom in die Leitung gesandt wird, wenn ein Zeichen wiedergegeben werden

soll, während in der übrigen Zeit die Leitung stromlos ist. Um bei diesem Betriebe den Ansatz der Zunge im Ruhezustande gegen den Ruhekontakt zu legen, ist eine Abreißfeder erforderlich, oder das Relais ist so einzustellen, daß die Zunge dem Polschube P_2 näher steht, als dem Polschube P_1 , also nicht mehr neutral eingestellt ist (Abb. 8). Ändert sich beim Auftreten eines Nebenschlusses der Leitung die Stärke des ankommenden Telegraphierstromes, so ändert sich auch die auf die Zunge wirkende anziehende Kraft, während die Kraft der Abreißfeder oder die infolge nicht neutraler Einstellung überwiegende Anziehungskraft des Polschubes P_2 gleich bleibt. Schwankt die Stromstärke wesentlich, so muß das Relais neu eingestellt werden. Beim Doppelstrombetriebe braucht bei Leitungstörungen, wie Berührungen mit anderen Leitungen und Nebenschließungen, infolge deren die ankommenden Ströme geschwächt werden, das Relais nicht neu eingestellt zu werden. Auch



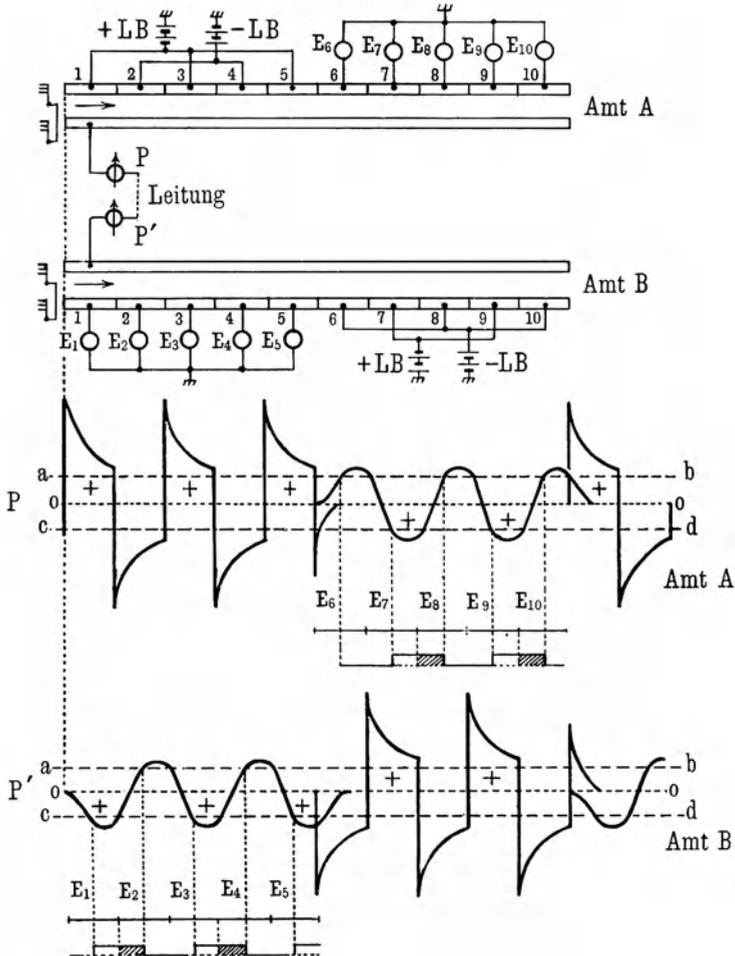
kann die Relaiszunge bei diesem Betrieb in ihre empfindlichste Lage gebracht werden, nämlich in den gleichen oder nahezu gleichen Abstand von beiden Polen. Wegen der empfindlichen Einstellung spricht das Relais noch auf geringe Stromstärken an; es ist daher ein Betrieb auf große Entfernungen mit Doppelstrom sicherer möglich als mit Einzelstrom, während auf kurze Entfernungen mit Doppelstrom schneller gearbeitet werden kann. Ferner läßt sich das Relais für den Doppelstrombetrieb neutral einstellen, ohne daß vom anderen Amte Strom gesandt wird; denn die neutrale Einstellung ist unabhängig von der Stärke der ankommenden Ströme. Beim Einzelstrombetriebe muß dagegen zum Einstellen des Relais Strom vom anderen Amte gesandt werden, weil je nach dem Verlauf und der Stärke des ankommenden Stromes die Spannung der Abreißfeder oder die unsymmetrische Einstellung der Relaiszunge zu regeln ist.

Bei einem wechselseitigen Arbeiten, wie es in Abb. 1 angedeutet ist, muß der Einfluß der Stromverzögerung berücksichtigt werden. Wird an den Anfang einer Leitung — etwa durch Niederdrücken einer Taste — ein Pol der Stromquelle gelegt, deren anderer Pol geerdet ist, so steigt der Strom am Ende der ebenfalls mit Erde verbundenen Leitung nicht sogleich zu seinem Endwert an. Wie später gezeigt wird, erreicht der Strom seinen Endwert, der nach dem Ohmschen Gesetz als Quotient von elektromotorischer Kraft durch Widerstand gegeben ist, theoretisch erst nach unendlich langer Zeit; für die Praxis genügend genau tritt jedoch der Endwert in verhältnismäßig kurzer Zeit ein. Das Ansteigen des Stromes wird durch die im Stromkreise verteilte Kapazität und Selbstinduktivität verzögert. Mit dem Zunehmen der Stromstärke im Empfangsapparate wächst die Magnetisierung der unmagnetischen Elektromagnetkerne oder die Veränderung der Stärke des Magnetismus bei polarisierten Kernen; damit wächst auch die auf die Zunge oder den Anker des Empfangsapparates wirkende Kraft, die den Ansatz der Zunge oder den Ankerhebel gegen den Arbeitskontakt zu legen sucht. Die Kerne müssen so stark magnetisiert werden, daß der Ankerhebel gegen den Arbeitskontakt gelegt wird, der Empfangsapparat also anspricht. Die Zeit zwischen dem An-

legen der Stromquelle an den Anfang der Leitung und dem Ansprechen des Apparates am Ende der Leitung soll „Stromverzögerung“ genannt werden.

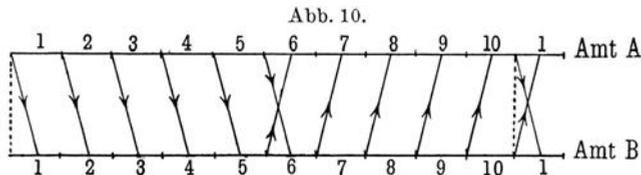
Um den Einfluß der Stromverzögerung zu erläutern, soll ein Zweifachapparat betrachtet werden, dessen Verteilerring bei den Ämtern *A* und *B* in zehn Stücke geteilt ist. Es sind die Stücke 1 bis 5 beim Amt *A* mit dem Geber 1, beim Amte *B* mit dem Empfänger 1, die Stücke 6 bis 10 beim Amte *B*

Abb. 9.



mit dem Geber 2 und beim Amt *A* mit dem Empfänger 2 verbunden. Mit beiden Gebern werde eine Zusammenstellung von Stromstößen verschiedener Richtung übermittelt; für den Geber 1 sind die Einheiten 1, 3 und 5 positiv und die Einheiten 2 und 4 negativ, für den Geber 2 die Einheiten 2 und 4 positiv und 1, 3 und 5 negativ gewählt. Es sind daher in Abb. 9 die Verteilerstücke 1, 3 und 5 des Amtes *A* und 7 und 9 des Amtes *B* mit den Zeichenbatterien $+LB$ verbunden; an die Stücke 2 und 4 des Amtes *A* und 6, 8 und 10 des Amtes *B* sind die Trennbatterien $-LB$ gelegt. Zu dem Empfänger 1 des Amtes *B* gehören die Elektromagnete E_1 bis E_5 und zu dem

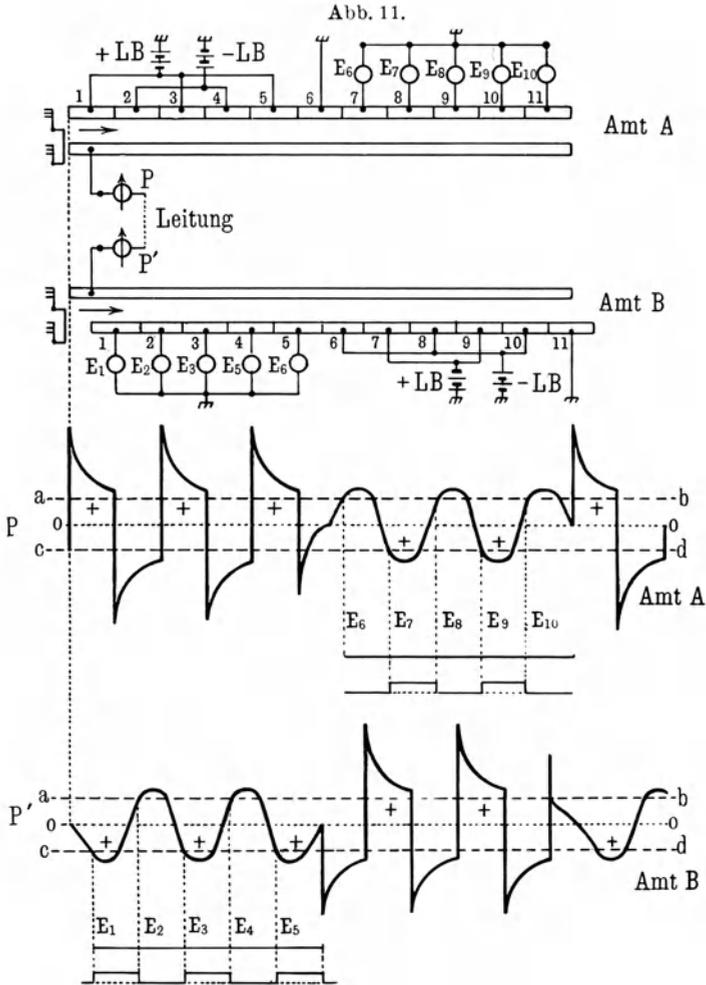
Empfänger 2 des Amtes *A* die Elektromagnete E_6 bis E_{10} . Diese Elektromagnete sollen polarisiert sein und durch positive Stromstöße in die Arbeitslage gebracht werden. Neben den Ringen mit den Einzelstücken sind volle Ringe vorhanden; beide Ringe werden durch ein Bürstenpaar verbunden, das in der Pfeilrichtung über die abgerollt gezeichneten Verteilerringe gleitet. Zwischen den vollen Ringen von *A* und *B* liegt die Leitung. *P* und *P'* sind stromanzeigende Apparate, die den zeitlichen Verlauf der Ströme nach Stärke und Richtung aufzeichnen. Apparate dieser Art sind z. B. der Undulator und der Oszillograph. Die Stromanzeiger sollen so eingerichtet sein, daß ein von links eintretender positiver Strom durch eine Linie oberhalb der Nulllinie aufgezeichnet wird. Die Bürstenpaare bei den Ämtern *A* und *B* sollen sich mit gleicher Geschwindigkeit bewegen und zur selben Zeit vom Anfange des Stückes 1 aus ihren Lauf beginnen. Es wird ferner angenommen, daß die Widerstände der Stromquellen und der Empfangsapparate, sowie die Selbstinduktivität der Stromkreise vernachlässigt werden können und in der Leitung Kapazität und Widerstand gleichmäßig verteilt sind. Es zeigen dann mit den fünf ersten Abweichungen von der Nulllinie *P* den beim Amt *A* in die Leitung fließenden und *P'* den beim Amte *B* aus der Leitung kommenden Strom an. Die Elektromagnete mögen nun so eingestellt sein, daß ihre Ankerhebel durch Strom-



stärken, die dem Abstände der Linien *ab* und *cd* von der Nulllinie entsprechen, in die Arbeits- oder Ruhelage gebracht werden. Beträgt die Stromverzögerung die Hälfte der Zeit, die die Bürste zum Gleiten über ein Stück gebraucht, oder, wie diese Zeit kurz bezeichnet werden soll, der „Stromeinheit“, so wirkt auf E_1 der von Stück 1 des Amtes *A* aus gesandte Strom nur während einer halben Stromeinheit; während der anderen halben Einheit entfällt der Strom auf das Stück 2 des Amtes *B*, mit dem der Elektromagnet E_2 verbunden ist. Die auf unrichtige Stücke entfallenden Stromteile sind durch Schraffierung angedeutet. Der in der Leitung bei *B* ankommende Strom des Stückes 5 von *A* ist noch nicht zu Ende, wenn der Strom vom Stücke 6 von *B* aus in die Leitung gesandt wird. Der ankommende Strom A_5 und der abgehende Strom B_6 treffen zusammen und beeinträchtigen die richtige Stromsendung¹⁾. Beim Amt *A* entladet sich nach dem Aufhören der Stromsendung A_5 die Leitung über das Stück A_6 ; gleichzeitig beginnt auch bereits der von B_6 gesandte Strom über das Stück A_6 zu fließen. In der Leitung beim Amt *A* treffen also zwei verschiedene Ströme zusammen. Auch die Elektromagnete E_7 und E_9 werden nur während einer halben Stromeinheit richtig beeinflusst; die Elektromagnete E_8 und E_{10} erhalten während der schraffiert gezeichneten Zeiten Stromstöße von B_7 und B_9 . Die in Abb. 9 dargestellten Stromverhältnisse sind in Abb. 10 schematisch dargestellt. Die Pfeile geben die Richtung des Arbeitens zwischen den Verteilerstücken der Ämter *A* und *B* an.

¹⁾ Der Stromanzeiger wird nicht die Ströme, wie sie dargestellt sind, getrennt voneinander aufzeichnen, sondern beide Ströme werden sich zu einem Strom zusammensetzen.

Um den Einfluß der Stromverzögerung unwirksam zu machen, wird hinter die Geberstücke bei jedem Amt ein freies Stück eingeschaltet, das für die folgende Betrachtung geerdet sein soll. Es sind also 11 Verteilerstücke vorzusehen, von denen beim Amt *A* Stück 6 und beim Amte *B* Stück 11 geerdet werden. Die Verbindung der übrigen Stücke mit den Gebern und Elektromagneten zeigt Abb. 11. Beim Amte *B* wird ferner dafür gesorgt, daß die

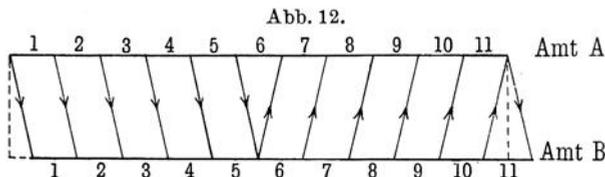


Bürste das Stück 1 eine halbe Stromeinheit später erreicht, als die Bürste beim Amt *A* das Stück 1. Dies ist in Abb. 11 dadurch angedeutet, daß die Bürsten gleich stehen, der Verteilerring bei *B* aber in der Bewegungsrichtung der Bürsten gegen den bei *A* verschoben ist. Verfolgt man die neben *P* und *P'* dargestellten Stromverhältnisse (bei *A*) am Anfang und (bei *B*) am Ende der Leitung, so erkennt man, daß jeder Elektromagnet die zugehörigen Stromteile voll erhält. Ankommender und abgehender Strom, sowie ankommender Strom und Entladungstrom fallen nicht mehr zusammen,

können also den Zeichenempfang auch nicht stören. Abb. 12 stellt schematisch die richtige Übermittlung der Ströme auf die zugehörigen Verteilerstücke dar.

Beim wechselseitigen Arbeiten ergibt sich nach der vorstehenden Erörterung die Notwendigkeit, freie Stücke zum Ausgleichen der Stromverzögerung vorzusehen. Ist die Stromverzögerung größer als eine halbe Stromeinheit, so würde ein freies Stück bei jedem Amte nicht genügen; es müßte das freie Stück auf Kosten der übrigen Stücke vergrößert oder die Zahl der freien Stücke auf zwei vermehrt werden. Die Größe der Stromverzögerung hängt von den elektrischen Eigenschaften der Leitung und der Empfindlichkeit der Empfangsapparate ab. Je größer Widerstand und Kapazität sind, um so langsamer steigt der Strom am Ende der Leitung an. Spricht der Empfangsapparat auf eine bestimmte Stromstärke an, ist also seine Empfindlichkeit gegeben, so läßt sich die Stromverzögerung durch Verstärken der Batterien verringern. Der Strom erreicht dann schneller den Wert, bei dem der Empfangsapparat anspricht. Die Batterien können aber wegen des induktorischen Einflusses auf benachbarte Leitungen nicht beliebig verstärkt werden. Die in Abb. 9 und 11 gezeichneten Stromkurven beziehen sich auf einen Stromkreis ohne Selbstinduktivität und ohne Widerstand am Anfang und Ende.

Im wirklichen Betriebe muß sowohl mit einem Widerstande der Stromquelle, als auch mit einem solchen der Empfangsapparate gerechnet werden;

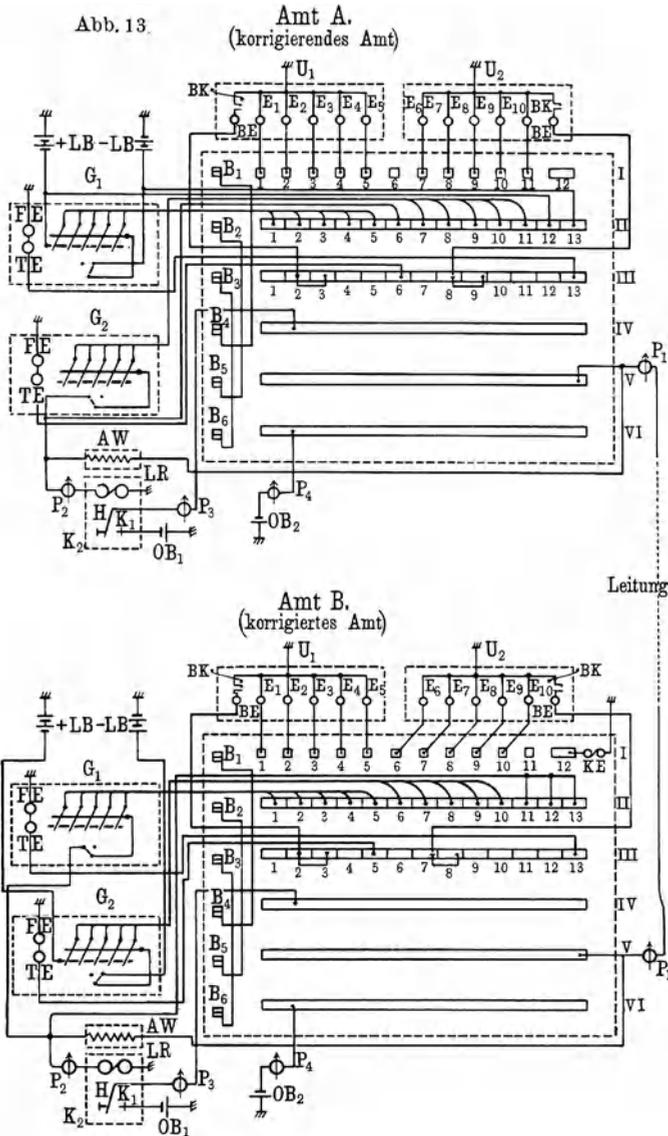


ferner kann die Selbstinduktivität nicht vernachlässigt werden. Um steiles Ansteigen des Endstromes zu erhalten, muß für eine schnelle Entladung der Leitung gesorgt werden. Dies geschieht bei der in Abb. 11 dargestellten Anordnung bereits dadurch, daß nach dem Aufhören der Stromsendung bei einem Amte die Leitung mit einem freien, unmittelbar geerdeten Stücke verbunden wird. Das zweite Mittel zur Verringerung der Stromverzögerung besteht darin, die Empfindlichkeit des Empfangsapparates zu steigern. Auch hierbei muß eine gewisse Grenze eingehalten werden, damit die Induktion aus anderen Leitungen das Empfangen nicht stört. Wird die Empfindlichkeit des Apparates durch Vermehren der Zahl der wirksamen Windungen oder der Masse des der Magnetisierung unterworfenen Eisens oder durch Nähern des Ankers zu den Kernen hin erhöht, so wird auch die Selbstinduktivität vergrößert und hierdurch das Ansteigen des Stromes verlangsamt. Mit einem gewissen Werte der Stromverzögerung muß also stets gerechnet werden.

3. Stromlauf und Verteiler für den Zweifachapparat.

Mit einem Zweifachapparate lassen sich in einer Leitung gleichzeitig zwei Telegramme übermitteln. Im allgemeinen wird in beiden Richtungen gesandt werden, d. h. in einer Leitung mit den Endämtern *A* und *B* wird gleichzeitig mit je einem Geber in der Richtung von *A* nach *B* und von *B* nach *A* gearbeitet werden. Die Bildung der Zeichen durch fünf Stromeinheiten erfordert für

den Geber fünf Tasten und für den Empfänger oder Übersetzer fünf Elektromagnete. Der Apparatsatz für einen Zweifachtelegraphen wird so zusammengestellt, daß für jeden Telegraphierweg bei jedem Amt ein Geber und ein Übersetzer vorhanden sind. Das einzelne Amt erhält daher zwei Geber G_1 und G_2 und



zwei Übersetzer U_1 und U_2 , wie dies in der schematischen Darstellung des Gesamtstromlaufes für Zweifachbetrieb zwischen den Ämtern A und B in Abb. 13 angedeutet ist. Die Tastenhebel beider Geber sind mit den Stücken des Verteilerringes II verbunden; hierfür sind zehn Stücke erforderlich. Die Schaltung ist für einen Betrieb gezeichnet, bei dem G_1 bei A und G_2 bei B zum Senden dienen. Nach den früheren Betrachtungen über den Einfluß der Stromverzögerung muß

ein Stück zu ihrem Ausgleichen frei bleiben, und zwar muß dies bei der angenommenen Benutzung der Geberstück 6 beim Amt *A* und Stück 11 beim Amte *B* sein. Diese Stücke werden mit den Windungen des Linienrelais *LR* verbunden.

Da es für das richtige Arbeiten des Apparates Vorbedingung ist, daß sich die Verteilerbürsten beider Ämter synchron bewegen, so muß eine Einrichtung vorhanden sein, die den Lauf der Bürsten des Amtes *B*, des korrigierten Amtes, nach dem der Bürsten des Amtes *A*, des korrigierenden Amtes, regelt. Beim Amt *A* sind zu diesem Zwecke die Stücke 12 und 13 des Ringes *II* vorhanden, die mit der Zeichenbatterie $+LB$ und der Trennbatterie $-LB$ dauernd verbunden sind. Diesen Stücken entsprechen beim Amte *B* die Stücke 12 und 13. Hiernach muß der Verteilerring *II*, der durch ein Bürstenpaar mit dem Ringe *V* und dadurch mit der Leitung verbunden wird, in 13 Stücke zerlegt sein.

Die aus der Leitung kommenden Ströme wirken nicht unmittelbar auf die Elektromagnete der Übersetzer, sondern zunächst auf ein polarisiertes Relais, das Linienrelais *LR*. An dem Arbeitskontakte K_1 liegt eine Ortsbatterie OB_1 ; der Ankerhebel *H* ist mit dem ungeteilten Verteilerringe *IV* verbunden. Von diesem Ringe aus stellt ein Bürstenpaar die Verbindung mit den Stücken des Ringes *I* her, an denen die Elektromagnete der Übersetzer liegen. Von den Stücken 1 bis 11 des Ringes *I* beim Amt *A* sind gewöhnlich, abweichend von der Darstellung in Abb. 13, 1 bis 5 und 6 bis 10 mit den Elektromagneten der Übersetzer U_1 und U_2 verbunden. Das Stück 11 wird ebenso wie das Stück 12, das, wie seine Stellung andeutet, den Stücken 12 und 13 des Ringes *II* entspricht, nicht benutzt. Beim Amte *B* sind die Stücke 1 bis 5 und 6 bis 10 des Ringes *I* mit den Elektromagneten der Übersetzer U_1 und U_2 verbunden. Stück 11 ist frei, während Stück 12 mit dem Korrektionsmagneten *KE* verbunden ist.

Ferner enthält der Verteiler die beiden durch ein Bürstenpaar vereinigten Ringe *III* und *VI*. An den ungeteilten Ring *VI* ist die Ortsbatterie OB_2 gelegt. Von den 13 Stücken des Ringes *III* sind beim Amt *A* die Stücke 2 und 3, sowie 8 und 9, beim Amte *B* die Stücke 2 und 3, sowie 7 und 8 miteinander verbunden. Von ihnen führen Zuleitungen nach den Bremsmagneten *BE* der Übersetzer U_1 und U_2 . Ferner sind beim Amt *A* die Stücke 13 und 6 und beim Amte *B* die Stücke 13 und 5 mit dem Taktschlägermagneten *TE* und dem Festhalteelektromagneten *FE* der Geber G_1 und G_2 verbunden. Die übrigen Stücke werden nicht benutzt.

An den Gebern befinden sich Kurbelumschalter. Bei den Gebern, mit denen gesandt werden soll, steht die Kurbel des Umschalters nach rechts, während bei den Gebern, über deren zugehörige Stücke die vom anderen Amte gesandten Stromstöße ankommen, die Kurbel nach links gestellt wird.

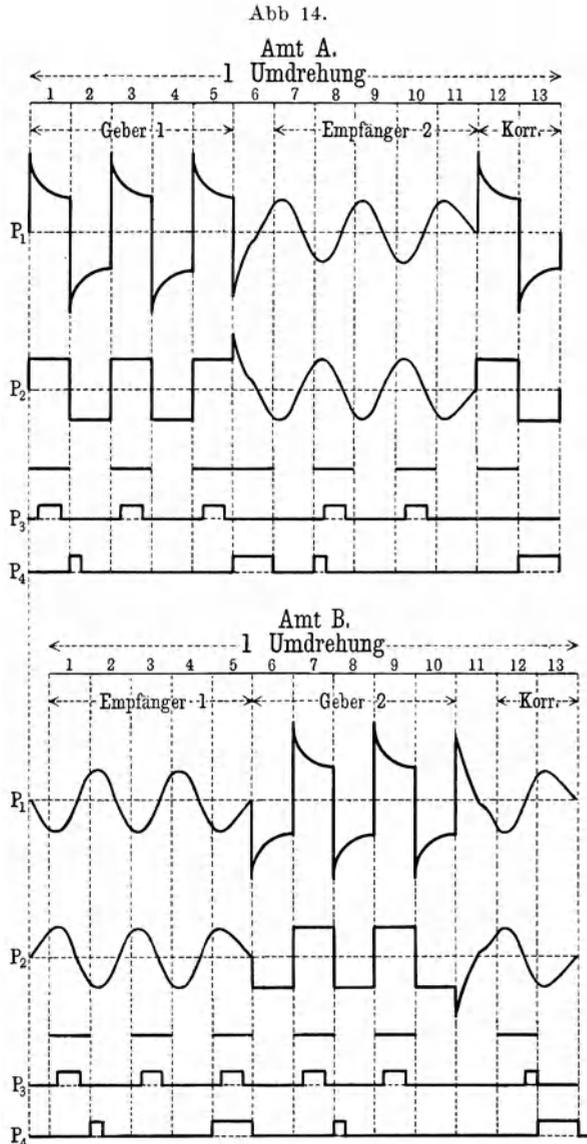
Beim Geben soll der zum Geber gehörige Übersetzer Mitleseschrift liefern. Zu diesem Zweck ist zwischen Ring *V*, der mit der Leitung verbunden ist, und Relais *LR* ein Abzweigwiderstand *AW* gelegt. Gleichzeitig mit dem Senden der Ströme in die Leitung fließen Zweigströme über *AW* und wirken auf *LR*, so daß die dem anderen Amt übermittelte Zusammenstellung von Stromeinheiten auch auf die Elektromagnete des eigenen Übersetzers übertragen und das entsprechende Zeichen gedruckt wird.

Um die Stromverhältnisse für die einzelnen Apparate leicht verfolgen zu können, ist angenommen, daß bei jedem Amte die Stromanzeiger P_1 bis P_4 nach Abb. 13 eingeschaltet sind. Es zeigen dann an: P_1 die Stromverhält-

nisse in der Leitung, P_2 die im Linienrelais LR , P_3 die im Ortstromkreise dieses Relais für die Übersetzer elektromagnete und den Korrektions elektromagneten, P_4 die für die Taktschläger- und Festhaltungsmagnete der Geber und die Brems elektromagnete der Empfänger.

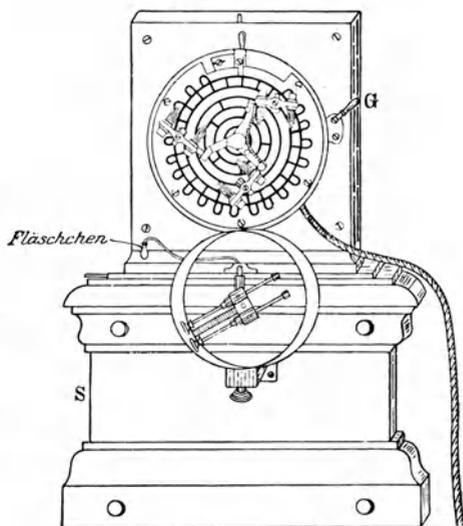
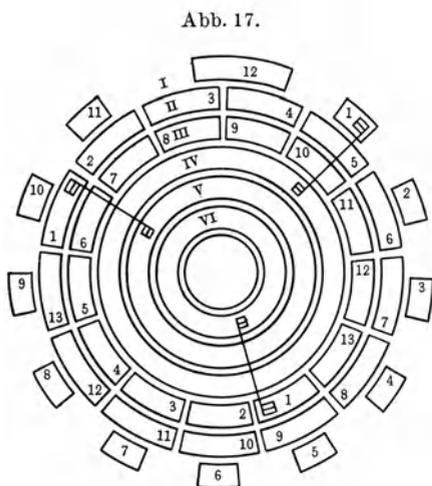
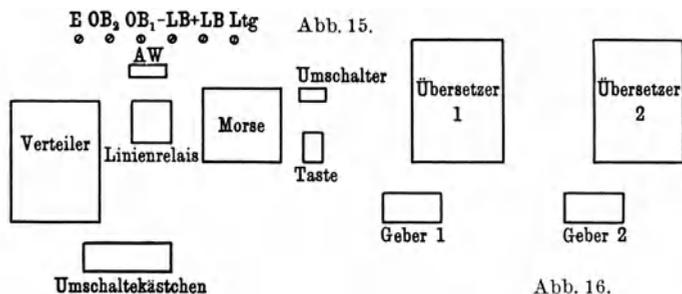
In Abb. 14 sind die Stromverhältnisse unter der Voraussetzung dargestellt, daß beim Geber G_1 des Amtes A die Tasten 1, 3 und 5 und beim Geber G_2 des Amtes B die Tasten 2 und 4 gedrückt sind. Die neben P_2 gezeichneten rechteckigen Stromstöße deuten den Stromverlauf in Kreisen an, in denen sich außer der Batterie nur Elektromagnete befinden, eine wesentliche Kapazität, wie sie bei der Leitung zu berücksichtigen ist, dagegen fehlt. In der Zeichnung ist unberücksichtigt gelassen, daß der Strom in diesen Kreisen wegen der Selbstinduktivität der Elektromagnete allmählich ansteigt. Die Linien zwischen P_2 und P_3 stellen die Zeiten dar, in denen der Ankerhebel H des Relais LR unter dem Einfluß der neben P_2 gezeichneten Ströme an den Arbeitskontakt K_1 gelegt ist.

Nach dem Stromverlauf in Abb. 13 gehören zu einem vollständigen Apparatsatz für einen Zweifachbetrieb bei jedem Amte der Verteiler, das Linienrelais, zwei Geber, zwei Übersetzer, ein Abzweigwiderstand, zwei Linienbatterien, zwei Ortsbatterien und eine Erdleitung. Daneben werden eine Taste und ein Morseapparat verwendet, damit sich die Ämter vor dem Inbetriebsetzen des Baudotapparates und bei Betriebschwierigkeiten leicht verständigen können. Ferner dient ein Galvanoskop zum Beobachten der Stromverhältnisse



in der Leitung und ein Umschalter dazu, die Leitung mit dem Morse- oder dem Baudotapparate zu verbinden. Die Anordnung der Apparate zeigt schematisch Abb. 15. Jeder Geber ist mit dem zugehörigen Übersetzer auf einen gemeinsamen Tisch gestellt. Ein dritter Tisch trägt die übrigen Apparate.

Der Verteiler mit den Bürsten ist an einem Gehäuse angebracht, das auf einem Sockel steht. In Abb. 16 ist die Gesamtansicht eines Gehäuses mit Sockel für einen Vierfachapparat, dessen Äußeres sich nicht wesentlich von dem eines Zweifachapparates unterscheidet, dargestellt. Der Sockel *S* enthält das Triebwerk, unter dem sich die Aufzugsvorrichtung befindet. An der Vorder-



wand des Gehäuses *G* sind die Ringe mit den Stücken angebracht, die in Abb. 17 mit den zugehörigen Bürsten gezeichnet sind. Die Ringe *II* bis *VI* sind auf einer Ebonitscheibe befestigt, die in einem kreisrunden Metallrahmen gelagert ist. Dieser Rahmen ist an der Vorderwand des Gehäuses festgeschraubt. Durch die Mitte der Ebonitscheibe ragt die Achse hervor, die die Bürstenträger aufnimmt. Die Ringe sind so angeordnet, daß die Achse, die „Verteilerachse“ genannt werden soll, genau in ihrer Mitte liegt. Die Ringe und Einzelstücke sind mit der Ebonitscheibe von der Rückseite aus durch Schrauben verbunden; an den Schrauben sind die Zuführungsdrähte zu den Apparaten befestigt. Die fünf inneren Ringe sind unbeweglich und bilden den festen Teil der Verteilerscheibe. Im Gegensatze hierzu kann der Ring *I*,

der bewegliche Teil der Verteilerscheibe, verschoben werden. Um den Rahmen, der die Ringe *II* bis *VI* enthält, ist konzentrisch ein zweiter Rahmen gelegt; der hierdurch gebildete Raum nimmt den Ring *I* auf. Dieser Ring setzt sich aus drei voneinander unabhängigen Teilen zusammen. Der erste Teil enthält die Stücke 1 bis 5, der zweite die Stücke 6 bis 11 und der dritte das Stück 12. Sie lassen sich nach beiden Seiten verschieben, d. h. in der Richtung der Drehung der Bürsten und entgegen dieser Richtung; um die Teile leicht verschieben zu können, trägt jeder Teil einen Handgriff.

Die paarweise zueinander gehörigen Bürsten sind auf einem gemeinsamen Arm angebracht, so daß für die sechs Bürsten drei Arme vorhanden sind. Die Arme 1 und 2 (Abb. 18) bestehen aus einem Stücke; der Arm 3 paßt sich ihnen so an, daß er nach rechts und links verschoben und in der gewählten Stellung festgehalten werden kann. Jeder Arm hat am Ende eine Öffnung *o*, in der der eigentliche Bürstenhalter *h* durch eine Schraube befestigt wird. Die Achsen der Halter sind an ihren Enden mit Elfenbein umkleidet, so daß sie von den Armen isoliert sind. Der

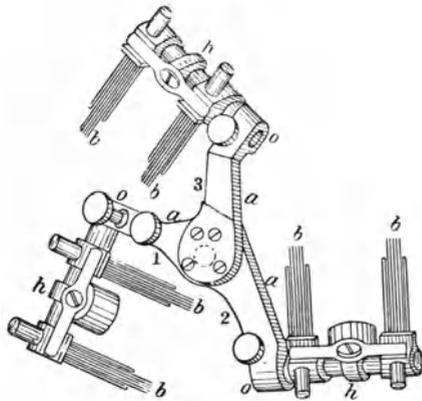
den Halter bildende Messingträger ist mit zwei Öffnungen versehen, in die die Stümpfe der Bürsten *b* eingesetzt sind. Eine scharf gewölbte Blattfeder ist in der Mitte des Halters festgeschraubt und preßt die Bürsten durch ihren Druck fest gegen ihre Lager. Die Bürstendrähte liegen in Rinnen, die an dem Halter unter den Löchern für die Bürsten angelötet sind, und ragen über das Ende der Rinnen hervor, so daß sie die Stücke der Verteilerringe berühren. Die Bürstenarme sind in ihrem gemeinsamen

Mittelpunkte mit einem Zapfen versehen, der in die entsprechend ausgehöhlte Verteilerachse hineingeschoben wird. Hierbei legt sich eine an einem Arme befestigte Sperrklinke in den Einschnitt eines Ringes ein, dessen dem Gehäuse zugekehrte Seite einen Stift trägt. Diesem Ringe steht ein mit der Verteilerachse verbundener Ring gegenüber, der zwölf gleichmäßig im Kreise verteilte Öffnungen trägt. Greift der Stift des erwähnten Ringes in eine dieser Öffnungen ein, so sind hierdurch die Bürstenarme mit der Verteilerachse verkuppelt. Je nach der Wahl der Öffnung, in die der Stift eingesetzt wird, können den Bürsten zwölf verschiedene Stellungen zu den Stücken der Verteilerscheibe gegeben werden.

Das Bürstensystem wird in seinen Gewichtsverhältnissen so ausgeglichen, daß nach seinem Aufsetzen auf die Verteilerachse sein Schwerpunkt unmittelbar durch die Achse unterstützt wird, das System also in jeder Lage, die es während einer vollen Drehung einnehmen kann, ohne äußeren Antrieb in Ruhe bleiben würde. Um dieses indifferente Gleichgewicht zu erreichen, werden die kürzeren und daher leichteren Arme mit Schrauben von passendem Gewichte beschwert.

Wie Abb. 16 erkennen läßt, befindet sich unterhalb der Verteilerscheibe der Geschwindigkeitsregler, der dem Apparat eine bestimmte Umdrehungsgeschwindigkeit geben und sie ihm gleichmäßig erhalten soll. Er ist auf das

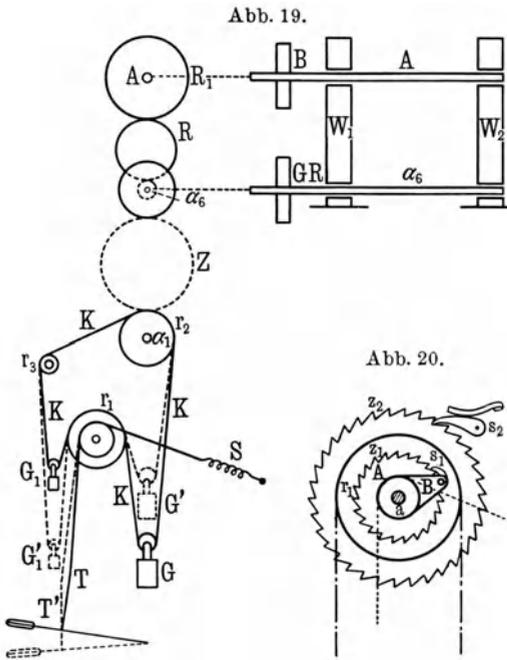
Abb. 18.



Ende einer im Sockel gelagerten Achse, der Schwungradachse oder Reglerachse, geschoben. Die Verteilerachse A mit den Bürsten B und die Schwungradachse a_6 mit dem Geschwindigkeitsregler GR sind, wie in Abb. 19 schematisch angedeutet ist, in der Vorderwand W_1 und der Hinterwand W_2 des Verteilergehäuses gelagert. Die Achse A wird durch das aufgesetzte Zahnrad R_1 gedreht, mit dem sie in der später beschriebenen Weise verkuppelt wird. Das Rad R_1 wird durch das Zahnrad R angetrieben, das in einen Zahntrieb der Achse a_6 eingreift. Zwischen den Achsen a_6 und a_1 ist eine Übertragung vorhanden, indem auf vier zwischen ihnen liegenden, in Abb. 19 nicht gezeichneten Achsen a_2 bis a_5 passende Zahnräder und Zahntriebe befestigt sind. Diese Übertragung ist durch den punktiert gezeichneten Kreis Z angedeutet. Die Achsen a_1 bis a_5 befinden sich mit ihren Zahnrädern und Zahntrieben im

Sockel S des Verteilergehäuses (Abb. 16). Der Sockel besteht

aus zwei gußeisernen Wänden, die durch vier Querstäbe zusammengehalten werden. Die Wände tragen die Lager für die Achsen a_1 bis a_5 . Der Sockel enthält außerdem das Triebwerk, dessen Triebkraft ein Gewicht G liefert. Dieses Gewicht befindet sich unterhalb der Platte, die den Verteiler trägt. Beim Ablaufen des Gewichtes überträgt sich seine Bewegung durch eine Kette ohne Ende K auf das Triebwerk. Diese Kette läuft über das mit spitzen Zähnen versehene Rad r_1 , die lose Rolle des Gewichtes G , das Rad r_2 , die Gleitrolle r_3 und die lose Rolle des Gegengewichtes G_1 .



Auf die Achse des Rades r_1 ist die den Ansatz B tragende Aufzugsrolle A (Abb. 20) lose aufgeschoben. Ein an B sitzender Sperrkegel s_1 greift in die Zähne von z_1 ein, das mit r_1 und z_2 zusammen fest auf der gemeinsamen Achse sitzt. Das Rad r_1 steht also gewöhnlich fest. Beim Ablaufen des Gewichtes wird das Rad r_2 durch die Kette K gedreht. Über die Aufzugsrolle A läuft eine Kette, die einerseits an der Trittstange T , andererseits an der Spiralfeder S befestigt ist. Wird die Trittstange nach unten gedrückt, so wird A und mit ihm z_1 entgegengesetzt der Uhrzeigerichtung gedreht. An dieser Bewegung muß auch r_1 und mit ihm die Kette K teilnehmen. Die Gewichte G und G_1 kommen in die punktiert gezeichnete Lage G' und G'_1 , das Gewicht wird also gehoben. Sobald der Druck auf die Trittstange aufhört, zieht die Spiralfeder S die Stange T wieder empor und die Aufzugsrolle A zurück. An dieser Bewegung kann sich jedoch das Rad r_1 nicht beteiligen, weil die Sperrklinke s_2 in das Zahnrad z_2 eingreift.

Um zu verhindern, daß das Gewicht zu hoch geht und schließlich gegen die Tischplatte drückt, ist am Gewicht eine Klaue angebracht, die sich in ein Glied der Kette für die Trittstange legt und so die Wirkung der Feder *S* aufhebt. Die Trittstange wird also nicht in ihre Ruhelage zurückgebracht, und das Gewicht kann nicht über eine bestimmte Grenze hinaus gehoben werden.

Ist das Gewicht fast abgelaufen, so gibt eine Glocke dem Beamten ein Zeichen, daß das Gewicht aufzuziehen ist.

Steht elektrische Energie zur Verfügung, so kann sie zum Aufziehen des Triebgewichtes benutzt werden. Eine Form, in der dies geschieht, ist folgende. Durch einen Elektromotor wird mittels Riemenübertragung eine Scheibe *S* (Abb. 21) angetrieben. Die Scheibe sitzt auf einem Ende der Achse *A*, die in einem gußeisernen Gestell unterhalb des Tisches gelagert ist. In der Mitte ist die Achse als Schraube ohne Ende ausgebildet und kann hierdurch ihre Drehung auf das Zahnrad *R* übertragen. Die Ebenen von *S* und *R* stehen senkrecht zueinander. Das Rad *R* ist lose auf ein Ende der Achse *A*₁ aufgeschoben. Es trägt eine Sperrklinke *k* (Abb. 22), die durch eine Feder *f* in einen Einschnitt der Achse *A*₁ gedrückt wird. Dreht sich das Rad *R* in der Pfeilrichtung, so wird auch die Achse *A*₁ gedreht. Auf dem anderen Ende von *A*₁ ist ein Zahnrad *R*₁ (Abb. 21) befestigt, das in die Glieder der Kette *K* eingreift. Wird die Achse *A*₁ und mit ihr das Zahnrad *R*₁ gedreht, so wird das Gewicht in gleicher Weise gehoben, wie es durch das Niederdrücken der Trittstange geschieht.

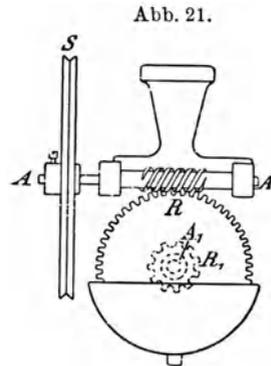
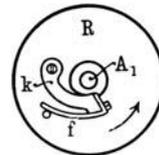


Abb. 22.



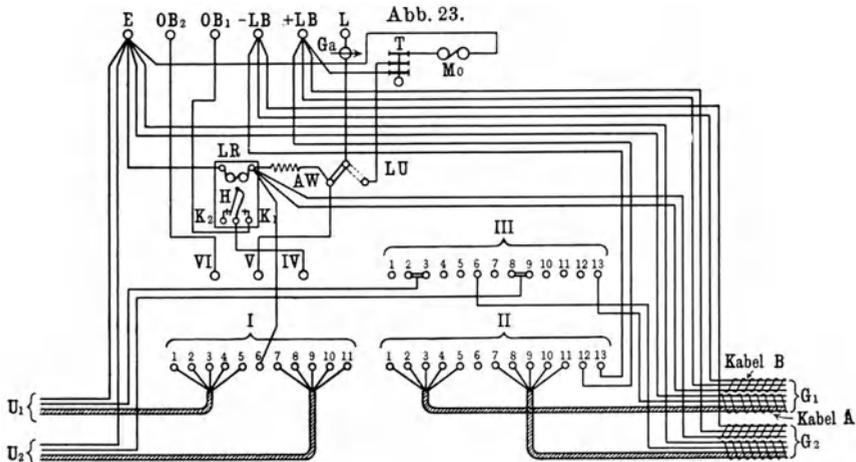
Um das Gewicht durch den Elektromotor nicht zu weit aufziehen zu lassen, ist in den Weg des Gewichtes ein Arm eines zweiarmigen Hebels gebracht. Auf diesen Arm wirkt eine Spiralfeder und legt den anderen Arm aus Metall gegen einen Metallstift. Zwischen diesem Stift und dem Hebelarme liegt ein Widerstand, der in den Stromkreis des Motors eingeschaltet ist. In der Ruhelage, d. h. wenn das Gewicht eine bestimmte Höhe noch nicht erreicht hat, ist der Widerstand kurzgeschlossen; der Motor läuft und zieht das Gewicht empor. Hat das Gewicht eine bestimmte Höhe erreicht, so hebt es den über ihm stehenden Hebelarm und entfernt dadurch den anderen Arm von dem Metallstifte. Der Widerstand wird in den Motorkreis eingeschaltet und der Motor bei passender Größe des Widerstandes angehalten. Ist das Gewicht hierauf so weit abgelaufen, daß der Hebel freigegeben ist, so wird der Widerstand von neuem kurzgeschlossen; der Motor beginnt zu laufen und das Gewicht wieder aufzuziehen.

Neben dem Elektromotor wird die Trittstange beibehalten. Bei ihrem Niederdrücken dreht die Kette *K* das Zahnrad *R*₁ und mit ihm die Achse *A*₁. Da *A*₁ und *R* nicht fest verkuppelt sind, so kann sich *A*₁ drehen, ohne *R* zu beeinflussen. Es läßt sich also beim Versagen des Motors die gewöhnliche Aufzugsvorrichtung benutzen.

An die Ringe und Einzelstücke der Verteilerscheibe sind in der früher angegebenen Weise die Zuführungsdrähte mit durchgehenden Schrauben an-

gelegt. Alle Drähte werden zu einem Kabel vereinigt, das in einem Umschaltkästchen aufgeteilt wird. In dem Kästchen, das in die Platte des Verteilertisches eingelassen ist, sind Querleisten vorhanden, durch die Metallstifte hindurchreichen. In die Stifte greifen auf der Ober- und Unterseite der Leisten Schrauben ein. Mit den unteren Schrauben werden die von der Verteilerscheibe kommenden Drähte befestigt; die oberen Schrauben dienen zum Festlegen der zu den Gebern usw. führenden Drähte. Nebeneinander liegende Drähte lassen sich durch Messingstege verbinden.

Zur Aufnahme der Zuführungen für die Leitung, die Zeichen- und die Trennbatterie, die beiden Ortsbatterien und die Erdleitung sind (Abb. 23) an der Kante des Verteilertisches die Klemmen L , $+LB$, $-LB$, OB_1 , OB_2 und E angebracht. Die Leitung führt von der Klemme L über ein Galvanoskop G_a , das zum Beobachten der Stromverhältnisse in der Leitung dient, zur Kurbel des Umschalters LU . An seiner rechten Klemme liegt die Ver-



bindung zur Mittelschiene der Morsetaste T , deren Ruheschiene mit dem Morseapparat Mo verbunden ist. Wird also die Kurbel von LU nach rechts gestellt, so wird der Morseapparatsatz mit der Leitung verbunden, und die Ämter können sich hiermit verständigen. Beim Stellen der Kurbel von LU nach links wird die Leitung an Ring V der Verteilerscheibe gelegt. Abb. 23 zeigt die Verbindungen für das Amt A , das korrigierende Amt (vgl. Abb. 13), das mit Geber 1 sendet und auf Übersetzer 2 empfängt. Abweichend von der Abbildung werden gewöhnlich die Zuführungen zu G_2 an die Klemmen 6 bis 10 von II gelegt. Für das Amt B , das korrigierte Amt, bei dem der Geber 2 zum Senden und der Übersetzer 1 zum Empfangen dient, müssen verbunden werden: die Stücke II 6 bis 10 und III 5 mit G_2 , I 6 bis 10 und III 7/8 mit U_2 und II 11 bis 13 mit dem Anfange der Windungen von LR .

4. Der Geschwindigkeitsregler.

Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Verteilerbürsten muß, nachdem sie einmal richtig gewählt ist, unverändert bleiben. Dies würde der Fall sein, wenn die Verhältnisse, unter denen die Geschwindigkeit ermittelt worden ist, gleich blieben, d. h. die Reibungswiderstände im Verteiler sich nicht änderten. Im wirk-

lichen Betriebe läßt sich jedoch auch bei sorgfältigster Bauart und Behandlung des Apparates nicht verhindern, daß die Gesamtreibung schwankt. Ändert sich aber die Reibung, so wird auch die Umlaufgeschwindigkeit der Bürsten beeinflußt. Diese Geschwindigkeit darf sich jedoch nicht in solchem Maße ändern, daß das richtige Arbeiten des Apparates gestört wird. Sie muß vielmehr, nachdem sie einmal verändert ist, möglichst bald ihren ursprünglichen Wert wieder erhalten. Um dies zu erreichen, ist der Verteiler mit dem nachstehend beschriebenen Geschwindigkeitsregler ausgerüstet.

Auf das aus dem Verteilergehäuse ragende Ende der Schwungradachse ist eine Muffe *N* (Abb. 24 b und 25) aufgeschoben. Sie trägt einen rechteckigen Ansatz, der der Länge nach zum Teil aufgeschlitzt ist; hierdurch federn die Backen des Ansatzes und können durch die Schraube *s* so zusammengepreßt werden, daß die Muffe fest auf der Achse sitzt und sich mit ihr dreht. Die Muffe ist in ihrem Ende gabelförmig ausgebildet. Die äußeren Enden *G* sind aufgeschnitten und haben Öffnungen, in die die Stifte *T* mit dem starken Teile *t₂* (Abb. 25) eingesetzt und mit den

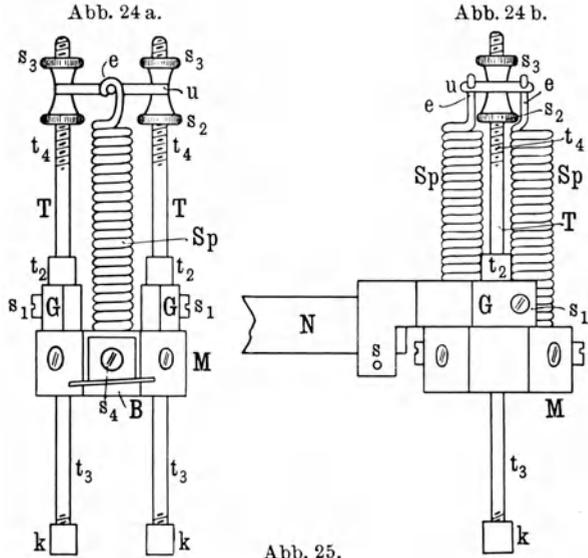
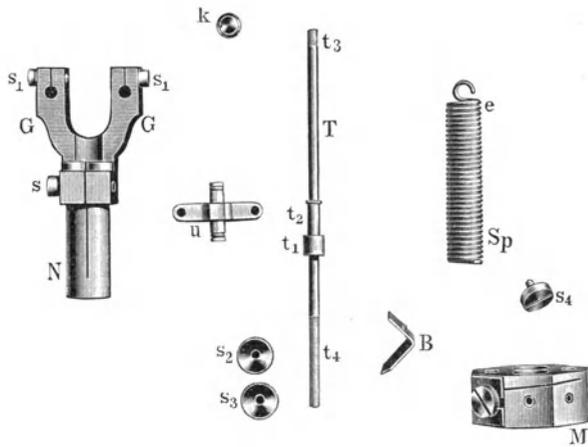


Abb. 25.



Schrauben *s₁* festgeklemmt werden. Neben dem Teile *t₂* ist ein Ring *t₁* (Abb. 25) aufgelötet, der sich gegen die Gabelenden legt und das Durchgleiten des Stiftes *T* verhindert. In Abb. 24 ist dieser Ring mit *t₂* bezeichnet. Jeder Stift trägt an dem einen Ende ein kurzes Schraubengewinde *t₃* und an dem anderen Ende ein langes Schraubengewinde. Auf den Enden von *t₃* werden Knöpfe *k* aufgeschraubt. Auf die anderen Enden kommen Kordenschrauben *s₂*, auf die sich ein schmales kreuzförmiges Stahlstück *u*, der Träger der Federn *Sp*, stützt. Mit den Gegenschrauben *s₃* wird das Stück *u* festgelegt. Die seitlich vorstehenden Teile von *u* tragen Einschnitte, in die die Enden *e* der Spiral-

federn Sp eingehängt werden. Die anderen Enden der Federn reichen frei in die Durchbohrungen eines achteckigen Bronzeprismas M hinein. Dieses Prisma, das „Masse“ genannt wird, trägt zwei gegenüberstehende Schlitzlöcher, in die ein Teil der gebogenen Bleche B hineinragt. Der andere Teil dieser Bleche wird auf der Außenseite des Prismas mit den Schrauben s_4 befestigt. Die in die Durchbohrungen des Prismas hineinragenden Stücke von B schieben sich zwischen zwei Windungen der Spiralfedern Sp und halten die Federn auf diese Weise fest. Ferner reichen die Stifte T durch zwei kleine Durchbohrungen des Prismas hindurch. Die Spiralfedern ziehen die Masse M zu den Gabelenden hin und, wenn sich die Achse nicht dreht, bis an die Enden heran. Dreht sich die Achse und mit ihr der Geschwindigkeitsregler, so sucht sich die Masse M infolge der Fliehkraft von den Gabelenden zu entfernen und nimmt schließlich, wenn ein Gleichgewichtszustand erreicht ist, eine Lage ein, wie sie in Abb. 26 dargestellt ist. Die Spiralfedern werden hierdurch gespannt, und ihre Spannung überträgt sich über u , T , G und N als Druck auf die

Abb. 26.



Achse selbst. Die in der Hinter- und der Vorderwand (W_2 und W_1 in Abb. 19) des Verteilergehäuses gelagerte Achse wird gegen das Lager in der Vorderwand gepreßt, wodurch den vorhandenen Reibwiderständen ein neuer Widerstand hinzugefügt wird.

Die Bürsten sollen dauernd gleichmäßig umlaufen und sich mit einem bestimmten Drucke gegen die Verteilerstücke legen, damit die Leitung mit den einzelnen Apparaten in regelmäßiger Folge verbunden sowie zwischen den Bürsten und den Verteilerstücken und hiermit auch zwischen der Leitung und den Apparaten eine gut leitende Verbindung hergestellt wird. Die hierfür zu leistende Arbeit besteht in dem Überwinden der Reibung der Bürsten auf den Verteilerringen und des Luftwiderstandes. Diese Reibungsarbeit ist als Nutzarbeit des Verteilers zu betrachten; sie werde A_n genannt. Eine zweite Arbeit ist zu leisten, um die Reibung des Triebwerks zu überwinden, die durch das Ineinandergreifen von Zahnrädern und Zahntrieben und das Drehen der Achsen in ihren Lagern entsteht. Diese durch den Innenwiderstand des Verteilers bedingte Arbeit werde mit A_i bezeichnet. Beim Ablafen leistet das Triebgewicht eine Arbeit, die als Triearbeit A_t bezeichnet werden soll. Würde sich auf der Schwungradachse kein Regler befinden, so würde sich das freigegebene Triebwerk mit wachsender Geschwindigkeit drehen. Hiermit würde die Triearbeit zunehmen, gleichzeitig aber auch die Reibung im Verteiler wachsen. Schließlich würde sich zwischen Triearbeit und Reibungsarbeit ein Gleichgewicht bilden, bei dem die Verteilerbürsten eine bestimmte Geschwindigkeit hätten; dieses Gleichgewicht läßt sich ausdrücken durch die Gleichung $A_t = A_n + A_i$. Solange das Gleichgewicht besteht, drehen sich die Verteilerbürsten mit der erlangten Geschwindigkeit gleichmäßig weiter. Ändern sich aber die Reibungsverhältnisse an irgend einer Stelle, indem etwa in ein Achslager Staub eindringt, so tritt eine neue Reibungsarbeit hinzu, die mit A_s bezeichnet werden soll. Der bisherige Gleichgewichtszustand wird daher gestört, und es wird $A_t < A_n + A_i + A_s$. Allmählich wird ein neues Gleichgewicht dadurch

erreicht, daß die Geschwindigkeit der Verteilerbürsten oder allgemein des Triebwerks abnimmt. Hiermit werden auch A_n und A_i kleiner und gehen in die Werte A'_n und A'_i über, so daß sich schließlich ergibt $A'_i = A'_n + A'_i + A_s$.

Wenn auch im allgemeinen die Triebarbeit A_t gleich bleiben wird, so gilt dies im Betriebe nicht für die Reibungsarbeit. Mit ihrer Änderung muß gerechnet werden; es ist also ein Hilfsmittel notwendig, um die mit A_n bezeichnete Reibungsarbeit und damit auch die Geschwindigkeit unverändert gleich zu erhalten. Dies wäre erreicht, wenn die Reibungsarbeit A_i verändert werden könnte. Der Wert von A_i läßt sich aber nicht ohne weiteres in der erforderlichen Weise ändern. Daher fügt man durch den Geschwindigkeitsregler eine Reibungsarbeit A_r hinzu, deren Wert sich selbsttätig nach Bedarf vergrößert oder verringert. Der Wert von A_r ist bedingt durch die Beschaffenheit des Lagers der Schwungradachse in der Vorderwand des Gehäuses, durch den Abstand dieses Lagers von dem Angriffspunkte des von dem Regler ausgeübten Zuges und durch diesen Zug. Die beiden ersten Größen sollen als gleichbleibend angenommen werden. Wird der Zug, der auf das Ende der einen Hebelarm bildenden Schwungradachse ausgeübt wird, durch die Kraft P ausgedrückt, so ist $A_r = P \cdot C_1$, wo C_1 eine Konstante bedeutet, die einem gegebenen Regler eigen ist. Läßt man nun das Triebgewicht auf den Verteiler wirken, so wird sich ein Gleichgewicht ergeben für $A_t = A_n + A_i + A_r$.

Im Ruhezustande pressen die Spiralfedern Sp die Masse M gegen die Gabel G der auf der Schwungradachse befestigten Muffe N . Der Druck, mit dem die Masse gegen die Gabel gelegt wird, hängt von der Spannung der Federn ab. Wäre die Gabel nicht vorhanden, so würden die Federn die Masse dem Träger u so weit nähern, bis ihre Spannung Null wäre. Der Schwerpunkt der Masse soll nun mit dem Endpunkte der wirksamen Federwindungen zusammenfallen. Würde man die Gabeln entfernen und die Federn sich selbst überlassen, so würde der Schwerpunkt der Masse, je nach der Entfernung des Trägers von der Drehungsachse und der Zahl der wirksamen Federwindungen, entweder außerhalb der Strecke Träger—Drehungsachse oder in der Verlängerung der Mittellinie der Drehungsachse oder innerhalb der Strecke Träger—Drehungsachse liegen. Die Einstellungen des Reglers, die diesen drei Lagen entsprechen, sollen Außenstellung, Nullstellung und Innenstellung des Reglers genannt werden.

Setzt das Triebgewicht das Triebwerk in Bewegung, so dreht sich auch die Schwungradachse mit dem Regler. Infolge der Fliehkraft sucht sich die Masse von der Drehungsachse zu entfernen, während die Spiralfedern diesem Bestreben entgegenwirken. Die Masse wird sich schließlich so stellen, daß die den Federn erteilte Spannung gleich der Fliehkraft ist. Dieses Gleichgewicht wird erreicht werden für $A_t = A_n + A_i + A_r$, und es bedingt eine bestimmte Umdrehungszahl der Schwungradachse und der Verteilerbürsten. Tritt eine neue Reibung im Apparat auf, deren Überwindung etwa eine Arbeit A erfordert, so wird das vorhandene Gleichgewicht gestört, und es wird $A_i < A_n + A_i + A_r + A_s$. Ein neues Gleichgewicht könnte dadurch eintreten, daß A_n und mit ihm die Umdrehungszahl der Verteilerbürsten kleiner würde. Bevor dies aber eintritt, wirkt der Regler, indem sich die Masse der Gabel etwas nähert, die Schwingungsweite also abnimmt. Infolgedessen sind Fliehkraft und Spannung geringer; demgemäß wird auch A_r kleiner und etwa den Wert A'_r annehmen. Dann ist ein neues Gleichgewicht erreicht für $A_t = A_n$

+ A_i + A'_i + A_s . Der Regler soll nun so arbeiten, daß die Geschwindigkeit auch bei dem neuen Wert A'_i gleich geblieben ist. Dies trifft nur für die Nullstellung des Reglers zu. Würde sich der Regler in der Außenstellung befinden, so würde bei einer Zunahme der Reibung die neue Geschwindigkeit kleiner als vorher sein. Hätte der Regler dagegen eine Innenstellung, so würde bei einer Vergrößerung der Reibung auch die Geschwindigkeit zunehmen. In der Ruhelage der Masse sind die Federn bei der Außenstellung weniger und bei der Innenstellung mehr als bei der Nullstellung gespannt.

Welche Stellung der Regler hat, läßt sich an ihm nicht ohne weiteres erkennen. Da aber bekannt ist, wie sich bei den verschiedenen Stellungen die Geschwindigkeit ändert, wenn die Reibung zu- oder abnimmt, so kann durch das Beobachten der Änderung der Geschwindigkeit bei veränderter Reibung ein Aufschluß über die Stellung des Reglers erlangt werden. Die Umdrehungszahl der Schwungradachse ist hoch, etwa 1800 in der Minute; ohne besondere Hilfsmittel kann sie nicht bestimmt werden. Da aber durch die Bauart des Räderwerks ein feststehendes Verhältnis zwischen den Umdrehungen der Schwungradachse und der Verteilerachse besteht, so gibt die Umdrehungszahl der Verteilerbürsten ein Bild von der Geschwindigkeit des Reglers. Die Zahl der Umdrehungen der Verteilerbürsten läßt sich an dem Taktschläger eines Gebers feststellen. Wird ermittelt, wie oft während einer Minute der Elektromagnet des Taktschlägers anspricht, so gibt diese Zahl unmittelbar die der Umdrehungen der Verteilerbürsten an. Die Reibung kann man vergrößern, indem man mit einem Finger auf das freie Ende der Schwungradachse drückt. Die gleiche Wirkung erreicht man durch das Abnehmen einer Platte des Triebgewichts. Die Zahl der Umdrehungen der Bürsten sei bei einer bestimmten Einstellung des Reglers 175 in der Minute. Nach dem Abnehmen einer Gewichtsplatte sei die Zahl 172; dann befindet sich der Regler in der Außenstellung. Um von der Außenstellung zur Nullstellung zu kommen, muß man den Träger heben oder die Federn verkürzen. Die neue Geschwindigkeit betrage, wenn die Einstellung des Reglers auf eine der beiden Arten geändert und die Gewichtsplatte wieder aufgelegt ist, z. B. 177 Umdrehungen. Nun wird wieder eine Gewichtsplatte abgenommen und die Geschwindigkeit von neuem festgestellt. Ist die Zahl der Umdrehungen 177 geblieben, so ist die Nullstellung erreicht. Hat sich die Zahl 177 geändert, so muß die Stellung des Trägers oder die wirksame Länge der Federn verändert werden, bis die Umdrehungszahl vor und nach dem Abnehmen der Gewichtsplatte gleich ist.

Ist die ursprüngliche Geschwindigkeit von 175 Umdrehungen auch nach dem Abnehmen der Gewichtsplatte vorhanden, so befindet sich der Regler in der Nullstellung.

Wenn sich bei einer ursprünglichen Geschwindigkeit von 175 Umdrehungen nach dem Abnehmen der Gewichtsplatte eine neue Geschwindigkeit von 178 Umdrehungen ergeben hat, so befindet sich der Regler in der Innenstellung. Um von der Innenstellung zur Nullstellung zu kommen, muß der Träger gesenkt oder es müssen die Federn verlängert werden. Die neue Geschwindigkeit sei, wenn eins dieser Mittel angewendet und die Gewichtsplatte wieder aufgelegt ist, 173. Nach Abnehmen einer Gewichtsplatte wird wiederum die Geschwindigkeit festgestellt. Ist sie 173 geblieben, so ist die Nullstellung erreicht. Hat sich die Zahl geändert, so muß eine neue Träger-

stellung oder Federlänge gewählt werden, bis die Umdrehungszahl bei verschiedenen Größen des Gewichts gleich bleibt.

Ist eine Nullstellung des Reglers erreicht, und beträgt hierbei die Umdrehungszahl 175, während für den Betrieb eine solche von 180 gewählt werden soll, so kann man aus der Nullstellung mit niedriger Geschwindigkeit in eine Nullstellung mit höherer Geschwindigkeit auf zwei Wegen gelangen. Den einen Weg bietet das Verringern der Masse, den anderen Weg das Senken des Trägers bei gleichzeitigem Verkürzen der Federn. Das Senken des Trägers bedingt ein Verkürzen der Federn und umgekehrt das Heben des Trägers ein Verlängern der Federn, damit wieder eine Nullstellung erreicht wird.

Um die bei einer Nullstellung des Reglers erzielte Umdrehungszahl von 185 auf 180 zu verringern, muß man die Masse vergrößern oder den Träger heben und gleichzeitig die Federn verlängern.

Allgemeine Beschaffenheit des Reglers.

Für den guten Betrieb einer Leitung mit dem Apparate von Baudot ist das richtige Arbeiten der Verteiler Vorbedingung. Auf die gute mechanische Beschaffenheit und die richtige Einstellung ist daher großer Wert zu legen.

In mechanischer Hinsicht ist bei der Masse darauf zu achten, daß die Durchbohrungen für die Führungstangen kreisrund sind und größeren Durchmesser als die Stangen haben, damit diese glatt durch die Löcher der Masse führen. Andererseits dürfen aber die Löcher nicht zu groß sein, damit die Masse nicht zu sehr hin und her schleudern kann. Die Durchbohrungen für die Federn sollen an der Unterseite der Masse denselben Durchmesser wie die Federn haben, damit sich diese nicht verschieben können. Nach oben zu sollen die Bohrungen konisch erweitert sein, damit sich die wirksamen Windungen der Federn an der Wand der Bohrungen nicht reiben. Die Schlitzte zum Einschleiben der Winkelbleche müssen so schräg sein, daß sie sich der Neigung der Federwindungen anpassen. Die Federn werden dann, wenn sie nur durch die Winkelbleche gehalten werden, senkrecht zur Oberfläche der Masse stehen. Anderenfalls würden die Federn beim Befestigen am Träger gebogen werden.

Die Führungstangen müssen gerade und vollkommen glatt sein, sowie parallel zueinander stehen. Ihr gegenseitiger Abstand muß so bemessen sein, daß sie durch die Mitte der Bohrungen in der Masse, also ohne Reibung durch die Masse führen.

Wenn Masse und Führungstangen gut beschaffen sind, wird sich die Masse auf den Führungstangen frei bewegen. Ob dies der Fall ist, läßt sich in der Weise prüfen, daß man den Regler neigt, nachdem die Federn von dem Träger gelöst sind. Die Masse muß sodann gleichmäßig und ohne Reibung an den Führungstangen herabgleiten.

Ferner müssen die Begrenzungschrauben am Ende der Führungstangen zum Träger in einem solchen Verhältnis stehen, daß die Wirkung der Fliehkraft auf die Schrauben durch die Wirkung dieser Kraft auf den Träger aufgehoben wird. Sind die Schrauben zu schwer, so überwiegt ihr Zug auf die Schwungradachse. Er wirkt in demselben Sinne wie der durch die Masse hervorgerufene Zug, und die Masse wird nur schwer eine genügende Schwingungsweite erhalten. Sind andererseits die Schrauben zu leicht, so überwiegt die Wirkung des Trägers und verringert die der Masse. Die Reibung der

Achse wird dann nicht mehr den verschiedenen Schwingungsweiten der Masse proportional sein.

Schließlich ist darauf zu achten, daß die Schrauben, die den Träger in seiner Lage halten, fest angezogen sind, damit der Träger seine Stellung während der Drehung nicht ändern kann. Die Schwingungsweite soll im Betrieb etwa die Hälfte der äußersten Schwingungsweite nicht überschreiten; unter Umständen ist sie durch Abnehmen einer Gewichtsplatte zu verringern.

Grundeinstellung des Reglers.

Die Masse ist mit zwei der nachstehend erwähnten Schrauben und untergelegten Plättchen zu beschweren. Bei neuen Federn aus 0,8 mm starkem Stahldraht werden 35 wirksame Federwindungen benutzt. Die Zahl dieser Windungen läßt sich durch Drehen der Federn verändern; denn da sich die Kante der Winkelbleche zwischen die Windungen schiebt, so lassen sich die Federn durch Drehen in die Masse hinein- und aus ihr heraus-schrauben. Es läßt sich auch so verfahren, daß die Befestigungsschrauben für die Bleche gelöst und die Bleche herausgezogen werden. Dann werden die Federn soweit als nötig in die Masse gesenkt und die Bleche zwischen zwei Windungen geschoben. Hierbei ist darauf zu achten, daß beide Federn in gleicher Länge aus der Masse hervorstehen. Die über die Bleche nach unten hinausragenden Windungen stellen ein totes Gewicht dar; sie beschweren die Masse und vergrößern die Schwingungsweite, so daß die Geschwindigkeit verringert wird. Die aus der Masse herausragenden unwirksamen Windungen sind daher zu beseitigen. Hiermit ist jedoch nur allmählich und sehr vorsichtig vorzugehen, damit später die Zahl der Windungen zwischen Träger und Blech um eine ganze oder halbe Windung vermehrt werden kann, wenn nach der im folgenden angegebenen Grundeinstellung die Geschwindigkeit etwa zu hoch sein sollte. Es empfiehlt sich daher, wenigstens eine Windung außerhalb der Masse stehen zu lassen, so daß etwa drei Windungen zur Vergrößerung der Zahl der wirksamen Windungen verfügbar sind.

Hierauf werden die Schrauben, auf denen der Träger ruht, so eingestellt, daß die untere Fläche des Trägers, wenn dieser auf den Schrauben liegt, etwa 2 mm von der Oberkante der Ösen der abgehängten Federn entfernt ist. Die Schrauben müssen so stehen, daß der Träger genau wagerecht liegt. Dann sind die Gegenschrauben anzuziehen, so daß der Träger fest mit den Führungstangen verbunden ist. Nun werden die Ösen der Federn über die Ansätze des Trägers gelegt; die Federn werden bei der gewählten Trägerstellung hierbei um 2 mm ausgedehnt. Bei dieser Einstellung wird sich die Geschwindigkeit im allgemeinen der von 180 Umdrehungen in der Minute nähern.

Weicht die erreichte Geschwindigkeit wesentlich von der verlangten Geschwindigkeit von 180 Umdrehungen ab, und muß daher die wirksame Federlänge verändert werden, so ist es zweckmäßig, auch den Träger neu einzustellen, damit der Abstand von 2 mm zwischen den Federösen, wenn sie abgehängt sind, und dem Träger bestehen bleibt.

Bei der Änderung der wirksamen Federlänge ist darauf zu achten, daß stets eine halbe Spirale oder ein ganzes Vielfaches hiervon hinzuzufügen oder wegzunehmen ist; denn nur in diesem Falle können die Federn ohne jede Drehung am Träger befestigt werden. Außerdem sind stets beide Federn gleichmäßig zu verändern, so daß sie die gleiche Zahl wirksamer Windungen haben.

Übersicht
für das Einstellen des Reglers von Baudot auf 180 Umdrehungen der Verteilerbürsten in der Minute.

1.	Zahl der Umdrehungen					
	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Nach der ersten Einstellung (Grundeinstellung)	175	175	175	185	185	185
Beim Bremsen der Schwungradachse oder Abnehmen von Gewichtsplatten	172	175	178	181	185	189
mithin hat der Regler	Außenstellung	Nullstellung	Innenstellung	Außenstellung	Nullstellung	Innenstellung
Der Träger ist zu	heben	—	senken	heben	—	senken
oder die Federn sind zu	verkürzen	—	verlängern	verkürzen	—	verlängern
bis sich beim Bremsen der Schwungradachse oder Abnehmen von Gewichtsplatten die Umdrehungszahl nicht mehr ändert;						
dann hat der Regler	Nullstellung	—	Nullstellung	Nullstellung	—	Nullstellung
Es sei bei dieser Stellung	177	175	173	186	185	184
Es ist hierauf die Masse zu	verringern	verringern	verringern	vergrößern	vergrößern	vergrößern
oder der Träger ¹⁾ ist zu	senken	senken	senken	heben	heben	heben
und die Federn ¹⁾ sind zu	verkürzen	verkürzen	verkürzen	verlängern	verlängern	verlängern
bis erreicht ist	180	180	180	180	180	180

¹⁾ Es empfiehlt sich nicht, Träger und Federn zu verändern, weil dies wegen der Wechselwirkung zwischen ihnen mit großer Sorgfalt geschehen muß und die Nullstellung leicht verloren werden kann. Die richtige Geschwindigkeit ist vielmehr zweckmäßig durch Verändern der Masse zu erreichen.

Ist dies nicht der Fall, so wird die Masse stark nach einer Seite gezogen und sich daher nicht genügend frei auf den Führungstangen bewegen können.

Für das Einstellen des Reglers auf eine bestimmte Geschwindigkeit bei einer Nullstellung kann die vorstehende Übersicht als Anhalt dienen. Um den Träger zu heben, sind zunächst die Gegenschrauben zu lösen; dann sind die unteren Schrauben gleichmäßig zu heben, damit der Träger auch später wagerecht liegt. Hierauf sind die Gegenschrauben festzulegen. Beim Senken des Trägers ist in ähnlicher Weise zu verfahren. Um die Federn zu verkürzen oder zu verlängern, sind sie zunächst vom Träger loszuhaken und dann in die Masse hinein- oder aus der Masse herauszuschrauben. Um die Masse leicht verändern zu können, haben vier Seiten der Masse, von denen je zwei einander gegenüber stehen, je ein kleines Loch mit einem Muttergewinde, in das eine Schraube mit flachem Kopf eingesetzt werden kann. Reicht das Gewicht der Schrauben zur Vergrößerung der Masse nicht aus, so verwendet man Metallplättchen; sie haben einen Schlitz, durch den die Spindel der Schraube führt und das Plättchen gegen die Masse preßt.

Bei der Ermittlung der Zahl der Umdrehungen darf man sich nicht auf das Zählen während einer Minute beschränken. Die für eine gute Einstellung erforderliche Genauigkeit der ermittelten Zahl könnte durch kleine Beobachtungsfehler wesentlich beeinträchtigt werden. Es ist daher unbedingt nötig, die Umdrehungen während mindestens drei Minuten zu zählen. Die Mühe und Zeit, die auf das genaue Einstellen des Reglers verwendet werden, werden reichlich dadurch aufgewogen, daß der Apparat dann im Betrieb ohne Störungen arbeitet.

Theorie des Geschwindigkeitsreglers.

In dem Verteiler hat nach den vorstehenden Ausführungen das Triebgewicht die vorhandene Reibung zu überwinden. Die Reibung setzt sich aus dem Nutzwiderstand und dem Innenwiderstande zusammen; die durch diese Widerstände bedingten Arbeiten seien A_n und A_i . Senkt sich das Triebgewicht unter dem Einfluß der Schwerkraft, so leistet es eine Arbeit A_t , die sich als Produkt von Gewicht und Weg darstellt. Läuft das emporgehobene Gewicht ab, so tritt Gleichgewicht für $A_t = A_n + A_i$ ein. Die Reibungsverhältnisse bedingen zusammen mit der Größe des Gewichts eine bestimmte Drehungsgeschwindigkeit der Verteilerachse mit den Bürsten. Das angegebene Gleichgewicht und mit ihm die Umdrehungszahl der Verteilerachse lassen sich jedoch ohne künstliche Mittel nicht lange aufrecht erhalten; z. B. erhält durch jede Veränderung in den Achslagern die Reibung einen anderen Wert, und es wird dadurch das bisher vorhandene Gleichgewicht gestört. Wird etwa durch Eindringen von Staub die Reibung vergrößert, so tritt ein neues Gleichgewicht bei verringerter Umdrehungszahl der Bürsten ein.

Eine Störung des Gleichgewichts, wie es durch die Beziehung $A_t = A_n + A_i$ ausgedrückt ist, läßt sich zwar nicht vermeiden; aber es muß, damit der Verteiler für den Betrieb verwendet werden kann, eine Anordnung vorhanden sein, die wirkt, wenn das Gleichgewicht gestört ist, und möglichst schnell ein neues Gleichgewicht ohne Änderung der ursprünglichen Umdrehungszahl wiederherstellt. Diesen Zweck erfüllt der Geschwindigkeitsregler.

Dreht sich die Schwungradachse, auf deren vorderes Ende der Regler aufgesetzt ist, so sucht sich die Masse infolge der Fliehkraft von der Drehungs-

achse zu entfernen. Die Masse spannt hierbei die Spiralfedern und übt durch den Träger auf die Achse einen Druck aus, der sich als Reibungswiderstand im Lager der vorderen Gehäusewand geltend macht. Zum Überwinden dieses Widerstandes sei eine Arbeit A_r erforderlich. Gleichgewicht und damit eine bestimmte Umdrehungszahl der Verteilerachse wird erreicht für

$$A_t = A_n + A_i + A_r (1)$$

Da der Regler mit der Schwungradachse fest verbunden ist, so ist der Abstand des Punktes, in dem der von der Masse bei ihrer Drehung ausgeübte Druck wirkt, von dem Achslager in der vorderen Gehäusewand konstant. Wird die dem Druck entsprechende Kraft, die auch die Spannung der Federn darstellt, P genannt, so ist die Reibungsarbeit A_r proportional P

oder
$$A_r = P C_1, (2)$$

wo C_1 eine Konstante bedeutet.

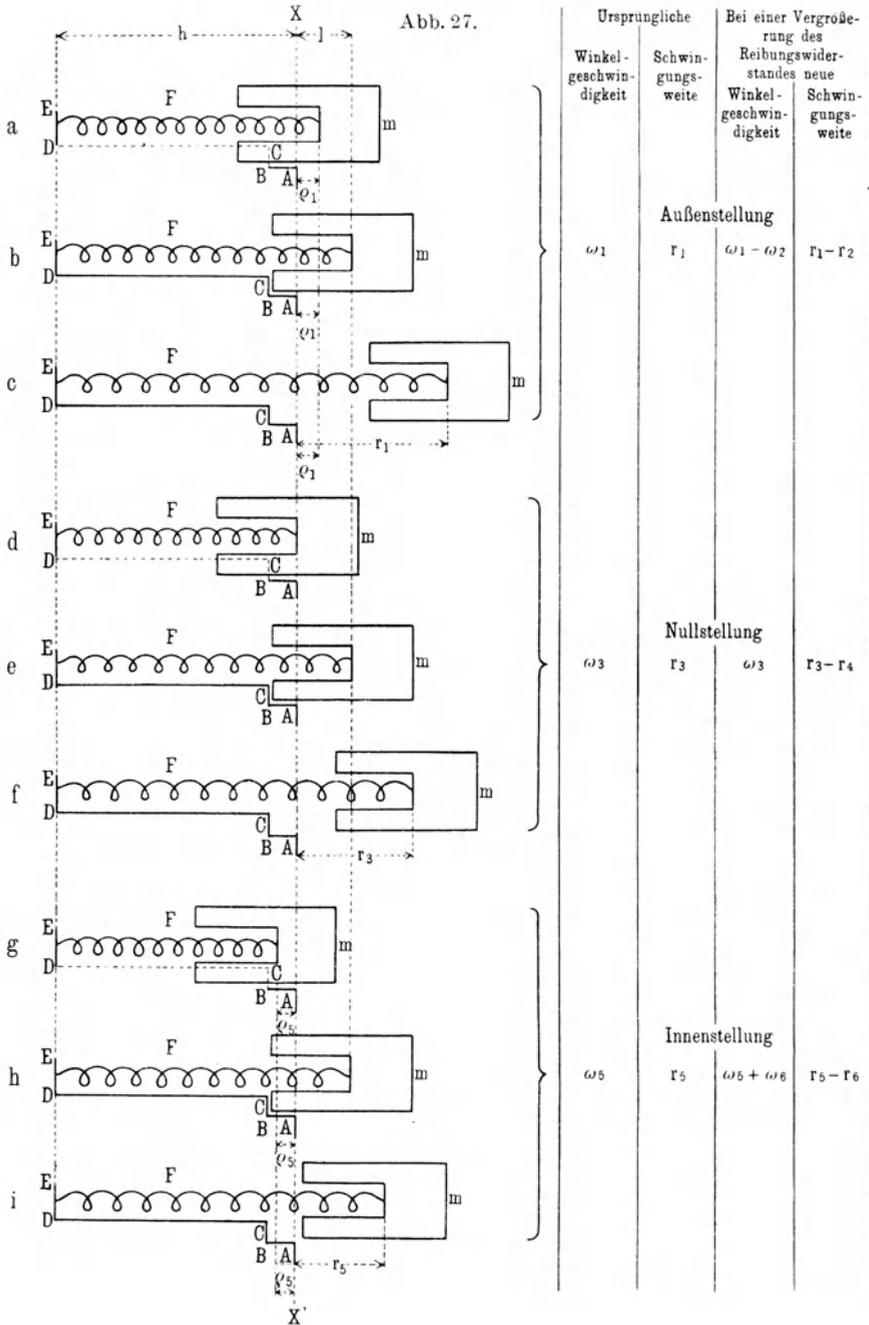
Der Wert von P ergibt sich aus der Bauart und Wirkungsweise des Reglers. Beim Drehen entfernt sich die Masse infolge der Fliehkraft von der Achse. Beschreibt der Schwerpunkt der Masse m mit der Geschwindigkeit v einen Kreis vom Halbmesser r , so ist die Fliehkraft $F = \frac{m v^2}{r}$. Führt man an Stelle der Geschwindigkeit v die Winkelgeschwindigkeit $\omega = 2\pi n$ ein, wo n die Zahl der Umdrehungen in einer Sekunde angibt, so ist $v = 2\pi r n = \omega r$ und $F = m \omega^2 r$. Ist Gleichgewicht zwischen Triebarbeit und Reibungsarbeit unter dem Mitwirken des Reglers hergestellt, so entspricht die von der Masse entwickelte Fliehkraft genau der den Federn erteilten Spannung. Ohne diese Übereinstimmung würde sich die Masse nie im Gleichgewichte befinden und dauernd der Drehungsachse nähern oder von ihr entfernen. Es ist also

$$P = F = m \omega^2 r (3)$$

und
$$A_r = m \omega^2 r C_1 (4)$$

An der schematischen Darstellung in Abb. 27 soll nun erörtert werden, wie der Regler einzustellen ist, damit er bei einer Störung des durch die Gleichung (1) angegebenen Gleichgewichts ein neues Gleichgewicht ohne Änderung von ω wiederherstellt. Mit der in der Linie XX' liegenden Drehungsachse ist der Träger $ABCDE$ starr verbunden. An dem Trägerstücke DE ist durch die Spiralfeder F die Masse m befestigt. In der Ruhelage ziehen sich die Windungen der Feder F zusammen, bis sich die Masse m gegen den Ansatz BC des Trägers legt (Abb. 27 b, e und h). Würde der Träger die Bewegung der Masse nach dem Aufhängepunkte hin nicht begrenzen, so würde sich die Masse so einstellen, daß die Spannung der Feder Null ist. Dieser Fall ist in Abb. 27 unter a, d und g dargestellt. Der Schwerpunkt der Masse soll im Befestigungspunkte der Feder im Innern der Masse liegen. In dem durch Abb. 27 a bis c dargestellten Falle würde der Schwerpunkt der Masse m , wenn die Feder keine Spannung hätte, außerhalb der Drehungsachse — vom Träger aus gesehen — und zwar um q_1 von ihr entfernt liegen (Abb. 27 a). In der Ruhe hat die Masse tatsächlich die in Abb. 27 b angegebene Lage. Die Feder, die bei der Spannung Null (Abb. 27 a) die Länge $h + q_1$ hat, ist nun (Abb. 27 b) um $l - q_1$ verlängert, also mit einer Kraft gespannt, die proportional $\frac{l - q_1}{h + q_1}$ ist. Dies ergibt sich daraus, daß für gut gebaute Federn

erfahrungsmäßig die Ausdehnung proportional der auf die Feder wirkenden Kraft ist, wenn die Feder nicht um mehr als das Doppelte ihrer ursprüng-



lichen Länge ausgedehnt wird. Dreht sich die Reglerachse, so entfernt sich die Masse infolge der Fliehkraft noch weiter von der Linie XX' ; sie nehme

schließlich, wenn Gleichgewicht erreicht ist, die in Abb. 27 c gezeichnete Lage ein. Der Schwerpunkt der Masse ist dann um die Länge r_1 von der Drehungslinie XX' entfernt¹⁾.

Bei einer Winkelgeschwindigkeit ω_1 ist die Fliehkraft

$$P = m\omega_1^2 r_1. \quad (5)$$

Der Fliehkraft wirkt die Spannung der Feder entgegen. Hat die Masse ihre endgültige Lage erreicht, so sind Fliehkraft und Federspannung einander gleich. Bei der Stellung in Abb. 27 c ist die Feder von der ursprünglichen Länge $h + \varrho_1$ um das Stück $r_1 - \varrho_1$ ausgedehnt; ihre Spannung ist

$$P = \frac{r_1 - \varrho_1}{h + \varrho_1} C_2, \quad (6)$$

wo C_2 eine Konstante bedeutet. Aus den Gleichungen (5) und (6) ergibt sich

$$m\omega_1^2 r_1 = \frac{r_1 - \varrho_1}{h + \varrho_1} C_2$$

oder
$$m\omega_1^2 = \left(\frac{1}{h + \varrho_1} - \frac{\varrho_1}{r_1(h + \varrho_1)} \right) C_2. \quad (7)$$

Tritt in dem Verteiler eine neue Reibung auf, zu deren Überwindung eine Reibungsarbeit A_s erforderlich ist, so wird das durch die Gleichung (1) dargestellte Gleichgewicht gestört, und es ist

$$A_t < A_n + A_i + A_r + A_s.$$

Gleichgewicht wird wieder dadurch erlangt, daß an die Stelle von A_r ein kleineres A_r' tritt. Nach den Gleichungen (2) und (6) ist nun

$$A_r' = PC_1 = \frac{r_1 - \varrho_1}{h + \varrho_1} C_1 C_2.$$

Soll A_r kleiner werden, so muß der Faktor $r_1 - \varrho_1$, der bei gegebenem Regler allein veränderlich ist, kleiner werden, also etwa um r_2 abnehmen. Dann ist

$$A_r' = \frac{r_1 - r_2 - \varrho_1}{h + \varrho_1} C_1 C_2$$

und es wird

$$A_t = A_n + A_i + A_r' + A_s.$$

Das neue Gleichgewicht ist erreicht durch eine Verringerung der Schwingungsweite der Masse. Die jetzt vorhandene Winkelgeschwindigkeit sei ω . Die

¹⁾ Streng genommen trifft die Annahme nicht zu, daß der Schwerpunkt des Teiles des Reglers, der sich beim Drehen — vom Träger aus gesehen — jenseits der Drehungsachse befindet, unveränderlich mit dem Schwerpunkt der Masse zusammenfällt. Er wird z. B. bei der Stellung nach Abb. 27 c etwas mehr von dem Befestigungspunkte der Feder entfernt sein, als bei der Stellung nach Abb. 27 b. Die Abweichung kann aber bei den folgenden Erörterungen zum Erläutern der Wirkungsweise des Reglers als unwesentlich unberücksichtigt bleiben.

Den Betrachtungen liegt ferner die Annahme zugrunde, daß die Achse der wirkliche Drehungsmittelpunkt für die Masse des Reglers ist. Dies ist insofern nicht genau richtig, als die auf dem äußersten Ende der Achse befestigte Masse durch den Zug, den sie bei der Drehung ausübt, die Achse zu biegen und den Schwerpunkt mit Bezug auf den Drehungsmittelpunkt zu verschieben sucht. Für die Erklärung der Wirkungsweise des Reglers kann aber diese Abweichung von den angenommenen Verhältnissen außer Betracht bleiben.

Gleichung (7) muß auch gelten, wenn für ω_1 und r_1 die bei dem neuen Gleichgewichte vorhandenen Werte ω und $r_1 - r_2$ eingesetzt werden. Hieraus folgt

$$m \omega^2 = \left(\frac{1}{h + \varrho_1} - \frac{\varrho_1}{(r_1 - r_2)(h + \varrho_1)} \right) C_2 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (8)$$

Aus den Gleichungen (7) und (8) ergibt sich

$$\omega^2 \left(\frac{1}{h + \varrho_1} - \frac{\varrho_1}{r_1(h + \varrho_1)} \right) = \omega_1^2 \left(\frac{1}{h + \varrho_1} - \frac{\varrho_1}{(r_1 - r_2)(h + \varrho_1)} \right) \cdot \cdot (9)$$

Da der Klammerausdruck auf der linken Seite größer ist, als der auf der rechten Seite, so ist $\omega < \omega_1$, also die neue Winkelgeschwindigkeit etwa $\omega_1 - \omega_2$. Hieraus folgt: Würde der Schwerpunkt der Masse, wenn die Feder die Spannung Null hätte, jenseits der Drehungsachse — gesehen vom Träger aus — liegen, so wird bei einer Zunahme des Reibungswiderstandes das Gleichgewicht wieder erreicht bei einer Verringerung der Schwingungsweite und gleichzeitig einer Verringerung der Umdrehungszahl. Die ursprünglichen Werte ω_1 und r_1 der Winkelgeschwindigkeit und Schwingungsweite gehen bei einer Vergrößerung des Reibungswiderstandes oder bei einer Verringerung des Triebgewichtes, die in gleicher Weise wirkt, in die Werte $\omega_1 - \omega_2$ und $r_1 - r_2$ über.

Der Regler sei nun so eingestellt, daß die Masse bei der Spannung der Feder gleich Null eine Lage nach Abb. 27 d einnehme. Der Schwerpunkt der Masse würde in der Linie XX' , also in der Drehungsachse liegen. In der Ruhe hat die Masse tatsächlich die in Abb. 27 e angegebene Lage. Die Feder, die bei der Spannung Null die Länge h hat, ist nun um l verlängert, also mit einer Kraft gespannt, die proportional $\frac{l}{h}$ ist. Dreht sich die Reglerachse, so entfernt sich die Masse infolge der Fliehkraft noch weiter von der Linie XX' ; sie nehme schließlich, wenn Gleichgewicht erreicht ist, die in Abb. 27 f gezeichnete Lage ein. Der Schwerpunkt der Masse ist dann um die Länge r_3 von der Drehungslinie entfernt, und die Feder von der ursprünglichen Länge h ist um das Stück r_3 ausgedehnt. Bei einer Winkelgeschwindigkeit ω_3 ist entsprechend der Gleichung (5) die Fliehkraft

$$P = m \omega_3^2 r_3 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (10)$$

und entsprechend der Gleichung (6) die Spannung der Feder

$$P = \frac{r_3}{h} C_2 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (11)$$

Aus den Gleichungen (10) und (11) ergibt sich

$$m \omega_3^2 r_3 = \frac{r_3}{h} C_2$$

oder

$$m \omega_3^2 = \frac{1}{h} C_2 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (12)$$

Eine in dem Verteiler auftretende neue Reibung wird das Gleichgewicht stören, so daß $A_t < A_n + A_i + A_r + A_s$ wird. Ein neues Gleichgewicht wird dadurch eintreten, daß an die Stelle von A_r ein kleineres A'_r tritt. Entsprechend den Gleichungen (2) und (6) ist

$$A_r = P C_1 = \frac{r_3}{h} C_1 C_2.$$

Soll A_r kleiner werden, so muß r_3 kleiner werden, also sich etwa um r_4 vermindern. Dann ist

$$A'_r = \frac{r_3 - r_4}{h} C_1 C_2,$$

und es wird

$$A_t = A_n + A_i + A'_r + A_s.$$

Das neue Gleichgewicht ist erreicht durch eine Verringerung der Schwingungsweite der Masse. Die jetzt vorhandene Winkelgeschwindigkeit sei ω . Die Gleichung (12) muß auch gelten, wenn für ω_3 der bei dem neuen Gleichgewichte vorhandene Wert ω eingesetzt wird. Hieraus folgt

$$m \omega^2 = \frac{1}{h} C_2 \cdot \dots \dots \dots (13)$$

Aus den Gleichungen (12) und (13) ergibt sich $\omega = \omega_3$, d. h. die Winkelgeschwindigkeit hat sich nicht geändert. Dieses Ergebnis bedeutet folgendes. Würde der Schwerpunkt der Masse, wenn die Feder die Spannung Null hätte, in der Drehungsachse liegen, so wird bei einer Zunahme des Reibungswiderstandes das Gleichgewicht wieder erreicht bei einer Verringerung der Schwingungsweite, aber ohne Änderung der Winkelgeschwindigkeit. Den ursprünglichen Werten ω_3 und r_3 der Winkelgeschwindigkeit und Schwingungsweite entsprechen bei einer Vergrößerung des Reibungswiderstandes oder einer Verringerung des Triebgewichtes die Werte ω_3 und $r_3 - r_4$.

Bei einer Einstellung des Reglers nach Abb. 27 g bis i würde der Schwerpunkt der Masse, wenn die Feder keine Spannung hätte, zwischen Träger und Drehungsachse liegen, und zwar um ϱ_5 von ihr entfernt (Abb. 27 g). In der Ruhe hat die Masse tatsächlich die in Abb. 27 h angegebene Lage. Die Feder, die bei der Spannung Null die Länge $h - \varrho_5$ hat, ist nun um $l + \varrho_5$ verlängert, also mit einer Kraft proportional $\frac{l + \varrho_5}{h - \varrho_5}$ gespannt. Dreht sich die Reglerachse, so entfernt sich die Masse infolge der Fliehkraft noch weiter von der Linie XX' ; sie nehme schließlich, wenn Gleichgewicht erreicht ist, die in Abb. 27 i gezeichnete Lage ein. Der Schwerpunkt der Masse ist dann um die Länge r_5 von der Drehungslinie entfernt, und die Feder von der ursprünglichen Länge $h - \varrho_5$ ist um das Stück $r_5 + \varrho_5$ ausgedehnt. Entsprechend der Gleichung (5) ist die Fliehkraft bei einer Winkelgeschwindigkeit ω_5

$$P = m \omega_5^2 r_5 \dots \dots \dots (14)$$

und entsprechend der Gleichung (6) die Spannung der Feder

$$P = \frac{r_5 + \varrho_5}{h - \varrho_5} C_2 \dots \dots \dots (15)$$

Aus den Gleichungen (14) und (15) ergibt sich

$$m \omega_5^2 r_5 = \frac{r_5 + \varrho_5}{h - \varrho_5} C_2$$

oder

$$m \omega_5^2 = \left(\frac{1}{h - \varrho_5} + \frac{\varrho_5}{r_5 (h - \varrho_5)} \right) C_2 \dots \dots (16)$$

Eine in dem Verteiler auftretende neue Reibung wird das Gleichgewicht stören, so daß $A_t < A_n + A_i + A_r + A_s$ wird. Ein neues Gleichgewicht wird

dadurch eintreten, daß an die Stelle von A_r ein kleineres A'_r tritt. Entsprechend den Gleichungen (2) und (6) ist nun

$$A_r = P C_1 = \frac{r_5 + \varrho_5}{h - \varrho_5} C_1 C_2.$$

Soll A_r kleiner werden, so muß $r_5 + \varrho_5$ kleiner werden, also etwa um r_6 abnehmen. Dann ist

$$A'_r = \frac{r_5 - r_6 + \varrho_5}{h - \varrho_5} C_1 C_2,$$

und es wird

$$A_t = A_n + A_i + A'_r + A_s.$$

Das neue Gleichgewicht ist erreicht durch eine Verringerung der Schwingungsweite der Masse. Die jetzt vorhandene Winkelgeschwindigkeit sei ω . Die Gleichung (16) muß auch gelten, wenn für ω_5 und r_5 die bei dem neuen Gleichgewichte vorhandenen Werte ω und $r_5 - r_6$ eingesetzt werden. Hieraus folgt

$$m \omega^2 = \left(\frac{1}{h - \varrho_5} + \frac{\varrho_5}{(r_5 - r_6)(h - \varrho_5)} \right) C_2 \cdot \cdot \cdot \cdot (17)$$

Aus den Gleichungen (16) und (17) ergibt sich

$$\omega^2 \left(\frac{1}{h - \varrho_5} + \frac{\varrho_5}{r_5(h - \varrho_5)} \right) = \omega_5^2 \left(\frac{1}{h - \varrho_5} + \frac{\varrho_5}{(r_5 - r_6)(h - \varrho_5)} \right) \cdot (18)$$

Da der Klammerausdruck auf der rechten Seite größer ist, als der auf der linken Seite, so ist $\omega > \omega_5$, also die neue Winkelgeschwindigkeit etwa $\omega_5 + \omega_6$. Hieraus folgt: Würde der Schwerpunkt der Masse, wenn die Feder die Spannung Null hätte, zwischen Träger und Drehungsachse liegen, so wird bei einer Zunahme des Reibungswiderstandes das Gleichgewicht wieder erreicht bei einer Verringerung der Schwingungsweite und einer Vergrößerung der Umdrehungszahl. Die ursprünglichen Werte ω_5 und r_5 der Winkelgeschwindigkeit und Schwingungsweite gehen bei einer Vergrößerung des Reibungswiderstandes oder einer Verringerung des Triebgewichtes in die Werte $\omega_5 + \omega_6$ und $r_5 - r_6$ über.

Wie früher angegeben ist, soll der Regler, wenn das Gleichgewicht gestört ist, so wirken, daß ein neues Gleichgewicht ohne Änderung der ursprünglichen Geschwindigkeit hergestellt wird. Dies ist der Fall, wenn der Regler nach Abb. 27 d eingestellt ist. Diese Einstellung soll als „Nullstellung“ bezeichnet werden.

Bei den drei verschiedenen Einstellungen, wie sie in Abb. 27 dargestellt sind, ist die Feder bei der Ruhelage der Masse im ersten Fall (Abb. 27 b) proportional $\frac{l - \varrho_1}{h + \varrho_1}$, im zweiten Fall (Abb. 27 e) proportional $\frac{l}{h}$ und im dritten

Fall (Abb. 27 h) proportional $\frac{l + \varrho_5}{h - \varrho_5}$ gespannt. Die Spannung der Feder ist also im ersten Falle kleiner und im letzten Falle größer, als im zweiten Falle, bei der Nullstellung. Dieses Verhältnis läßt sich in folgender Weise ausdrücken:

Nimmt bei einer Vergrößerung des Reibungswiderstandes die Geschwindigkeit ab, so ist die Feder bei der Ruhelage der Masse nicht genügend gespannt.

Nimmt bei einer Vergrößerung des Reibungswiderstandes die Geschwindigkeit zu, so ist die Feder bei der Ruhelage der Masse zu sehr gespannt.

Um von einer Einstellung, wie sie Abb. 27 a bis c entspricht, zur Nullstellung zu gelangen, muß entweder der Träger gehoben oder die Zahl der

wirksamen Federwindungen verringert werden. Bevor dies getan wird, ist nach Gleichung (7)

$$m \omega_1^2 = \left(\frac{1}{h + \rho_1} - \frac{\rho_1}{r_1(h + \rho_1)} \right) C_2 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (19)$$

Wird der Träger um ρ_1 gehoben, also in eine Nullstellung gebracht, so sei die Winkelgeschwindigkeit und Schwingungsweite jetzt ω_2 und r_2 . Es ist dann nach Gleichung (12)

$$m \omega_2^2 = \frac{1}{h + \rho_1} C_2 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (20)$$

Aus den beiden Gleichungen (19) und (20) ergibt sich, daß $\omega_2 > \omega_1$ ist. Eine zweite Nullstellung ergibt sich durch Verkürzen der Feder. Die Nullstellung ist für einen gegebenen Regler stets dadurch gekennzeichnet, daß das Verhältnis zwischen der Zahl der Spiralwindungen der Feder und der Trägerhöhe konstant ist. Bei der Feder mögen, wenn ihre Spannung Null ist, z Windungen auf die Längeneinheit entfallen. Dann muß bei jeder Nullstellung die Zahl der Federwindungen $n = hz$ sein. Wird die Feder verkürzt und hierdurch eine Nullstellung erreicht, so ist, wenn ω_3 und r_3 die Winkelgeschwindigkeit und Schwingungsweite bezeichnen,

$$m \omega_3^2 = \frac{1}{h} C_2 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (21)$$

Aus den beiden Gleichungen (19) und (21) ergibt sich, daß $\omega_3 > \omega_1$ ist. Gleichgültig, ob die Nullstellung durch Heben des Trägers oder Verkürzen der Feder erreicht wird, die neue Umdrehungszahl ist größer als vorher. Aus den Gleichungen (20) und (21) folgt ferner, daß $\omega_3 > \omega_2$ ist, d. h. der Geschwindigkeitszuwachs ist größer, wenn die Nullstellung durch Verkürzen der Feder erreicht wird, als wenn dies durch Heben des Trägers geschieht.

Um von einer Innenstellung (Abb. 27 g bis i) zu einer Nullstellung zu gelangen, muß entweder der Träger gesenkt oder die Zahl der wirksamen Federwindungen vergrößert werden. Bevor dies getan wird, ist nach Gleichung (16)

$$m \omega_5^2 = \left(\frac{1}{h - \rho_5} + \frac{\rho_5}{r_5(h - \rho_5)} \right) C_2 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (22)$$

Wird der Träger um ρ_5 gesenkt, der Regler also in eine Nullstellung gebracht, so seien Winkelgeschwindigkeit und Schwingungsweite jetzt ω_6 und r_6 . Es ist dann nach Gleichung (12)

$$m \omega_6^2 = \frac{1}{h - \rho_5} C_2 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (23)$$

Aus den beiden Gleichungen (22) und (23) ergibt sich, daß $\omega_6 < \omega_5$ ist.

Eine andere Nullstellung wird durch Verlängern der Feder erreicht, und zwar muß die Zahl der Windungen so vermehrt werden, daß die Länge der Feder bei der Spannung Null h statt $h - \rho_5$ ist. Werden Winkelgeschwindigkeit und Schwingungsweite bei dieser Nullstellung mit ω_7 und r_7 bezeichnet, so ist

$$m \omega_7^2 = \frac{1}{h} C_2 \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (24)$$

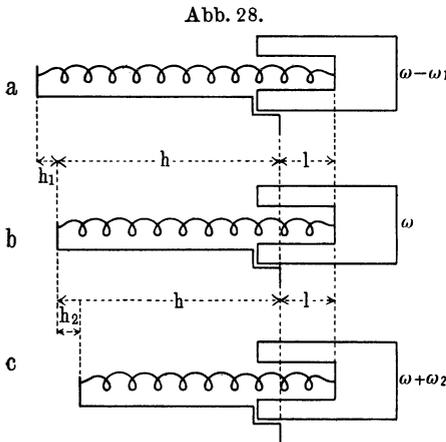
Aus den beiden Gleichungen (22) und (24) folgt, daß $\omega_7 < \omega_5$ ist; da nach den Gleichungen (23) und (24) $\omega_7 < \omega_6$ ist, so ist die Geschwindigkeitsabnahme größer, wenn die Nullstellung durch Verlängern der Feder erreicht

wird, als wenn dies durch Senken des Trägers geschieht. In jedem Falle ist, wenn von einer Innenstellung zur Nullstellung übergegangen wird, die neue Umdrehungszahl stets kleiner als vorher.

In Abb. 28 sind unter a, b und c drei Nullstellungen des Reglers bei den Trägerhöhen $h + h_1$, h und $h - h_2$ angegeben. Wird die Winkelgeschwindigkeit bei der Nullstellung unter b mit ω bezeichnet, so ist

$$A_r = PC_1 = m\omega^2 r C_1 = \frac{r}{h} C_1 C_2, \quad \text{also} \quad m\omega^2 h = C_2.$$

Hieraus folgt, daß sich die Winkelgeschwindigkeit umgekehrt wie die Trägerhöhe ändert. Den Nullstellungen unter a, b und c entsprechen also Winkelgeschwindigkeiten von $\omega - \omega_1$, ω und $\omega + \omega_2$. Hat ein Regler eine



Nullstellung, und soll die Geschwindigkeit erhöht werden, so muß der Träger gesenkt werden. Gleichzeitig muß aber auch die Feder verkürzt werden, damit das Verhältnis zwischen Trägerhöhe und Zahl der Federwindungen konstant bleibt. Zum Verringern der Geschwindigkeit ist der Träger zu heben und gleichzeitig die Feder zu verlängern.

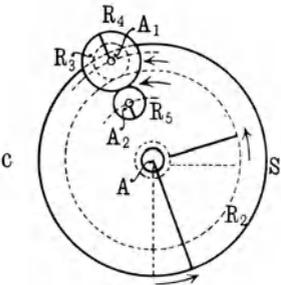
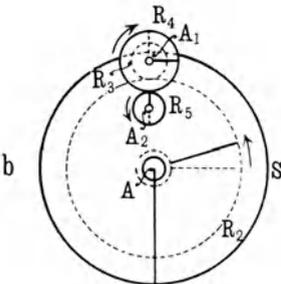
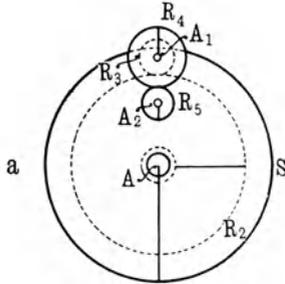
Aus der Gleichung $m\omega^2 h = C_2$ ergibt sich als zweiter Weg, die Geschwindigkeit zu ändern, das Verändern der Masse. Bleibt h und damit auch die Nullstellung unverändert, so ist die Winkelgeschwindigkeit umgekehrt proportional der Masse. Durch Vergrößern der Masse wird die Winkelgeschwindigkeit kleiner, durch Verringern der Masse wird die Geschwindigkeit größer. Massen von $m + m_1$, m und $m - m_2$ werden Winkelgeschwindigkeiten von $\omega - \omega_1$, ω und $\omega + \omega_2$ entsprechen.

5. Die Gleichlaufvorrichtung.

Zwischen den Verteilerbürsten der Ämter *A* und *B* muß Synchronismus vorhanden sein, d. h. die Bürsten des Amtes *B* müssen, abgesehen von dem durch die Stromverzögerung bedingten Zeitunterschiede, zu denselben Zeiten wie die des Amtes *A* die einander entsprechenden Stücke mit der Leitung verbinden. Dies würde z. B. der Fall sein, wenn die Bürsten beider Verteiler sich mit gleicher Geschwindigkeit drehen und zur gleichen Zeit von zwei zusammengehörigen Stücken aus ihre Bewegung beginnen würden. Beim Apparate von Baudot wird nun der Synchronismus in den erforderlichen Grenzen dadurch erreicht, daß dem Amte *B*, dem korrigierten Amt, eine etwas höhere Geschwindigkeit gegeben wird, als dem Amt *A*, dem korrigierenden Amte. Die Geschwindigkeit selbst wird bei beiden Ämtern durch den beschriebenen Regler gleichmäßig erhalten. Infolge des Unterschiedes in der Geschwindigkeit eilt die Bürste bei *B* gegenüber der bei *A* vor. Der Unterschied wird, sobald er eine gewisse Größe erreicht hat, dadurch ausgeglichen, daß die Verteilerachse bei *B* von dem Triebwerk entkuppelt und die Bewegung der Bürste kurze Zeit

nicht gezeichnet. Die Stellung der Räder R_2 bis R_5 , der Scheibe S und der Achsen A , A_1 und A_2 ist in Abb. 30 schematisch angegeben. Um die gegenseitige Bewegung der Räder und der Scheibe zu verfolgen, seien ihre Stellungen in Abb. 30 a durch ausgezogene Linien bezeichnet. Die Merklinien

Abb. 30.



von S , R_4 und R_5 liegen in einer geraden Linie. Beträgt die Zahl der Zähne von R_2 , R_3 , R_4 und R_5 96, 12, 24 und 12, so entsprechen je einer Umdrehung von R_2 und R_4 acht und zwei Umdrehungen von R_3 und R_5 , d. h. bei einer Umdrehung von R_2 würde R_5 16 Umdrehungen machen. Dreht sich z. B. R_2 um einen Winkel von $\frac{360}{32} = 11,25^\circ$, so wird sich R_3 und mit ihm

R_4 um $\frac{360}{4} = 90^\circ$ und R_5 um $\frac{360}{2} = 180^\circ$

drehen. Die Lage der Räder ist für diesen Fall in Abb. 30 b dargestellt; die gestrichelten Merklinien entsprechen den unter a ausgezogenen Merklinien. Die ausgezogenen Merklinien sind jetzt gegeneinander verschoben. Die Pfeile geben die Drehungsrichtung der Räder an. Diese Bewegung, bei der die Scheibe S mit der Achse A stehen bleibt, ist nur möglich, wenn sich die Räder R_3 bis R_5 frei drehen können. Wird durch eine äußere Ursache das Rad R_5 an der Drehung um seine Achse verhindert, so können sich auch R_4 und R_3 nicht drehen. Wirkt die Triebkraft auf R_2 weiter, so nimmt der Zahn von R_2 , der in eine Zahnücke von R_3 eingreift, R_3 und damit auch R_4 und R_5 mit. Da die Achse A_2 durch die Scheibe S hindurchgeht, so muß auch S und mit ihr die Verteilerachse A an der Drehung teilnehmen. Hat sich R_2 um einen Winkel von $11,25^\circ$ gedreht, so nehmen die Räder R_3 bis R_5 und die Scheibe S die in Abb. 30 unter c gezeichnete Stellung ein. Die Merklinien von S , R_4 und R_5 bleiben in diesem Fall in

einer geraden Linie liegen. Die Achsen A_1 und A_2 bewegen sich in der Pfeilrichtung auf dem Umfange von Kreisen, deren Mittelpunkt mit der Achse A zusammenfällt. Da sich die Verteilerbürsten bei B im allgemeinen dauernd drehen und nur zum Ausgleichen des Geschwindigkeitsunterschiedes kurze Zeit angehalten werden sollen, so muß gewöhnlich R_5 an der Drehung um seine Achse gehindert sein. Zu diesem Zweck ist auf der Achse A_2 ein Korrektionsstern St (Abb. 29 und 34) befestigt, in dessen Zahnücken ein kleine Rolle r durch eine Blattfeder F gedrückt wird. Die Feder F ist an einem Ansatz der Scheibe S befestigt. Durch den Druck, mit dem sich die Rolle r in eine Zahnücke des Sternes St legt, wird der Stern und mit ihm auch das Rad R_5 an

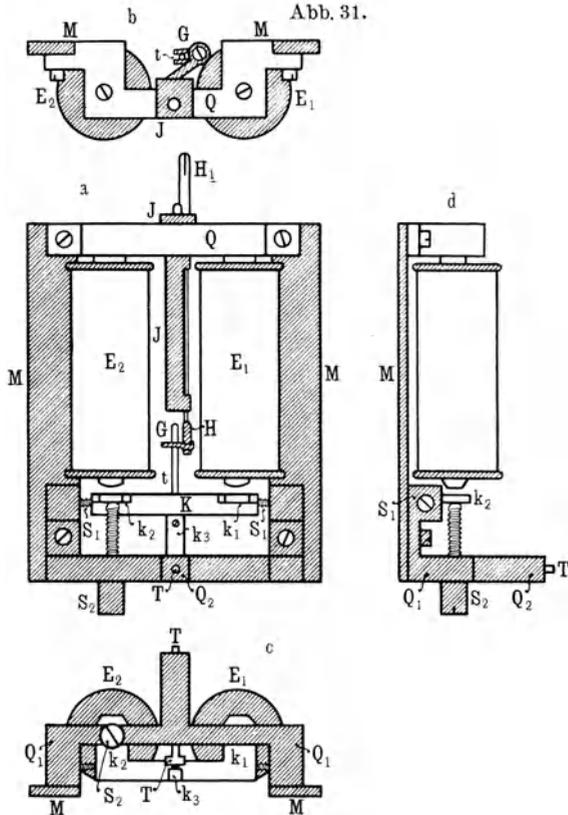
der Drehung um die Achse A_2 gehindert, und die Scheibe S und mit ihr die Verteilerachse A nehmen an der Drehung des Rades R_2 teil.

Um die Verteilerachse von dem Triebwerke zu entkuppeln und sie dadurch anzuhalten, muß die Wirkung der Rolle r auf den Stern durch eine andere Kraft aufgehoben werden. Dies geschieht dadurch, daß in die Bahn des Sternes der Korrektionsstift T (Abb. 29) gebracht wird. Der Stift erhält den Anstoß durch den Anker des Korrektions elektromagneten. Dieser Elektromagnet ist im Inneren des

Gehäuses an der Vorderwand W_1 angebracht; er ist in Abb. 31 a bis d in der Vorder-, Ober-, Unter- und Seitenansicht dargestellt. Seine beiden mit den Windungen versehenen Schenkel E_1 und E_2 hängen an einem Querstücke Q (Abb. 31 a und b), das an den beiden Messingschienen M angeschraubt ist. Mit diesen Schienen kann das Elektromagnetsystem in zwei Gleitrillen an der Gehäusewand hineingeschoben und aus den Rillen leicht herausgezogen werden. Die Messingschienen sind unten durch ein Messingquerstück Q_1 verbunden. In dem Messingstücke befinden sich die Spitzenschrauben S_1 , die als Lagerzapfen für den

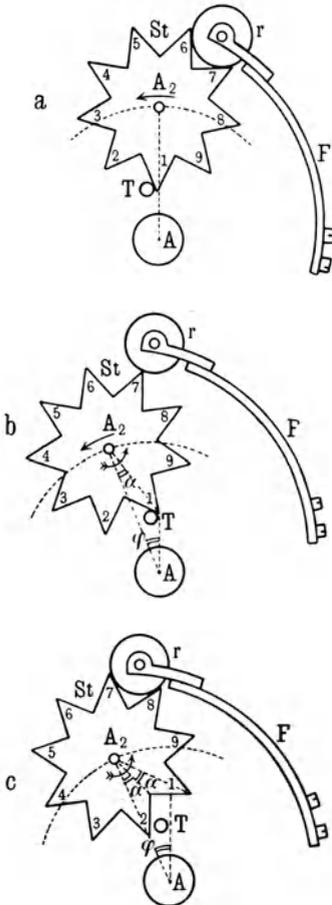
Anker K dienen. In Abb. 29 ist der Schenkel E_1 sichtbar und der Anker K im Durchschnitte gezeichnet. Der Anker trägt an beiden Enden wagerechte Ansätze k_1 und k_2 (Abb. 31), die den Polen der Kerne E_1 und E_2 gegenüberstehen, und in der Mitte einen senkrecht nach unten gehenden Ansatz k_3 . Dieser Ansatz steht mit seinem unteren Ende dem Kopfe des Stiftes T gegenüber, der in dem Ansätze Q_2 des Querstückes Q_1 gelagert ist. Eine kleine Feder drückt den Stift gegen den Ankeransatz. Wird der Anker des Elektromagneten angezogen, so wird der Stift T durch den senkrechten Ankeransatz k_3 hervorgestoßen und in die Bahn des Korrektionssternes gebracht.

Um den Stift T und mit ihm den Anker K des Elektromagneten in die Ruhelage zurückzuführen, ist auf der Scheibe S ein Stahlstück mit schrägen Flächen, der „Rückführungsdaumen“ (D in Abb. 29 und 34), angebracht. Dieser Daumen bildet einen Teil des Stahlstückes, an dem die Bronzescheibe



S befestigt ist. Das dem Korrektionssterne zugekehrte Ende des Stiftes ist der Neigung der ansteigenden schrägen Fläche des Daumens entsprechend abgeschliffen, damit sich der Daumen gut gegen das Stiftende legt. Der Daumen dreht sich mit der Scheibe *S* und läuft unter das vordere Ende des vorgestoßenen Stiftes. Der Stift wird zurückgedrückt und mit ihm durch den senkrechten Ansatz der Anker von den Kernen des Elektromagneten entfernt. Die Bewegung des Ankers von den Kernen weg wird durch die Schraube *S*₂

Abb. 32.



begrenzt, die durch das Querstück *Q*₁ von unten hindurchragt. Auf das Ende der Schraube legt sich der Ansatz *k*₂ des Ankers *K*.

Die Ankerachse trägt als Verlängerung des nach unten führenden Ansatzes *k*₃, der den Stift *T* trifft, einen kleinen Stift *t*, der zwischen den beiden Zinken einer Gabel *G* steht. Diese Gabel ist an einem leichten, gut beweglichen Schafte *H* befestigt, der an dem Stück *J*, das am Querstücke *Q* angeschraubt ist, aufgehängt wird. Ein auf dem Schaft aufgesetztes Stück *H*₁ ragt aus dem Verteilergehäuse heraus; es hat einen Einschnitt zum Einsetzen einer kleinen Fahne aus Papier oder Metall. Wird der Anker angezogen, so legt sich der Stift *t* gegen eine Zinke der Gabel *G* und dreht hierbei den Ansatz *H*₁. Kehrt der Anker in die Ruhelage zurück, so wird der Ansatz *H*₁ in entgegengesetzter Richtung gedreht. An den Bewegungen der kleinen Fahne erkennt man das Spiel des Ankers des Korrektionselektromagneten.

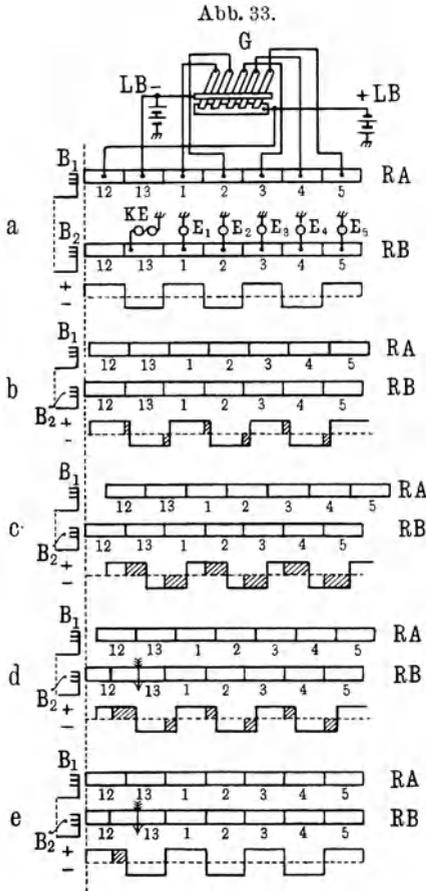
Dadurch, daß die Rolle *r* in eine Zahn-
lücke des Korrektionssterne gedrückt wird und den Stern an der Drehung um die Achse *A*₂ verhindert, beschreibt diese Achse, wie in Abb. 30 c angegeben ist, einen Weg auf dem Umfang eines Kreises. Der Stern, der für einen Zweifachapparat neun Zähne hat, erhält durch Feder *F* und Rolle *r* die in Abb. 32 a gezeichnete Stellung. Unter der Einwirkung des Triebwerkes bewegt sich

die Achse *A*₂ in der Pfeilrichtung auf der gestrichelten Linie. Hat der Korrektionselektromagnet angesprochen und den Stift *T* in die Bahn des Sternes hineingestoßen, so trifft der Zahn 1 gegen *T*, und der Stern wird an seiner bisherigen Bewegung verhindert. Die vom Triebwerk ausgeübte Kraft, die die Achse *A*₂ in der Pfeilrichtung zu drehen sucht, und der Widerstand, den der Stift *T* dieser Drehung entgegengesetzt, wirken so zusammen, daß sich die Achse *A*₂ um einen Winkel φ in der Richtung der ursprünglichen Bewegung verschiebt und der Stern *St* um den Winkel α um seine eigene Achse dreht. Die Rolle *r* steht auf der Spitze eines Zahnes. In dieser Stellung kann sie

nicht bleiben; sie schiebt vielmehr den Stern in der Richtung des gefiederten Pfeiles weiter, bis sie in die nächste Zahnücke 7 bis 8 eingreift. Hierbei hat sich der Stern wiederum um den Winkel α gedreht. Jede Drehung des Sternes um seine Achse bedeutet ein Entkuppeln von Verteilerachse A und Triebwerk. Wie oben angegeben ist, dreht sich die Achse A_2 16 mal schneller als das Rad R_2 . Hat sich der Stern um eine Zahnücke, also um einen Winkel $2\alpha = 40^\circ$ gedreht, so entspricht dies einer Zeit, in der sich das Rad R_2 um einen Winkel von $\frac{2\alpha}{16} = \frac{40}{16} = 2,5^\circ$ gedreht haben würde. Die erste Bewegung aus der Stellung nach Abb. 32 a in die nach Abb. 32 b umfaßt zwei Zeiten, nämlich die, in der die Achse A den Winkel φ zurückgelegt hat, und die, in der sich der Stern um den Winkel α gedreht, also die Achse A an der Drehung nicht teilgenommen hat. Die Achse würde sich ohne Drehung des Sternes sonst um den Winkel $\varphi + \frac{\alpha}{16}$ gedreht haben. Bei der zweiten Bewegung aus der Stellung in Abb. 32 b in die Stellung der Abb. 32 c dreht sich die Achse A überhaupt nicht; sie würde sich sonst um den Winkel $\frac{\alpha}{16}$ gedreht haben. Durch die Einwirkung des Stiftes T auf den Stern St ist also die Achse A um einen Winkel von $\frac{2\alpha}{16} = \frac{40}{16} = 2,5^\circ$ aufgehalten worden. Ist der Verteilerring in 13 Stücke zerlegt, so entspricht dem Winkel von $2,5^\circ$ eine Länge von $\frac{13 \cdot 2,5}{360} = 0,09$ Stücken.

Die Gleichlaufvorrichtung soll das Voreilen der Bürste beim Amte B berichtigen, ehe die Abweichung zwischen den Stellungen der Bürsten beider Ämter so groß geworden ist, daß die Elektromagnete der Empfänger falsche Stromstöße erhalten, die zu ihrem Ansprechen ausreichen, und hierdurch unrichtige Zeichen erscheinen können. Dies wird durch eine Verlängerung des Stückes erreicht, mit dem der Korrektionsselektromagnet verbunden ist. Zur Erläuterung diene die schematische Darstellung in Abb. 33. RA und RB stellen Teile der Verteilerringe der Ämter A und B dar; die auf ihnen schleifenden Bürsten sind mit der Leitung verbunden. Die Stücke 12 und 13 von RA sind dauernd mit der positiven und negativen Linienbatterie verbunden; das Stück 12 von RB ist frei, während an dem Stücke 13, das zunächst dem Stücke 12 gleich sein soll, der Korrektionsselektromagnet KE liegt. Die Stücke 1 bis 5 von RA stehen mit den Tastenhebeln eines Gebers G , die Stücke 1 bis 5 von RB mit den Elektromagneten E_1 bis E_5 eines Übersetzers in Verbindung. Von den Tasten des Gebers G seien die 1., 3. und 5. gedrückt, so daß an den zugehörigen Verteilerstücken 1, 3 und 5 die positive und an den Stücken 2 und 4 die negative Linienbatterie liegt. Unterhalb von RB sind die in die Leitung fließenden Stromstöße angegeben. Bei der in Abb. 33 unter a gezeichneten Stellung befinden sich beide Bürsten zu derselben Zeit auf dem Anfange des Stückes 12. Die von den Stücken von RA ausgehenden Stromstöße kommen genau auf den zugehörigen Stücken von RB an. Nach der ersten Umdrehung wird die Bürste B_2 , da sie schneller als die Bürste B_1 läuft, bereits das Stück 12 erreicht haben, während dies für die Bürste B_1

noch nicht der Fall ist. Die gegenseitige Verschiebung der Bürsten bei fester Stellung der Verteilerringe kann auch in der Weise dargestellt werden, daß die Stellung der Bürsten zueinander als fest angenommen und die der Ringe als veränderlich gezeichnet wird. Am Ende der ersten Umdrehung habe dann RA die in Abb. 33 unter b angegebene Stellung zu RB . Die von RA ausgehenden Stromstöße gelangen jetzt nicht mehr voll zu den zugehörigen Stücken von RB ; es kommen die schraffiert gezeichneten Stromteile auf unrichtigen Stücken an. Der Korrektionsmagnet KE erhält über das



Stück 13 einen kurzen Stromstoß, der aber nicht ausreichen möge, um ihn anzusprechen zu lassen. Mit jeder folgenden Umdrehung wird der Unterschied in der Stellung der Ringe zueinander größer werden; er möge am Ende der vierten Umdrehung der in Abb. 33 unter c dargestellten Lage entsprechen. Der unter diesen Verhältnissen zum Elektromagneten KE über das Stück 13 gelangende Stromstoß soll ausreichen, um diesen Elektromagneten anzusprechen zu lassen und dadurch in der oben beschriebenen Weise das Voreilen der Bürste B_2 auszugleichen. Bereits vorher sind aber auf anderen Stücken von RB unrichtige Stromteile von solcher Größe angekommen, daß sie unter Umständen einzelne Elektromagnete der Übersetzer erregt haben können. Um zu verhindern, daß diese Elektromagnete unrichtig früher anzusprechen als der Korrektionsmagnet, kann das Stück 13 auf Kosten des Stückes 12 verlängert werden, wie dies in Abb. 33 unter d und e angedeutet ist. Die Stellung am Ende der zweiten Umdrehung ist unter d dargestellt. Auf das Stück 13 entfällt ein positiver Stromteil, auf den der Elektromagnet KE bereits anspricht und das Voreilen der Bürste B_2 aufhebt. Die unrichtigen Stromteile für die übrigen Stücke reichen jedoch nicht aus, um die Elektromagnete des Empfängers anzusprechen zu lassen. Nachdem die Gleichlaufvorrichtung gewirkt hat, sind die Bürsten oder die Ringe in die Stellung nach Abb. 33 unter e zueinander gekommen. Der Elektromagnet KE erhält also bei jeder Umdrehung einen positiven Stromstoß, der aber erst unter den angenommenen Verhältnissen bei jeder zweiten Umdrehung so groß wird, daß der Elektromagnet anspricht. Der gefiederte Pfeil in Abb. 33 unter d und e bezeichnet den sogenannten „Merkpunkt“ des Korrektionsstückes, d. h. den Punkt, den die Bürste B_2 er-

reicht.

reicht haben muß, während die Bürste B_1 am Ende des Stückes 12 steht, damit der positive Stromstoß den Elektromagneten KE zum Ansprechen bringt.

Das Stück 12 von RB ist frei; es wird daher im Verteiler fortgelassen. Das Stück 13 ist verschiebbar angeordnet; die Notwendigkeit für diese Einrichtung, nach der das Stück 13 das „bewegliche Stück“ genannt wird, wird später erläutert.

Der Rückführungsdaumen D und der Korrektionsstern St einerseits und die Verteilerbürsten andererseits müssen eine bestimmte Stellung zueinander haben. Der Anker des Korrektionselektromagneten und mit ihm der Korrektionsstift T müssen in der Ruhelage sein, bevor der Elektromagnet anspricht. Dies trifft zu, wenn der höchste Punkt des Rückführungsdaumens an dem Stifte vorübergegangen ist, ehe die Verteilerbürste den Merkpunkt des Korrektionsstückes erreicht hat. Beim Ansprechen des Elektromagneten muß der Stift genügend weit in die Bahn des Korrektionssternes gestoßen werden können; es darf also in dieser Zeit die abfallende schräge Fläche des Daumens dem Stifte nicht mehr gegenüberstehen. Schließlich muß der Stift in die Bahn des Korrektionssternes

Abb. 34.

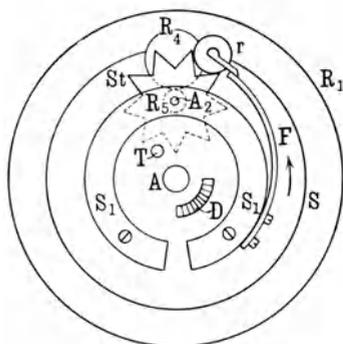
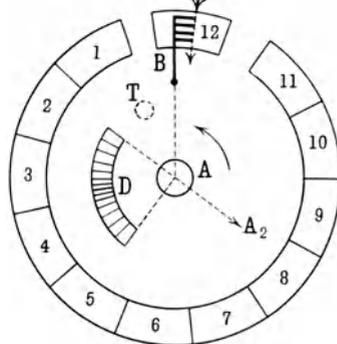


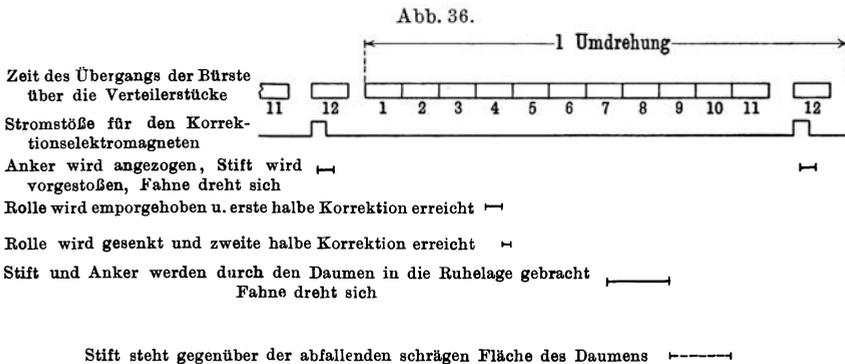
Abb. 35.



gelangen, bevor der Stern mit seinem der Achse zugekehrten Zahne den Weg des Stiftes erreicht. Zur Prüfung, ob die Bürste des Verteilerringes I richtig gestellt ist, drücke man mit dem Ende eines Schraubenziehers dauernd gegen den Anker so, daß man ihn gegen die Elektromagnetkerne legt, und drehe langsam mit der Hand den Geschwindigkeitsregler. Zunächst wird der Daumen mit seiner ansteigenden Fläche durch den Stift Anker und Schraubenzieher herunterdrücken. Kommt der Stift auf die abfallende Fläche des Daumens, so kann der Anker dem Drucke des Schraubenziehers nachgeben; er wird sich allmählich wieder gegen die Kerne legen. Sobald der Anker die Kerne berührt, ist der Daumen ganz am Stifte vorübergegangen. In diesem Augenblicke soll die Bürste des Verteilerringes I den Merkpunkt des Korrektionsstückes noch nicht erreicht haben.

Eine richtige Stellung der Verteilerbürste zum Rückführungsdaumen zeigt Abb. 35. A ist die Verteilerachse, mit der sich der Daumen D in der Pfeilrichtung dreht. Die von A ausgehende gestrichelte Linie mit der Pfeilspitze weist nach A_2 , der Achse des Korrektionssternes, hin. Die Bürste B gleitet über den Verteilerring I in der Drehungsrichtung der Verteilerachse. Es ist die Stellung gezeichnet, in der die Bürste gerade den Merkpunkt des Korrektionsstückes erreicht. Bei dieser Einstellung verläuft die Korrektion zeitlich in der in Abb. 36 angegebenen Weise.

Das richtige Arbeiten der Gleichlaufvorrichtung hängt — abgesehen von der vorstehend angegebenen Einstellung — von dem gleichmäßigen Ansprechen des Korrektionsmagneten ab. Der Elektromagnet wird erregt durch einen Ortstrom, dessen Kreis der Ankerhebel des Linienrelais unter der Einwirkung des Linienstromes schließt. Die Zeitdauer, während der der Ortstrom wirken muß, bis der Elektromagnet seinen Anker gegen die Kerne legt, also den Stift in die Bahn des Korrektionssternes stößt, muß gleich bleiben. Dies ist aber nur der Fall, wenn die vom Elektromagneten zu leistende Arbeit unverändert bleibt. Es ist also darauf zu achten, daß der Anker in seinen Lagern frei beweglich ist; er darf nicht durch Schmieröl verschmutzt sein. Auch der Stift muß sich in seinem Lager leicht bewegen können; er muß also sehr glatt sein und gut geölt werden. Ebenso muß der Zeiger rein und leicht beweglich sein, damit er den Anker in seiner Bewegung nicht hindert. Ferner muß der Stift die richtige Länge haben. Er muß genügend lang sein, damit er voll von dem Sternzahn gefaßt wird, wenn der Anker die Kerne berührt und den Stift am weitesten vorgestoßen hat. Ist jedoch der Stift zu lang, so werden die

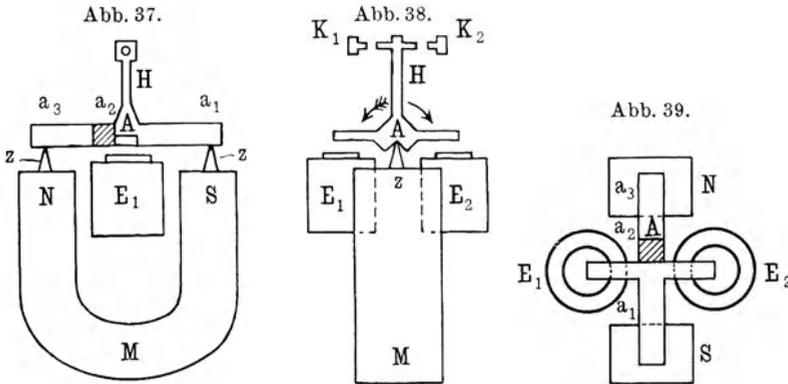


Ankeransätze beim Zurückgehen des Stiftes zu weit von den Kernen entfernt, und die Empfindlichkeit des Elektromagneten wird verringert. Die Länge des Stiftes ist richtig, wenn einerseits das Stiftende gut im Drehungsfelde des Sternes steht, sobald der Anker angezogen ist, und andererseits Anker und Stift sich noch ein wenig bewegen können und noch nicht fest zusammengepreßt sind, sobald der höchste Punkt des Daumens dem Stifte gegenübersteht. Wird der Stift zurückgedrückt, so legt er den Ankeransatz gegen die Spitze der Begrenzungsschraube S_2 (Abb. 31). Ist nun der Abstand zwischen Ankeransatz und Kern kurz im Verhältnis zum Wege, den der Stift bei der Rückkehr in die Ruhelage zurücklegt, so wird ein Druck auf den Anker ausgeübt, und die Schrauben, die den Anker halten, können leiden. Schließlich muß der Korrektionsstern so stehen, daß er den Stift nicht mit der Spitze, sondern mit der Seitenfläche eines Zahnes trifft. Wenn der Zahn mit der Spitze auf den Stift träfe, so könnten sich die Teile zusammenpressen oder es könnte die Korrektion doppelt eintreten.

6. Das Relais.

Es ist nicht zweckmäßig, die aus der Leitung kommenden Ströme unmittelbar auf die Elektromagnete des Empfängers wirken zu lassen. Diese Elektromagnete müssen kräftig erregt werden, damit sie beim Anziehen des

Ankers genügend mechanische Arbeit leisten. Um in der Leitung verhältnismäßig schwache Ströme verwenden zu können, läßt man die Linienströme auf ein empfindliches Relais wirken, dessen Ankerhebel einen Ortstromkreis für die Elektromagnete des Empfängers oder Übersetzers schließt. Das Relais von Baudot ist polarisiert; es hat bei hoher Empfindlichkeit eine geringe Selbstinduktivität und arbeitet schnell. Der elektromagnetische Teil des Relais ist in den Abb. 37 bis 39 schematisch dargestellt; er besteht aus dem hufeisenförmigen Dauermagneten M mit den Polen N und S , den Elektromagneten E_1 und E_2 und dem kreuzförmigen Anker A . Der Anker ist aus drei Stücken a_1 , a_2 und a_3 zusammengesetzt; die Stücke a_1 und a_3 bestehen aus weichem Eisen und sind durch das Messingstück a_2 magnetisch voneinander isoliert. Der Anker trägt einen senkrecht emporstehenden Ansatz oder Hebel H , der sich je nach der Lage des Ankers gegen einen der Kontakte K_1 und K_2 legt. Steht der Anker den Polen des Dauermagneten in der Weise gegenüber, wie es in Abb. 39 angegeben ist, so werden die Ankerteile über den Elektromagnetkernen süd- und nordmagnetisch und das nach a_2 zugekehrte Ende von a_3 nord-



magnetisch. Fließt ein Strom durch die miteinander verbundenen Windungen der Elektromagnete in der Richtung, daß die Kerne von E_1 und E_2 in ihrem oberen Teile verschieden magnetisch, und zwar bei E_1 nord- und bei E_2 süd- magnetisch werden, so wird der Ankerteil gegenüber E_1 angezogen und der Teil gegenüber E_2 abgestoßen. Der Anker ist auf den Spitzen z gelagert und leicht beweglich; unter dem Einwirken der in der angegebenen Weise erregten Elektromagnete dreht er sich in der Richtung des gefiederten Pfeiles und legt seinen Hebel H gegen den Kontakt K_1 . Durchfließt hierauf ein entgegengesetzt gerichteter Strom die Wicklungen der Elektromagnete, so wechselt der Magnetismus der oberen Kernen. Der linke Teil des Ankers wird von E_1 abgestoßen und der rechte Teil von E_2 angezogen; der Anker dreht sich in der Richtung des ungefederten Pfeiles und legt den Hebel H gegen den Kontakt K_2 .

Abb. 40 und 42 geben eine Gesamtansicht des Relais von vorn und von der Seite und Abb. 41 und 43 zeigen die zugehörigen Querschnitte. Das auf dem Holzsockel G stehende Relais wird durch einen mit Ebonit gefütterten Messingzylinder gegen äußere Einwirkungen geschützt. Den Zylinder schließt oben eine Glasplatte ab, so daß auch bei aufgesetztem Schutzzylinder das Spiel des Ankerhebels beobachtet werden kann. In den Abb. 40 bis 43 ist das Relais nach dem Abnehmen des Zylinders dargestellt.

Abb. 40.

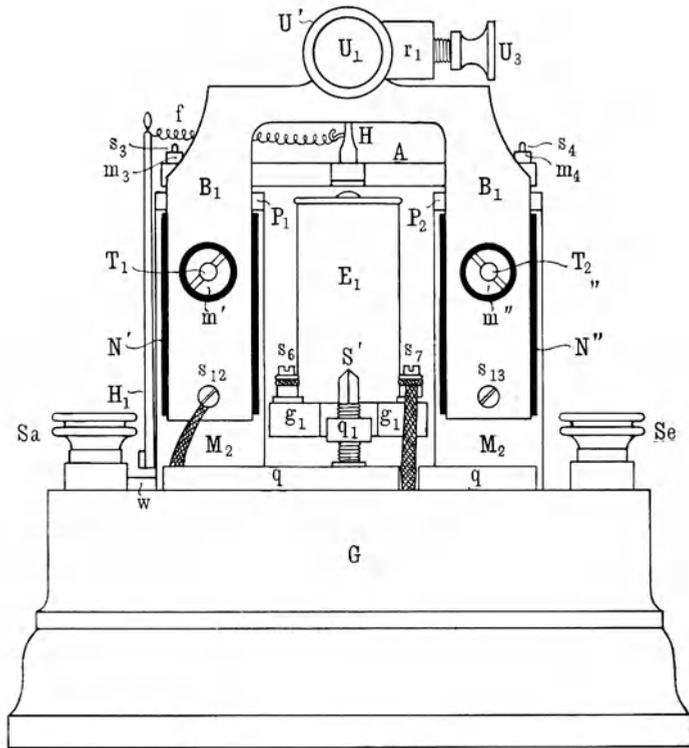
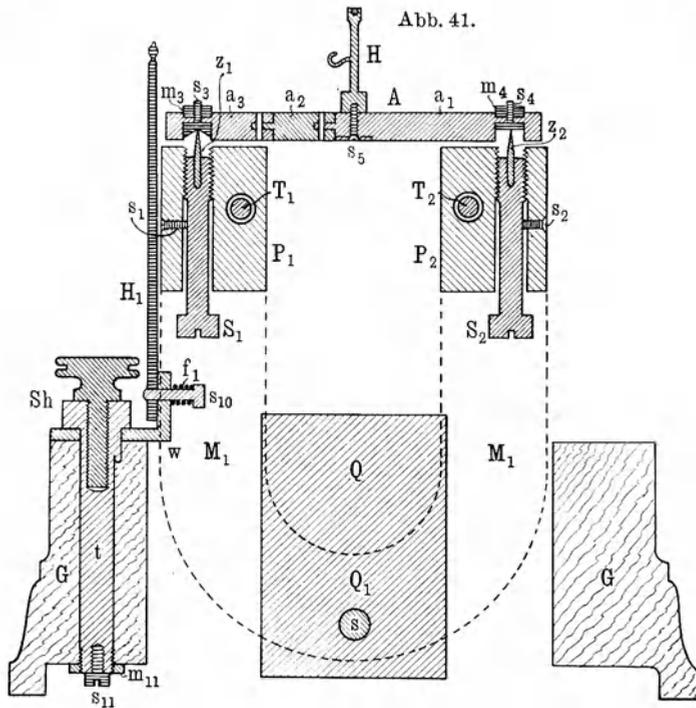


Abb. 41.

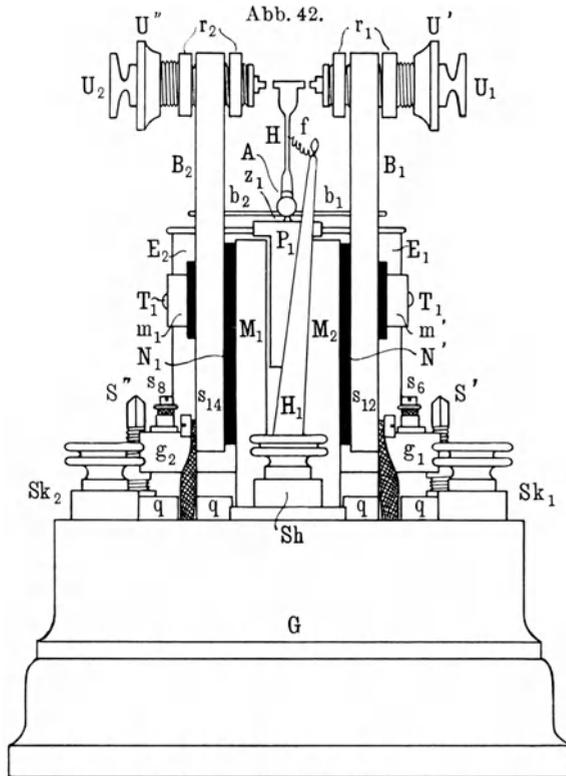


Der Dauermagnet ist aus zwei hufeisenförmigen Magneten M_1 und M_2 gebildet, die parallel zueinander mit ihren gebogenen Teilen an dem Ansatz Q_1 des Messingstückes Q durch die Schraube s mit der Mutter m befestigt sind (Abb. 43). Das Stück Q ragt mit dem Ansatz Q_1 in einen Ausschnitt des Holzsockels G hinein und legt sich mit dem zu einer flachen Platte verbreiterten oberen Teile q auf den Sockel. Die Platte q wird mit dem Sockel verschraubt; hierdurch erhält auch der Dauermagnet eine feste Lage am Sockel.

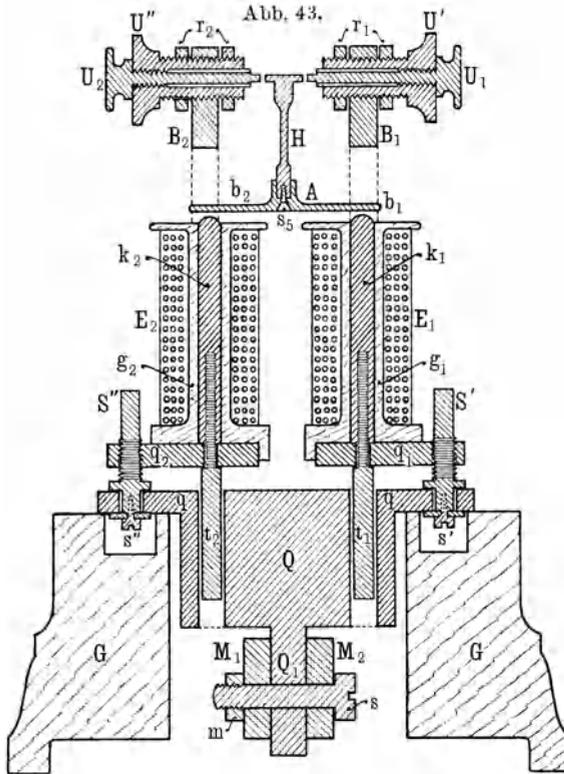
Zwischen den Polen der Dauermagnete sind die Eisenstücke P_1 und P_2 als Polschuhe angebracht. Durch die Magnete und die Polschuhe führen die Stifte T_1 und T_2 , auf deren herausragende, mit einem Schraubengewinde versehene Enden die Muttern m' , m'' , m_1 und m_2 aufgeschraubt werden und so Dauermagnete und Polschuhe zusammendrücken.

Durch die Polschuhe P_1 und P_2 führen von unten die Messingschrauben S_1 und S_2 (Abb. 41), die in ihrer Lage durch die Schrauben s_1 und s_2 festgehalten werden. In die emporstehenden Enden von S_1 und S_2 sind die glasharten Stahlspitzen z_1 und z_2 eingelassen (Abb. 41 und 42). Auf den Spitzen ruht der Anker A . Er besteht aus den Eisenstücken a_1 und a_3 und dem Messingstück a_2

(Abb. 41). Die Teile sind ineinander geschraubt und außerdem durch Stifte verbunden. In Öffnungen auf der Unterseite von a_1 und a_3 sind die Schrauben s_4 und s_3 eingelassen; ihre Gewinde ragen oben heraus und werden durch die Muttern m_4 und m_3 gehalten. Die Köpfe von s_3 und s_4 sind vertieft, und zwar von s_3 konisch und von s_4 länglich. Bei dieser Lagerung kann sich der Anker leicht bewegen. Der Anker setzt sich in der Mitte rechtwinkelig nach beiden Seiten fort; diese über die Elektromagnetkerne reichenden Stücke zeigt Abb. 43. An dem Anker ist mit der Schraube s_5 der Hebel H befestigt; er trägt einen Haken, der am Ende einer schwachen Feder f (Abb. 40 und 42, in Abb. 41 fortgelassen) aufnimmt. Das andere Ende dieser Feder legt sich um den Kopf des Einstellhebels H_1 (Abb. 40 bis 42). Der Hebel dreht sich mit der Achse s_{10} in dem senkrechten Teile des Winkelstückes w (Abb. 41). Eine um den freien Teil von s_{10} gelegte Spiralfeder f_1 wirkt so, daß sich der



Hebel H_1 an w reibt und die Stellung behält, in die er mit der Hand gebracht ist. In den oberen verbreiterten Teil des Ankerhebels H ist ein kleiner Silberzylinder eingelassen, dessen Außenflächen gegen die Kontakte schlagen. Die Kontakte bilden die Enden der Kontaktschrauben U_1 und U_2 (Abb. 42 und 43). Diese Schrauben werden in die Einstellschrauben U' und U'' so weit eingeführt, daß sich ihr Kopf mit der unteren Fläche gegen die obere Fläche des Kopfes der Einstellschraube legt. Die Einstellschrauben führen durch die Rahmen r_1 und r_2 und die von ihnen eingeschlossenen emporstehenden Enden der Bügel B_1 und B_2 . Diese Bügel legen sich gegen die Ebonitplatten N_1 ,



N' , N_2 und N'' , die mit den anderen Seiten die Dauermagnete berühren. Die bereits erwähnten Stifte T_1 und T_2 pressen also Bügel, Ebonitscheibe, Magnete und Polschuh zusammen. Die Muttern m_1 , m' , m_2 und m'' sind durch untergelegte Ebonitscheiben von den Bügeln B_1 und B_2 und die Stifte T_1 und T_2 durch umgelegte Ebonitringe von den Bügeln und den Dauermagneten isoliert.

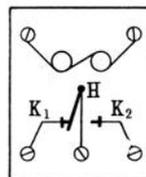
Da die Kontaktschrauben U_1 und U_2 mit dem Gewinde ihres oberen Teiles vollständig in die Einstellschrauben U' und U'' hineingeschraubt werden, so sind sie mit ihnen so verbunden, daß die Kontaktschraube jeder Drehung der Einstellschraube folgt. Bei gegebener Länge von U_1 regelt also U' die Entfernung des Kontaktes vom Ankerhebel. Wird U_1 zum Reinigen der Kontaktfläche herausgenommen und dann wieder in U' hineingeschraubt, so steht der Kontakt ohne weiteres wieder, wie er vorher eingestellt gewesen ist, zum Ankerhebel. Um die Einstellschrauben in der einmal gewählten Stellung zu halten, führen Schrauben (U_3 für r_1 in Abb. 40) durch den Rahmen und werden so weit hineingedreht, daß sich ihr Fußpunkt gegen den Bügel legt. Der Rahmen drückt dann die Einstellschraube fest gegen die Wandung des Bügels.

Die beiden Elektromagnete E_1 und E_2 sind mechanisch voneinander getrennt. Die Kerne k_1 und k_2 stehen senkrecht in den Holzgestellen g_1 und g_2 (Abb. 43), die die Wicklungen tragen. Die Wicklung eines jeden Kernes hat einen Widerstand von 100 Ohm. Die unteren Teile des Holzgestelles sind als Grundbretter ausgebildet und liegen auf den Eisenstücken

q_1 und q_2 . In die Kerne sind Messingzylinder t_1 und t_2 eingeschraubt, so daß die Elektromagnete fest mit den Platten q_1 und q_2 und mit den Zylindern t_1 und t_2 verbunden sind. Diese Zylinder oder Stifte ragen in Öffnungen des Messingstückes Q hinein und werden hierdurch in der senkrechten Stellung gehalten. Die Stifte können im Stücke Q verschoben werden, und mit ihnen ändert sich auch die Stellung der Elektromagnete. Durch Gewinde der Eisenstücke q_1 und q_2 führen die Stellschrauben S' und S'' , deren Köpfe in der Platte q liegen. In dieser Platte werden sie durch die Schrauben s' und s'' mit untergelegten Scheiben festgehalten. Der Teil der Schrauben S' und S'' oberhalb von q_1 und q_2 ist vierkantig. Wird ein entsprechend ausgehöhlter Stellstift auf eine Schraube aufgesetzt und gedreht, so wird die Platte empor- oder heruntergeschraubt und der Elektromagnet gehoben oder gesenkt.

Die Enden der Wickelungen sind an vier Schrauben gelegt, von denen s_6 , s_7 und s_8 in Abb. 40 und 42 zu erkennen sind. Zwei dieser Schrauben und damit auch die zugehörigen Wickelungsenden sind miteinander verbunden. Die übrigen Schrauben stehen mit den Klemmschrauben Sc und Sa in Verbindung. Der Ankerhebel H ist über den Einstellhebel H_1 und den Winkelhebel w mit der Klemmschraube Sh verbunden. Von den Bügeln und damit auch von den Kontakten führen von den Schrauben s_{12} und s_{14} aus Verbindungsdrähte zu den Klemmschrauben Sk_1 und Sk_2 . Die Klemmschrauben sind, wie es für Sh in Abb. 41 angedeutet ist, in Messingstücke t eingeschraubt, die durch den Holzsockel führen. Durch die Mutter m_{11} wird das Stück fest mit dem Sockel verbunden. Die Schraube s_{11} dient zum Festlegen des vom Relais kommenden Drahtes. Der obere Teil der Klemmschraube nimmt die äußeren Zuführungsdrähte auf.

Abb. 44.



In den Stromläufen wird das Relais mit seinen Verbindungen schematisch nach Abb. 44 dargestellt werden. Die Klemmen H , K_1 und K_2 entsprechen den Schraubenklemmen Sh , Sk_1 und Sk_2 der Abb. 41 und 42.

Bei dem ersten Einstellen des Relais ist hauptsächlich auf folgende Punkte zu achten. Die oberen Flächen der Polschuhe müssen parallel der Ankerachse stehen. Die Polschuhe selbst müssen so weit voneinander entfernt sein, daß die Lagerspitze z_3 (Abb. 41) die Mitte der dachförmigen Vertiefung der Schraube s_4 trifft, wenn sich z_1 gegen den tiefsten Punkt des kegelförmigen Einschnittes der Schraube s_3 legt. Bei den Lagerspitzen z_1 und z_2 ist darauf zu achten, daß sie fest in den Schrauben S_1 und S_2 sitzen und nicht stumpf oder schartig sind. Die Flächen der Schrauben s_3 und s_4 , die sich auf die Spitzen von z_1 und z_2 legen, müssen glatt und richtig geformt sein, damit keine schädliche Reibung an den Lagerstellen auftritt. Zunächst sind die Lagerflächen der Schrauben s_3 und s_4 so einzustellen, daß der auf den Spitzen z_1 und z_2 ruhende Anker die Polschuhe nicht berührt, ihnen aber doch sehr nahe steht; dann sind die Schrauben s_3 und s_4 mit den Gegenmuttern m_3 und m_4 festzulegen. Als Anhalt für den Abstand zwischen Polschuh und Anker kann dienen, daß ein Papier von der Stärke der Aufnahmeblätter für Telegramme frei zwischen Anker und Polschuh geschoben werden kann. Die Spitzen z_1 und z_2 werden mit Hilfe der Schrauben S_1 und S_2 richtig gestellt. Bevor die Lage einer dieser Schrauben geändert wird, ist die

Schraube s_1 oder s_2 zu lösen. Auch die rechtwinkelig zu dem Anker A laufenden Ansätze b_1 und b_2 sollen den Kernen k_1 und k_2 (Abb. 43) so nahe stehen, daß ein vierfach gefaltetes Papierblatt zwischen Ankeransatz und Kern geschoben werden kann, wenn der Ankerhebel H in der Mittelstellung festgelegt ist.

Bei den Kontakten ist darauf zu achten, daß die Flächen glatt sind und die Anschlagflächen des Ankerhebels voll treffen. Ferner muß der Ankerhebel ein sehr geringes Spiel haben und neutral eingestellt werden, d. h. er muß, wenn er mit der Hand gegen einen Kontakt gelegt wird, an diesem Kontakte liegen bleiben und darf nicht von selbst zum anderen Kontakte herüberfallen. Um die Kontakte richtig einzustellen, verfährt man zweckmäßig in folgender Weise. Die Kontaktschraube U_2 (Abb. 43) wird zurückgenommen, und der Rahmen r_1 wird ein wenig gelockert, damit die Lage der Einstellschraube U' geändert werden kann. Dann drückt man mit einem Finger den Ankeransatz b_2 auf den Kern k_2 herunter. Da der Ansatz b_2 unter dem Einwirken des Dauermagneten magnetisch ist, so wird bei dem Berühren auch der Kern k_2 magnetisiert. Dann drückt man mit einem Finger leicht auf den Ansatz b_1 , so daß sich H gegen U_1 legt. Läßt man b_1 los, so soll b_2 infolge des remanenten Magnetismus von k_2 zu diesem Kerne zurückkehren, H sich also von U_1 trennen. Ist dies nicht der Fall, so ist die Lage von U_1 mit Hilfe der Einstellschraube U' so zu verändern, daß gerade der Grenzpunkt erreicht wird. Hierauf wird U' durch die Schraube U_3 und den Rahmen r_1 festgelegt. Nunmehr erhält auch U_2 in gleicher Weise seine endgültige Lage. Der Ankerhebel steht dann symmetrisch zu den Kontakten; das Relais ist neutral eingestellt. Bei diesem Verfahren wird zwischen dem Hebel H und den Kontakten U_1 und U_2 ein sehr geringer Spielraum bleiben. Sind die Kontakte auf diese Weise eingestellt, und ist dann der Ankerhebel festgeklemmt, so zeigt dies sicher an, daß der Anker fehlerhaft gelagert ist. Dieser Fehler muß durch Ändern der ersten Einstellung des Relais, nicht aber durch Entfernen der Kontakte vom Ankerhebel beseitigt werden. Während dieses Einstellens der Kontakte ist die Feder f von dem Ankerhebel H abzunehmen; sie wird für den Betrieb wieder an H befestigt. Durch Drehen des Einstellhebels H_1 läßt sich auf H ein leichter Zug nach der einen oder anderen Seite ausüben, um bei symmetrischer Einstellung des Ankerhebels Unterschiede in der Stärke der aus der Leitung kommenden positiven und negativen Ströme auszugleichen.

Für das gute Arbeiten des Relais sind reine Kontakte Vorbedingung. Um die Kontakte zu reinigen, zieht man einen Papierstreifen zwischen den Anschlagflächen hindurch, oder man nimmt die Kontakte und den Anker heraus und reinigt die Kontaktflächen auf einem besonders geformten Bronzeblocke. Das Reinigen der Kontakte ist erforderlich, weil beim Unterbrechen des Stromkreises infolge der Selbstinduktivität des in diesem Kreise liegenden Elektromagneten ein Funken zwischen dem Ankerhebel und dem Arbeitskontakt entsteht. Dieser Öffnungsfunken oxydiert die Kontaktflächen und erhöht den Übergangswiderstand. Um die schädliche Wirkung des Funkens abzuschwächen, wird zwischen Hebel und Erde ein induktionsfreier Widerstand von 200 Ohm eingeschaltet; die Funkenbildung wird hierdurch wesentlich vermindert.

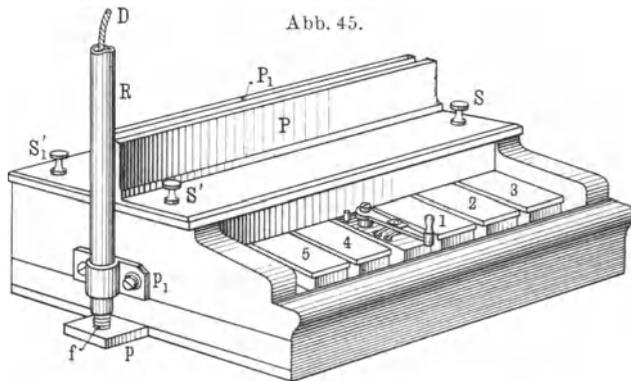
7. Der Geber.

Zum Übermitteln eines Zeichens sendet nach den früheren Erörterungen das gebende Amt eine Gruppe von fünf Stromstößen durch die Leitung zum empfangenden Amte. Die Richtung der einzelnen Stromstöße einer Gruppe bestimmt, wie in Abb. 3 angegeben ist, das Zeichen und wird bedingt durch die Batterie, die mit den Verteilerstücken verbunden ist, während die Bürste über sie gleitet. Um die Stücke leicht mit einer der beiden Batterien verbinden zu können, werden Tasten verwendet, die in der Ruhelage, in der sie eine Feder hält, die Trennbatterie an die Verteilerstücke legen. Drückt der gebende Beamte eine Taste nieder, so bringt er sie in die Arbeitslage und verbindet die Zeichenbatterie mit dem Verteilerstücke. Die Tasten, mit denen die Zeichenströme (in Abb. 3 als $+$ -Einheiten bezeichnet) gesandt werden sollen, müssen gedrückt sein, wenn die Bürste die zugehörigen Stücke erreicht. Da beim Arbeiten im Betriebe die für ein Zeichen in Betracht kommenden Tasten gleichzeitig gedrückt werden, die erste Taste aber bereits gedrückt sein muß, wenn sich die Bürste auf dem Anfange des ersten Stückes befindet, so hat der Beamte die Taste in der Zeit zwischen der Stromsendung bei zwei aufeinander folgenden Umdrehungen niederzudrücken. Damit der Beamte erkennt, wann er die Tasten drücken muß, wird bei jeder Umdrehung zur richtigen Zeit selbsttätig ein Geräusch, der Taktschlag, erzeugt.

Der Geber alter Bauart mit magnetischem Festhalten der Tasten.

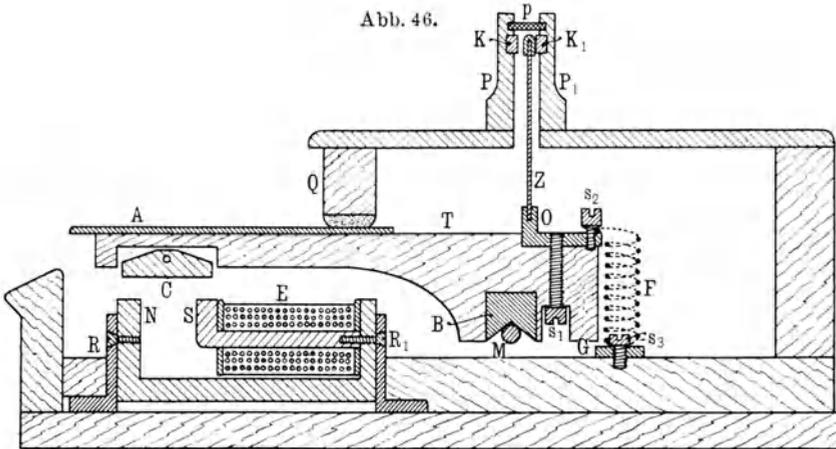
Die Gesamtansicht des Gebers mit dem unteren Teile des Rohres, das den Taktschläger trägt, zeigt Abb. 45. Ein Holzkasten nimmt die Tasten und die Elektromagnete auf, die, wie später erörtert wird, die Tasten 4 und 5 in der Arbeitslage festhalten. Die Tasten sind in Gruppen von 3 und 2 angeordnet.

Die Tasten 1, 2 und 3 werden im allgemeinen mit den Fingern der rechten Hand und die Tasten 4 und 5 mit den Fingern der linken Hand niedergedrückt. Abb. 46 zeigt einen Durchschnitt des Gebers in der Längsrichtung der Taste 4 oder 5. Nahe der Bodenfläche des Gehäuses liegt die

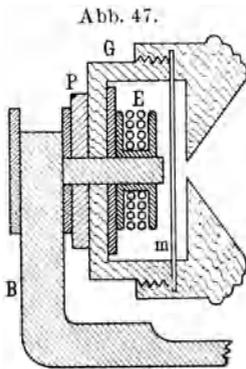


Achse M , auf der die Tasten leicht beweglich ruhen. Der Körper jeder Taste T besteht aus Holz; die Oberfläche ist im vorderen Teil, auf den der Finger drückt, mit einer Elfenbeinplatte A belegt. Auf der Unterseite der Taste ist im hinteren Teil ein Bronzestück B eingelassen, mit dem sich die Taste auf die Achse M legt. Durch eine von unten nach oben führende Schraube s_1 ist mit dem Tastenkörper das aus Messing hergestellte Winkel-

stück O verbunden. An diesem Stück ist das Ende der obersten Windung einer Spiralfeder F mit der Schraube s_2 festgelegt. Die unterste Windung der Feder ist durch die Schraube s_3 an dem Metallstücke G befestigt. Die Feder F zieht den hinteren Teil des Tastenhebels herab, so daß sich der vordere Teil gegen das mit Filz belegte Querstück Q des Holzgehäuses legt. In den emporstehenden Teil des Winkelstückes O ist eine biegsame Blattfeder Z



eingelassen, über deren oberes freies Ende ein Silberblech gelegt und angelötet ist. Dieses Ende steht zwischen den Anschlagstücken K und K_1 , die in die Platten P und P_1 eingelassen sind. In der Ruhelage der Taste legt sich Z gegen K_1 , in der Arbeitslage gegen K . Wird an der Platte G der Verbindungsdraht zum Verteilerstücke befestigt, und werden P und P_1 mit der Zeichen- und Trennbatterie verbunden, so liegt in der Ruhelage der Taste — LB , die Trennbatterie, und in der Arbeitslage + LB , die Zeichenbatterie, an dem Verteilerstücke.



Die Winkelschienen P und P_1 werden an dem Holzgehäuse mit den Schrauben S, S', S_1 und S'_1 befestigt (Abb. 45). Aus den Holzwänden ragen Stifte mit Schraubengewinden hervor, die durch Löcher in den Winkelschienen führen. Diese Stifte nehmen die Schrauben auf. Die vordere Schiene hat runde Bohrungen und liegt daher in ihrer durch die Stifte gegebenen Lage fest. Die hintere Schiene hat längliche Löcher, so daß sie zur vorderen Schiene in geringen Grenzen verstellbar werden kann. Zwei Querriegel aus Elfenbein halten die Schienen genügend weit voneinander entfernt. Der Raum zwischen den Schienen ist zum Schutze gegen das Eindringen von Staub und das Verunreinigen der Anschlagflächen oben und an den Seiten mit Fiberplatten abgeschlossen, die in Gleitrollen eingeschoben werden. Die hintere Messingplatte trägt einen (in Abb. 45 nicht gezeichneten) Ständer mit einem verstellbaren Pulte zum Auflegen der zu befördernden Telegramme.

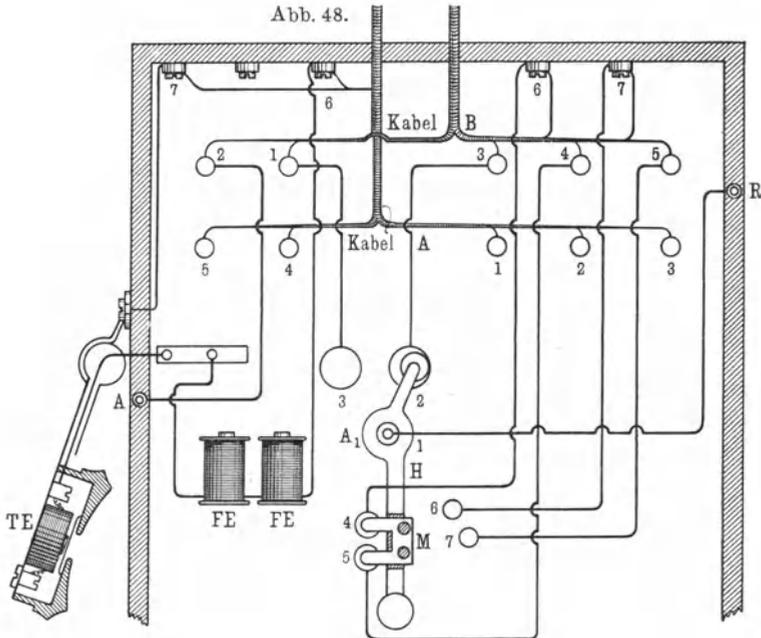
Um dem Beamten den Takt für das Arbeiten anzugeben, wird bei jeder Umdrehung der Verteilerbürste in dem Taktschläger des Gebers durch einen

aus einer Ortsbatterie über den Verteiler gesandten Stromstoß ein hörbares Zeichen gegeben. Der Taktschläger besteht aus einem polarisierten Elektromagneten E (Abb. 47), der in einer hölzernen Hörmuschel G untergebracht ist. Das Verteilerstück ist mit der Messingplatte p an der linken Seite des Gehäuses verbunden. An der Platte ist eine kleine Spiralfeder f festgeschraubt. Gegen diese Feder legt sich von oben der Kopf einer Schraube, die in einen Messingstift im Inneren des Rohres R eingeschraubt ist. Der Stift ist in ein Ebonitstück eingelassen, das ihn von dem Rohr isoliert. An der Schraube ist ein Ende des isolierten Drahtes D festgelegt. Der Draht führt durch das knieförmig gebogene Rohr, das in Abb. 45 abgebrochen gezeichnet ist, zum Anfange der Windungen der Spule E . Das Gehäuse G wird durch einen Deckel abgeschlossen, der ähnlich wie der Holzdeckel eines Fernhörers geformt ist. Zwischen Gehäuse und Deckel ist eine Membran m mit ihrem Rande festgeklemmt. Der Membran steht der Kern der Spule gegenüber. Er ist auf einem Stücke B , das magnetisch ist, befestigt und hierdurch selbst magnetisiert. Das Stück B reicht in das Rohr R hinein. Das Ende der Windungen von E ist mit der Platte P verbunden, auf der das Gehäuse befestigt ist. Die Windungen sind über diese Platte P und das Rohr R geerdet. Die Membran befindet sich unter dem Einfluß des polarisierten Kernes der Spule in einem gewissen Gleichgewichtszustande. Fließt ein Strom durch die Windungen, so ändert sich der Magnetismus des Kernes und dadurch auch die Lage der Membran; dies gibt ein kurzes deutliches Knacken.

Um zu verhüten, daß beim Arbeiten die Tasten 4 und 5 zu früh losgelassen werden, ist der vordere Teil dieser Tasten an der Unterseite ausgehöhlt, und in dieser Öffnung ist ein Stück C aus weichem Eisen befestigt (Abb. 46). Das als Anker dienende Eisenstück befindet sich oberhalb eines Dauermagneten, auf dessen einem Schenkel die Windungen E angebracht sind. Der Magnet ist so geformt, daß die freien Polflächen N und S nebeneinander und dem Stücke C gegenüberstehen. Er ist an den Winkelstücken R und R_1 , die mit dem Boden des Gehäuses verbunden sind, befestigt. Solange die Taste in der Ruhelage ist, wirkt der Magnet wegen des verhältnismäßig großen Abstandes nicht wesentlich auf den Anker C . Sobald aber die Taste niedergedrückt wird und der Anker die Pole N und S berührt, hält der Magnet den Anker und mit ihm die Taste fest. Die Taste bleibt also in der Arbeitslage, auch wenn der Beamte den Finger von ihr entfernt hat. Erst wenn durch die Windungen von E ein so gerichteter Strom fließt, daß der vorhandene Magnetismus geschwächt wird, überwindet die Spiralfeder F die anziehende Kraft des Magneten und bringt die Taste in die Ruhelage zurück. Um das Kleben des Ankers und damit auch der Taste nach dem Schwächen des Magnetismus zu verhindern, ist der Anker C auf der Unterseite mit Blattgold belegt. Wirkt der Magnet trotzdem noch zu stark, so kann die Wirkung durch das Zwischenlegen von Papierblättern geschwächt werden. Der Stromstoß, der den Magnetismus der Festhalte-magnete schwächt, wirkt auch gleichzeitig auf den Taktschläger. Die Windungen E des Taktschläger-Elektromagneten (Abb. 47) und der Festhalte-Elektromagnete der Tasten 4 und 5 sind hintereinander geschaltet.

Der Geber trägt, wie Abb. 45 erkennen läßt, auf einer Holzplatte zwischen beiden Tastengruppen einen Umschalter, der die Verteilergruppe auf Senden oder Empfangen schaltet. Die Bauart des Umschalters geht aus Abb. 48

hervor. Ein um die Achse A_1 drehbarer zweiarmiger Hebel H legt sich mit dem Ende des einen Armes entweder auf das Stück 2 oder auf das Stück 3, so daß der Zuführungsdraht von R zum Punkt 1 mit 2 oder 3 verbunden ist. Je nach der Stellung des Umschalters verbindet das auf dem Hebel

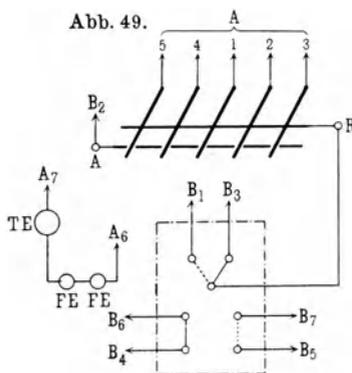


isoliert angebrachte Stück M durch zwei vorstehende Federn die Stücke 4 und 5 oder 6 und 7 untereinander. A und R deuten Metallstifte an, die von oben nach unten durch die Wände des Gehäuses führen. An ihren unteren Enden werden die in Abb. 48 gezeichneten Zuführungsdrähte festgeschraubt. Die oberen Enden ragen aus dem

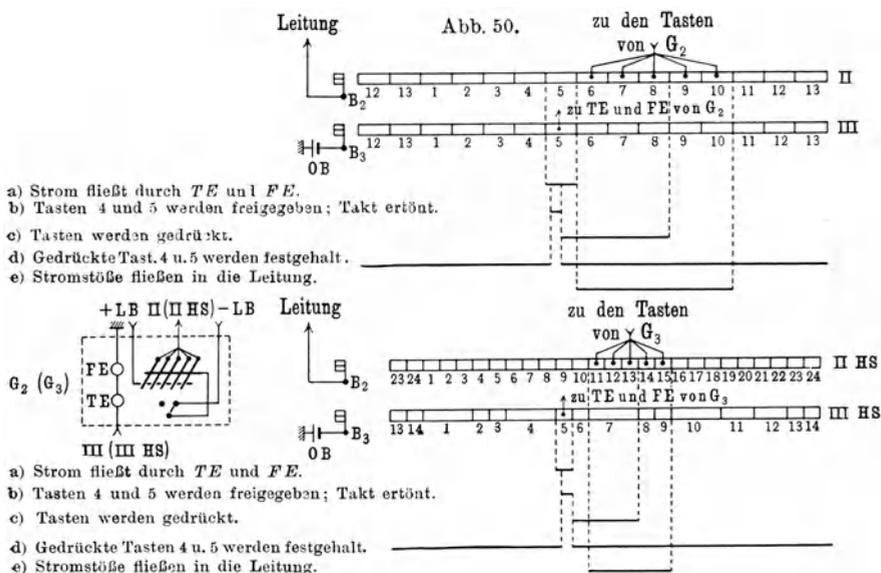
Holze hervor und greifen durch Löcher der Winkelschienen P und P_1 ; sie tragen ein Gewinde zur Aufnahme der Schrauben S' und S_1 . Diese Schrauben legen die Platten einerseits auf dem Gehäuse fest und verbinden sie andererseits über die Stifte mit den Zuführungsdrähten zu A und R . Zum Geber führen vom Umschaltekasten zwei siebenaderige Kabel A und B , deren Adern an die in Abb. 48 gezeichneten Klemmen geführt sind. Abb. 49 zeigt schematisch, wie die Tasten usw. mit den Kabeladern verbunden sind.

Bei der Sendestellung bestehen im Umschalter die ausgezogenen, bei der Empfangstellung die gestrichelten Verbindungen.

Beim Arbeiten sollen die Tasten gleichzeitig gedrückt und gleichzeitig losgelassen werden. Sie müssen in die Arbeitslage gebracht sein, wenn die Verteilerbürste das erste Stück der zum Geber gehörigen Gruppe erreicht,



und durch die Finger in der Arbeitslage mindestens so lange gehalten werden, bis die Bürste das dritte Stück der Gruppe verläßt. Die vorher niedergedrückten Tasten 4 und 5 werden durch die Magnete weiter in der Arbeitslage gehalten, auch wenn die Finger nicht mehr auf ihnen ruhen. Um den zeitlichen Verlauf der einzelnen Vorgänge zu zeigen, sind in Abb. 50 die für die Tasten und die Elektromagnete des Gebers in Betracht kommenden Verteilerringe für einen Zweifach- und einen Vierfachapparat dargestellt. Für den Zweifachapparat soll der Geber dem der zweiten Gruppe und für den Vierfachapparat dem der dritten Gruppe entsprechen. Die doppelten Bezeichnungen am Geber und bei der folgenden Erörterung gelten, soweit sie an erster Stelle stehen, für den Zweifachapparat und, soweit sie in Klammern gesetzt sind, für den Vierfachapparat. Den Stromstoß erhalten *TE* und *FE* während jeder Umdrehung, wenn die Bürste B_3 (B_3) über das Stück 5 von

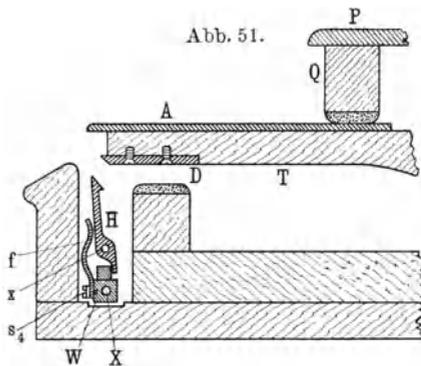


Ring *III* (5 von Ring *III HS*) gleitet. Es wird hierdurch erreicht, daß der Taktschlag angibt, wann der Beamte mit dem Drücken der Tasten beginnen soll. Der Takt ertönt, bevor B_2 (B_2) das Stück 6 (11) erreicht. Zugleich mit dem Arbeiten des Taktschlägers werden die etwa vorher gedrückten und festgehaltenen Tasten 4 und 5 freigegeben und, sofern die Finger nicht von neuem auf ihnen ruhen, durch die Spiralfedern in die Ruhelage zurückgebracht. In welcher zeitlichen Folge sich die Vorgänge abspielen, ist in Abb. 50 angegeben.

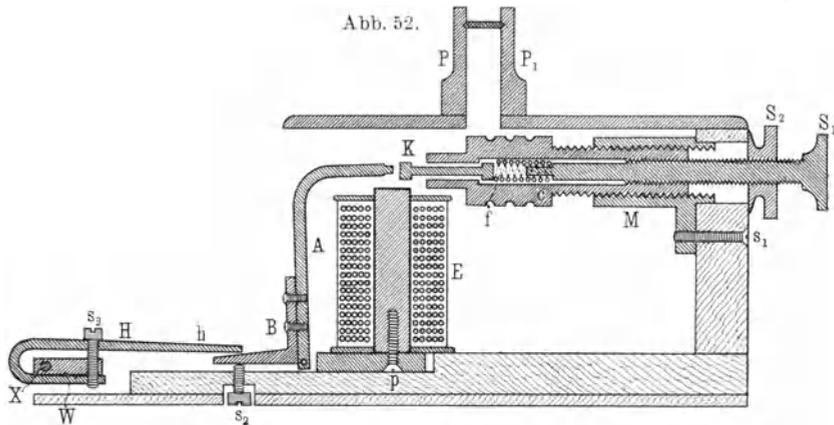
Der Geber neuer Bauart mit mechanischem Festhalten der Tasten.

Er entspricht in seiner äußeren Form im allgemeinen dem Geber alter Bauart; jedoch fallen die in Abb. 45 sichtbare Röhre *R* mit dem Taktschläger und der außen zwischen den Tastengruppen angebrachte Umschalter fort. Jede Taste wird, wenn sie niedergedrückt ist, mechanisch festgehalten, bis ein Stromstoß sie wieder frei gibt. Der vordere Teil einer Taste mit der

Festhaltevorrichtung ist in Abb. 51 im Querschnitte dargestellt. Der mit dem Elfenbeinstück *A* belegte Tastenhebel *T* trägt auf der Unterseite ein Stück *D* aus gehärtetem Stahl. Das Stück ragt mit einer gut polierten schrägen Fläche etwas hervor. Ihm gegenüber, aber tiefer, steht ein Sperrhaken *H*, der sich um die Achse *x* dreht und durch eine Feder *f* nach der Taste hin gedrückt wird. Die Feder *f* ist mit der Schraube *s₄* an dem Querstücke *W*



befestigt und drückt den Sperrhaken so weit nach rechts, daß sich sein unterer Arm gegen den oberen Teil des Querstückes *W* legt. Wird die Taste gedrückt, so gleitet der vordere Teil von *D* unter den Sperrhaken, und dieser hält hierdurch die Taste in der Arbeitslage, auch wenn der Finger weggenommen wird. Da alle Tasten in gleicher Weise eingerichtet sind, wird die das Zeichen bestimmende Tastengruppe, nachdem sie einmal kurz gedrückt ist, gewissermaßen aufgespeichert. Um die Tasten frei zu geben, muß das Stück *W* um seine Achse *X* entgegen der Bewegung des Uhrzeigers gedreht werden; dann gibt *H* den vorstehenden Teil von *D* und damit auch die Taste *T* frei. Das Stück *W* wird um seine Achse mittelbar durch den Elektromagneten



gedreht, der dem Beamten den Takt angibt. Dieser in Abb. 52 im Querschnitte dargestellte Elektromagnet *E* hat einen Eisenkern, der senkrecht auf der wagerechten Grundplatte *p* steht. Der Kern trägt eine Spule von 40 Ohm Widerstand. An der Platte *p* befindet sich das Lager für ein Eisenstück *A*, das oben wagerecht umgebogen ist und so dem freien Polende des Kernes nahe steht. Dieses Stück bildet mit seinem oberen Teile den Anker für den Elektromagneten. Fließt ein Strom durch die Windungen von *E*, so wird *A* mit seinem oberen Teil angezogen und nach hinten (in Abb. 52 nach rechts) gestoßen. Der Elektromagnet steht im Gehäuse in dem freien Raume zwischen den beiden Tastengruppen. Dem Ende von *A* gegenüber befindet sich der Kopf eines Kolbens *K*, der sich in einem Zylinder *c* bewegen kann. Der

Zylinder ist in eine Hülse M eingeschraubt, die an der Hinterwand des Gehäuses mit der Schraube s_1 festgelegt ist. Aus dem Gehäuse ragt der Kopf einer verstellbaren Schraube S_1 hervor, gegen deren breites Ende sich eine Spiralfeder f legt, deren anderes Ende gegen den Kolben K drückt. Durch Herein- oder Herausdrehen von S_1 wird die Feder f mehr oder weniger gespannt. Die Gegenschraube S_2 hält die Schraube S_1 in der gewählten Lage fest. Ist der Kolben durch den Stoß des angezogenen Ankers in den Zylinder hineingedrückt, und hört der auf den Elektromagneten wirkende Strom auf, so drückt die Feder den Kolben in seine Ruhelage zurück. Ein breiter Kopf verhindert das Herausgleiten des Kolbens aus dem Zylinder.

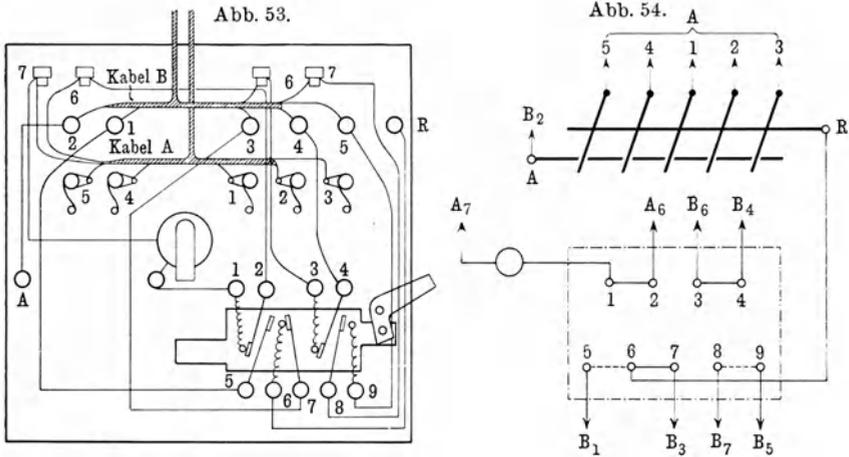
An dem Stück A ist nahe seinem Drehpunkt ein Winkelstück B aus Messing angeschraubt. Der wagerechte Arm legt sich in der Ruhelage gegen die Begrenzungsschraube s_2 . Ihm gegenüber steht das Ende h des Hebels H , der an dem senkrecht zu ihm laufenden Eisenstücke W mit der Schraube s_3 befestigt ist. Das Stück W trägt kleine, nach oben gerichtete Ansätze, in denen die Achsen x der Sperrhaken H (Abb. 51) gelagert sind. Das die Breite des Gehäuses einnehmende vierkantige Stück W hat an seinen Enden zylindrische Ansätze, die als Lagerzapfen dienen. Auf den Ansatz am rechten Ende ist eine Spiralfeder geschoben, die mit dem einen Ende am Ansatz und mit dem anderen Ende an der Lagerwand befestigt ist. Diese Feder hält das Stück W , den Träger der Sperrhaken, in der in Abb. 51 und 52 gezeichneten Lage.

Bei jeder Umdrehung der Verteilerbürsten wird ein Stromstoß durch die Windungen des Elektromagneten E gesandt. Der Anker A schlägt gegen K , und das hierbei entstehende Geräusch wird durch das als Resonanzboden wirkende Gehäuse verstärkt, so daß es als Taktschlag gut zu hören ist.

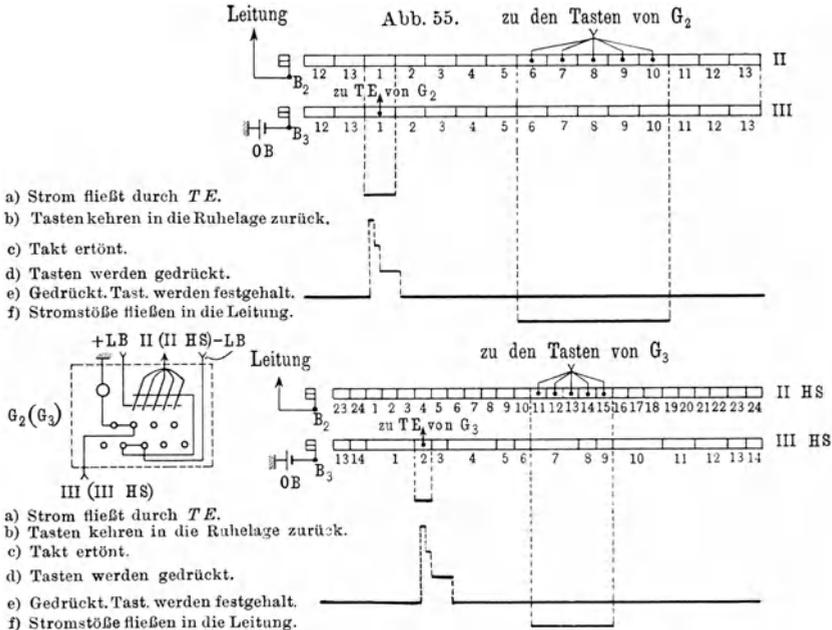
Die Tasten werden in folgender Weise freigegeben. Wird der Elektromagnet E erregt und der Anker A angezogen, so hebt sich der wagerechte Arm des mit dem Anker A verbundenen Ansatzstückes B und drückt den Arm h empor. Diese Bewegung überträgt sich über H auf das Stück W , das sich dann entgegengesetzt wie der Uhrzeiger dreht. Mit dem Stücke W bewegen sich die Sperrhaken von den Tasten weg und geben sie frei; die Spiralfedern ziehen die Tasten in die Ruhelage zurück.

Unter den Tasten 1 bis 3 befindet sich im Inneren des Gehäuses ein Umschalter, der die Verteilergruppe auf Senden oder Empfangen schaltet. Er besteht aus einer Fiberplatte mit vier Silberstiften, die durch Federn mit den Klemmen 1, 3, 6 und 9 (Abb. 53) verbunden sind. In der Nähe der Stifte liegen die Enden der an den Klemmen 2, 4, 5, 7 und 8 befestigten Federn. Die Platte trägt einen Griff, der an der rechten Seite des Gehäuses herausragt. Steht der Griff nach hinten, wie es Abb. 53 zeigt, so sind die Klemmen 1 und 2, 3 und 4, 6 und 7 miteinander verbunden. Wird der Griff nach vorn gezogen, so wird die Platte nach links verschoben, und es werden die Klemmen 5 und 6, sowie 8 und 9 miteinander verbunden. In die Öffnung der Holzwand, durch die der Griff nach außen ragt, ist ein Messingstück von solcher Form eingesetzt, daß der Griff in der vorderen und hinteren Lage durch Einschnitte im Stücke festgehalten wird. Der Hauptzweck des Umschalters ist, das Winkelstück O am Körper der Taste (Abb. 46) über die hintere Platte P für die Sendstellung mit der Trennbatterie und für die Empfangstellung mit dem Anfange der Windungen des Linienrelais

zu verbinden. Da der Taktschlag beim Empfangen nicht nötig ist, so unterbricht der Umschalter in seiner linken Stellung die Verbindung mit dem Elektromagneten; auch verhindert er in dieser Stellung mechanisch das Fest-



halten der Tasten, das nur schaden könnte. Denn würden sonst versehentlich eine oder mehrere Tasten eines auf Empfangen geschalteten Gebers gedrückt, so würden sie festgehalten bleiben; ihr Körper wäre mit der Zeichenbatterie



und nicht mit dem Relais verbunden. Zu diesem Zweck ist die Platte, wie in Abb. 53 angedeutet ist, nach links verlängert. Das äußere abgeschrägte Ende greift unter den Hebel *H* und hebt den Arm *h* empor, wenn die Platte nach links verschoben wird. Die Sperrhaken werden auf diese Weise von

den Tasten entfernt und können sie nicht festhalten. Abb. 54 zeigt schematisch die Verbindungen im Geber mit den Adern der Zuführungskabel. Die ausgezogenen Linien im Umschalter zeigen die Verbindungen bei der Empfangstellung, die gestrichelten Linien die Verbindungen bei der Sendestellung.

Der Griff des Umschalters kann auch in die Mittellage gebracht werden. Es wird dann die Verbindung mit dem Elektromagneten unterbrochen, während die übrigen Verbindungen für das Geben bestehen bleiben. Hierdurch läßt sich an einem Geber für die Zeit, in der mit ihm nicht gesandt wird, das Ertönen des Taktes unterdrücken.

Auch beim Arbeiten mit diesem Geber sollen die Tasten gleichzeitig gedrückt und gleichzeitig losgelassen werden können. Die das Zeichen bildende Tastengruppe muß in der Arbeitslage sein, wenn die Bürste das erste Stück der Verteilergruppe erreicht, und in dieser Lage bleiben, bis die Bürste das letzte Stück verläßt. Andererseits müssen die für ein Zeichen gedrückt gewesenen Tasten wieder freigegeben sein, bevor die Gruppe für das folgende Zeichen gedrückt wird, d. h. die Tasten müssen in der Zeit freigegeben werden, in der die Bürste vom Ende des letzten Stückes der Verteilergruppe bei der ersten Umdrehung zum ersten Stücke der Gruppe bei der zweiten Umdrehung läuft. Der Takt, der das Zeichen für das Drücken der Tasten gibt, muß ebenfalls in der Zwischenzeit wahrzunehmen sein, aber erst, wenn die Tasten freigegeben sind. Diesen Anforderungen entspricht für den Geber 2 bei einem Zweifachapparat und für den Geber 3 bei einem Vierfachapparate die in Abb. 55 dargestellte Verbindung für den Elektromagneten. Die zeitliche Folge der Vorgänge ist dort angegeben.

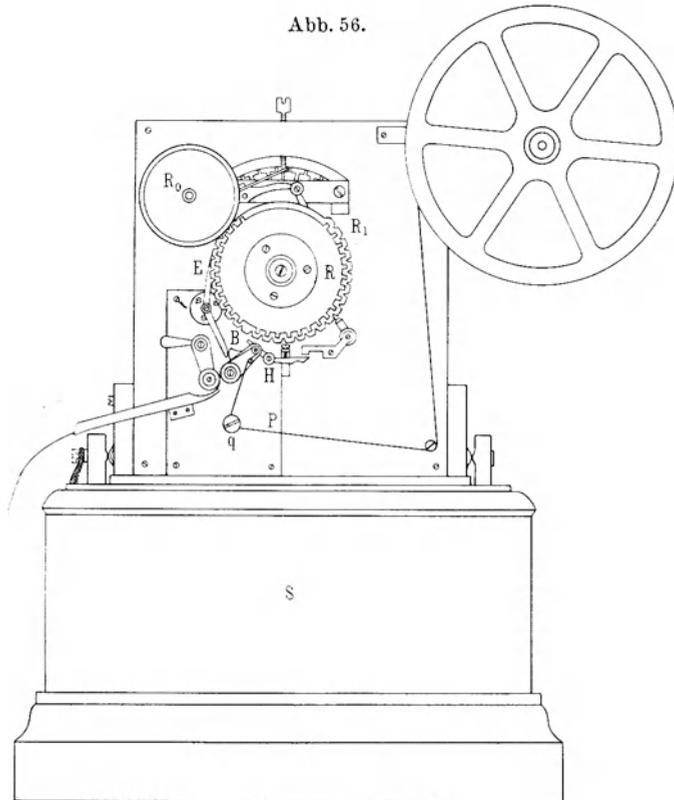
8. Der Empfänger oder Übersetzer.

Allgemeines.

Der Übersetzer drückt die Zeichen, die den auf seine Elektromagnete wirkenden Gruppen von Stromstößen entsprechen. Ist die zugehörige Verteilergruppe auf Empfangen geschaltet, so spricht der Übersetzer auf die vom zweiten Amte gesandten, aus der Leitung kommenden Ströme an; wird über die Verteilergruppe gesandt, soll also der Übersetzer Mitleseschrift geben, so wirken die durch den Abzweigwiderstand fließenden Ströme auf ihn. Beim Zweifachapparate beeinflussen in beiden Fällen die Stromstöße zunächst das Linienrelais LR (Abb. 13). An seinem Arbeitskontakte K_1 liegt die Ortsbatterie OB_1 , während sein Ankerhebel H mit dem Verteilerringe IV verbunden ist. Dieser Ring steht über die Bürsten B_4 und B_1 und die Stücke des Ringes I mit den Übersetzermagneten in Verbindung. Auf einen Zeichenstromstoß legt das Linienrelais den Ankerhebel gegen den Arbeitskontakt und schließt den Stromkreis mit der Batterie OB_1 für den Elektromagneten. Der Elektromagnet wird erregt und zieht seinen Anker an. Durch eine auf den Anker wirkende Feder wird der Anker sogleich nach dem Aufhören des Stromes, wie nachstehend beschrieben wird, in die Ruhelage zurückgebracht. Die Bewegung des Ankers überträgt sich auf einen ihm vorgelagerten Winkelhebel, der in seine erste Arbeitstellung gebracht wird. Diesen Hebel führt eine umlaufende Scheibe mit einem passend geformten Ansatz zunächst in eine zweite Arbeitslage und dann in die Ruhelage zurück. Der Hebel wirkt

auf den sogenannten Sucher und bringt ihn mit seinem Fuß in den Arbeitsweg eines Kombinator. Dieser löst dann zu einer durch die betreffende Gruppe von verschobenen Suchern bedingten Zeit die Druckvorrichtung aus, und die Druckwalze wirft einen Papierstreifen gegen das umlaufende Typenrad. Der Kombinator und das mit ihm auf gemeinsamer Achse sitzende Typenrad werden durch ein Triebwerk gedreht. Da der Übersetzer bei einer Umdrehung des Verteilers ein Zeichen drucken muß, so müssen beide Apparate die gleiche Zahl von Umdrehungen machen. Der Übersetzer erhält durch einen

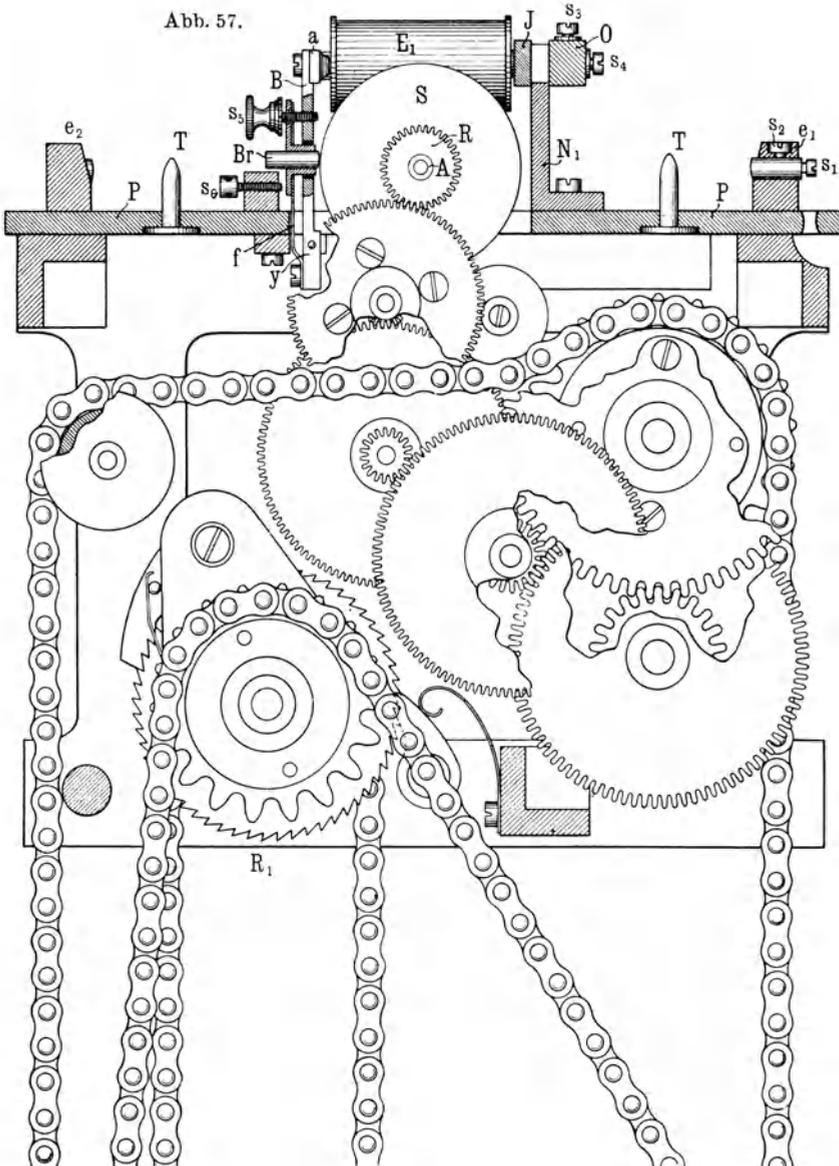
Abb. 56.



Geschwindigkeitsregler eine bestimmte Geschwindigkeit; eine Bremsvorrichtung sorgt dafür, daß der Lauf von Übersetzer und Verteiler übereinstimmt.

Am Übersetzer sind zwei Teile zu unterscheiden, nämlich auf dem feststehenden Tische der Sockel mit Aufziehvorrichtung, Triebwerk, Bremsselektromagnet, Geschwindigkeitsregler und elektrischen Verbindungen und auf dem Sockel das abnehmbare Gehäuse mit Elektromagneten, Winkelhebeln, Suchern und Kombinator in seinem Inneren und Auslösevorrichtung, Druckvorrichtung und Papierführung an seiner vorderen Außenseite. Die Gesamtansicht des Übersetzers zeigt Abb. 56. Auf einem Tische steht der Sockel *S*, ein mit Holz bekleidetes kräftiges gußeisernes Gestell. Er enthält in gleicher Weise wie der Verteiler das Triebwerk mit der Aufziehvorrichtung. Der Sockel ist oben mit einer angeschraubten Messingplatte *P* (Abb. 57) abgeschlossen. Die Platte trägt zwei Bronzestücke, in denen die Lagerstücke für die Schwungradachse *A* befestigt

sind. Auf dieser Achse sitzen das Triebrad R mit 35 Zähnen, das Schwungrad S und ein schraubenförmiger Trieb, sowie der Geschwindigkeitsregler. In die Zähne des Rades R greift das fünfte Zahnrad des Triebwerkes und dreht beim Abfließen des Triebgewichtes die Schwungradachse. Zum Anhalten und Frei-



geben des Laufwerkes dient, ähnlich wie beim Verteiler, ein an der Deckplatte befestigter Hebel, dessen Ende auf der rechten Seite des Übersetzers hervorragt; er legt einen Bremsklotz gegen eine Seitenfläche des Schwungrades und hält dadurch die Schwungradachse und mit ihr das Laufwerk an. Ferner steht auf der

Deckplatte der Bremsselektromagnet, dessen Zweck später erläutert wird. Schließlich trägt die Platte zwei vorstehende Stifte T und zwei Ebonitleisten e_1 und e_2 .

Das Übersetzergehäuse wird durch zwei Messingplatten gebildet, die durch vier Querriegel einander parallel gehalten werden. Oben und an den Seiten wird der Zwischenraum durch Platten abgeschlossen, die in Gleitrinnen laufen und sich leicht herausnehmen lassen, so daß die inneren Teile gut zugänglich sind. Wird das Gehäuse auf den Sockel gesetzt, so legt es sich mit zwei an ihm befestigten Ebonitleisten gegen die Leisten e_1 und e_2 ; ferner greifen die

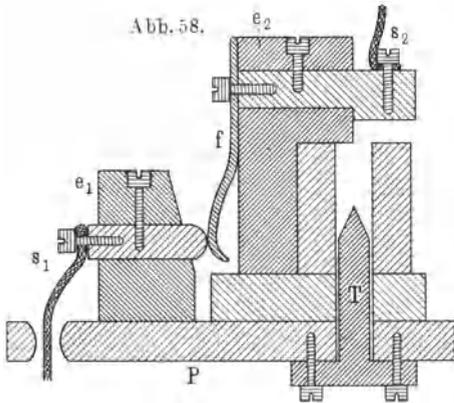
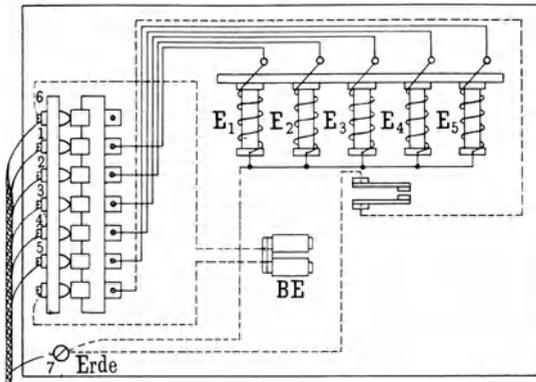


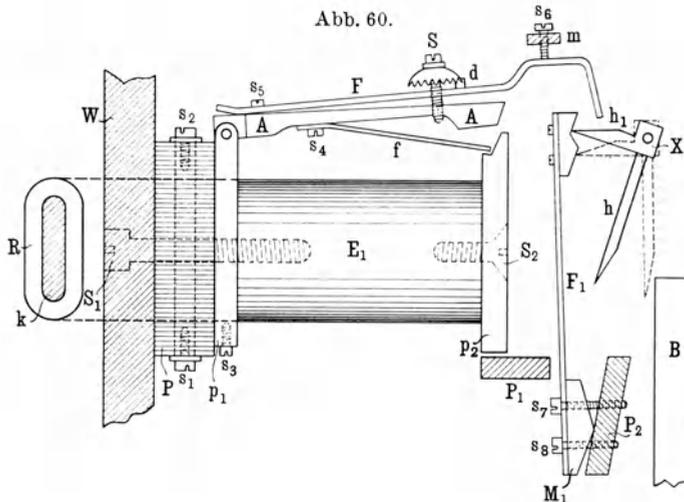
Abb. 58.



Stifte T in Löcher ein, die in die unteren Querstücke des Gehäuses eingebohrt sind, und halten so das Gehäuse unverrückbar fest. Zum Übersetzer führen die in Abb. 13 gezeichneten Verbindungsdrähte, und zwar fünf Drähte von den Stücken des Verteilerringes I zu den fünf Übersetzerselektromagneten, ein Draht von einem Stücke des Ringes III zum Bremsselektromagneten und eine Erdleitung. Die sechs vom Verteiler kommenden Drähte sind mit dem Erdleitungsdrahte zu einem siebenaderigen Kabel vereinigt. Zur Aufnahme der Enden der Adern dienen Schrauben s_1 (Abb. 58), die durch die Ebonitleiste e_1 hindurchragen. Die Erdleitung ist an der Deckplatte festgeschraubt. Die Verbindungen im Inneren des Gehäuses zeigt Abb. 59. Der Anfang der Windungen der Übersetzerselektromagnete E_1 bis E_5 und des Bremsselektromagneten BE ist mit den Schrauben s_2 in der Ebonitleiste e_2 verbunden. Die Schrauben greifen in Metallstücke ein, die durch die Leiste e_3 führen. An den äußeren Enden tragen diese Stücke sogenannte Federschlußklemmen f , die sich beim Aufsetzen des Gehäuses gegen die Enden der Stücke mit den Schrauben s_1 legen und so s_1 und s_2 und damit die Verteilerstücke und Elektromagnete leitend verbinden. Beim Aufsetzen greift ferner in den schraubenförmigen Trieb der Schwungradachse ein im Inneren des Übersetzergehäuses angebrachtes Zahnrad, das die Drehung der Schwungradachse auf die Achse mit Kombinator, Druck- und Typenrad überträgt. Das Gehäuse kann, ohne daß eine Drahtverbindung zu lösen ist, vom Sockel abgenommen und durch ein anderes ersetzt werden.

Die Übersetzer elektromagnete.

Sie sind einschenklig und haben einen ovalen Kern k (Abb. 60), der die Wicklung R mit einem Widerstande von 50 Ohm trägt. Ein Ende der Wicklung ist mit dem Kerne verlötet. Über diese Wicklung ist eine zweite von 200 Ohm Widerstand gebracht, deren Ende an der Schraube s_3 festliegt, und deren Anfang mit dem der ersten Wicklung verbunden und zur Schraube s_1 geführt ist. Das Ende der ersten Wicklung ist über den Kern, das der zweiten über die Schraube s_3 und die Platte p_1 mit der Schraube S_1 und weiter mit der Gehäusewand W , der Deckplatte und dem an ihr festgelegten Erddrahte leitend verbunden. Die Schraube s_1 greift in einen durch die Ebonitplatte P führenden Metallstift, der oben die Schraube s_2 trägt. An dieser Schraube liegt die Zuleitung zu der Klemme s_2 der Ebonitleiste e_2 . Die zweite Wicklung von 200 Ohm hat den Zweck, den beim Unterbrechen des



Stromes entstehenden Funken zwischen Ankerhebel und Arbeitskontakt des Linienrelais zu vermindern und die Wirkung des Stromstoßes auf den Elektromagneten zu verlängern. Die Platten p_1 und p_2 schließen den Elektromagneten ab und bilden die Polschuhe. Die Elektromagnete sind an der hinteren Gehäusewand senkrecht zu ihr und parallel nebeneinander angebracht. Zwischen den Polschuhen p_1 und der Gehäusewand W liegt die Ebonitleiste P . Eine Schraube S_1 , deren Kopf in die Wand W eingelassen ist, schraubt sich in den Kern des Elektromagneten ein und legt ihn hierdurch fest. Die Platte p_2 ist mit dem Kerne durch die Schraube S_2 verbunden und ruht auf der Leiste P_1 .

Der Polschuh p_1 trägt das Lager für die Achse des Ankers A , dessen freies Ende abgeschrägt ist und dem Polschuhe p_2 gegenübersteht. Fließt ein Strom durch die Windungen von E_1 , so erhält das freie Ende von A den gleichen Magnetismus wie der Polschuh p_1 , also entgegengesetzten Magnetismus wie p_2 . Dieser Polschuh wird daher den Anker anziehen. Infolge der Abschrägung der gegenüberstehenden Teile von A und p_2 werden die Flächen, durch die die magnetischen Kraftlinien treten, vergrößert und die Streuung

vermindert, so daß der Elektromagnet für seinen besonderen Zweck gut arbeitet. An der Unterseite trägt der Anker eine Blattfeder f , die sich mit ihrem freien Ende auf den Polschuh p_2 legt; sie wirkt ebenso, wie eine an der Oberseite des Ankers angreifende Abreißfeder wirken würde, und bringt den Anker in die Ruhelage zurück, wenn nach dem Aufhören des Stromes die Magnetisierung des Eisenkernes verschwindet.

Die Feder f ist U-förmig gestaltet. Ein Schenkel liegt dauernd auf dem Polschuhe p_2 , während der andere Schenkel etwas zurückgebogen ist und sich erst gegen p_2 legt, wenn der Anker angezogen wird. Der Anker hat daher, wenn das Anziehen beginnt und er sich noch in größerem Abstände von p_2 befindet, zunächst nur die Federkraft eines Schenkels und erst später auch die des zweiten Schenkels zu überwinden. Beim Verschwinden des Magnetismus drücken dagegen beide Schenkel zugleich den Anker mit voller Kraft zurück. Die beiden Schenkel haben ungleiche Spannung. Der am kräftigsten wirkende Schenkel genügt, um den Anker wieder emporgehen zu lassen; der zweite Schenkel soll nur beim Auseinandergehen von Anker und Polschuh mitwirken.

Auf der Oberseite des Ankers ist eine kräftige Messingfeder F , der „Ankeransatz“, mit der Schraube s_6 befestigt. Der Abstand des Ankeransatzes F von dem Anker A läßt sich mit der Schraube S regeln. Der Kopf der Schraube ist in seinem unteren Teile verbreitert und trägt an der Unterseite dreieckige Einschnitte. Auf dem Ankeransatz sitzt ein kleiner Dorn d , der in die Einschnitte paßt. Dieser Dorn hält die Schraube S in ihrer Lage fest und verhütet, daß sie sich durch Erschütterungen, wie sie infolge des Ganges des Übersetzers eintreten, lockert und verstellt. Der Ankeransatz ragt mit seinem gebogenen Ende über den Anker und den Elektromagneten hinaus. Das Emporgehen des Ankers wird begrenzt durch die in einer Messingschiene m sitzende Schraube s_6 . Das Spiel des Ankeransatzes wird also nach unten bei gegebener Ankerstellung durch die Stellung von S und nach oben durch die Stellung von s_6 geregelt.

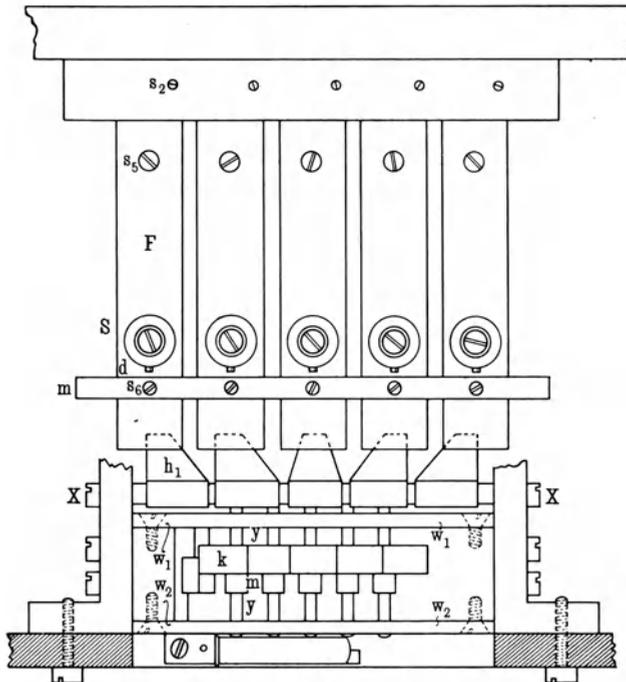
Bei der beschriebenen Befestigungsweise können die Elektromagnete leicht herausgenommen werden, indem nach dem Lösen der Wickelungsenden die Schraube S_1 entfernt wird. Früher wurden die Kerne einzeln an die Ebonitleiste geschraubt, und diese Leiste wurde dann durch Schrauben an der hinteren Gehäusewand befestigt. Ferner war die Platte p_2 mit einer senkrecht stehenden Leiste verbunden. Zum Auswechseln eines schadhafte[n] Elektromagneten war es bei dieser Anordnung nötig, den Übersetzer völlig auseinander zu nehmen.

Die Winkelhebel.

Das Arbeiten der Übersetzerelektromagnete wird nicht unmittelbar zum Drucken benutzt; es wird vielmehr die Bewegung des Ankers auf eine Hilfsvorrichtung, die Winkelhebel, übertragen. Jeder dieser Hebel hat einen senkrecht nach unten gehenden Arm h und einen wagerechten Arm h_1 (Abb. 60). Die Hebel sitzen auf der gemeinsamen Drehungsachse X und sind durch polierte Stahlscheibchen voneinander getrennt. Die Enden der Achse tragen Schraubengewinde und ragen mit ihnen durch die Lagerwände nach außen. Auf die Enden kommen Schrauben, die die Achse gegen die Lagerwände pressen und sie auf diese Weise festlegen (Abb. 61). Der Spitze des Armes h_1 gegenüber steht ein an der Feder F_1 sitzendes eingekerbtes Stück. Die Feder ist mit den Schrauben s_7 und s_8 gegen die breite Fläche des Stückes M_1 ge-

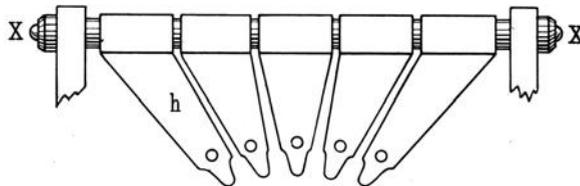
legt und zugleich mit M_1 an der Leiste P_2 befestigt. Zieht der Elektromagnet den Anker an, und schlägt hierbei der Ankeransatz den Arm h_1 herunter, so gleitet dieser Arm aus der oberen Kerbe heraus und kommt in die gestrichelt gezeichnete erste Arbeitslage (Abb. 60). Der Arm h legt sich mit

Abb. 61.



seinem unteren Ende gegen die Seitenwand der Begrenzungscheibe B und bleibt zunächst in dieser Lage. Der Anker und mit ihm der Ankeransatz können unabhängig hiervon wieder in die Ruhelage zurückgehen. In Abb. 61 sind die Ankeransätze F_1 bis F_5 und die Winkelhebel mit den wagerechten Armen h_1 in der Oberansicht dargestellt. Die unteren Enden der Arme h bilden, wie Abb. 62 zeigt, einen flachen Bogen.

Abb. 62.



Die wirksamen Stromstöße für die Übersetzerelektromagnete sind, wie später gezeigt wird, kurz, wenn auch ihr Einwirken durch den Nebenschluß etwas verlängert wird. Um die Elektromagnete trotzdem sicher arbeiten zu lassen, müssen die Anker möglichst wenig träge und leicht beweglich sein. Damit sich der Anker nur wenig zu bewegen braucht, wird er mit der Schraube S der Platte p_2 auf etwa 2 mm genähert. Der Ankeransatz F wird auf etwa 0,5 mm an den in der Kerbe liegenden Arm h_1 herangebracht. Ferner ist beim Einstellen darauf zu achten, daß der Ansatz F dem Winkelhebel, während er seine Lage verändert, stets gut folgen kann. Drückt man bei

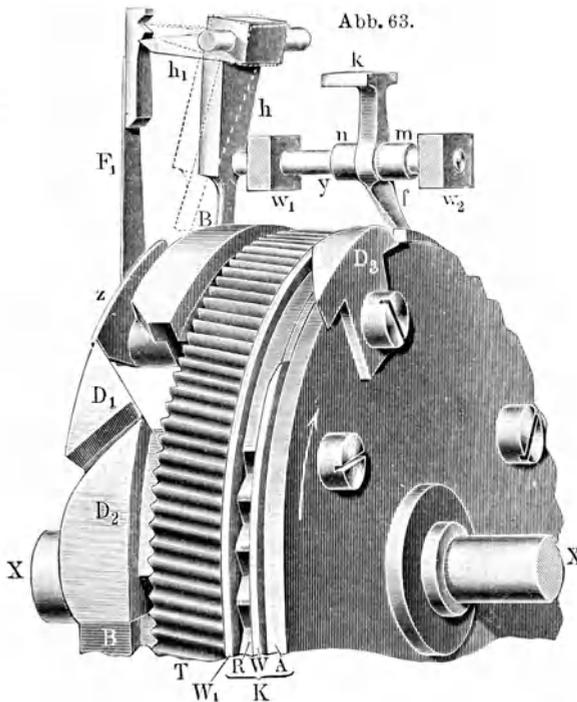
stillstehendem Übersetzer mit dem Finger auf die Schraube S , so wird der Arm h_1 , wenn sich das später zu beschreibende Auswerferschiffchen gegen den Arm h nicht legt, aus der Kerbe herausgedrückt und h gegen B gelegt. Es muß dann ein kaum merkbarer Spielraum zwischen F und h_1 sein; in keinem Falle darf h fest gegen B geklemmt sein. Ist dies der Fall, so biegt sich F beim Druck auf S durch; der Anker hat in diesem Fall ein zu großes Spiel.

Die Messingfeder f soll gerade genügend wirken, um A sicher in die Ruhelage zurückzubringen. Ist sie zu stark gespannt, so könnte F den Arm h_1 nur leicht berühren, ohne ihn zu verschieben. Wenn sie dagegen zu schwach gespannt ist, so könnte der Anker A beim Aufhören des Stromes nicht sogleich in die Ruhelage zurückgebracht werden. Dies würde zwar später geschehen, wenn das Auswerferschiffchen den Arm h_1 in die Kerbe zurückdrückt; dann würde der Ankeransatz F und mit ihm der Anker mitgenommen. Da aber die Winkelhebel scharf zurückgeführt werden, so würde F gegen s_6 geworfen, könnte zurückprallen und hierbei h_1 zu unrechter Zeit verschieben.

Der Druck der Feder F_1 gegen den Arm h_1 läßt sich mit den Schrauben s_7 und s_8 regeln. Man dreht die eine Schraube herein und die andere heraus und erhält hierdurch einen größeren oder kleineren Druck.

Die Begrenzungscheibe und der Kombinator.

Die Begrenzungscheibe B , das Triebrad T und der Kombinator K sind miteinander verbunden und auf der gemeinsamen Achse XX befestigt (Abb. 63).



Auf dem aus dem Gehäuse herausragenden Teile trägt die Achse das Druckrad und das Typenrad. Das Triebrad T wird durch ein Zahnrad gedreht, das in den früher erwähnten Hohltrieb der Schwungradachse eingreift. Die Achse XX ist in den Wänden des Gehäuses gelagert. Begrenzungscheibe, Triebrad und Kombinator sind in Abb. 64 abgerollt gezeichnet. Die aus Bronze bestehende Scheibe B ist auf $5/40$ ihres Umfanges ausgeschnitten; in dem freien Raume steht fest mit der Scheibe verschraubt das sog. Auswerferschiffchen, das

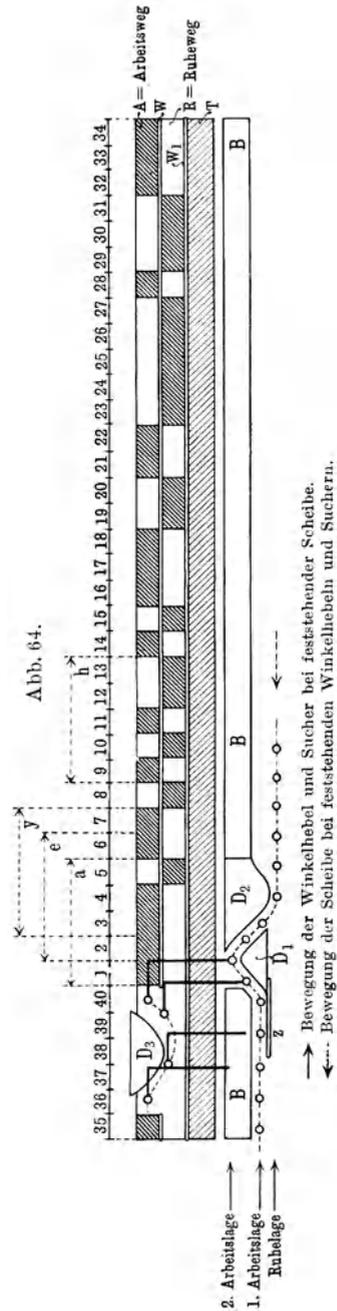
von den Daumen D_1 und D_2 gebildet wird. Der erste Daumen, D_1 , bringt die in der ersten Arbeitslage stehenden Winkelhebel in die zweite Arbeits-

lage, und der zweite Daumen, D_2 , führt die Winkelhebel aus der zweiten Arbeitslage in die Ruhelage zurück. An der Scheibe B ist eine an den Daumen D_1 heranreichende Stahlplatte z befestigt, die die Außenfläche des Daumens verlängert. Diese Platte oder Zunge trennt die durch die angezogenen Anker verschobenen Winkelhebel von den in der Ruhelage gebliebenen Hebeln und verhütet dadurch, daß die nicht verschobenen Winkelhebel mitgenommen werden. Den Lauf des Fußes eines Winkelhebels, der beim Erregen des zugehörigen Elektromagneten in die erste Arbeitslage gebracht gewesen ist, zeigt Abb. 64.

Die Sucher.

Die Arbeit der Stromstöße, die die Elektromagnete erregt haben, ist dadurch aufgespeichert, daß die zugehörigen Winkelhebel in die erste Arbeitslage gebracht sind; sie wird durch die sogenannten Sucher auf den Kombinator übertragen. Den fünf Elektromagneten und Winkelhebeln entsprechen fünf Sucher. Dem Arme h des Winkelhebels steht das Ende der in den Wänden w_1 und w_2 wagerecht gelagerten Schubstange y gegenüber. Die Schubstange kann in ihrer Längsrichtung verschoben werden. Sie trägt in ihrer Mitte ein hammerartiges Stück, den Sucher, der in Abb. 65 besonders dargestellt ist. Der obere Teil K heißt der Sucherkopf, der untere Teil f der Sucherfuß und die Schubstange y die Sucherachse. An dem Sucher sitzt die Muffe n , mit der er auf die Achse y geschoben wird. Ein durch n führender Stift hält die Muffe auf der Achse fest. Mit der freien Seite legt sich der Sucher gegen einen Ring m auf der Achse. Der Sucher bildet einen zweiarmigen Hebel, dessen Drehpunkt in der Achse y liegt. Jeder Sucherkopf ist kreisförmig abgerundet. Die Seitenflächen aller Sucherköpfe sind vollkommen parallel und poliert.

In der Ruhestellung liegt der Fuß des Suchers auf dem Ruhewege des Kombinator; der Winkelhebel hat die in Abb. 63 gestrichelt gezeichnete Lage. Drückt der Anker beim Niedergehen den Winkelhebel aus der Ruhelage in die erste Arbeitslage, wie sie Abb. 63 zeigt, so wird die Sucherachse hierdurch noch nicht beeinflusst. Gleitet jedoch der Fuß des Armes h an dem Daumen D_1



bei der Drehung von Scheibe und Kombinator in der Pfeilrichtung nach dem Triebrade T zu, so wird auch der Hebelarm h nach T hin und durch ihn die Achse y mit dem Sucher nach w_2 hin verschoben. Der Ring m legt sich hierbei gegen die Wand w_2 und begrenzt das Verschieben der Sucherachse. Wenn der Winkelhebel in die zweite Arbeitslage geht, befindet sich der Sucherfuß auf dem Teile des Kombinator, in dem die Scheidewand W ausgeschnitten ist. Der Sucherfuß kann also ungehindert vom Ruheweg in den Arbeitsweg übertreten. An der Außenseite der Scheibe A und zwar an der Stelle, die keine Scheidewand zwischen A und R trägt, ist ein Daumen D_3 , der Sucherrückwerfer oder Rückstoßdaumen, befestigt. Er bringt einen Sucherfuß, der vorher in den Arbeitsweg geschoben gewesen ist, in den Ruheweg zurück und zwar stets kurz vorher, ehe der Winkelhebel in die zweite Arbeitslage gehen kann. Der Sucherfuß ist zum Winkelhebel in der Drehungsrichtung des Kombinator verschoben, ebenso wie der Daumen D_3 dem Daumen D_1 voreilt. In welcher Weise ein in dem Arbeitswege stehender Sucherfuß über den Ruheweg wieder zum Arbeitswege läuft, ist in Abb. 64 schematisch angedeutet. Die Spitze von D_3 hat den Sucherfuß in den Ruheweg gebracht, bevor die Spitze von D_1 den Winkelhebel in die zweite Arbeitslage führt.

Abb. 65.

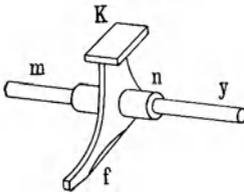
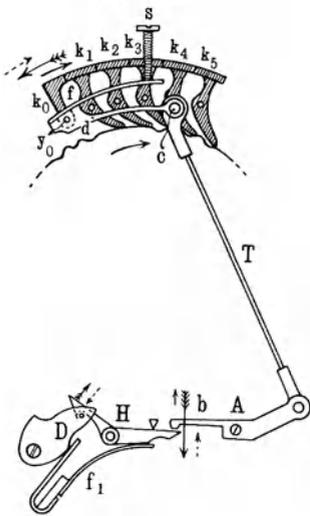


Abb. 66.



Die Lage der fünf Sucher zueinander und zu einer Scheibe des Kombinator zeigt Abb. 66. Die Sucherköpfe legen sich mit ihren Seitenflächen gegeneinander. Zwei benachbarte Sucherfüße sind um $\frac{1}{40}$ des Umfanges des Kombinator entfernt. Die Füße sind ebenso wie die Achsen in einem flachen Kreisbogen angeordnet. Neben dem an der linken Seite stehenden ersten Sucherfuß k_1 befindet sich ein Stück k_0 mit einem den übrigen Sucherköpfen ähnlichen Kopf, aber ohne Fuß. Dieses Stück sitzt auf der Achse y_0 und kann nach rechts oder links schwingen. Auf

dem Teile der Achse y_0 , der aus der vorderen Lagerwand herausragt, ist der Auslösehebel d (Abb. 66) befestigt. Am linken Teile des Hebels sitzt auf der Oberseite eine Feder f , deren rechtes freies Ende gegen eine Schraube s drückt. Mit dieser Schraube läßt sich durch Verändern ihrer Stellung die Spannung der Feder regeln. Infolge ihrer Spannung sucht die Feder f den Auslösehebel so zu drehen, daß die mit ihm verbundene Auslösestange T nach unten geht. Der Auslösehebel kann dem Drucke der Feder aber nur nachgeben, wenn sich das Stück k_0 in der Richtung des ausgezogenen Pfeils zu drehen vermag. Dies ist dann der Fall, wenn die fünf Sucherköpfe nachgeben können, d. h. wenn die fünf Sucherfüße gleichzeitig in Vertiefungen des Kombinator einfallen. Hierbei ist es gleichgültig, ob die Vertiefungen im Arbeits- oder Ruhewege liegen. Da die Seitenflächen der Sucherköpfe genügend lang sind, so berühren sich zwei

Sucherköpfe, von denen nur einer verschoben ist, doch noch so, daß der Zusammenhang zwischen ihnen ausreichend gewahrt ist. In welcher Weise sich die Sucherköpfe verschieben, wenn alle Sucherfüße in Vertiefungen eingreifen, stellt Abb. 67 schematisch dar. Die Blattfeder f ist hier durch die Spiralfeder f ersetzt gezeichnet. Liegen die Sucherfüße auf dem vollen Rande der Scheibe, so stehen sie, wie es ausgezogen dargestellt ist. Fallen sie dagegen in Vertiefungen ein, so gehen auch ihre Köpfe nach rechts, und die Achse y_0 dreht sich um den Winkel α . Läuft die Kombinatorscheibe weiter, und kommt ein voller Teil des Randes auch nur unter einen Sucherfuß, so werden alle Sucherfüße emporgehoben und die Köpfe nach links geschleudert, wie es der gefiederte Pfeil in Abb. 66 andeutet. Dieses Zurückwerfen ist so kräftig, daß die Sucherköpfe über ihre ursprüngliche Lage hinausgehen; sie schwingen dann unter dem Einfluß der Feder f in ihre erste Lage zurück und bewegen sich hierbei in der Richtung des gestrichelten Pfeils.

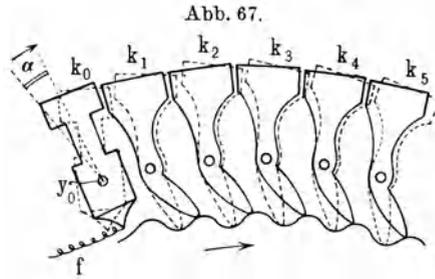


Abb. 67.

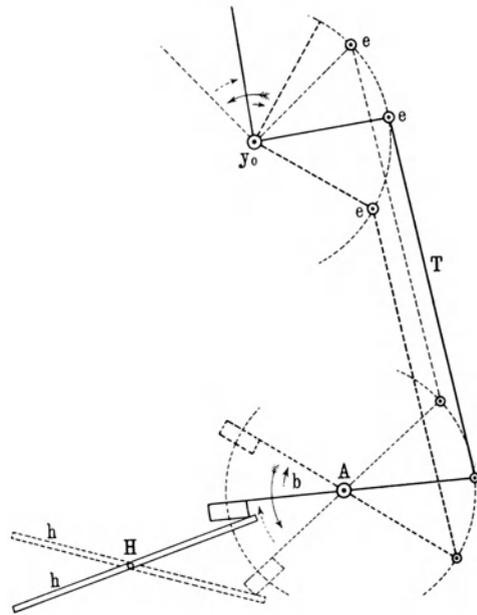


Abb. 68.

Zwischen den Vertiefungen im Arbeits- und Ruhewege des Kombinars und den in Abb. 3 angegebenen Zeichen besteht folgender Zusammenhang. Wird eine Stromstoßgruppe von einem positiven und vier negativen Stromstößen durch die Leitung gesandt, also der erste Elektromagnet des Übersetzers erregt, so geht der Winkelhebel 1 in die erste Arbeitslage. Hat der Fuß dieses Hebels die Linie zwischen 1 und 2 (Abb. 64) erreicht, ist er also an der schrägen Fläche des Daumens D_1 heraufgeglitten, so ist der Sucher in den Arbeitsweg gebracht und läuft in ihm weiter. Die übrigen Sucherfüße 2 bis 5 bleiben entweder im Ruhewege, wenn sie durch das vorhergehende Stromsenden nicht verschoben worden sind, oder sie sind durch den Daumen D_3 in den Ruheweg zurückgedrückt worden; sie laufen also im Ruhewege weiter. Stehen nun die Sucherfüße über den Teilen 5 bis 1 des Kombinars, so finden der Fuß 1 im Arbeitsweg und die Füße 2 bis 5 im Ruhewege Vertiefungen; in diesem Augenblicke schwingen die Sucherköpfe von links nach rechts. Ist z. B. eine Gruppe $++-+-$ gesandt, so laufen die Füße 3 und 5 im Ruheweg und 1, 2 und 4 im Arbeits-

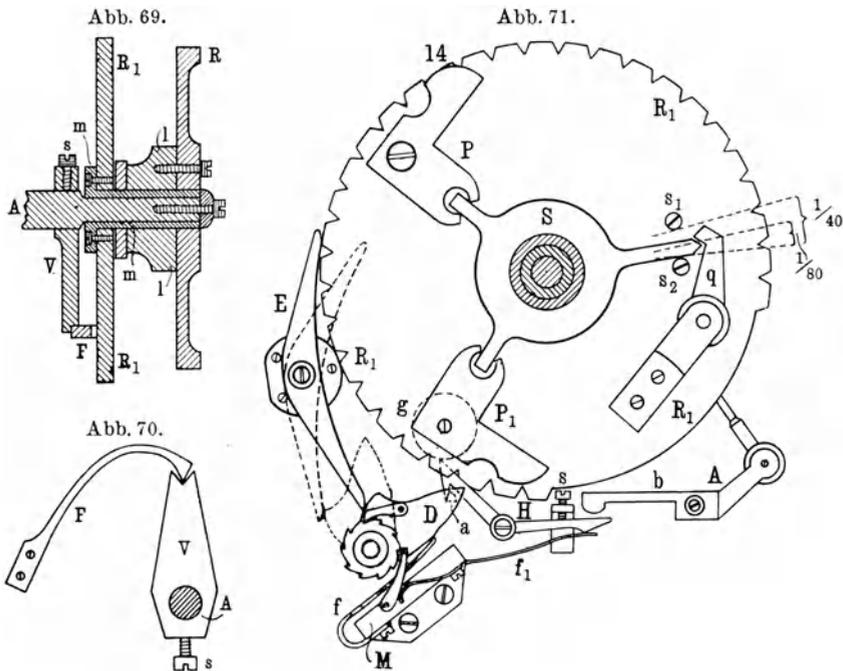
weg. Alle FüÙe haben Vertiefungen unter sich, wenn der Fuß 1 auf dem Stücke 13 steht. Es gibt also jede Gruppe von Stromstößen einen durch sie bestimmten Zeitpunkt an, in dem die Sucher ihre Lage verändern. Die Buchstaben über einzelnen Kombinatorstücken geben an, wann sämtliche SucherfüÙe Vertiefungen finden, wenn die das Zeichen bestimmende StromstoÙgruppe vorher gesandt ist.

Der AuslöÙehebel.

Wie bereits erwähnt, ist durch ein Gelenk c die AuslöÙestange T mit dem AuslöÙehebel d verbunden. Die Stange T macht die Bewegungen der Sucher mit, wie es Abb. 68 schematisch andeutet. Mit dem unteren Ende von T ist der zweiarmige Hebel A , der AuslöÙefuß, verbunden (Abb. 66); sein Arm b bewegt sich aufwärts, abwärts und wieder aufwärts, entsprechend der Drehung der Achse y_0 .

Das Druckrad und das Typenrad.

Auf dem aus dem Übersetzergehäuse herausragenden Ende der Kombinatorachse sitzen Druckrad und Typenrad (Abb. 69). Vom Gehäuse aus gesehen ist auf der Achse A zunächst das Verkuppelungsstück V mit der Schraube s befestigt (Abb. 69 und 70). Es ist auf der der Schraube abgekehrten Seite



eingekerbt, und in die Vertiefung greift der keilförmige Ansatz einer kräftigen Stahlfeder F ein. Diese Feder ist auf der dem Gehäuse zugekehrten Seite des Druckrades D befestigt, so daß Druckrad und Achse A verkuppelt werden.

Das Druckrad hat auf $\frac{31}{40}$ seines Umfanges 32 Zähne und 31 Vertiefungen; $\frac{9}{40}$ seines Umfanges sind frei. Auf der — vom Typenrad aus gesehen — vorderen Seite des Druckrades sind zwei Schrauben s_1 und s_2 be-

festigt (Abb. 71). Dem Raume zwischen ihnen steht der schnabelartige Ansatz eines Hebelarmes q gegenüber; er wird durch eine Feder zu den Schrauben hin gedrückt. Ferner trägt auf derselben Seite das Druckrad die Achsen für die Wechselplatten P und P_1 . Auf dem Ende der Achse von P_1 , das auf der Rückseite des Druckrades herausragt, sitzt eine Stahlscheibe g . Das Druckrad ist mit der Muffe m verbunden, die auf die Achse aufgeschoben ist. Über diese Muffe wird eine zweite Muffe l geschoben, mit der an der hinteren Seite der dreiarmlige Wechselhebel S und an der vorderen Seite das Typenrad B verbunden ist. Eine die Achse vorn abschließende, durch eine Schraube festgehaltene Platte verhindert das Abgleiten der Muffen von der Achse. Wird die Muffe l auf die Achse geschoben, so legt sich der Wechselhebel gegen die Vorderseite des Druckrades. Der längere Arm des Hebels wird mit seinem freien Ende zwischen die Schrauben s_1 und s_2 gebracht; der Ansatz des Armes q legt ihn gegen eine der beiden Schrauben. Die beiden kürzeren Arme des Wechselhebels greifen dann in die Ausschnitte der Wechselplatten P und P_1 ein.

Die Druckvorrichtung.

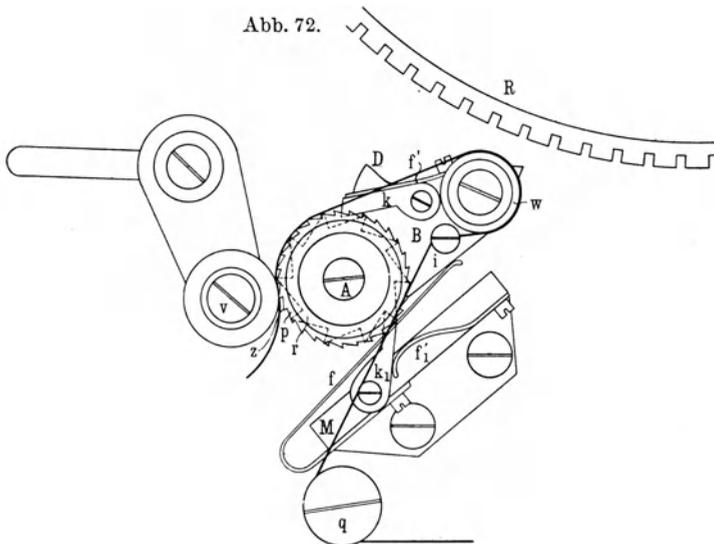
Bewegt sich der Arm b des Auslösehebels A nach unten, in der in Abb. 66 durch den gefiederten Pfeil angedeuteten Richtung, so leitet er das Drucken ein. Er wirkt auf einen Sperrhebel, der den Druckdaumen freigibt. Eine Feder wirft den Druckdaumen und mit ihm den Druckhebel nebst der Druckwalze empor. Der Druckhebel greift mit seiner Spitze in eine Vertiefung des Druckrades ein, und die Druckwalze wirft den Papierstreifen gegen das Typenrad; die gegenüberstehende Type drückt sich ab. Hierauf werden Druckdaumen und Druckwalze von dem Rande der Räder entfernt und schließlich in die Ruhelage zurückgeführt. Gleichzeitig wird der Papierstreifen vorwärts bewegt.

Die zum Drucken dienenden Teile sind auf einer Messingplatte P (Abb. 56) angeordnet, die an der Vorderwand des Gehäuses angeschraubt ist. Die Platte trägt die Achse für den zweiarmigen Sperrhebel H , die Begrenzungsschraube s für diesen Hebel, die Achse für den Druckhebel B , das Stück M , die Achse für den Einstellhebel E , die Achse für die Papierführungswalze v , die Gleitrinne und den Leiter q für den Papierstreifen (Abb. 71 und 72). Der rechte Arm des Sperrhebels H steht unter dem Arme b des Auslösefußes A . Die an dem Stücke M sitzende Feder f_1 (Abb. 71) drückt den rechten Hebelarm gegen das Ende der Begrenzungsschraube s empor. Der linke Arm des Sperrhebels hat einen Haken, der hinter einen Stahlzahn a (Abb. 71) auf der Rückseite des Daumens D greift. Die Feder f , die am Stücke M befestigt ist, sucht den Druckdaumen entgegen der Bewegung des Uhrzeigers zu drehen. Der Druckdaumen kann der Federspannung aber nur nachgeben, wenn der Sperrhebel den Zahn freigegeben hat. Der Daumen ist an der Rückseite des Druckhebels B festgeschraubt. Dieser Hebel ist auf die in der Platte P gelagerte Achse A (Abb. 72) aufgeschoben. In der Richtung der Achse trägt er als Fortsatz nach vorn eine Muffe, die ihrerseits eine zweite Muffe trägt. Am Ende dieser Muffe, das dem Druckhebel zugekehrt ist, sitzt das Sperrrad r . Auf die zweite Muffe ist als dritte Muffe die Papierwalze p fest aufgeschoben; sie trägt rechts und links Reihen scharfer Zähnchen z . Ferner sind auf dem Druckhebel der Papierführungstift i und ein Stift befestigt, der als Achse für die mit Kautschuk überzogene Druckwalze w dient.

In die Zähne des Sperrades r werden durch Blattfedern f' und f'_1 zwei Sperrkegel k und k_1 gedrückt. Der Fortbewegungs-Sperrkegel k dreht sich um eine Achse, die im Druckhebel befestigt ist. Der Festhalte-Sperrkegel k_1 ist auf eine im Stücke M sitzende Achse geschoben.

Drückt der Arm b des Auslösehebels den linken Arm des Sperrhebels H empor, und wird dadurch der Zahn a und mit ihm der Druckdaumen D freigegeben, so wirft die Feder f den Druckhebel B und mit ihm den Druckdaumen D nach oben. Die keilförmige Spitze des Druckdaumens legt sich in die nächste Vertiefung des Druckrades, und die Druckwalze preßt den Papierstreifen gegen die gegenüberstehende Type des Typenrades. Das Zeichen wird gedruckt. Sogleich nach dem Drucken, das nur kurze Zeit erfordert, wird der Druckdaumen durch die nächste Erhöhung des Druckrades mit seiner Spitze noch weiter nach links geschleudert, und der Druckhebel bewegt sich

Abb. 72.



in gleicher Weise. Der Druckdaumen kommt in die in Abb. 71 punktiert gezeichnete Lage; hierbei drückt er den unteren Arm des zweiarmigen Einstellhebels E nach links und damit den Hebel in die punktiert angedeutete Stellung. In dieser Lage bleibt der Druckdaumen liegen, bis die letzte Erhöhung des Druckrades vorübergegangen ist. Dann drückt die Scheibe g gegen den oberen Arm des Einstellhebels E ; sein unterer Arm geht nach rechts und bringt den Druckdaumen und mit ihm den Druckhebel in die Ruhelage zurück. Die Teile können sich ungehindert zurück bewegen, weil während dieser Zeit die freien Teile von Druckrad und Typenrad an Druckdaumen und Druckwalze vorübergehen.

Zum Vorziehen des Streifens nach dem Arbeiten des Druckhebels dient das Sperrad r (Abb. 72). Bei jeder Drehung des Druckhebels nach links bewegt sich zwar der auf der Papierwalze ruhende Streifen an und für sich nicht. Da aber an dem Aufrichten des Druckhebels die Papierwalze teilnimmt, weil in ihre Zähne die Sperrklinke k eingreift, so ändert sich auch die Lage der Papierwalze p zur Führungswalze v , und der Papierstreifen wird unter v vorwärts geschoben. Geht der Druckhebel nach rechts zurück, so kann die

Papierwalze ihre Lage zum Druckhebel nicht behalten, weil sich der Festhalte-Sperrkegel k_1 einem Zahn entgegenstellt. Der vorwärts geschobene Papierteil kann also nicht zurückgewalzt werden. Es muß daher der Streifen auf der anderen Seite nachgeben, d. h. es werden einige Millimeter von der Rolle abgerollt und nachgezogen, so daß sich wieder ein freies Stück Papier zum Bedrucken mit dem nächsten Zeichen auf der Druckwalze befindet.

Die Papierrolle liegt in einem Rahmen, dessen Achse in einem Messing-arme liegt, der an der vorderen Gehäusewand oben rechts angebracht ist. Der Papierstreifen läuft von der Rolle aus über einen rechts unten an der Gehäusewand befestigten Leiter und wird alsdann (wie Abb. 56 und 72 zeigt) über den Papierleiter q , den Führungstift i , die Druckwalze w und die Papierwalze p in eine flache Gleitrinne geführt. Er wird durch die Walze v , deren Achse eine Spiralfeder trägt, gegen die gezahnten Ränder der Papierwalze p gedrückt. Soll der Streifen frei gemacht oder ein neuer Streifen eingelegt werden, so ist mittels eines Griffes die Walze v von der Papierwalze zu entfernen.

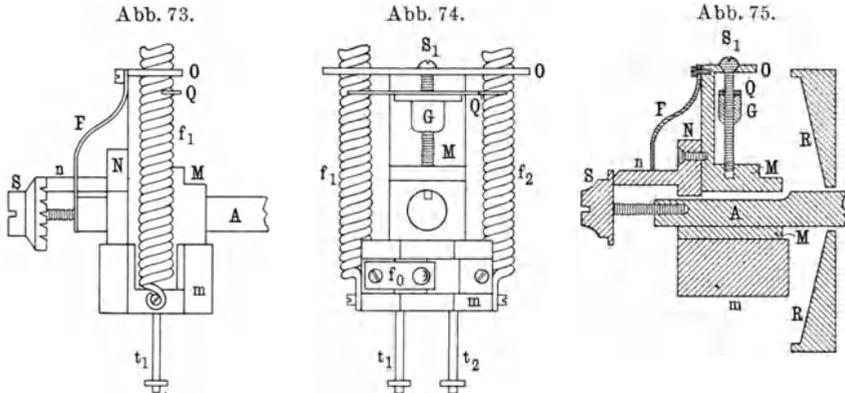
Gegen den Rand des Typenrades legt sich das Farbrad R_0 (Abb. 56); es ist mit Filz belegt, der mit Farbe getränkt wird. Die Typen werden hierdurch geschwärzt.

Das Typenrad trägt auf seinem Umfange Typen erhaben eingeschnitten; sie stellen die vom Apparate wiederzugebenden Buchstaben, Zahlen und Zeichen dar. Durch Typen sind $\frac{30}{40}$ des Umfanges besetzt; auf je $\frac{1}{40}$ entfallen ein Buchstabe und eine Zahl oder ein Zeichen. In Abb. 56 sind nur die Typen für die Buchstaben angedeutet. Wie Abb. 3 zeigt, werden 31 Gruppen von Stromeinheiten verwendet; da jedoch eine Gruppe als Weißzeichen dient und die dieser Gruppe entsprechenden Vertiefungen auf dem Kombinator an letzter Stelle stehen, so erscheinen nur $\frac{30}{40}$ des Umfanges besetzt. $\frac{10}{40}$ des Umfanges stehen dem freien Teile des Druckrades gegenüber. Die auf der Vorderseite des Druckrades befestigten Wechselplatten P und P_1 stehen so zueinander, daß P die 14. Vertiefung freiläßt, wenn P_1 die 31. Vertiefung bedeckt, und umgekehrt. Bedeckt z. B. P die 14. Vertiefung, und wird die Stromstoßgruppe für das Zahlenweißzeichen übermittelt, so legt sich der Druckdaumen in die 14. Vertiefung und schiebt P zurück. Der zweite Arm von P dreht hierbei den Wechselhebel S und mit ihm das Typenrad. Gleichzeitig wird der längere Arm von S gegen die Schraube s_1 gelegt. Das Typenrad wird hierbei um $\frac{1}{80}$ seines Umfanges gegen das Druckrad verschoben; es werden die Typen mit den Zahlen und Zeichen in die Druckstellung gebracht. Wird hierauf die Gruppe für das Buchstabenweißzeichen übermittelt, so wird die Platte P_1 zurückgedrückt, S gegen s_2 gelegt und das Typenrad um $\frac{1}{80}$ seines Umfanges verschoben. Wenn nunmehr eine Stromstoßgruppe übermittelt wird, so steht dem Papierstreifen die Buchstabentype gegenüber. Die beiden Weißzeichen verschieben den Streifen um die Breite eines Zeichens, ohne ihn zu bedrucken; sie bringen das Typenrad in die Buchstaben- oder Zahlenstellung, wenn es vorher anders gestanden hat.

Der Geschwindigkeitsregler.

Bei jedem Umlaufe der Verteilerbürsten soll ein Zeichen übermittelt werden können. Da nach den vorhergehenden Erörterungen zum Drucken eines Zeichens der Übersetzer einmal umlaufen muß, so ist es erforderlich,

daß die Umlaufzahlen von Verteiler und Übersetzer gleich sind. Der Übersetzer ist daher mit einem Geschwindigkeitsregler versehen, der durch seine Einstellung die Umlaufgeschwindigkeit bestimmt und die einmal gewählte Geschwindigkeit auch bei wechselnden Reibungswiderständen erhält; er hat also einen ähnlichen Zweck zu erfüllen, wie der Geschwindigkeitsregler des Verteilers. Beim Verteiler hat das Triebwerk die Bürsten zu drehen und die Reibung im Apparate zu überwinden; es handelt sich dabei um eine im wesentlichen gleichbleibende Arbeit. Die auftretenden Änderungen sind gering; es reicht daher eine kleine veränderliche Zusatzreibung aus, um Änderungen auszugleichen. Dagegen hat das Triebwerk des Übersetzers verschiedene Arbeit zu leisten, je nachdem bei einer Umdrehung ein Zeichen gedruckt wird oder nicht. Im ersten Falle hat der Kombinator die Sucher nach links zu werfen, nachdem ihre Füße in Vertiefungen eingefallen sind; ferner hat der untere Arm des Einstellhebels den Druckdaumen und mit ihm den Druckhebel entgegen der auf ihn wirkenden Feder in die Ruhelage zurückzubringen. Es muß also eine Zusatzreibung vorhanden sein, die sich je nach der zu



leistenden Arbeit in verhältnismäßig weiten Grenzen ändern kann, so daß der Unterschied der Arbeit beim Drucken und beim Leerlauf ausgeglichen wird und der Übersetzer gleiche Geschwindigkeit behält.

Der Geschwindigkeitsregler des Übersetzers ähnelt in seiner Bauart und Wirkungsweise dem des Verteilers. Eine Masse, die in der Ruhelage durch Federn zur Drehungsachse hingezogen wird, entfernt sich bei der Drehung infolge der Fliehkraft von der Achse. Die Federn werden gespannt; ihre Spannung überträgt sich als Druck auf die Lagerwand der Achse und fügt hierdurch eine neue Reibung hinzu. Außerdem legt sich ein Bremsklotz gegen eine Reibfläche und bringt so eine ziemlich bedeutende Zusatzreibung ins Spiel.

Auf das Ende der Schwungradachse *A*, das über die Rückwand des Sockels herausragt, wird das ausgehöhlte Messingstück *M* des Geschwindigkeitsreglers aufgeschoben. Abb. 73 bis 75 zeigen den Regler in Seitenansicht, Vorderansicht und Querschnitt. An das Messingstück *M* ist ein Stahlstück *N* angeschraubt, das mit seinem unteren Teil in die Aushöhlung von *M* hineinschiebt (Abb. 75). Diesem Teil entsprechend ist die Achse *A* mit einer Rinne versehen, in die sich die untere Kante von *N* einschiebt und die so *M* mit der Achse *A* verkuppelt. An dem oberen Teile von *M* ist eine Blattfeder *F*

befestigt, deren unteres Ende beim Aufschieben des Reglers gegen das Ende der Achse gepreßt wird. Das Stahlstück N hat einen Ansatz n , der sich in einen Einschnitt der Stellschraube S legt; diese Schraube ist in die Achse A eingeschraubt. Die Feder F ist an ihrem freien Ende in der Mitte geschlitzt, so daß sie über den Ansatz n und die Schraube S greifen kann. Infolge ihrer Spannung zieht sie das Stück M seitwärts und drückt mit ihm den Ansatz n gegen die Schraube S ; der Regler wird hierdurch auf der Achse festgehalten. Wird die Stellschraube in die Achse hineingedreht, so wird durch n das Stück M weiter auf die Achse geschoben. Beim Herausdrehen der Stellschraube bewegt sich das Stück M in entgegengesetzter Richtung. In dem Stücke M sitzen zwei nach unten herausragende Führungstangen t_1 und t_2 mit Abschlussscheiben an ihren freien Enden. Im oberen Teile trägt das Stück M ein breites Querstück O , das nahe den Außenseiten zwei Öffnungen hat, und durch dessen Mitte die Schraube S_1 führt. Der Fuß der Schraube greift in den unteren Teil von M ein. Auf dem Gewinde sitzt ein Stück G , das durch Drehen der Schraube S_1 gehoben und gesenkt werden kann. Auf diesem Stücke liegt das stählerne flache Stück Q . Durch die Öffnungen von O führen Spiralfedern f_1 und f_2 , zwischen deren Windungen sich das Querstück Q legt, das auf diese Weise die Federn trägt. Mit ihren unteren Enden sind die Federn in einem achteckigen Bronzeprisma m befestigt; sie legen dieses Stück, die Masse, gegen die untere Fläche von M . Die Masse hat zwei Löcher, so daß sie auf die Stangen t_1 und t_2 geschoben werden kann. Ferner ist an ihr eine Blattfeder f_0 befestigt, deren freies Ende einen kleinen Bremsklotz aus Hanf trägt. Nahe dem Regler ist an der hinteren Gehäusewand und zwar am Lager der Schwungradachse eine Art Messingnapf R angebracht, dessen Innenfläche dem Regler zugekehrt ist.

Dreht sich die Schwungradachse, so sucht sich die Masse infolge der Fliehkraft von der Drehungsachse zu entfernen. Hierbei werden die Federn gespannt; die Spannung überträgt sich über den Träger auf die Achse, wirkt als Zug und bringt dadurch in dem zugekehrten Lager der Schwungradachse eine neue Reibung hinzu. Wäre die Reibfläche nicht vorhanden, so würde sich die Masse so weit von der Achse entfernen, daß die Fliehkraft und die Spannung der Federn einander gleich würden. Bevor jedoch dieser Zustand erreicht wird, berührt der Bremsklotz die Reibfläche und ruft einen Reibungswiderstand hervor, zu dessen Überwinden eine gewisse Arbeit erforderlich ist. Dieser Widerstand ist bedingt durch den Druck der reibenden Teile aufeinander und den durchlaufenen Weg. Die Größe des Triebgewichtes, die Reibung im Apparat und die durch den Geschwindigkeitsregler hinzugefügte Reibung geben dem Übersetzer eine bestimmte Umlaufgeschwindigkeit.

Der Lauf des Übersetzers braucht dem des Verteilers nicht genau gleich zu sein, weil eine zweite Vorrichtung, die den Übersetzer richtig zum Verteiler stellt, nämlich die Bremse, mitwirkt. Es ist daher auch nicht erforderlich, den Geschwindigkeitsregler am Übersetzer so genau einzustellen, wie es für den Regler am Verteiler der Fall sein muß. Die Geschwindigkeit des Übersetzers wird durch die Zahl der wirksamen Federwindungen mitbestimmt. Je mehr Windungen in Betracht kommen, desto geringere Kraft ist erforderlich, um die Federn so weit zu spannen, daß sich der Bremsklotz an der Masse gegen die Reibfläche legt. Es wird also ein größerer Druck der reibenden Teile aufeinander erreicht, und die Geschwindigkeit wird verringert.

Um den Regler einzustellen, wählt man die Zahl der wirksamen Federwindungen, d. h. der Windungen unter dem Querstücke Q , dem Träger, so, daß bei möglichst hoher Lage des Trägers der Übersetzer etwa 188 Umdrehungen in der Minute macht. Dann wird der Träger gesenkt, bis sich die Geschwindigkeit auf etwa 184 bis 185 Umdrehungen vermindert hat. Wenn es auch, wie bereits erwähnt, nicht unbedingt nötig ist, daß der Schwerpunkt der Masse bei der Spannung Null der Federn in die Verlängerung der Mittellinie der Drehungsachse fallen würde, d. h. die Nullstellung vorhanden ist, so ist doch wenigstens eine Außenstellung erforderlich; die Federn dürfen also in der Ruhelage der Masse nicht zu sehr gespannt sein. Um dies zu prüfen, verschiebt man den Regler auf der Achse dem Gehäuse zu, damit man eine kleinere Schwingungsweite der Masse erhält. Die dann erlangte Geschwindigkeit darf sich von der früheren nicht unterscheiden oder nur etwas geringer geworden sein; in diesem Falle steht der Regler richtig. Anderenfalls bringt man den Träger in seine Anfangstellung zurück und fügt mindestens eine wirksame Spiralwindung hinzu, senkt dann den Träger und prüft wieder die Geschwindigkeit, bevor und nachdem der Regler auf der Achse verschoben ist.

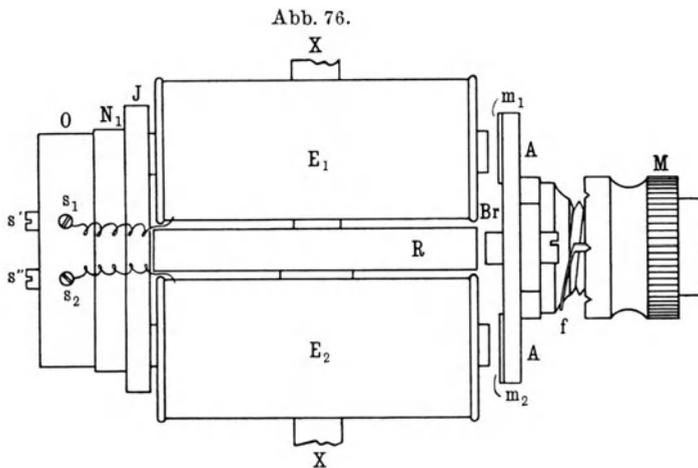
Statt mit einer Uhr nach dem Spiele des Einstellhebels die Umdrehungen zu zählen, kann man unmittelbar die Geschwindigkeit des Übersetzers mit der des Verteilers vergleichen. Nachdem der Regler in der angegebenen Weise eingestellt ist, wartet man ab, bis der später beschriebene Bremsselektromagnet angesprochen hat. Dann hält man seinen Anker mit dem Finger fest, so daß er den Bremsklotz gegen das Schwungrad nicht legen kann. Nun zählt man die Taktschläge, bis der Bremsmagnet seinen Anker von neuem anzieht. Sind z. B. 30 Schläge gezählt, so hat der Übersetzer, da er nicht gebremst ist, 31 Umdrehungen gegenüber 30 des Verteilers zurückgelegt; er macht also 186 Umdrehungen bei 180 Umdrehungen des Verteilers. Man verringert dann die Schwingungsweite und zählt wiederum die Schläge in der angegebenen Weise. Wenn die jetzt ermittelte Zahl gleich oder größer als die frühere Zahl, etwa 35 ist, so sind die Federn richtig gespannt, da sich die Geschwindigkeit nicht verändert oder wenig verringert hat. Der Übersetzer macht 36 Umdrehungen, während der Verteiler 35 Umdrehungen zurücklegt. Hätte man eine geringere Zahl als 30 gefunden, so würde die Geschwindigkeit des Übersetzers bei einer Verkleinerung der Schwingungsweite zugenommen haben; die Federn wären zu stark gespannt.

Um das Querstück Q , den Träger, zu heben, hält man es fest und dreht die Schraube S_1 heraus, so daß sie mit ihrem unteren Ende aus dem Messingstücke M austritt. Dann dreht man sie in umgekehrtem Sinne, ohne daß ihr Fuß in das Stück M eingreift. Hierbei hält man den Träger fest, so daß er sich nicht mitdrehen kann; er muß sich also heben. Schließlich dreht man die Schraube wieder in den Block M hinein. Will man den Träger senken, so genügt es, die Schraube loszudrehen. Nachdem der Träger in dem gewünschten Maße heruntergegangen ist, dreht man die Schraube wieder fest ein.

Der Bremsselektromagnet mit Bremse.

Der Übersetzer muß, wie bereits erwähnt ist, die gleiche Zahl von Umdrehungen wie der Verteiler zurücklegen; außerdem darf die Begrenzungscheibe mit dem Auswerferschiffchen und der Ansatzplatte nicht das Bewegen

der Füße der Winkelhebel verhindern, wenn die Übersetzer elektromagnete ansprechen und hierdurch die Winkelhebel in die erste Arbeitslage bringen sollen. Der Geschwindigkeitsregler wird nach den früheren Erörterungen so eingestellt, daß der Übersetzer schneller als der Verteiler läuft. Das Voreilen des Übersetzers wird bei jedem Umlaufe dadurch ausgeglichen, daß ein Elektromagnet, der „Brems elektromagnet“, seinen Anker anzieht und hierbei einen Bremsklotz gegen das Schwungrad legt. Der Elektromagnet wird erregt, wenn gleichzeitig eine Verteilerbürste über ein mit einer Batterie verbundenes Stück gleitet und die Erdleitung des Elektromagneten an einer Unterbrechungsstelle geschlossen ist. Gewöhnlich ist die Erdleitung zwischen den Federn des „Bremsenschließers“ unterbrochen; sie wird bei jedem Umlaufe des Übersetzers selbsttätig während einer kurzen Zeit dadurch verbunden, daß die Federn des Bremsenschließers gegeneinander gedrückt werden. Da der Übersetzer schneller als der Verteiler läuft, so tritt — je nach der ursprünglichen

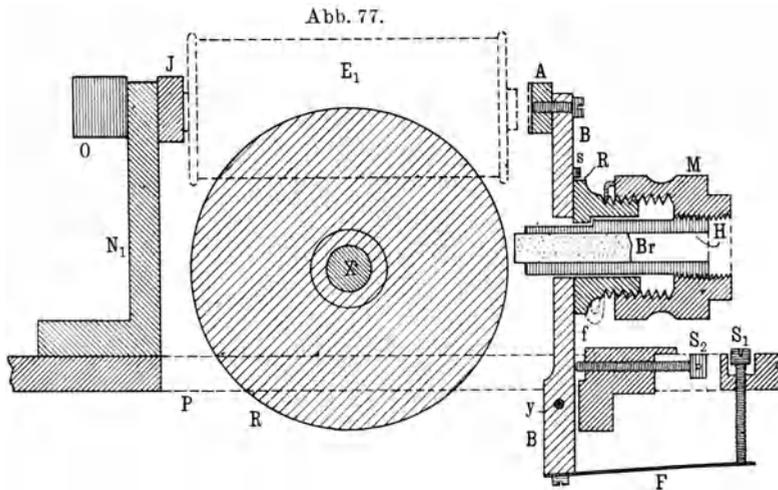


Stellung der Schwungradachse des Übersetzers und der Verteilerachse zueinander früher oder später — der Zustand ein, daß gleichzeitig die Federn des Bremsenschließers gegeneinander liegen und eine Bürste über das zugehörige Verteilerstück gleitet, der Brems elektromagnet also erregt wird. Dies wiederholt sich dann bei jedem Umlauf, und die Bremse gleicht dauernd den Geschwindigkeitsunterschied aus, so daß die Zahl der Umdrehungen von Übersetzer und Verteiler gleich bleibt.

Der in Abb. 57 sichtbare Brems elektromagnet hat zwei wagerecht liegende Kerne, deren Spulen E_1 und E_2 einen Widerstand von 40 bis 60 Ohm haben. In Abb. 57 ist die vor dem Schwungrade S liegende Spule E_2 nicht gezeichnet. Das Eisenstück J , das beide Kerne verbindet, ist an dem senkrechten Teile N_1 eines Winkelstückes befestigt, dessen wagerechter Teil an der Deckplatte P des Sockels festgelegt ist. Der senkrechte Teil N_1 trägt ferner eine Ebonitleiste O mit zwei Messingstiften. An diesen Stiften werden mit den Schrauben s_1 und s_2 die freien Enden der hintereinander geschalteten Wicklungen festgelegt (Abb. 76). Durch die Ebonitleiste greifen die Schrauben s' und s'' in die Messingstifte ein, und von diesen Schrauben gehen Drähte zu den beiden äußeren Klemmen der Ebonitleiste auf dem Deckel des Sockels (Abb. 59). Der

Anker *a* trägt auf der den Kernen zugekehrten Seite Messingplättchen, um ein Kleben des Ankers zu verhindern. Er ist an einem Arme *B* angebracht, dessen unteres Ende in Zapfen *y* gelagert ist. Auf der Seite nach den Kernen zu sitzt am Anker eine gebogene Feder, deren Enden sich gegen die Polkerne legen. Auf der anderen Seite des Armes *B* ist eine Blattfeder *f* angebracht, deren oberer Teil eine Messingplatte mit einer Muffe trägt, die den hölzernen Bremsklotz *Br* aufnimmt. Dieser Klotz geht frei durch den Arm *B* und steht mit seinem Ende nahe dem Rande des Schwungrades *S*. Mit einer Schraube *s*₆, die in den Arm *B* eingeschraubt ist, kann der Druck des Klotzes gegen das Schwungrad bei angezogenem Anker geregelt werden. Schließlich dient die Schraube *s*₆ dazu, den Anker richtig zu den Kernen zu stellen. Wird der Anker angezogen, so wird der Bremsklotz gegen den Rand des Schwungrades gelegt, und durch die Reibung wird der Lauf des Übersetzers verlangsamt.

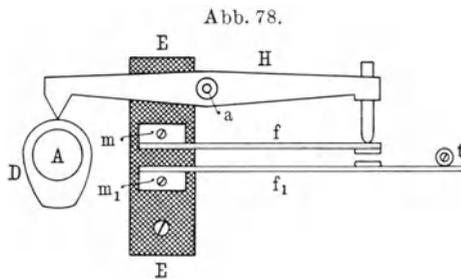
Um den Bremsklotz besser einstellen zu können, als es bei dem beschriebenen Anker der Fall ist, hat man den Anker mit der Bremse in neuerer



Zeit eingerichtet, wie es Abb. 76 in der Oberansicht und Abb. 77 im Durchschnitte zeigt. Der Anker *A* mit den Messingplättchen *m*₁ und *m*₂ sitzt an dem oberen Ende eines zweiarmigen Hebels *B*, der sich um Zapfen drehen kann. Seine Drehungsachse *y* liegt unter der Deckplatte des Sockels. An dem unteren Ende ist eine breite Feder *F* befestigt, die durch die Schraube *S*₁ mehr oder weniger gespannt werden kann. Der obere, längere Hebelarm von *B* hat in der Mitte einen röhrenförmigen Ansatz *R*, der außen an seinem Ende ein Schraubengewinde trägt. In das Innere von *R* ragt ein Zapfen hinein, der sich in eine Rinne einschiebt, die auf der Hülse *H* ausgespart ist. Die Hülse ist im Inneren fein gezahnt, so daß sie den Bremskork *Br* festhalten kann. Mit seinem herausragenden Ende steht der Kork dem Rande des Schwungrades *R* gegenüber. Die Hülse hat auf ihrer dem Hebel *B* abgewendeten Seite außen ein Schraubengewinde, dessen Schraubengang halb so groß wie der von *R* ist. Über *R* und *H* greift eine Muffe *M*, deren Inneres zwei mit verschiedenen Gewinden versehene Teile hat; das eine Gewinde ist dem von *R* und das andere dem von *H* gleich. Der Ansatz *R* ist auf der Außenseite radial

eingekerbt; in eine der Rinnen legt sich die an B befestigte Feder f und drückt mit einem Ansatz gegen die Muffe M . Bei jeder Umdrehung von M rückt die Muffe auf R um die Höhe eines Schraubenganges weiter; da sich H wegen des Zapfens an R nicht drehen kann, so schraubt es sich um eine Windung in M hinein. Dreht sich M nach R zu, so entfernt sich H von R . Da sich die Ganghöhen der beiden Gewinde wie 1:2 verhalten, so macht H in der Längsrichtung nur den halben Weg wie M ; der Bremskork läßt sich daher genau einstellen. Um den Abstand des Ankers von den Kernen regeln zu können, ist eine Schraube S_2 vorhanden, deren Fuß gegen den Hebel B stößt.

In der Zuleitung vom Elektromagneten zur Erde liegt der bereits erwähnte Bremsenschließer, der im Inneren des Übersetzergehäuses angebracht ist. Er besteht aus dem zweiarmligen Hebel H , den Federn f und f_1 und dem Daumen D (Abb. 78). Der Hebel H dreht sich um die Achse a , die in der Hinterwand des Gehäuses gelagert ist. Der linke Arm legt sich mit seinem schneidenförmigen Ansatz auf den Daumen D , der auf der Kombinatorachse A festgeschraubt ist. Die Federn f und f_1 sind an Messingstücken m und m_1 auf einer Ebonitleiste E befestigt. Diese Leiste ist an der Rückwand des Gehäuses festgeschraubt. Durch das Messingstück m führt eine Schraube bis in die hintere Gehäusewand; über m , die Schraube und das Gehäuse ist die obere Feder f geerdet. An dem Messingstücke m_1 wird die vom Bremsselektromagneten kommende Zuleitung festgelegt. Bei jedem Umlauf der Kombinatorachse A hebt der Daumen D während einer bestimmten Zeit den linken Hebelarm; es drückt dann der Stift am rechten Hebelarme die silbernen Anschlagflächen an den Enden der Federn f und f_1 zusammen. Ein mit Ebonit umkleideter Stift t begrenzt das Emporgehen der unteren Feder f_1 .

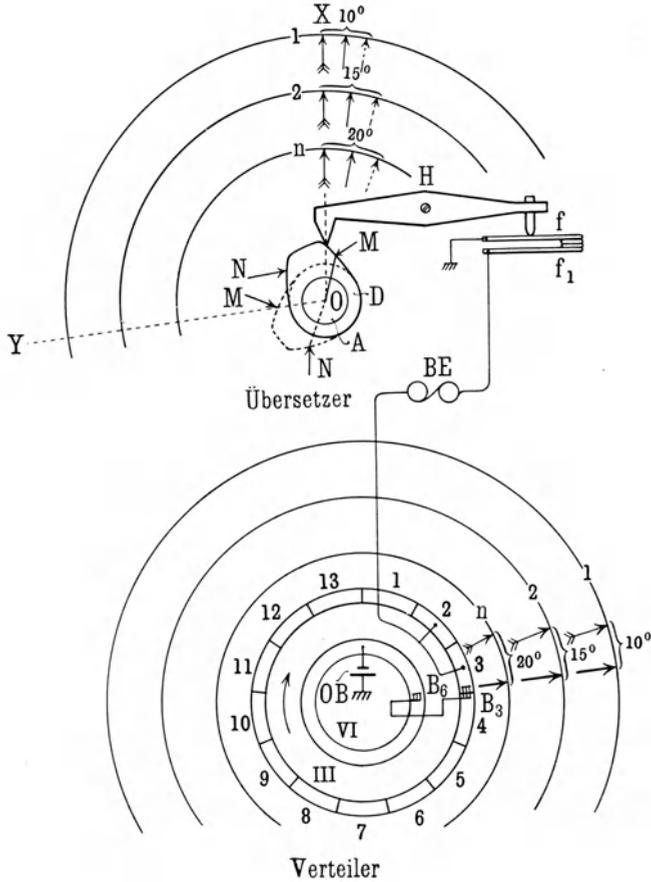


Der Daumen auf der Kombinatorachse regelt zusammen mit dem Bremsenschließer die Stellung des Kombinars und der Begrenzungscheibe des Übersetzers zu den Bürsten des Verteilers, indem der Bremsselektromagnet bei jeder Umdrehung des Verteilers so lange erregt wird, daß der Geschwindigkeitsüberschuß des Übersetzers ausgeglichen wird. Es werde angenommen, daß in einer Minute der Verteiler 180 und der Übersetzer 185 Umdrehungen mache. Dann legen eine Umdrehung oder 360° die Verteilerbürsten in $\frac{60}{180}$ und die Begrenzungscheibe in $\frac{60}{185}$ Sek. zurück. Wenn der Bremsselektromagnet erregt wird, soll das Schwungrad, das sich zehnmal schneller als der Kombinator dreht, so stark gebremst werden, daß die Kombinatorachse auf das $\frac{1}{n}$ fache ihrer ursprünglichen Geschwindigkeit kommt. Diese Achse lege nun einen Winkel von $360 - \varphi^\circ$ zurück, ohne daß der Bremsselektromagnet erregt ist; hierzu ist also eine Zeit von $\frac{(360 - \varphi)}{360} \cdot \frac{60}{185}$ Sek. erforderlich.

Während des Restes des Weges, d. h. für φ^0 , sei der Bremsselektromagnet erregt; zum Zurücklegen dieses Weges wird dann eine Zeit von $\frac{\varphi}{360} \cdot \frac{n \cdot 60}{185}$ Sek. gebraucht. Soll sich die Kombinatorachse ebenso schnell drehen wie die Verteilerachse, so muß sein

$$\frac{360 - \varphi}{360} \cdot \frac{60}{185} + \frac{\varphi}{360} \cdot \frac{n \cdot 60}{185} = \frac{60}{180}$$

Abb. 79.



Hieraus ergibt sich $\varphi = \frac{10^0}{n-1}$. Wird beim Bremsen des Schwungrades die Geschwindigkeit der Kombinatorachse z. B. auf die Hälfte herabgesetzt, ist also $n = 2$, so wird $\varphi = 10^0$.

Die Verbindungen zwischen dem Bremsenschließer, dem Bremsselektromagneten, den Verteilerringen und der Ortsbatterie sind in Abb. 79 dargestellt. An dem Verteilerringe VI liegt der eine Pol der Ortsbatterie OB, deren anderer Pol geerdet ist. Die Bürsten B_6 und B_3 verbinden die Ringe VI und III miteinander. Von den miteinander verbundenen Stücken 2 und 3 des Ringes III führt eine Zuleitung zum Anfange der Windungen des Bremsselektromagneten BE;

das Ende der Windungen ist mit der Feder f_1 verbunden. Die Verteilerbürsten und die Kombinatorachse mit dem Daumen drehen sich in der beim Verteiler angegebenen Pfeilrichtung. Ferner sollen die Federn f und f_1 des Bremsenschließers zusammengedrückt werden, sobald der Ansatz von H den Punkt M von D erreicht, und wieder auseinander gehen, wenn der Punkt N unter den Ansatz gleitet, d. h. das Ende der Windungen von BE wird gerdet, während die Achse A den Winkel MON zurücklegt.

Bei der angenommenen Geschwindigkeit von 180 und 185 Umdrehungen für Verteiler und Übersetzer legen in $\frac{1}{3}$ Sek. die Verteilerachse 360° und die Kombinatorachse $360^\circ + 10^\circ$ zurück, d. h. die Kombinatorachse eilt bei jeder Umdrehung der Verteilerachse um 10° voraus. Es stehe nun die Bürste B_3 am Ende des Stückes 3, wie es in Abb. 79 dargestellt ist, und der Daumen in der gestrichelt gezeichneten Lage; hierbei soll der Winkel YOX 100° betragen. Dann wird nach 10 Umdrehungen der Verteilerbürste der Punkt M des Daumens D in der Linie OX , d. h. unter dem Hebel H stehen, während B_3 das Ende des Stückes 3 erreicht hat. Bei der folgenden Umdrehung wird M den Hebel H erreichen, wenn B_3 noch rund 10° vom Ende des Stückes 3 entfernt ist. Die gegenseitige Stellung ist durch die gefiederten Pfeile am Kreis 1 angedeutet. Während sich die Bürste B_3 bis ans Ende des Stückes 3 bewegt, also in die Lage des ausgezogenen Pfeiles kommt, würde die ausgezogene Linie OM , wenn die Schwungradachse nicht gebremst würde, in die Richtung des gestrichelten Pfeiles kommen. Da jedoch der Bremseselektromagnet BE erregt und mit der Schwungradachse auch die Kombinatorachse des Übersetzers gebremst wird, so erreicht OM nur die dem ausgezogenen Pfeil entsprechende Lage. Während die Verteilerachse mit B_3 einen Winkel von 10° zurücklegt, beschreibt die Kombinatorachse nur einen Winkel von 5° ¹⁾. Die gegenseitige Stellung von Kombinator- und Verteilerachse gegen das Ende der folgenden 2. Umdrehung zeigen die Pfeile am Kreise 2. Schließlich wird die am Kreise n angegebene Stellung erreicht, d. h. die Linie OM hat, von der Linie OX aus gerechnet, einen Winkel von 10° beschrieben, wenn die Bürste B_3 am Ende des Stückes 3 steht. Dies gilt für die Annahme, daß sich die Kombinatorachse mit halber Geschwindigkeit dreht, so lange der Bremseselektromagnet erregt ist.

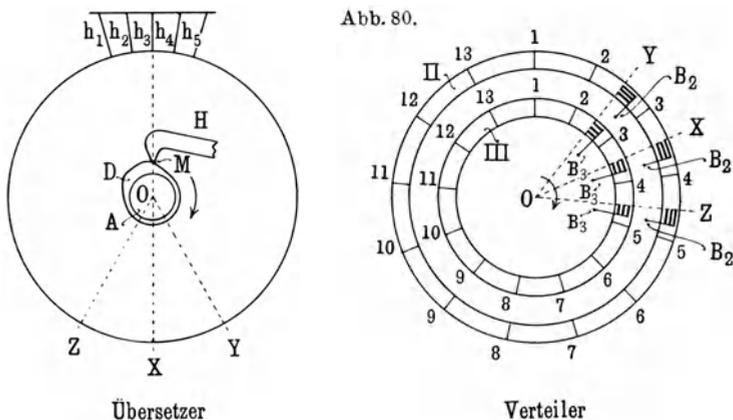
Um zu prüfen, ob die Schwungradachse genügend stark gebremst wird, drücke man beide Federn des Bremsenschließers dauernd zusammen. Dann wirkt die Bremse bei jeder Umdrehung während der ganzen Zeit, in der B_3 über die mit BE verbundenen Verteilerstücke gleitet. Zählt man vom Zusammendrücken der Federn ab die Taktschläge, so soll der Übersetzer nach 12 bis 15 Umdrehungen still stehen.

Aus der vorhergehenden Betrachtung ergibt sich, daß sich der Übersetzer selbsttätig in bestimmter Weise zum Verteiler einstellt, und zwar ist der Hebel des Bremsenschließers eine kurze Zeit gehoben und die Federn sind kurze Zeit zusammengedrückt gewesen, wenn die Bürste B_3 das Ende des Bremsstückes des Verteilerringes III erreicht. Für das gegenseitige Einstellen genügt

¹⁾ Diese Zahlen sind nicht streng richtig, weil einer Drehung der Verteilerachse um 1° eine Drehung der Kombinatorachse nicht um 1° , sondern um $\frac{370}{360}^\circ$ entspricht. Bei der obigen Betrachtung soll dieser geringe Unterschied jedoch unberücksichtigt bleiben.

folgende Annahme. Wenn der Punkt M des Daumens unter den Ansatz des Hebels H kommt, d. h. wenn der Anker des Bremsselektromagneten BE angezogen wird, steht die Verteilerbürste B_3 in der Mitte des letzten der mit dem Elektromagneten verbundenen Verteilerstücke. Diese Stellung ist in Abb. 80 durch die Linie OX angedeutet.

Die Kombinatorachse des Übersetzers muß zur Verteilerachse eine bestimmte Stellung haben, wie sich aus folgender Erwägung ergibt. Wenn die Winkelhebel infolge des Erregens der zugehörigen Übersetzerselektromagnete aus der Ruhelage in die 1. Arbeitslage übertreten sollen, darf der Teil der Begrenzungscheibe mit der Stahlplatte z und den Daumen D_1 und D_2 (Abb. 63) den Enden der senkrechten Arme der Winkelhebel nicht gegenüberstehen. Durch die Winkelhebel 1 und 5 sind zwei Grenzstellungen bedingt. Bei der einen Grenzstellung muß der Daumen D_2 gerade an dem Fuß des Winkelhebels 1 vorbeigegangen sein, wenn der Übersetzerselektromagnet 1 erregt ist



und sein Anker den Winkelhebel in die 1. Arbeitslage bringt. Die Füße der übrigen Winkelhebel können dann ungehindert verschoben werden. Bei der anderen Grenzstellung muß der Übersetzerselektromagnet 5 erregt, der zugehörige Winkelhebel also in die 1. Arbeitslage gebracht sein, bevor der Anfang der Platte z den Fuß des Winkelhebels 5 erreicht; dann lassen sich die übrigen Winkelhebel beim Ansprechen der Übersetzerselektromagnete ungehindert bewegen. Die beste Bedingung für das Arbeiten gibt die Mittelstellung der Begrenzungscheibe, bei der das Ende von D_2 ebensoweit von dem Winkelhebel h_1 wie der Anfang von z von dem Winkelhebel h_5 entfernt ist. Hiernach ist der Daumen D auf der Kombinatorachse so festzuschrauben, daß der Bremsselektromagnet BE gerade erregt wird, wenn die Mitte des Daumens D_1 an der Begrenzungscheibe von dem Winkelhebel h_3 um 180° entfernt ist, also im Punkte X (Abb. 80) steht. Dies ist jedoch nur dann richtig, wenn das Ende der Bremsstücke des Verteilerringes III und das Ende des Stückes 3 des Verteilerringes II, über das der Übersetzerselektromagnet 3 erregt wird, gleichzeitig von den Bürsten erreicht werden. Würden z. B. die Stücke 1 und 2 des Ringes III mit dem Bremsselektromagneten verbunden, so würde der Punkt M des Daumens D den Hebel H treffen, wenn die Verteilerbürste B_3 in der Linie OY stände. Dann müßte der Daumen D so auf der Kombinator-

achse A befestigt werden, daß der Bremsselektromagnet gerade erregt würde, wenn die Mitte des Daumens D_1 der Begrenzungscheibe in der Linie OY stände, d. h. um $\frac{1}{13}$ des Umfanges hinter OX zurück. Wären dagegen die Stücke 3 und 4 des Verteilerringes mit dem Bremsselektromagneten verbunden, so müßte die Mitte des Daumens D_1 der Begrenzungscheibe in die Linie OZ , also $\frac{1}{13}$ des Umfanges vor der Linie OX gestellt werden.

9. Das Einstellen zwischen zwei Endämtern.

Nach den früheren Erörterungen muß der Geschwindigkeitsregler jedes Verteilers die Nullstellung haben, damit sich die Verteilerbürsten mit der ihnen einmal gegebenen Geschwindigkeit gleichmäßig weiter drehen. Ferner müssen die Verteilerbürsten beim korrigierten Amte, dem Amte B , etwas schneller laufen, als die Verteilerbürsten beim korrigierenden Amte, dem Amte A , damit die Gleichlaufvorrichtung die Bürsten bei B richtig zu den Bürsten bei A stellen kann. Der Unterschied der Umlaufzeiten beider Verteilerbürsten soll nicht zu groß sein. Die Apparate arbeiten gut zusammen, wenn etwa bei jeder zweiten Umdrehung der Korrektionsselektromagnet anspricht, infolgedessen die Gleichlaufvorrichtung die Verteilerachse vom Triebwerk entkuppelt und so das Drehen der Verteilerbürsten beim Amte B auf kurze Zeit aufhält. Wie früher angegeben ist, ist bei 9 Zähnen des Korrektionssternes die Verteilerachse während einer Zeit entkuppelt, in der die Bürste über 0,09 der Länge eines Verteilerstückes gleitet. Die Gleichlaufvorrichtung wird also bei jeder zweiten Umdrehung wirken, wenn der Verteiler B $2 + \frac{0,09}{13}$ Umdrehungen

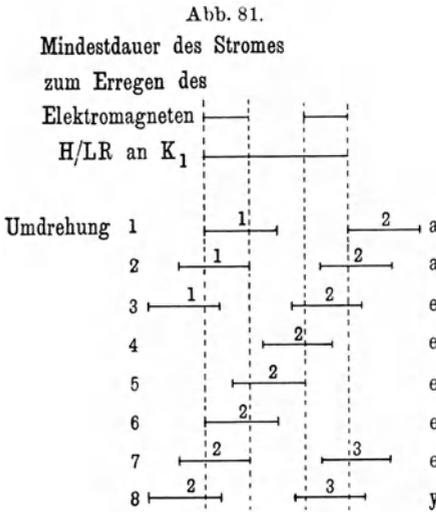
zurücklegt, während sich der Verteiler A zweimal dreht. Dies entspricht 180,6 Umdrehungen des Verteilers B gegenüber 180 Umdrehungen des Verteilers A in der Minute. Beide Verteiler würden ohne weiteres richtig miteinander arbeiten, wenn bei der Nullstellung ihrer Geschwindigkeitsregler die Bürsten bei A 180 und bei B 180,6 Umdrehungen in der Minute machten. Im Betriebe lassen sich jedoch die Verteiler von vornherein nicht so genau einstellen. Es ist daher erforderlich, den Lauf beider Verteiler unmittelbar miteinander zu vergleichen. Zu diesem Zwecke wird von einem Amte dauernd ein Zeichenstrom gesandt und beim anderen Amte das Empfangene beobachtet.

Beim Einstellen ist zu unterscheiden, ob das Amt B seinen Verteiler nach dem des Amtes A einstellt oder umgekehrt; es machen sich nämlich, da der Verteiler beim Amte B , als dem korrigierten Amte, schneller laufen muß, als der Verteiler beim Amt A , dem korrigierenden Amte, die Änderungen der eigenen Geschwindigkeit bei A und bei B in verschiedener Weise geltend.

Amt A sende bei 180 Umdrehungen in der Minute dauernd mit der Taste 2 des Gebers G_1 einen Zeichenstrom. Die Stücke des Ringes I (Abb. 13) mögen so stehen, daß die Bürste B_1 beim Beginn einer als ersten bezeichneten Umdrehung den Anfang des Stückes 1 erreicht, während sich H von LR gegen K_1 legt (Abb. 81). Die Verteilerbürsten bei B sollen sich nun schneller drehen als die bei A , und zwar soll bei B die Bürste bereits $\frac{1}{6}$ Stück, also $\frac{1}{65}$ des ganzen Umfanges der Scheibe, über eine Umdrehung hinaus zurückgelegt haben, wenn bei A eine Umdrehung vollendet ist. Dies bedeutet bei 180 Umdrehungen in der Minute für A $180(1 + \frac{1}{65}) = 182,8$ oder rund 183 Um-

drehungen in der Minute für B . Während der ersten Umdrehung erhält der mit dem Stück 1 verbundene Elektromagnet E_1 des Übersetzers einen Stromstoß über das volle Stück. Wenn sich bei der folgenden Umdrehung H von LR an K_1 legt, so steht B_1 schon $\frac{1}{5}$ eines ganzen Stückes, d. h. $\frac{2}{5}$ der Länge des verkürzten Stückes 1, vom Anfang entfernt. Dieses Voreilen von B_1 kann man auch so auffassen, als ob B_1 stehen bleibt und sich der Ring I entgegen der Bürstendrehung verschiebt. Bei der 2. Umdrehung fließen Stromstöße aus der Ortsbatterie durch E_1 und E_2 , ebenso bei der 3. Umdrehung. Bei der 4. Umdrehung gleitet die Bürste B_1 nur noch über das Stück 2 von I , während H von LR an K_1 liegt. Alle Übersetzer elektromagnete seien gleich empfindlich, und der zum Erregen eines Elektromagneten erforderliche Strom habe eine Dauer, die $\frac{3}{10}$ der Zeit entspricht, während der ein Stromstoß vom anderen Amte H

von LR an K_1 legt. Auf dem Streifen erscheint, wie Abb. 81 erkennen läßt, der gleiche Buchstabe, z. B. e , fünfmal hintereinander.



Die Verteilerbürsten bei B mögen denen bei A nur um $\frac{1}{20}$ Stück bei jeder Umdrehung voreilen; dann verhalten sich die Umdrehungszahlen von A und B wie $180:180(1 + \frac{1}{260})$ oder wie $180:180,7$. Auf dem Streifen erscheinen bei der gleichen Empfindlichkeit der Elektromagnete wie im ersten Falle $19e$, wie sich aus einem zeichnerischen Darstellen der Verschiebung ersehen läßt. Bei der 6. und 26. Umdrehung würde der Elektromagnet E_2 nicht an-

sprechen; der Streifen würde stehen bleiben, und es würden keine Lücken auf dem Streifen erscheinen.

Aus der vorstehenden Betrachtung ergibt sich, daß auf dem Streifen um so mehr gleiche Zeichen hintereinander gedruckt werden, je geringer der Unterschied in der Laufgeschwindigkeit der Verteiler bei A und B ist. Erscheinen die Zeichen bei B in der Reihenfolge $ae y$, so läuft der Verteiler bei B schneller, als der bei A ; werden die Zeichen in der Reihenfolge $y e a$ gedruckt, so ist es umgekehrt.

Bei gut eingestellten Apparaten soll die Gleichlaufvorrichtung etwa bei jeder zweiten Umdrehung wirken. Da dies ein Anhalten um $2,5^\circ$ oder — bei 13 Stück des Verteilerringes II — $0,09$ Stück bedeutet, so sind gute Betriebsbedingungen erreicht, wenn die Verteilerbürsten von B bei jeder Umdrehung um $0,045$ oder rund $\frac{1}{20}$ Stück oder rund $\frac{1}{260}$ des Umfanges der Scheibe voreilen.

Um beim Amte B die Geschwindigkeit des Verteilers der des Verteilers beim Amt A anzupassen, sendet A dauernd nur Korrektionsstrom, d. h. während jeder Umdrehung einen Zeichenstromstoß. B schaltet den Korrektions elektromagneten ab, stellt alle Geber auf Empfangen und beobachtet das Drucken

der Zeichen auf dem Streifen. Werden die Zeichen in der Reihenfolge *acy* oder 1 2 3 gedruckt, so läuft der Verteiler bei *B* schneller, als der bei *A*. Erscheint dasselbe Zeichen, etwa *e*, fünfmal hintereinander auf dem Streifen, so läuft der Verteiler von *B* zu schnell; die Masse oder die Zahl der wirksamen Federwindungen ist zu vergrößern, bis etwa 10 bis 15 *e* hintereinander gedruckt werden. Erscheint dagegen eine größere Zahl gleicher Zeichen, etwa 25 bis 30 *e*, so läuft der Verteiler von *B* zu langsam; die Masse oder die Zahl der wirksamen Federwindungen ist zu verkleinern, bis der Übersetzer 10 bis 15 *e* hintereinander druckt. Der Unterschied der Geschwindigkeiten beider Verteiler ist dann so groß, daß die Gleichlaufvorrichtung etwa bei jeder 2. Umdrehung wirken würde. Hierauf nimmt *B* eine Platte des Triebgewichtes ab oder drückt mit einem Finger leicht auf die Schwungradachse; hierdurch wird die Triebkraft verringert oder eine neue Reibung hinzugefügt, und in beiden Fällen wird die Schwingungsweite der Masse verkleinert. Erscheint hierauf das Zeichen *e* nur etwa fünfmal hintereinander auf dem Streifen, so ist die Geschwindigkeit des Verteilers größer geworden; der Regler befindet sich in der Innenstellung. Um ihn in die Nullstellung zu bringen, senkt man den Träger, bis die gleiche Zahl von Zeichen gedruckt wird, wenn auf den Verteiler ein größeres oder kleineres Triebgewicht wirkt, oder wenn der Verteiler frei läuft oder durch Auflegen des Fingers auf die Schwungradachse etwas gebremst wird. Drückt dagegen der Übersetzer das Zeichen *e* nach dem Verringern des Triebgewichtes oder dem Auflegen des Fingers auf die Achse etwa 30 mal hintereinander, so ist die Geschwindigkeit kleiner geworden; der Regler steht also in der Außenstellung. Jetzt muß der Träger gehoben werden, bis die Geschwindigkeit unverändert bleibt, gleichgültig, ob das volle oder das verringerte Triebgewicht wirkt oder ob der Finger auf die Schwungradachse gelegt wird oder nicht. Zweckmäßig prüft man den Regler nicht nur durch Abnehmen, sondern auch durch Auflegen von Platten auf das Triebgewicht; in dem letzten Falle wird die Schwingungsweite der Masse vergrößert. Man erhält dann das Arbeiten des Verteilers bei großer, normaler (mittlerer) und kleiner Schwingungsweite; in allen drei Fällen muß die Zahl der auf dem Streifen hintereinander erscheinenden gleichen Zeichen übereinstimmen, wenn der Geschwindigkeitsregler die Nullstellung hat.

Auch an dem Arbeiten des Korrektionsmagneten läßt sich die Reglerstellung beobachten. Sendet Amt *A* dauernd allein Korrektionsstrom und stellt Amt *B* bei eingeschaltetem Korrektionsmagneten alle Geber auf Empfangen, so eilen die Verteilerbürsten bei *B* denen bei *A* so lange voran, bis die Gleichlaufvorrichtung arbeitet. Wie oft dies geschieht, läßt der Zeiger an dem Verteiler durch seine Bewegungen erkennen. Drückt man bei *B* mit dem Finger auf die Schwungradachse, und bewegt sich dann der Zeiger häufiger, so ist die Geschwindigkeit des Verteilers größer geworden. Der Regler befindet sich in der Innenstellung; der Träger ist also zu senken. Wenn sich dagegen der Zeiger seltener bewegt, die Geschwindigkeit also geringer geworden ist, so hat der Regler eine Außenstellung, und der Träger ist zu heben.

Wenn die Gleichlaufvorrichtung regelmäßig einmal bei 2 Umdrehungen arbeitet, soll tunlichst die Masse so gewählt sein, daß sie dann zwei Zusatzschrauben mit Zusatzmassen unter ihren Köpfen trägt. Kleine Unterschiede lassen sich mit diesen Zusatzteilen im Betriebe leicht ausgleichen.

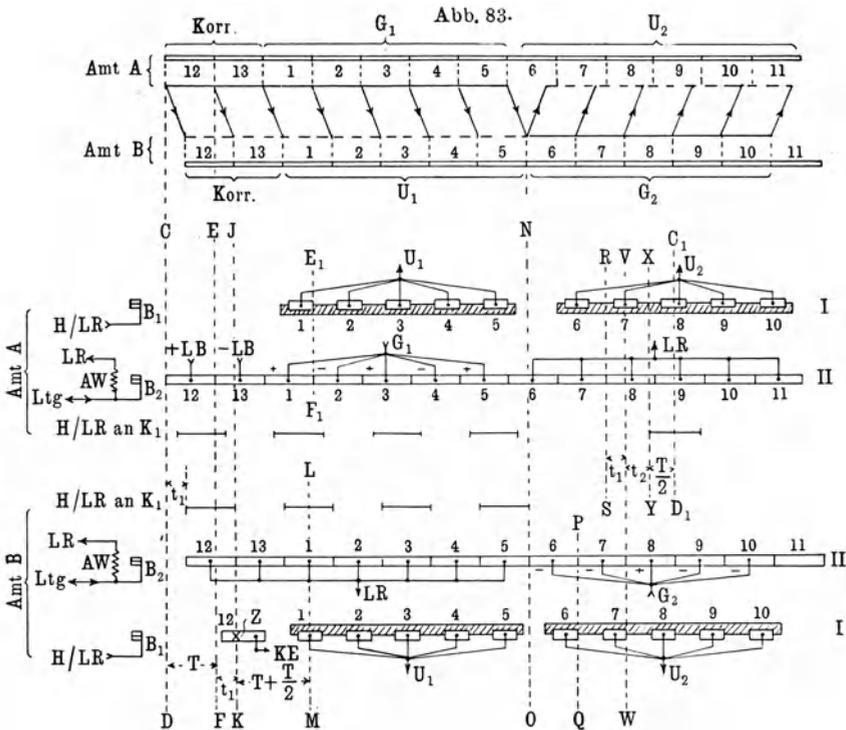
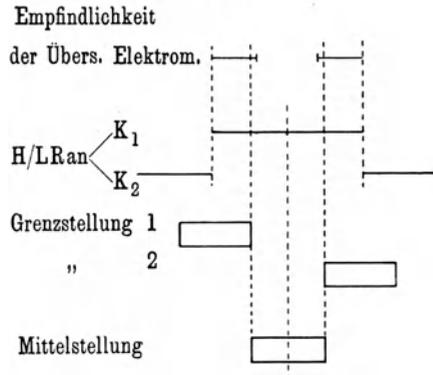
Will das Amt A die Geschwindigkeit seines Verteilers der des Amtes B anpassen, so schaltet Amt A die Korrektionsströme ab und stellt alle Geber auf Empfangen. Amt B stellt alle Geber auf Senden und drückt dauernd dieselbe Taste, so daß bei jeder Umdrehung nur ein Zeichenstromstoß zum Amt A gesandt wird. Wenn beim Durchgehen der Ströme durch die Übersetzer von A die Zeichen in der Reihenfolge yca oder 321 wechseln, so läuft der Verteiler bei A langsamer, als der bei B . Wird das gleiche Zeichen, etwa e , fünfmal hintereinander gedruckt, so ist der Unterschied der Umdrehungsgeschwindigkeit von A und B zu groß, d. h. der Verteiler von A läuft zu langsam; die Masse oder die Zahl der wirksamen Federwindungen ist daher zu verkleinern. Wenn dagegen das gleiche Zeichen 25 bis 30 mal hintereinander erscheint, so läuft der Verteiler von A zu schnell; die Masse oder die Zahl der wirksamen Federwindungen ist zu vergrößern. Ist der Regler so eingestellt, daß etwa 10 bis 15 gleiche Buchstaben nacheinander gedruckt werden, so ist bei verschiedenen Schwingungsweiten zu prüfen, ob der Regler eine Nullstellung hat. Wird durch Verkleinern des Triebgewichtes oder Bremsen der Schwungradachse die Schwingungsweite verringert, und erscheint hierauf das Zeichen e nur etwa fünfmal hintereinander, so ist die Geschwindigkeit kleiner geworden; der Regler hat eine Außenstellung, und der Träger ist zu heben. Wenn dagegen das Zeichen e häufiger gedruckt wird, so ist die Geschwindigkeit größer geworden; der Regler hat eine Innenstellung, und der Träger ist zu senken. Zweckmäßig sammelt Amt A drei Reihen von Zeichen, die bei großer, normaler und kleiner Schwingungsweite gedruckt sind; stimmen die Reihen überein, so steht der Regler richtig.

Die Nullstellung des Reglers bei A kann auch von dem Amte B geprüft werden. Zu diesem Zwecke sendet A in der oben angegebenen Weise Korrektionsstrom, und B beobachtet die ankommenden Zeichen. Es verändert die Masse seines Reglers, bis etwa 15 e auf dem Streifen erscheinen. Dann fordert es das Amt A auf, sein Triebgewicht zu verkleinern. Erhält B jetzt nur 5 e hintereinander, so hat sich die Geschwindigkeit bei A verringert, denn der Geschwindigkeitsunterschied ist größer geworden. Der Regler von A hat Außenstellung; der Träger muß gehoben werden. Wenn dagegen bei B auf dem Streifen 20 oder mehr e erscheinen, so hat sich die Geschwindigkeit bei A vergrößert. Der Regler von A hat eine Innenstellung; sein Träger muß also gesenkt werden.

Sendet Amt A mit der ersten Gruppe, d. h. über die zum Geber G_1 gehörigen Stücke 1 bis 5 des Ringes II , so soll beim Amte B die Bürste B_1 über die mit den Elektromagneten des Übersetzers U_1 verbundenen verkürzten Stücke des Ringes I in der Mitte der Zeiten gleiten, in denen unter gewöhnlichen Verhältnissen die von A gesandten Stromstöße den Ankerhebel H von LR gegen den Arbeitskontakt K_1 legen. Die richtige Stellung der verkürzten Stücke ermittelt man in folgender Weise. Ein Amt sendet dauernd mit derselben Taste, etwa der Taste 3, Zeichenstrom. Ist Gleichlauf zwischen beiden Ämtern vorhanden, so wird H von LR beim zweiten Amte während jeder Umdrehung zu derselben Zeit gegen den Kontakt K_1 gelegt. Die Gruppe der Stücke 1 bis 5 des Ringes I wird zunächst so gestellt, daß der Übersetzer den Buchstaben y druckt. Dann werden die Stücke in der Drehungsrichtung der Bürsten langsam verschoben, bis der Übersetzer den Buchstaben nicht

mehr wiedergibt; die Stücke haben in diesem Punkt eine Grenzstellung erreicht. Hierauf werden die Stücke in umgekehrter Richtung verschoben. Zunächst wird der Buchstabe y wieder auf dem Übersetzerstreifen erscheinen, um schließlich zu verschwinden; dieser Punkt gibt die andere Grenzstellung an. Vermerkt man beide Grenzlagen und bringt dann die Stücke in die Mittelstellung, so ist die beste Betriebstellung vorhanden. Abb. 82 zeigt bei einer bestimmten Empfindlichkeit der Übersetzer elektromagnete die beiden Grenzstellungen und die Mittelstellung für ein verkürztes Stück des Ringes I an. Aus dieser Abbildung ergibt sich, daß H von LR etwas früher oder später gegen K_1 gelegt werden kann, als es unter normalen Verhältnissen der Fall ist. Solche Abweichungen treten dadurch ein, daß die

Abb. 82.



Umlaufgeschwindigkeit der Verteilerbürsten bei beiden Ämtern während kurzer Zeiten nicht vollständig übereinstimmt, und daß ferner der Verlauf der ankommenden Ströme infolge der Kapazität der Leitung und auch infolge der induktorischen Einwirkung aus Nachbarleitungen verschieden ist.

Durch Abb. 83 soll erläutert werden, in welcher Weise die Verteilerbürsten der beiden Ämter zueinander stehen müssen. Es ist hierbei angenommen, daß Amt *A*, das korrigierende Amt, die Gruppe $+ - + - +$, also den Buchstaben *t*, mit dem Geber G_1 und Amt *B* die Gruppe $- - + - -$, also den Buchstaben *y*, mit dem Geber G_2 sendet. Das Linienrelais *LR* beim Amte *B* legt seinen Ankerhebel *H* gegen K_1 um t_1 Sekunden später, als der zugehörige Zeichenstrom bei *A* in die Leitung zu fließen beginnt. Die Zeit t_1 , die dem Abstände der Linien *EF* und *JK* entspricht, gibt die Stromverzögerung an. Nach den früheren Erörterungen stellt sich die Bürste B_1 beim Amte *B* infolge des Wirkens der Gleichlaufvorrichtung selbsttätig auf den Merkpunkt *Z* des Stückes 12 vom Ring *I* ein, wenn unter dem Einfluß der Korrektionsströme des Amtes *A* *H* von *LR* von K_1 zu K_2 herübergeht. Wird die Dauer eines Stromstoßes zu T Sekunden¹⁾ angenommen, so entspricht der Abstand der Linien *CD* und *JK* einer Zeit $t_1 + T$. Den Merkpunkt *Z* des Stückes 12 beim Amte *B* ermittelt man unabhängig von dem Arbeiten des Amtes *A* in folgender Weise. Man läßt den Verteiler laufen und hält *H* von *LR* dauernd gegen K_1 ; dann bedeckt man das Stück 12 mit einem Papierstreifen und zieht ihn in der Drehungsrichtung der Bürsten langsam hinweg, so daß die Dauer des Stromstoßes, der durch die Windungen des Korrektionsmagneten fließt, allmählich zunimmt. Sobald sich der Gleichlaufzeiger bei jeder Umdrehung bewegt, der Elektromagnet also anspricht, gibt das Ende des Papierstreifens für eine gegebene Stromquelle und eine bestimmte Empfindlichkeit den Merkpunkt *Z* an. Wie sich aus Abb. 83 ergibt, steht beim Amte *B* das Stück 1 von *I* richtig, wenn seine Mitte vom Punkte *Z*, d. h. die Linie *LM* von der Linie *JK* um $1\frac{1}{2}$ Stücke entfernt ist; dem Abstand entspricht die Zeit $T + \frac{T}{2}$. Ferner muß das Amt *B* mit dem Geber G_2 gerade dann zu senden beginnen, wenn das Empfangen der Ströme des Gebers G_1 von *A* beendet ist, d. h. zu dem durch *NO* bezeichneten Zeitpunkte. Dies ist der Fall, wenn zur gleichen Zeit die Bürste B_1 auf dem Punkte *Z* von 12 *I* und die Bürste B_2 am Ende von 12 *II*, beide Bürsten also in der Linie *JK* stehen.

Um beim Senden eine Mitleseschrift zu erhalten, sind die Windungen des Linienrelais über einen Abzweigwiderstand *AW* dauernd mit der Leitung verbunden. Neben den Strömen, die in die Leitung gehen, geben die Linienbatterien Ströme her, die durch den Abzweigwiderstand und die Relaiswindungen fließen. Infolge ihrer Kapazität bietet die Leitung am Anfange des Stromsendens einen geringen Widerstand, so daß die Ströme durch *AW* und *LR* nicht sogleich ihren vollen Wert erreichen. Das Relais spricht also etwas später an, als mit dem Senden vom anderen Amte begonnen wird, und zwar wird *H* von *LR* um so später gegen K_1 gelegt werden, je größer die Kapazität der Leitung ist. Um diese Verzögerung auszugleichen, werden die für Mitlesezwecke mit den Elektromagneten des Übersetzers U_2 verbundenen Stücke 6 bis 10 des Ringes so gestellt, daß die Bürsten B_1 und B_2 zur selben Zeit am Ende der Stücke 6 der Ringe *I* und *II*, also in der Linie *PQ* stehen. Bei Leitungen mit sehr großer Kapazität kann es nötig werden, die Stücke des Ringes *I* noch weiter im Drehungsinne der Bürsten zu verschieben.

¹⁾ Bei einem Zweifachapparat ist bei 180 Umdrehungen in der Minute $T = \frac{1}{39}$ Sekunden.

Sendet Amt B mit der 3. Taste des Gebers G_2 einen Zeichenstrom, so wird beim Amt A H von LR gegen K_1 t_2 Sekunden später gelegt, als mit dem Senden des Stromstoßes beim Amte B begonnen ist. Diese Zeit, der der Abstand der Linien XY und VW entspricht, stellt die Stromverzögerung in der Richtung vom Amte B zum Amt A dar. Es muß dann der Abstand der Linie C_1D_1 , die durch die Mitte des Stückes 8 von I geht, von der Linie XY der Zeit $\frac{T}{2}$ entsprechen. Um die Strecke zwischen den Linien RS — Anfang des Stückes 8 von II — und C_1D_1 — Mitte des Stückes 8 von I — zu durchlaufen, ist für die Bürsten B_1 und B_2 eine Zeit von $t_1 + t_2 + \frac{T}{2}$ erforderlich. Ferner sind die mit den Elektromagneten des Übersetzers U_1 verbundenen Stücke 1 bis 5 des Ringes I so zu stellen, daß die Bürsten B_1 und B_2 zur selben Zeit am Ende der Stücke 1 der Ringe I und II , also in der Linie E_1F_1 stehen.

Bezeichnet T auch den einem Stück entsprechenden Teil des Umfanges oder Winkel, d. h. im vorliegenden Fall $\frac{1}{13}$ des Umfanges oder $360/13^\circ$, so lassen sich die obigen Betrachtungen in folgende Regeln zusammenfassen.

Amt B ermittelt den Merkpunkt Z des Stückes 12 von I , stellt dieses Stück so, daß der Punkt Z von der Mitte des Stückes 1 $T + \frac{T}{2}$ entfernt ist, gibt dem Arme, der die Bürsten B_1 und B_4 trägt, zu den übrigen Bürstenarmen eine solche Lage, daß zur selben Zeit die Bürste B_1 im Punkte Z von 12 I und die Bürste B_2 am Ende von 12 II stehen, und stellt schließlich die Gruppe der Stücke 6 bis 10 von I so, daß die Bürsten B_1 und B_2 zur gleichen Zeit die Enden der Stücke 6 von I und II erreichen.

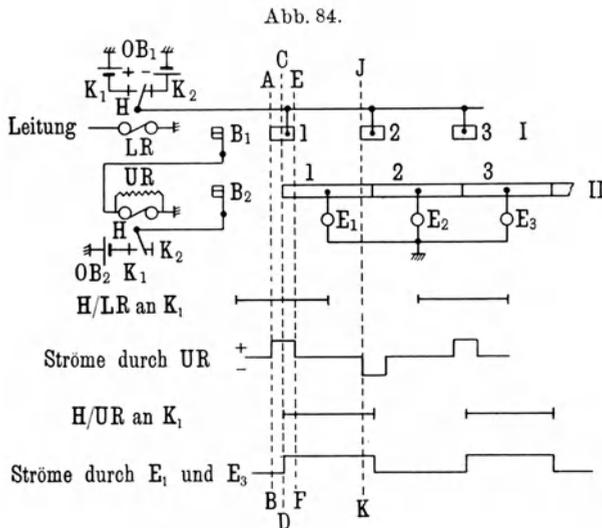
Amt A stellt zunächst die Gruppe der Stücke 1 bis 5 von I so, daß die Bürste B_1 am Ende des Stückes 1 von I steht, wenn die Bürste B_2 das Ende des Stückes 1 von II erreicht. Dann verschiebt es, während Amt B mit der Taste 3 von G_2 Zeichenstrom sendet, die Gruppe der Stücke 6 bis 10 von I in der Drehungsrichtung der Bürsten und entgegen dieser Richtung bis in beide Grenzstellungen, bei denen der Übersetzer den Buchstaben y nicht mehr druckt. Hierauf wird die Gruppe in die Mittelstellung gebracht.

Aus den vorstehenden Erörterungen und der Abb. 83 ergibt sich, daß eine Änderung der Stromverzögerung den Empfang beim Amte B nicht beeinflußt; denn die Bürsten stellen sich infolge des Wirkens der Gleichlaufvorrichtung selbsttätig nach der Größe der Stromverzögerung ein. Dagegen machen sich solche Änderungen beim Amt A , das auf eine bestimmte Größe der Stromverzögerung eingestellt hat, unter Umständen durch das Empfangen falscher Zeichen bemerkbar. Das Amt A , das korrigierende Amt, hat also Schwankungen der Stromverzögerung allein auszugleichen.

10. Der Vierfachapparat.

Um während einer Umdrehung des Verteilers 4 Zeichen übermitteln zu können, muß der Verteilerring, mit dessen Stücken die Tasten der Geber verbunden werden, 4 · 5 = 20 Stücke enthalten. Ferner sind 2 Stücke für die Gleichlaufvorrichtung erforderlich. Soll in beiden Richtungen gearbeitet

werden, so sind noch Stücke zum Ausgleichen der Stromverzögerung vorzusehen, und zwar werden gewöhnlich 2 Stücke hierfür freigelassen. Es ist also bei einem Vierfachapparate der Verteilerring in 24 Stücke zu zerlegen. Während beim Zweifachapparate mit 13 Stücken bei 180 Umdrehungen in der Minute mit $\frac{1}{2 \cdot 13 \cdot 3} = 1/78$ Sek. als Höchstwert für die Stromverzögerung gerechnet wird, beträgt dieser Wert beim Vierfachapparate mit 24 Stücken bei gleicher Umlaufgeschwindigkeit $\frac{1}{24 \cdot 3} = 1/72$ Sek. Beim Zweifachapparate sind die Stücke des Ringes *I*, die mit den Übersetzer-*elektromagneten* verbunden sind, auf die Hälfte der vollen Stücke verkürzt; sie entsprechen also $1/26$ des ganzen Umfanges. Den Weg vom Ende eines verkürzten Stückes zum Anfange des nächsten Stückes legt die Bürste in $\frac{1}{2 \cdot 13 \cdot 3} = 1/78$ Sek. zurück. Der Übersetzer gibt richtige Zeichen, wenn während dieser Zeit der Ankerhebel *H* von *LR* gegen den Kontakt gelegt wird, der dem vom anderen



Amte gesandten Stromstoß entspricht. Soll ein annähernd gleicher Spielraum beim Vierfachapparate vorhanden sein, so müssen die kleinen Stücke auf ein Viertel der Länge der vollen Stücke verkürzt werden. Dann entspricht dem Abstände der einander zugekehrten Enden zweier benachbarter Stücke eine Umlaufzeit von $\frac{3}{4 \cdot 24 \cdot 3} = 1/96$ Sek. Durch die Windungen der Übersetzer-

elektromagnete würden Ströme von nur $\frac{1}{4 \cdot 24 \cdot 3} = 1/288$ Sek. fließen. So kurze Stromstöße reichen aber nicht aus, um die Elektromagnete der beschriebenen Bauart für einen einwandfreien Betrieb sicher genug ansprechen zu lassen. Damit trotzdem Stücke von $1/96$ des Umfanges verwendet werden können, hat Baudot folgende durch Abb. 84 erläuterte Anordnung gewählt. An die Kontakte K_1 und K_2 des Linienrelais *LR* sind eine positive und eine negative

Ortsbatterie, $+OB_1$ und $-OB_1$, von 10 bis 15 Volt gelegt. Der Ankerhebel H ist mit den Stücken des Ringes I , die auf $\frac{1}{4}$ der vollen Stücke verkürzt sind, verbunden. Von der zu dem Ring I gehörigen Bürste B_1 führt eine Zuleitung zum Relais UR , dem Übersetzerrelais, an dessen Kontakte K_1 eine Ortsbatterie OB_2 von etwa 30 Volt liegt. Sein Ankerhebel H ist mit einer Bürste B_2 verbunden, die über die Stücke des Ringes II gleitet. An den Stücken dieses Ringes liegen die freien Enden der Wicklungen der Übersetzer elektromagnete E_1 usw. Die aus der Leitung kommenden Ströme fließen durch das Relais LR . Wird angenommen, daß das ferne Amt die Stromstöße $+ - +$ sendet, so wird der Ankerhebel H zu den in Abb. 84 dargestellten Zeiten gegen K_1 gelegt, und die Stücke von I werden abwechselnd mit $+OB_1$ oder $-OB_1$ verbunden. Aus diesen Batterien kann ein Strom jedoch nur dann fließen, wenn die Bürste B_1 über ein Stück von I gleitet.

Da dies während $\frac{1}{4 \cdot 24 \cdot 3} = \frac{1}{288}$ Sek. der Fall ist, so wird das Relais UR

durch Stromstöße von dieser Dauer erregt. Das Relais hat jedoch allein einen neuen Ortstromkreis zu schließen; sein Anker hat also sehr geringe mechanische Arbeit zu leisten. Das Relais wird neutral eingestellt. Die kurzen Stromstöße in den Relaiswindungen werfen H gegen K_1 oder K_2 ; nach dem Aufhören des Stromes bleibt der Ankerhebel an dem Kontakte liegen, gegen den er durch den Stromstoß geworfen ist. Die Windungen von UR werden vom Strome während einer Zeit durchflossen, die z. B. dem Abstände der Linien AB und EF voneinander entspricht; dagegen sind die Windungen während der durch den Abstand der Linien EF und JK angedeuteten Zeit stromlos. Der Ankerhebel H von UR trennt sich, wenn ein Strom durch die Windungen fließt, nicht sofort von dem Kontakte, gegen den er gerade liegt; es ist eine gewisse, wenn auch sehr geringe Zeit hierzu erforderlich. Ferner braucht der Ankerhebel, um von einem Kontakte zum anderen zu kommen, eine geringe Zeit, in der er sich in der Schwebelage befindet. Es wird also der Ankerhebel durch den Strom selbst oder genauer durch die Wirkung der von dem Strome geänderten magnetischen Kräfte nur während eines Teiles der Stromdauer gegen den Kontakt gehalten; er soll aber fest am Kontakte liegen bleiben, bis ein entgegengesetzt gerichteter Stromstoß das Relais UR erregt. Da während der Zwischenzeit, die dem Abstände der Linien EF und JK entspricht, die Windungen des Relais keinen Strom erhalten, so kann das Liegen des Hebels an einem Kontakt unsicher werden, der Hebel auch zum anderen Kontakte zurückprallen. Um das Wirken der kurzen Stromstöße auf das Relais UR zu verlängern, ist seinen Windungen ein Widerstand ohne Selbstinduktivität parallel geschaltet. Dann kann beim Aufhören des Stromstoßes aus der Batterie $+OB_1$ oder $-OB_1$ der Öffnungstrom in den Windungen entstehen und im Sinne des ursprünglichen Stromes weiter wirken; infolgedessen wird der Hebel in seiner neuen Lage genügend festgehalten.

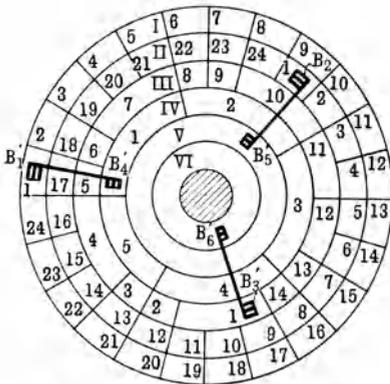
Nimmt man an, daß die Bürste B_1 über die Hälfte eines kleinen Stückes gegliedert sein muß, bis der Ankerhebel H gegen den zweiten Kontakt gelegt ist, so werden die Bürsten oder die Verteilerringe in der Weise zueinander zu stellen sein, daß gleichzeitig B_1 die Mitte des Stückes 1 von I und B_2 den Anfang des Stückes 1 von II — Linie CD — erreichen. Wird die Zeit, in der die Bürste über ein volles Stück gleitet, mit T bezeichnet, so spricht UR

an, wenn seine Windungen während einer Zeit $\frac{T}{8}$ vom Strome durchflossen werden. Aus der Batterie OB_2 erhält der Übersetzermagnet E_1 einen Strom von $\frac{1}{24 \cdot 3} = 1/72$ Sek. Diese Stromdauer übersteigt ein wenig die beim Zweifachapparate von $\frac{1}{26 \cdot 3} = 1/78$ Sek.

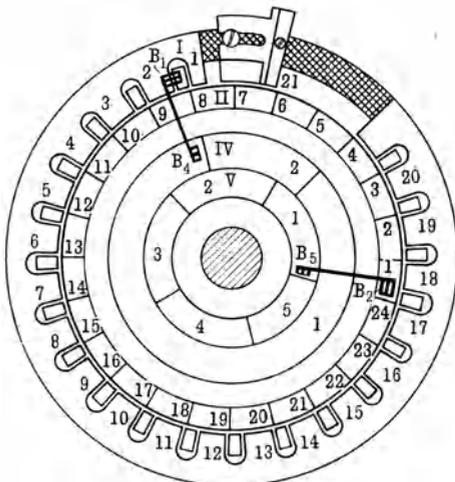
Der Verteiler (Abb. 16) besteht aus Sockel mit Triebwerk und dem Gehäuse. Bei einem Vierfachapparate mit der in Abb. 84 dargestellten An-

ordnung trägt das Gehäuse zwei Verteilerscheiben, die auf der vorderen und hinteren Wand des Gehäuses befestigt sind. Die vordere oder bewegliche Scheibe VS (Abb. 85) ist auf einer Ebonitscheibe in einem Messingrahmen angeordnet. In den Rahmen ragen die Verbindungskabel hinein. Mit Hilfe des Messingrahmens kann die ganze Scheibe im Sinne der Drehung der Bürsten und umgekehrt verschoben werden. Sie läßt sich mittels eines Handgriffes leicht lösen und festlegen. Der Handgriff wirkt auf eine Schraube, die das Stück, mit dem die Scheibe am Gehäuse festgehalten wird, anzieht oder freigibt. Von den sechs Ringen der Scheibe enthält der äußerste Ring I 20 kleine Stücke, die auf ein Viertel der vollen Stücke verkürzt sind. Sie stehen aus einem vollen Bronzering empor und sind auf $\frac{20}{24}$ des Umfanges gleichmäßig verteilt. Ein von ihnen isolierter Ring umfaßt von außen die kleinen Stücke so, daß seine Zähne die Zwischenräume ausfüllen, ohne die Stücke jedoch zu berühren. Die Zähne dienen als Stützflächen für die Bürste. In den freien Raum kann ein Stück eingesetzt werden, das mit dem Bronzeringe

Abb. 85.



Feste oder hintere Scheibe, HS.



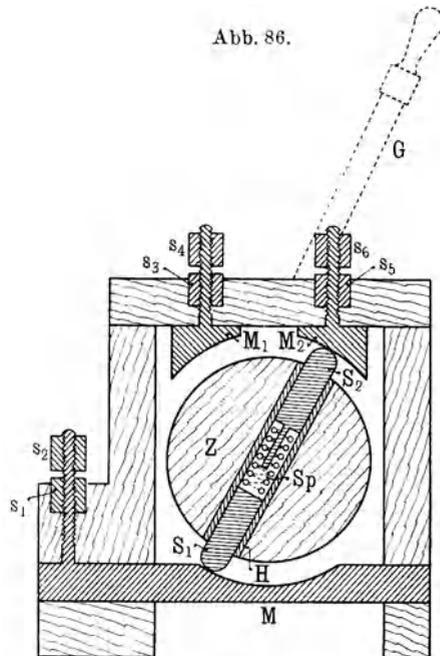
Bewegliche oder vordere Scheibe, VS.

verbunden ist, aber unabhängig von ihm verschoben werden kann. Der Ring II ist in 24 gleiche Stücke geteilt. Der Ring IV ist in 2 Teile von $\frac{4}{24}$ und $\frac{20}{24}$ des Umfanges zerlegt. Der Ring V hat 5 Teile, und zwar 4 zu je $\frac{5}{24}$ und 1 zu $\frac{4}{24}$ des Umfanges. Die vollen Ringe III und VI werden nicht

benutzt. Die Bürstenpaare B_1 und B_4 sowie B_2 und B_5 verbinden die Ringe I und IV sowie II und V .

Die hintere oder feste Scheibe HS (Abb. 85) gleicht im allgemeinen der vorderen. Die Ringe I und II sind in 24 gleiche Stücke geteilt. Der Ring III ist, wie Abb. 85 zeigt, in 14 Teile von $\frac{3}{24}$, $\frac{2}{24}$ und $\frac{1}{24}$ des Umfanges zerlegt. Der Ring IV besteht aus 5 Teilen, und zwar aus 4 von je $\frac{5}{24}$ und aus 1 von $\frac{4}{24}$ des Umfanges. Die Ringe V und VI sind ungeteilt. Die Bürstenpaare B'_1 und B'_4 , B'_2 und B'_5 , B'_3 und B'_6 verbinden die Ringe I und IV , II und V , III und VI .

Um während des Betriebes die Relais LR und UR schnell gegen andere Relais austauschen zu können, wird ein Umschalter verwendet, der die erforderliche Zahl von Kurbelumschaltern in handlicher Form vereinigt. Abb. 86 stellt den Querschnitt durch einen solchen Umschalter dar. Ein Holzzylinder Z ist in passenden Abständen durchbohrt. In jede Öffnung ist eine Messinghülse H eingesetzt, die zwei Metallstifte S_1 und S_2 aufnimmt. Eine zwischen ihnen befindliche Spiralfeder Sp drückt die Stifte nach außen. Der Zylinder kann mit dem Handgriffe G aus der gezeichneten Stellung, in der S_1 und S_2 die Messingstücke M und M_2 miteinander verbinden, in eine zweite Stellung gebracht werden, so daß die Messingstücke M und M_1 verbunden werden. Die Stücke M , M_1 und M_2 haben Ansätze mit Schraubengewinden, die die Muttern s_1 , s_3 und s_5 und die Gegenmutter s_2 , s_4 und s_6 tragen. Die Zuführungsdrähte werden zwischen Mutter und Gegenmutter gelegt. Die an die Stücke M gelegten Drähte können also in leichter Weise mit den Drähten an M_1 oder denen an M_2 verbunden werden. Die Messingstücke sind in einem Holzkasten angebracht. Bei dem Umschalter neuer Bauart werden die Stücke M , M_1 und M_2 an den Seitenwänden befestigt. Der Deckel kann dann abgenommen werden, ohne daß die Drähte von M_1 und M_2 gelöst werden müssen.



Die Verbindungen der einzelnen Verteilerstücke und Verteilerringe mit den Gebern, den Relais und Übersetzern sind in Abb. 87 für ein Amt B , das korrigierte Amt, schematisch dargestellt. Das Amt soll mit den Übersetzern U_1 und U_2 empfangen und mit den Gebern G_3 und G_4 senden. Die gestrichelten Verbindungen zu den Gebern und Übersetzern bleiben unbenutzt. Die Umschalter sind an den Gebern G_1 und G_2 auf Empfangen und an den Gebern G_3 und G_4 auf Senden gestellt, so daß die ausgezogen gezeichneten Verbindungen bestehen. In Abb. 87 sind nur die Geber G_1 und G_3 und die Übersetzer U_1

Die Verbindungen der einzelnen Verteilerstücke und Verteilerringe mit den Gebern, den Relais und Übersetzern sind in Abb. 87 für ein Amt B , das korrigierte Amt, schematisch dargestellt. Das Amt soll mit den Übersetzern U_1 und U_2 empfangen und mit den Gebern G_3 und G_4 senden. Die gestrichelten Verbindungen zu den Gebern und Übersetzern bleiben unbenutzt. Die Umschalter sind an den Gebern G_1 und G_2 auf Empfangen und an den Gebern G_3 und G_4 auf Senden gestellt, so daß die ausgezogen gezeichneten Verbindungen bestehen. In Abb. 87 sind nur die Geber G_1 und G_3 und die Übersetzer U_1

und U_3 gezeichnet; die Geber G_2 und G_4 und die Übersetzer U_2 und U_4 sind entsprechend geschaltet. Die Bezeichnungen an den einzelnen Pfeilen geben an, zu welchen Apparaten usw. die Verbindungsdrähte führen. Die Pfeil-

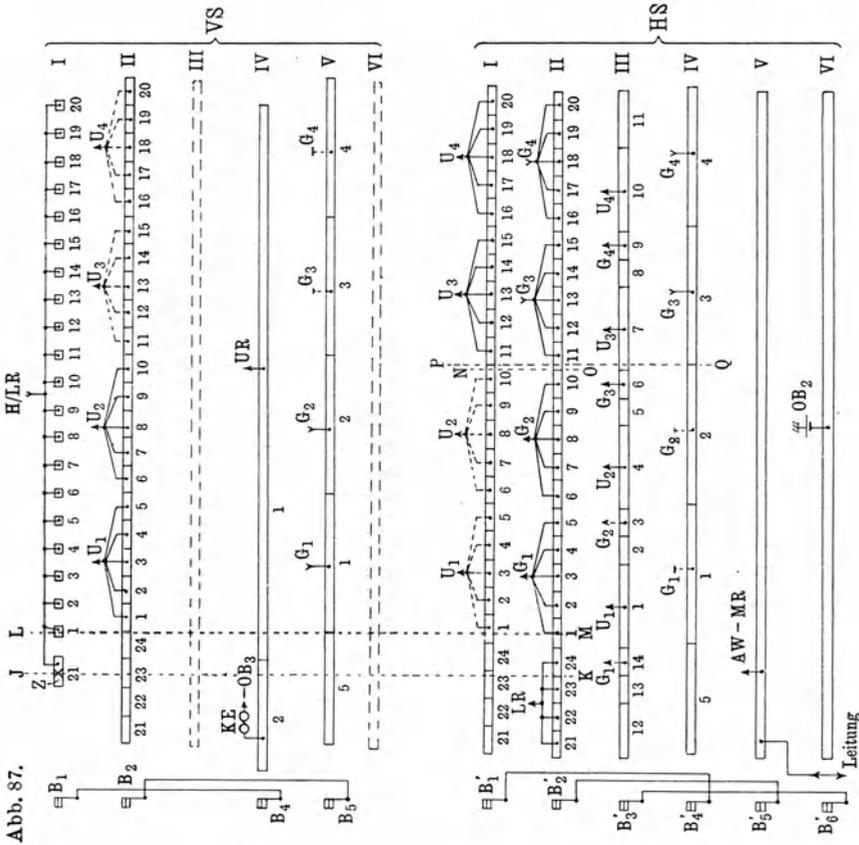
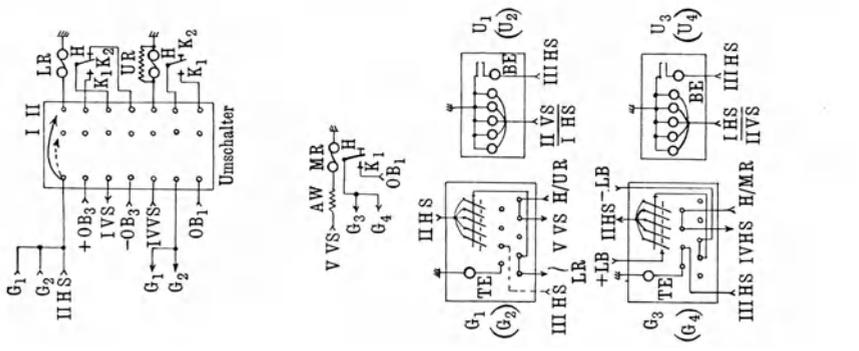


Abb. 87.



spitzen deuten nicht die Richtung des positiven oder negativen Stromes, sondern die Lage der Batterie in dem Stromkreis an. Z. B. zeigt die Pfeilspitze neben G_1 — Stücke 1 bis 5 des Ringes II von HS — an, daß ein aus einer Batterie kommender Strom — in diesem Fall ein Strom aus einer der Linienbatterien

des Amtes A — zum Geber G_1 fließt. Die Verbindung mit der Leitung zeigt zwei verschieden gerichtete Pfeilspitzen, weil einerseits Strom aus den Linienbatterien des Amtes A ankommt und andererseits Strom aus den Linienbatterien des Amtes B abgeht. An dem Stücke 2 des Ringes IV von VS liegt ein Ende der Windungen des Korrektions elektromagneten KE , deren anderes Ende mit der Batterie — OB_3 verbunden ist. Da die Übersetzer elektromagnete die Stromstöße beim Geben über den Ankerhebel des Relais MR und beim Empfangen über den des Relais UR erhalten, so haben die Ringe IV von HS und V von VS geteilt werden müssen. Hat z. B. Amt A die Taste 5 von G_2 gedrückt, so bleibt H von MR an K_1 liegen, bis bei der folgenden Umdrehung ein Trennstrom die Windungen von MR durchfließt. Wäre nun der Ring IV von HS ungeteilt, so würden über die Stücke 11 bis 20 des Ringes I von HS die mit ihnen verbundenen Elektromagnete der Übersetzer U_3 und U_4 durch Strom aus der Batterie OB_1 über H und K_1 von MR erregt werden, während die Bürste B'_1 über diese Stücke gleitet. Alle Elektromagnete würden ansprechen, und die Übersetzer würden nicht die Mitleseschrift, sondern das Zeichen p drucken. Ähnlich liegen die Verhältnisse für den Ring V von VS .

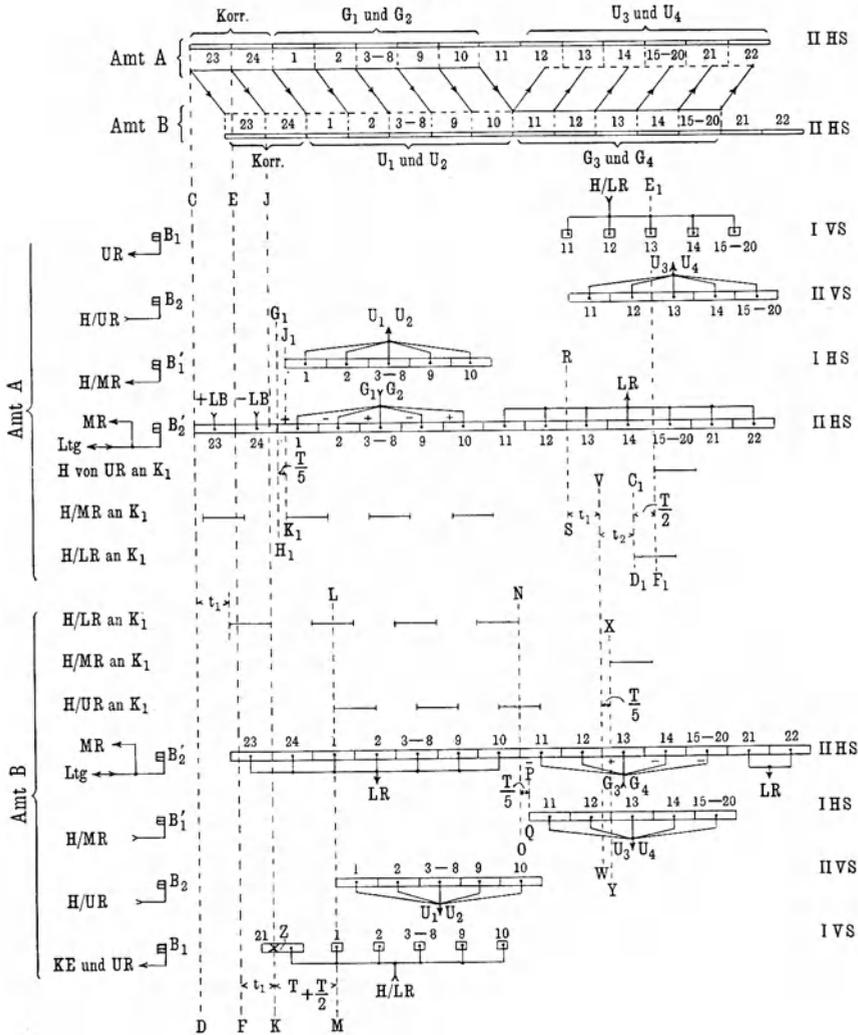
An dem Umschalter stellen die linken Klemmen die Stücke M dar, während die Klemmen I und II den Stücken M_1 und M_2 entsprechen. Es sind nur die mit den Stücken M_2 verbundenen Relais gezeichnet; an die Stücke M_1 sind die zweiten Relais in gleicher Weise gelegt.

Beim Amt A werden die Stücke 21 und 22 des Ringes II von HS mit LR und die Stücke 23 und 24 mit der Zeichen- und der Trennbatterie verbunden. Die Korrektionsströme des Amtes A wirken auf LR beim Amte B . Während dieser Zeit gleiten die Bürste B_4 über das Stück 2 des Ringes IV und die Bürste B_1 über das Stück 21 des Ringes I von VS . Wird LR durch den Zeichen-Korrektionstrom des Amtes A erregt, so fließt ein Strom aus $+OB_3$ über H und K_1 von LR , 21 von IVS , B_1 und B_4 durch die Windungen von KE zu $-OB_3$; der Korrektions elektromagnet spricht an. Der folgende Trenn-Korrektionstrom des Amtes A legt H von LR gegen K_2 . Dann werden die Windungen von KE stromlos, da jetzt $-OB_3$ an beiden Enden des Stromkreises liegt. Wäre das Ende der Windungen von KE nicht an $-OB_3$ gelegt, sondern geerdet, so würde der nicht polarisierte Elektromagnet bei jeder Umdrehung ansprechen, da H von LR entweder $+OB_3$ über K_1 oder $-OB_3$ über K_2 mit dem Stücke 21 des Ringes I von VS verbinden würde.]

Die Stellung der Verteilerbürsten bei den Ämtern A und B soll durch Abb. 88 erläutert werden. Beim Amt A sind die Stücke 23 und 24 von $IIHS$ dauernd mit der Zeichenbatterie und der Trennbatterie verbunden. Amt A sendet also zur Zeit CD einen Zeichenstrom, der nach t_1 Sek., der Stromverzögerung in der Richtung $A - B$, H von LR bei B gegen K_1 legt. Unter dem Einfluß des folgenden Trennstromes, den A zur Zeit EF sendet, wird H von LR zur Zeit JK von K_1 entfernt. Es entspricht dann wieder der Abstand der Linie JK von EF der Zeit t_1 . Beim Amte B stellen sich die Bürsten selbsttätig so ein, daß die Bürste B_1 den Merkpunkt Z von 21 von IVS zur Zeit JK erreicht. Das Stück 1 von IVS soll so stehen, daß sich zur Zeit LM , der Mitte der Zeit, während der H von LR an K_1 liegt, B_1 auf der Mitte dieses Stückes befindet. Dies ist der Fall, wenn der Abstand der Linie LM

von JK der Zeit $T + \frac{T}{2}$ entspricht, wobei T die Zeit für das Gleiten der Bürste über $\frac{1}{24}$ eines Verteilerringes bedeutet. Für den Vierfachapparat ist bei 180 Umdrehungen in der Minute $T = \frac{1}{72}$ Sek. Sobald B_1 das Stück 1 von $I VS$ erreicht, beginnt der Strom durch die Windungen von UR zu fließen. Dieses Relais legt seinen Ankerhebel gegen den Arbeitskontakt, nach-

Abb. 88.



dem die Bürste etwa über das halbe Stück gegliitten ist, also nach einer Stromdauer von $\frac{T}{8}$ Sek. Die Bürste B_2 muß mithin zur Zeit LM auf dem Anfange des Stückes 1 von $II VS$ stehen. Amt B soll sogleich nach dem Empfangen senden, d. h. zur Zeit NO . Dies ist der Fall, wenn die Bürste B_2 den Anfang des Stückes 24 von $II HS$ und die Bürste B_1 den Punkt Z des Stückes 21

von $I VS$ gleichzeitig erreichen, nämlich zur Zeit JK . Das Mitleserrelais MR wird wegen der Kapazität der Leitung nicht sogleich erregt, wie früher erwähnt ist, sondern erst nach etwa $\frac{T}{6}$ bis $\frac{T}{5}$ Sek. Die Stellung der Stücke 11 bis 20 von $I HS$ zu denen von $II HS$ ist also dadurch gegeben, daß die Abstände der Linien XY von VW und PQ von NO der Zeit $\frac{T}{5}$ entsprechen.

Amt B sende Zeichenstrom nur mit der Taste 3 von G_3 . Der Strom fließt zur Zeit VW in die Leitung und legt beim Amt A H von LR gegen K_1 zur Zeit $C_1 D_1$, wenn der Abstand der Linie $C_1 D_1$ von VW der Stromverzögerung t_2 in der Richtung $B-A$ entspricht. Der Abstand der Linien RS und $C_1 D_1$ stellt die Zeit $t_1 + t_2$ dar. Beim Amt A soll zur Zeit $E_1 F_1$ die Bürste B_1 die Mitte des Stückes 13 von $I VS$ erreichen. Um die mit den Gebern G_1 und G_2 gesandten Zeichen mitzulesen, werden die Stücke 1 bis 10 von $I HS$ zu den Stücken von $II HS$ so gestellt, daß die Bürste B'_2 $\frac{1}{5}$ des Stückes 1 von $II HS$ bestrichen hat, wenn B'_1 den Anfang des Stückes 1 von $I HS$ erreicht, der Abstand der Linie $J_1 K_1$ von $G_1 H_1$ also die Zeit $\frac{T}{5}$ darstellt.

Aus der vorstehenden Erörterung ergeben sich folgende Regeln.

Beim Amte B wird zunächst der Merkpunkt Z des Stückes 21 von $I VS$ ermittelt. Dann wird dieses Stück zur Gruppe 1 bis 10 so gestellt, daß der Abstand Z —Mitte von 1 $1\frac{1}{2}$ vollen Stücken ($1\frac{1}{2} T$) entspricht. Hierauf wird die Bürste B_2 auf den Anfang des Stückes 1 von $II VS$ gebracht; dann wird der Arm mit der Bürste B_1 so gestellt, daß diese Bürste auf der Mitte des Stückes 1 von $I VS$ steht. Nunmehr wird B'_2 auf die Mitte des Stückes 1 von $II HS$ gestellt; darauf wird die Scheibe VS verschoben, bis die Bürste B_1 auf der Mitte des Stückes 1 von $I VS$ steht. Schließlich wird B'_2 auf den Anfang des Stückes 11 von $II HS$ gebracht und der Arm mit der Bürste B'_1 so gestellt, daß sie um $\frac{1}{5}$ eines Stückes vor dem Anfange des Stückes 11 von $I HS$ steht.

Beim Amt A wird die Bürste B'_2 auf den Anfang 1 des Stückes 1 von $II HS$ gestellt und hierauf der bewegliche Arm mit der Bürste B'_1 in eine solche Lage gebracht, daß diese Bürste von dem Anfange des Stückes 1 von $I HS$ um $\frac{1}{5}$ Stück entfernt ist. Ferner wird die Bürste B_2 auf den Anfang des Stückes 11 von $II VS$ gebracht und die Lage des beweglichen Bürstenarmes so gewählt, daß die Bürste B_1 die Mitte des Stückes 11 von $I VS$ trifft. Beide Bürstenpaare werden ohne Mitwirken des Amtes B eingestellt. Nunmehr sendet Amt B mit der Taste 3 von G_3 dauernd Zeichenstrom. Amt A verschiebt die vordere Scheibe VS so, daß das Stück 13 von $I VS$ in beide Grenzstellungen kommt, bei denen der Übersetzer U_3 den Buchstaben y nicht mehr druckt, und nimmt schließlich die Mittelstellung.

11. Die Übertragung.

Bei einer oberirdischen Leitung bietet sich dem Strom an jedem Befestigungspunkte des Drahtes ein mehr oder minder gut leitender Weg zur Erde. Im allgemeinen wird der Übergangswiderstand über den einzelnen Isolator, die Stütze und die Stange auch bei feuchtem Wetter hoch sein. Bei langen Leitungen kann jedoch die Gesamtsumme der Stromverluste wegen der großen Zahl der

Stützpunkte beträchtlich werden. Herrscht ungünstiges Wetter, so tritt leicht der Fall ein, daß der beim zweiten Amt ankommende Strom zu sehr geschwächt ist, um den Empfangsapparat genügend zu erregen. Durch Verstärken der Batterie beim gebenden Amte läßt sich zwar das Empfangen beim zweiten Amte verbessern; aber dieses Hilfsmittel ist nur in beschränktem Umfange zu verwenden.

Mit der Länge der Leitung wachsen ferner die Kapazität und der Widerstand. Je größer das Produkt beider Werte ist, um so langsamer steigt der Strom am Ende der Leitung an, und um so später erreicht er seinen Endwert, der nach dem Ohmschen Gesetz als Quotient der elektromotorischen Kraft durch den Gesamtwiderstand gegeben ist. Wenn ein kurzer Stromstoß in eine lange Leitung gesandt wird, so wird er am Ende nicht bis zum Endwert ansteigen. Fließen mehrere kurze Stromstöße von gleicher, etwa positiver Richtung unmittelbar nacheinander in die Leitung, so bilden sie praktisch einen Stromstoß von längerer Dauer, und der Strom wird höher ansteigen, als im ersten Falle. Folgt nun ein entgegengesetzt gerichteter, negativer, kurzer Stromstoß, so steigt er wegen der großen Ladung der Leitung nicht in gleicher Weise an, wie er es tun würde, wenn ein einzelner positiver kurzer Stromstoß vorhergegangen wäre; er wird vielmehr in seiner Wirkung auf den Empfangsapparat verzögert werden. Wird nach ihm sogleich ein Stromstoß positiver Richtung gesandt, so wird auch die Dauer der Wirkung des kurzen negativen Stromstoßes auf den Empfangsapparat zeitlich verkürzt. Beide Umstände, der Stromverlust infolge der Ableitungen und die Stromverzögerung infolge von Kapazität und Widerstand, zu denen noch die Selbstinduktivität des Stromkreises tritt, nötigen dazu, lange oberirdische Leitungen oder unterirdische Leitungen mit hoher Kapazität zu unterteilen und die Teilstrecken durch Übertragungen zu verbinden.

Soll in einer Leitung mit den Endämtern *A* und *C* und dem Übertragungsamte *B* nur in einer Richtung, etwa von *A* nach *C*, gesandt werden, so genügt es, beim Amte *B* die von *A* kommende Leitung mit dem Anfange der Windungen eines Relais, deren Ende geerdet ist, zu verbinden. An den Arbeitskontakt des Relais ist die Linienbatterie und an den Ankerhebel die Leitung nach *C* zu legen. Der vom Amt *A* gesandte Linienstrom erregt das Relais und bringt den Ankerhebel an den Arbeitskontakt; es wird dann aus der Linienbatterie bei *B* ein Strom in die Leitungstrecke nach *C* gesandt. Soll in beiden Richtungen gearbeitet werden, so wird beim Betriebe mit Einfachstrom die Übertragung mit zwei Relais ausgerüstet. Der vom Amt *A* kommende Strom fließt über den Ankerhebel und den Ruhekontakt des 2. Relais zu den Windungen des 1. Relais und durch sie zur Erde. Das 1. Relais wird erregt und legt seinen Ankerhebel, mit dem die Leitung nach *C* verbunden ist, an den Arbeitskontakt und damit an die Linienbatterie. In ähnlicher Weise fließt der Strom von *C* über den Ankerhebel und den Ruhekontakt des 1. Relais und durch die Windungen des 2. Relais. Dieses Relais spricht an und sendet über seinen Ankerhebel einen Strom aus der an seinem Arbeitskontakte liegenden Linienbatterie in die Leitung nach *A*. Die Ankerhebel der Relais wirken gleichsam als Umschalter, die die Relaiswindungen oder die Linienbatterien mit den Leitungen verbinden.

Für einen Betrieb mit Doppelstrom ist eine Übertragung der angegebenen Art nicht brauchbar, weil an dem Ruhekontakte jedes Relais die Linienbatterie

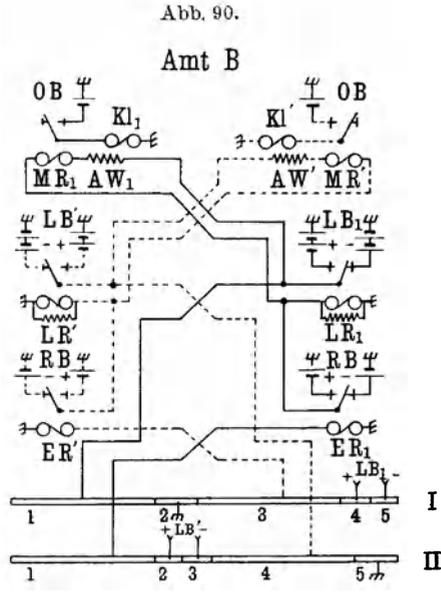
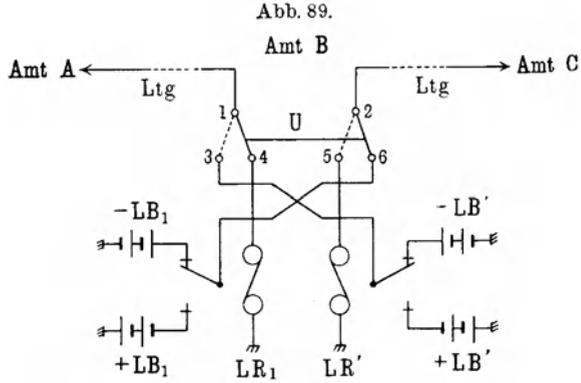
für den Trennstrom liegt. Es muß daher eine besondere Umschaltvorrichtung vorgesehen werden, die die Leitung mit den Windungen des 1. Relais oder mit dem Ankerhebel des 2. Relais verbindet. Eine Übertragung, die diesen Anforderungen genügen würde, ist in Abb. 89 schematisch dargestellt. Ist der Umschalter U

nach rechts gestellt, wie es durch ausgezogene Linien angedeutet ist, so kann von A nach C gesandt werden. Für das Arbeiten in umgekehrter Richtung muß der Umschalter in die gestrichelt gezeichnete Lage gebracht werden. Vor jedem Wechsel der Richtung, in der gesandt wird, muß also der Umschalter umgelegt werden.

Dies geschieht z. B. bei der Übertragung für den Maschinen-Telegraphen von Wheatstone mit Hilfe besonderer Relais. Der Betrieb wickelt sich hierbei allgemein in der Weise ab, daß mehrere Telegramme unmittelbar nacheinander in der einen Richtung gesandt und hierauf eine Reihe Telegramme in der anderen Richtung übermittelt werden. Die Richtung des Arbeitens wechselt also in verhältnismäßig langen Zwischenräumen.

Abweichend hiervon ändert sich die Richtung des Arbeitens beim Mehrfach-Telegraphen von Baudot regelmäßig und in kurzen Zeitabständen. Bei jeder Umdrehung der Verteilerbürsten wird nacheinander in beiden Richtungen gesandt. Der Umschalter U kann für diesen Betrieb durch 2 Verteilerringe mit je 2 Stücken und 2 Bürsten ersetzt werden, wie es in Abb. 90 angedeutet ist. Den

Drehpunkten 1 und 2 der Kurbel von U entsprechen die Bürsten B_2 und B_1 , den Kontakten 3, 4, 5 und 6 von U die Stücke 4 und 1 des Ringes II und 3 und 1 des Ringes I . Amt A sendet, während die Bürste B_2 über das Stück 1 II gleitet. Der ankommende Strom fließt durch das Empfangsrelais ER_1 , dessen Ankerhebel mit den Windungen des Linienrelais LR_1 verbunden



ist. An den Kontakten von ER_1 liegen eine positive und eine negative Ortsbatterie RB . Übereinstimmend mit den aus der Leitung kommenden Zeichen- und Trennströmen werden aus den Batterien RB positive und negative Stromstöße durch die Windungen des Relais LR_1 gesandt. Der Ankerhebel dieses Relais, an dessen Kontakten die positive und die negative Linienbatterie LB_1 liegen, ist über das Stück 1 I und die Bürste B_1 mit der Leitung nach Amt C verbunden. Aus den Linienbatterien LB_1 wird ein Zweigstrom durch den Abzweigwiderstand AW_1 und das Mitleserelais MR_1 gesandt. In dem Ortstromkreise dieses Relais liegt der Klopfer K_1 . Amt C sendet nach Amt A , während die Bürste B_1 über das Stück 3 I gleitet; in die Leitung zum Amt A fließen dann Ströme aus den Linienbatterien $+LB'$ und $-LB'$ über das Stück 4 II und die Bürste B_2 . Die Stücke 2 I und 5 II sind geerdet, um das Entladen der Leitung zu beschleunigen. Die Stücke 4 und 5 von I und 2 und 3 von II sind mit den Linienbatterien verbunden und senden bei jeder Umdrehung die Korrektionsströme zu den Endämtern.

Ein Betrieb wäre auch dann möglich, wenn der Ankerhebel des Empfangsrelais ER_1 unmittelbar mit dem Verteilerringe verbunden würde und an seine Kontakte die Linienbatterien gelegt wären. Würde dann vom Amt A z. B. ein negativer Stromstoß eingeht, der auf mehrere positive Stromstöße folgt, und dessen Wirkung auf das Empfangsrelais daher verkürzt ist, so würde auch ein entsprechend kürzerer negativer Stromstoß in die Leitung nach C weitergesandt werden, während die vorhergehenden positiven Stromstöße verlängert wären. Die Stromstöße würden also verzerrt weitergegeben werden. Um dies zu vermeiden, läßt man die aus der Leitung kommenden Ströme auf das Relais ER_1 wirken, das durch Ströme aus den Ortsbatterien RB das eigentliche Linienrelais erregt, und zwar werden kurze Stromstöße durch dieses Relais in der Mitte der Zeiten gesandt, in denen unter gewöhnlichen Verhältnissen die Linienströme den Ankerhebel des Empfangsrelais gegen die Kontakte legen.

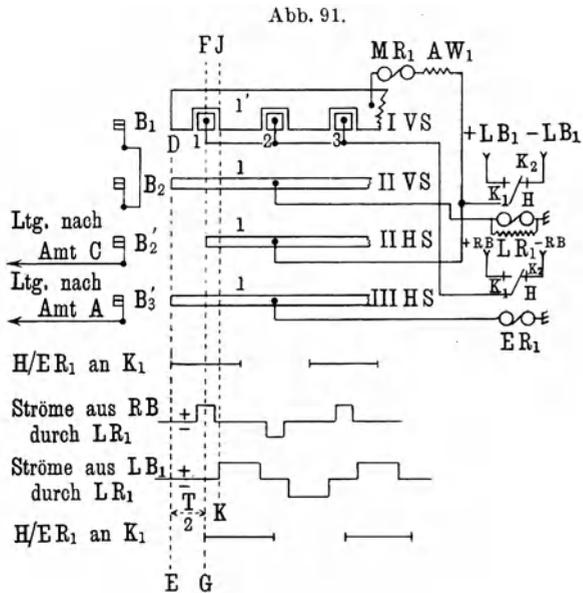
Bei einem Vierfach-Apparate spricht nach den früheren Erörterungen der richtige Übersetzer elektromagnet an, wenn der Ankerhebel des Linienrelais gegen den zugehörigen Kontakt in der Zeit gelegt wird, während der die Bürste vom Ende des vorhergehenden kleinen Stückes bis zum Anfange des nächsten, zum Elektromagneten gehörigen Stückes gleitet. Da die kleinen Stücke auf ein Viertel der vollen Stücke verkürzt sind, so beträgt der Spielraum bei 180 Umdrehungen der Verteilerbürsten in der Minute $\frac{1}{96}$ Sek. Um den gleichen Spielraum bei der Übertragung für einen Vierfach-Apparat zu haben, müssen auch hier kleine Stücke von ein Viertel der Länge der ganzen Stücke verwendet werden. Abb. 91 soll die Wirkungsweise der verkürzten Stücke bei einer Übertragung erläutern. Es bedeuten I und II VS Ringe einer vorderen und II und III HS solche einer hinteren Verteilerscheibe. Vom Amt A werden ein positiver, ein negativer und ein positiver Stromstoß gesandt. Die aus der Leitung kommenden Ströme fließen über die Bürste B'_3 und das Stück 1 von III HS durch die Windungen des Empfangsrelais ER_1 zur Erde. Sein Ankerhebel H wird zu den angegebenen Zeiten an den Arbeitskontakt K_1 gelegt. Dieser Hebel ist mit den kleinen Stücken 1, 2, 3 usw. des Ringes I VS verbunden. Aus den Batterien $+RB$ und $-RB$ werden zu den dargestellten Zeiten Stromstöße durch die Windungen des Linien-

relais LR_1 geschickt. Von dem Beginn der Stromsendung durch das Relais bis zu dem Zeitpunkte, zu dem sich der Hebel gegen den zweiten Kontakt legt, vergeht eine gewisse Zeit; sie kann gleich der Zeit angenommen werden, in der die Bürste über die Hälfte eines kleinen Stückes gleitet.

Ist die Dauer eines Stromstoßes T Sek., so spricht das Relais LR_1 nach $\frac{T}{8}$ Sek. an. Der Ankerhebel H von LR_1 wird also gegen den Kontakt K_1 gelegt

werden, wenn die Bürsten die Linie FG erreicht haben. Ist die Bürste über das kleine Stück 1 von $I VS$ gegliitten, so wird der Strom aus $+RB$ für LR_1 unterbrochen. Den Windungen des Relais ist ein induktionsfreier Widerstand parallel geschaltet. Beim Aufhören des Stromes aus $+RB$ kann dann in den Windungen von LR_1 der Öffnungstrom entstehen, der in gleicher Weise wie der ursprüngliche Strom wirkt, also H gegen den Kontakt K_1 hält.

Die Zwischenräume der kleinen Stücke werden durch die Zähne eines Stückes 1' ausgefüllt; dieses Stück ist über das Mitleserelais MR_1 und den Abzweigwiderstand AW_1 mit dem Ankerhebel H von LR_1 verbunden. Sobald B_1 den hinter dem Stück 1 stehenden Zahn von 1' erreicht, fließt ein Strom aus $+LB_1$ über MR_1 und AW_1 durch die Windungen von LR_1 und wirkt im gleichen



Sinne wie der vorher durch die Windungen aus $+RB$ gesandte Strom. Der Ankerhebel H von LR_1 wird also während der Zeit, in der ein Strom über 1 von $II HS$ und B'_2 in die Leitung nach C gesandt werden soll, fest gegen den Kontakt K_1 gelegt.

Vor dem Stück 1 von $III HS$ befindet sich, wie aus Abb. 93 zu erkennen ist, ein geerdetes Stück 5, über das der aus der Leitung kommende Stromstoß zunächst zur Erde fließt. Die Bürsten bei den Ämtern A und B mögen nun so stehen, daß B'_3 den Anfang von 1 von $III HS$ t_1 Sek. später erreicht, als Amt A zu senden begonnen hat; t_1 soll hierbei die Stromverzögerung in der Richtung von A nach B bedeuten. Wenn das Stück 5 von $III HS$ nicht geerdet, sondern mit den Windungen von ER_1 verbunden wäre, so würde H von ER_1 dann, wenn die Bürsten die Linie DE (Abb. 91) erreicht haben, oder, kurz ausgedrückt, zur Zeit DE gegen K_1 gelegt werden. Da jedoch der aus der Leitung kommende Strom zunächst zur Erde fließt und ein Strom zum Erregen des Relais ER_1 eine gewisse Zeit wirken muß, so wird H von ER_1

etwas später als zur Zeit DE gegen den Arbeitskontakt gelegt werden. Diese kurze Zeit, die jedoch für die erste Stromsendung nach C ohne Einfluß ist, soll aber unberücksichtigt bleiben. Mit dem Weitersenden des Stromes wird dann $\frac{T}{2}$ Sek. später begonnen, als der ankommende Stromstoß H von ER_1 gegen den Arbeitskontakt gelegt hat. Aus Abb. 91 geht hervor, daß die weitergehenden Stromstöße die richtige Länge haben, wenn auch die eingehenden Stromstöße verzerrt sind; erforderlich ist nur, daß H von ER_1 gegen den entsprechenden Kontakt gelegt ist, bevor B_1 das zu dem Stromstoß gehörige kleine Stück des Ringes I VS erreicht. In der Übertragung werden die etwa verzerrt ankommenden Ströme selbsttätig berichtigt, da nur die Mitte der Zeiten, in denen die normal ankommenden Ströme wirken, benutzt werden.

Nachstehend soll die Übertragung für einen Vierfach-Apparat betrachtet werden, bei dem jedes der Endämter mit zwei Gebern sendet. Sie läßt sich auch so einrichten, daß das eine Endamt mit drei Gebern und das andere Endamt mit einem Geber sendet; von der Beschreibung einer solchen Übertragung sowie einer Übertragung für einen Zweifach-Apparat, die sich leicht aus der für den Vierfach-Apparat ergibt, wird hier abgesehen. Beim Amte B , dem Übertragungsamt, ist zum Übertragen der Telegraphierströme ein Verteiler nebst den Empfangsrelais und Linienrelais erforderlich. Ferner müssen ein Geber und ein Übersetzer vorhanden sein, mit denen das Amt B die ankommenden und weitergehenden Ströme prüfen und sich mit den Endämtern verständigen kann.

Der Verteiler gleicht in seinem äußeren Aufbau dem des Vierfach-Apparates (Abb. 16). Das Gehäuse trägt außen auf der Vorderwand und Hinterwand je eine Verteilerscheibe. Die vordere oder bewegliche Scheibe VS ist in Abb. 92 dargestellt. Der Ring I besteht aus 20 kleinen Stücken 1 bis 20; die Stücke 1 bis 5 und 11 bis 15 sind voneinander getrennt, die Stücke 6 bis 10 und 16 bis 20 sind je zu einem zusammenhängenden Stücke vereinigt. Zwischen den beiden Gruppen 1 bis 10 und 11 bis 20 stehen die Stücke T_1 und T_2 . Um die beiden Gruppen legen sich die Stücke $1'$ und $2'$ so, daß ihre Zähne die kleinen Stücke umfassen. Den Gruppen der kleinen Stücke entsprechen die Teile 1 und 3 und den Stücken T_1 und T_2 die Stücke 4 und 2 des inneren Ringes II . Beide Ringe sind durch ein Bürstenpaar B_1 und B_2 miteinander verbunden.

Die hintere oder feste Scheibe HS (Abb. 92) enthält 6 Ringe. Der äußerste Ring I ist in 20 Stücke 1 bis 10 und 11 bis 20 von je $\frac{1}{24}$ und 2 Stücke Br_1 und Br_2 von je $\frac{2}{24}$ des Umfanges zerlegt. Die Ringe II und III bestehen aus je 5 Teilen, von denen 1 und 3 von II und 1 und 4 von III je $\frac{10,25}{24}$, 2 von II und 5 von III je $\frac{1,5}{24}$, 4 und 5 von II und 2 und 3 von III je $\frac{1}{24}$ des Umfanges bilden. Von den 4 Stücken des Ringes IV entsprechen 1 und 3 den Gruppen 1 bis 10 und 11 bis 20, sowie 2 und 4 den Stücken Br_1 und Br_2 von I . Die Ringe V und VI sind ungeteilt. Die Bürstenpaare B'_1 und B'_4 , B'_2 und B'_5 , B'_3 und B'_6 verbinden die Ringe I und IV , II und V , III und VI miteinander.

Mit Hilfe von Umschaltern kann die Übertragung in die Durchsprechstellung oder in die Trennstellung gebracht werden. Bei der Durchsprech-

bis 15 und T_2 des Ringes I über einen Sechsfach-Umschalter geführt, so daß B mit dem Geber auch nach A senden kann. Damit derselbe Geber für den Verkehr mit A und mit C benutzt werden kann, sind die Klemmen I der beiden Sechsfach-Umschalter untereinander und mit dem Geber verbunden. Die Stücke 1' und 2' von I stehen mit den Relais MR_1 und MR_2 in Verbindung.

Von den Stücken des Ringes II von VS sind 1 und 3 mit den Windungen der Linienrelais LR_1 und LR' verbunden; an 2 und 4 ist eine Ortsbatterie gelegt, die zum Erregen des Taktschlägerelektromagneten des Gebers dient.

An der hinteren Scheibe HS dienen die Stücke des Ringes I in Verbindung mit denen des Ringes IV zum Mitlesen der weitergehenden Zeichen. Zu diesem Zwecke sind die Stücke 1 und 3 von IV mit H von MR_1 und H von MR' verbunden. Die Mitleserelais werden durch Zweigströme aus den Linienbatterien erregt, und zwar wirken diese Ströme, wie sich aus Abb. 91 ergibt, so lange, als die Bürste B_1 über die Zähne von 1' von I VS gleitet. Um für Mitlese Zwecke und zum Verständigen mit den Endämtern nur einen Übersetzer zu gebrauchen, sind die Stücke 1 bis 5 und 11 bis 15 paarweise untereinander, d. h. 1 mit 11 usw., und mit den Klemmen I , sowie die Stücke 6 bis 10 und 16 bis 20 ebenfalls paarweise untereinander und mit den Klemmen II eines Umschalters verbunden, an dessen Kurbeln die Zuführungen zu den Übersetzerelais liegen. Der Bremselaktromagnet des Übersetzers wird durch einen Umschalter mit den Stücken Br_1 oder Br_2 verbunden. Er erhält Strom aus der an den Stücken 2 und 4 des Ringes IV liegenden Ortsbatterie.

Die Stücke 1 bis 5 des Ringes II sind der Reihe nach mit H von LR_1 , Erde, ER' , $+LB_1$ und $-LB_1$, die Stücke 1 bis 5 des Ringes III ebenfalls der Reihe nach mit ER_1 , $+LB'$, $-LB'$, H von LR' und Erde verbunden. An die Ringe V und VI sind die Leitungen nach C und A gelegt.

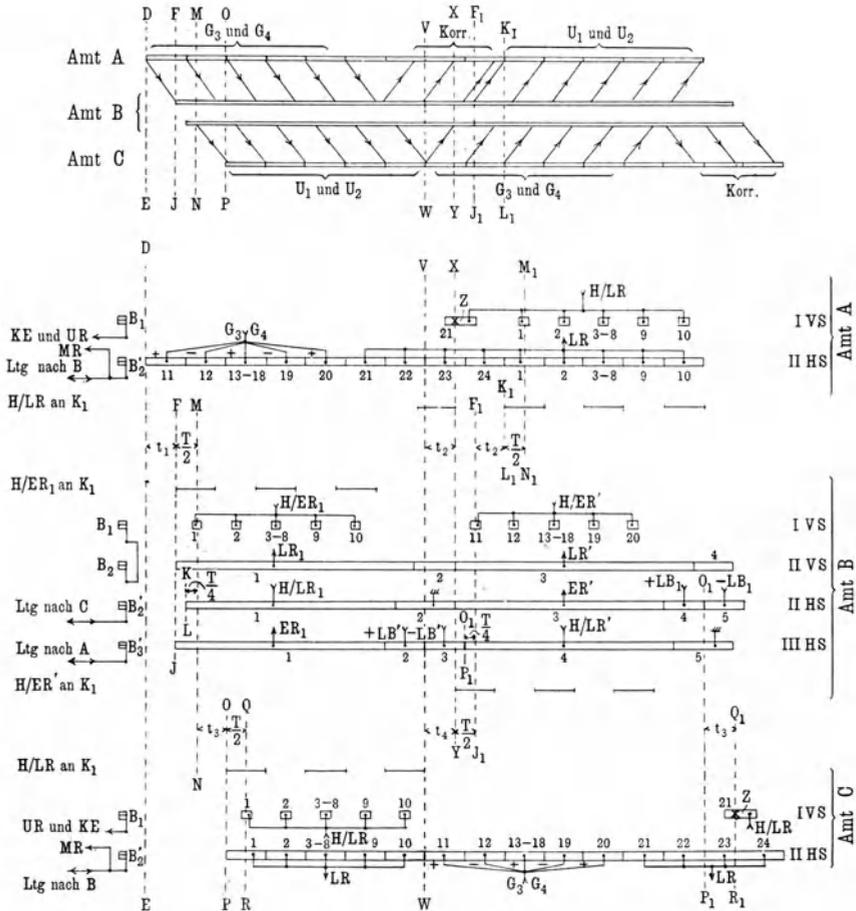
Die aus der Leitung von A kommenden Ströme fließen über VI , B'_6 , B'_3 und 1 III von HS durch ER_1 zur Erde. Aus den Batterien $+RB$ und $-RB$ werden Ströme über H von ER_1 , 1 bis 10 I , B_1 , B_2 und 1 II von VS durch LR_1 zur Erde gesandt. Es fließen dann Ströme aus $+LB_1$ und $-LB_1$ über H von LR_1 , 1 II , B'_2 , B'_5 und V von HS in die Leitung nach C . Gleichzeitig gehen Ströme aus $+LB_1$ und $-LB_1$ über H von LR_1 durch AW_1 und MR_1 , dann weiter über 1' I , B'_1 , B_2 und 1 II von VS durch LR_1 zur Erde. Das Relais MR_1 spricht an, und aus der Ortsbatterie fließen Ströme bei passender Stellung der Umschalter über 1 IV , B'_4 , B'_1 und 1 bis 5 oder 6 bis 10 IHS durch die Übersetzerelais zur Erde.

Die Stücke der Ringe der Verteilerscheiben sind in ähnlicher Weise, wie es in Abb. 23 für den Zweifach-Apparat angedeutet ist, mit Klemmen eines Umschaltekästchens verbunden, von denen die Verbindungen zu den Umschaltern usw. führen. Um während des Betriebes beim Versagen ein Relais schnell durch ein anderes ersetzen zu können, sind die Empfangs- und Linienrelais doppelt vorhanden. Mittels Umschalter der beschriebenen Art kann das eine oder andere Relaispaar eingeschaltet werden.

Das Zusammenarbeiten der Endämter A und C mit dem Übertragungsamte B soll durch Abb. 93 erläutert werden. Von den Verteilerscheiben beider

Endämter sind nur die Ringe *II HS* und die Teile von *I VS* gezeichnet, die für den Empfang und den Gleichlauf in Betracht kommen. Beim Amte *B* sind nur die kleinen Stücke von *I VS* und die Ringe *II VS*, *II* und *III HS* angedeutet. Es ist angenommen, daß die Leitungen unmittelbar mit den Bürsten verbunden sind. Die Dauer eines Stromstoßes werde mit *T* Sek. bezeichnet. Die Stromverzögerung betrage in den Stromkreisen von *A* nach *B* t_1 , von *B* nach *A* t_2 , von *B* nach *C* t_3 und von *C* nach *B* t_4 Sek. Zur besseren

Abb. 93.



Übersicht ist ein besonderer Wert der Stromverzögerung für jede Richtung derselben Leitungstrecke angenommen. Im Betriebe werden die beiden Werte zwar meistens übereinstimmen; ein Unterschied kann aber z. B. dadurch eintreten, daß das Empfangsrelais bei *B* und das Linienrelais bei *A* verschieden empfindlich sind. Amt *B* sendet die Korrektionsströme zu verschiedenen Zeiten nach *A* und *C*; hieraus ergibt sich, daß beide Endämter über die Stücke 11 bis 20 von *II HS* senden.

In Abb. 93 sind die Stücke 3 bis 8 und 13 bis 18 nur durch ein Stück angedeutet. Es ist ferner angenommen, daß das Amt *A* zur Zeit *DE* mit

dem Senden beginnt. Dann wird beim Amte BH von ER_1 zur Zeit FJ an K_1 gelegt werden, wenn der Abstand FJ von DE der Stromverzögerung t_1 entspricht. Das Stück 1 $I VS$ bei B soll so stehen, daß die Bürste B_1 die Mitte dieses Stückes in der Mitte der Zeit erreicht, in der H von ER_1 an K_1 liegt, d. h. die Linie MN , deren Abstand von FJ der Zeit $\frac{T}{2}$ entspricht, muß durch die Mitte des Stückes 1 gehen. Da 1 von $II HS$ eine Länge von $10\frac{1}{4}$ Stücken hat, so wird der Ring $II HS$ so gestellt, daß die Bürste B'_2 den Anfang dieses Stückes um $\frac{T}{4}$ Sek. früher erreicht, als mit dem Weitersenden nach C begonnen wird. Der Abstand der Linien KL und MN voneinander muß also der Zeit $\frac{T}{4}$ entsprechen. Der erste Stromstoß beginnt zur Zeit MN in die Leitung nach C zu fließen. Nach t_2 Sek. wird dann H von LR bei C gegen K_1 gelegt; zu dieser Zeit muß die Bürste B'_2 bei C den Anfang des Stückes 1 von $II HS$ erreichen, d. h. die Linie OP , deren Abstand von MN der Zeit t_3 entspricht, muß den Anfang des Stückes treffen. Diese Stellung ist nötig, damit C sogleich nach dem Empfangen mit dem Senden beginnt. Das Stück 1 von $I VS$ muß so stehen, daß seine Mitte mit der Linie QR zusammenfällt, deren Abstand von der Linie OP der Zeit $\frac{T}{2}$ entspricht. Das Empfangen bei C hört zur Zeit VW auf; zu dieser Zeit fängt C mit dem Senden an. Beim Amte B wird H von ER' zur Zeit XY gegen K_1 gelegt, wenn der Abstand der Linie XY von VW die Stromverzögerung t_4 darstellt. Mit der Linie XY muß der Anfang von 3 von $II HS$ zusammenfallen. Das Stück 11 von $I VS$ muß so stehen, daß die durch seine Mitte gehende Linie F_1J_1 um $\frac{T}{2}$ von XY entfernt ist. Zur Zeit F_1J_1 wird nach A weitergesandt; bei diesem Endamte legt sich H von LR gegen K_1 zur Zeit K_1L_1 ; die Mitte des Stückes 1 von $I VS$ muß dann in die Linie M_1N_1 fallen.

Die Zeit zwischen dem Senden bei A (Linie DE) und dem Empfangen bei C (Linie OP) setzt sich aus der Stromverzögerung zwischen A und B , der Verzögerung in der Übertragung durch das spätere Ansprechen von LR_1 und der Stromverzögerung zwischen B und C zusammen; sie ist also gleich $t_1 + \frac{T}{2} + t_3$ Sek. In umgekehrter Richtung beträgt diese Zeit $t_4 + \frac{T}{2} + t_2$ Sek. Wenn Amt C unmittelbar nach dem Empfangen sendet, so liegt bei A zwischen dem Aufhören des Sendens und dem Anfange des Empfangens eine Zeit von $t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + T$ Sek. Diese Zeit wird teilweise dazu ausgenutzt, um vom Amte B die Korrektionsströme zu empfangen. Der positive Korrektionsstrom hört bei B zur Zeit VW auf; seine Wirkung auf H von LR bei A ist zur Zeit XY zu Ende. Die Bürsten bei A stellen sich also selbsttätig so ein, daß der Merkpunkt Z des Stückes 21 von $I VS$ zur Zeit XY von der Bürste B_1 erreicht wird. Ferner werden die Bürsten bei C durch die von 4 und 5 von $II HS$ des Übertragungsamtes aus gesandten Korrektionsströme so gestellt, daß die Bürste B_1 auf dem Merkpunkte Z von 21 von $I VS$ zur Zeit Q_1R_1 steht. Für das Einstellen der Bürsten ergibt sich hieraus folgende Regel.

Beim Übertragungsamt B wird die Bürste B'_2 auf das Stück 1 von $II HS$ gestellt und zwar $\frac{T}{4}$ vom Anfang entfernt; dann wird B_1 durch Verschieben der Gruppe 1 bis 10 von $I VS$ auf die Mitte des kleinen Stückes 1 gebracht (Linie MN in Abb. 93). Entsprechend wird B'_3 auf das Stück 4 von $III HS$ gestellt und zwar $\frac{T}{4}$ vom Anfang entfernt; dann wird die Gruppe 11 bis 20 von $I VS$ so verschoben, daß B_1 die Mitte des kleinen Stückes 11 erreicht (Linie $F_1 J_1$).

Amt A stellt das Stück 21 von $I VS$ so ein, daß die Bürste B_1 in der Mitte der Zeiten, in denen die Zeichenströme H von LR gegen K_1 legen, über die Stücke 1 bis 10 gleitet. Dies geschieht in der Weise, daß das Stück 21 in die beiden Grenzstellungen und schließlich in die Mittelstellung gebracht wird, während Amt B dauernd mit der Taste 3 des Gebers sendet.

Amt A verschiebt hierauf, während es ständig die Taste 3 von G_3 drückt, langsam, damit der Gleichlauf nicht gestört wird, VS in die beiden Grenzstellungen, bei denen B nicht mehr richtig erhält, und bringt die Scheibe dann in die Mittelstellung. Um dem Amt A die beiden Grenzstellungen zu bezeichnen, gibt B die Zeichen, die auf dem Streifen des Übersetzers erscheinen, sofort mit dem Geber nach A zurück.

In entsprechender Weise stellt Amt C zunächst das Stück 21 von $I VS$ richtig zu den Stücken 1 bis 10 ein, während B die Taste 3 des Gebers drückt. Dann verschiebt es, während es selbst dauernd mit der Taste 3 von G_3 sendet und das, was B zurückgibt, beobachtet, VS in die beiden Grenzstellungen und nimmt hierauf die Mittelstellung.

Die Bürsten und Verteilerstücke für Mitlesezwecke werden bei den Endämtern A und C nach den früheren Erörterungen für den Vierfach-Apparat eingestellt. Beim Amte B müssen die Bürsten B'_1 und B'_4 gleichzeitig am Anfange des Stückes 1 von $I HS$ und 1 von $IV HS$ (Abb. 92) stehen, wenn die Bürste B_1 das Stück von 1' zwischen den Stücken 1 und 2 von VS erreicht, also der Strom durch MR_1 zu fließen beginnt.

12. Der Staffelbetrieb mit Weitergebern.

Bei den bisher betrachteten Schaltungen hat es sich ausschließlich um den Betrieb zwischen den beiden Endämtern einer Leitung gehandelt. Ist eine Übertragung eingeschaltet, so kann das Übertragungsamt zwar die durchgehenden Zeichen mitlesen; es kann sich auch mit jedem der Endämter verständigen, muß dann aber Trennstellung einnehmen, also die unmittelbare Verbindung der beiden Endämter aufheben. Die im vorhergehenden Abschnitt erläuterte Schaltung mit einer Übertragung für einen Vierfachapparat wird verwendet, wenn die Ämter A und C einen so starken Verkehr untereinander haben, daß jedes Amt 2 Geber benutzen muß. Es kommen nun Betriebsverhältnisse vor, bei denen 3 Ämter A , B und C vorhanden sind, deren gegenseitiger Verkehr mit einem Zweifachapparat abgewickelt werden kann. Unter gewöhnlichen Verhältnissen wären 3 Leitungen AB , AC und BC erforderlich. Beim Verwenden des Apparates von Baudot genügen für den Betrieb die beiden Leitungen AB und BC . An jedem Ende dieser Leitungen wird ein

Vierfachapparat aufgestellt. Auf der Strecke AB benutzt Amt A einen Geber zum Übermitteln der bei ihm vorliegenden, für das Amt B bestimmten Telegramme, die kurz AB -Telegramme genannt werden sollen; auch Amt B verwendet einen Geber für das Absetzen der BA -Telegramme. Mit dem zweiten Geber übermittelt Amt A die AC -Telegramme an Amt B und dieses Amt die bei ihm eingegangenen CA -Telegramme an Amt A . In ähnlicher Weise wickelt sich der Betrieb auf der Strecke BC ab. Die AC -Telegramme erscheinen bei B auf dem Streifen eines Übersetzers, der neben dem Geber aufgestellt werden kann, mit dem die Telegramme weitergegeben werden. Der Beamte bei B liest die Zeichen vom Streifen ab und gibt sie mit dem Geber sogleich weiter. Der Verkehr zwischen A und C und umgekehrt wird also durch je einen Beamten von B vermittelt.

Die Finger dieser Beamten machen beim Niederdrücken der Gebertasten ähnliche Bewegungen wie die Ankeransätze der Übersetzererelektromagnete. Es liegt also nahe, die Bewegungen der Anker beim Ansprechen der Elektromagnete unmittelbar auf die Tastenhebel zu übertragen oder hierzu das Verschieben der Sucher zu benutzen. Diesen Zweck erfüllen besondere Apparate, die „Weitergeber“, die Empfangselektromagnete und Tastenhebel in sich vereinigen. Es können dann die AC - und CA -Telegramme selbsttätig weitergegeben werden. Beide Teilstrecken AB und BC sind in gewissem Sinne zu einer Leitung vereinigt, in der jedes Endamt mit dem anderen Endamt und mit dem Zwischenamt unmittelbar seine Telegramme austauschen kann. Bei dieser Art des Betriebes spricht man von einem „Staffelbetrieb“ in der Leitung ABC .

In der ersten Form wird für den Weitergeber ein gewöhnlicher Übersetzer benutzt, der mit einem Satze Sendehebel ausgerüstet wird. Jede Sucherachse erhält einen seitwärts vorstehenden Stift, über den das gabelförmige Ende eines Hebelarmes greift. Dieser Arm bildet den unteren Teil eines gerade stehenden zweiarmigen Hebels, dessen oberer Arm schneidenförmig zugespitzt ist. Dieses Ende legt sich gegen eine der unteren Flächen eines dachförmig ausgeschnittenen drehbaren Stückes, das eine von ihm isolierte emporstehende Blattfeder trägt. Die Feder hat auf beiden Seiten Anschlagstücke, die sich gegen Kontakte legen. Sie entspricht der Blattfeder am Tastenhebel des Gebers, während die Kontakte den mit der Zeichen- und der Trennbatterie verbundenen Anschlagstiften entsprechen. Wird ein Sucherfuß in den Arbeitsweg gebracht, so verschiebt der Stift an der Sucherachse den unteren Hebelarm; der obere Hebelarm legt sich gegen eine andere Fläche des über ihm stehenden Stückes und verstellt es so, daß die Batteriefeder gegen den Arbeitskontakt gedrückt wird. Wenn der Sucher in die Ruhelage zurückgeführt wird, so kehrt die Blattfeder zum Ruhekontakte zurück. Die 5 Blattfedern sind mit Verteilerstücken verbunden, die durch eine über sie gleitende Bürste an die zweite Leitung gelegt werden; von den Kontakten führen Zuleitungen zu der Zeichen- und der Trennbatterie.

Der beschriebene Weitergeber erfordert für sein Arbeiten einen dauernd mit gleichmäßiger Geschwindigkeit umlaufenden Übersetzer. Um hiervon unabhängig zu sein, hat Robichon einen stehenden Weitergeber von folgender Bauart angegeben. In einem Gehäuse sind 5 einschenklige Elektromagnete E (Abb. 94), die den Übersetzererelektromagneten (Abb. 60) ähnlich sind, an einer

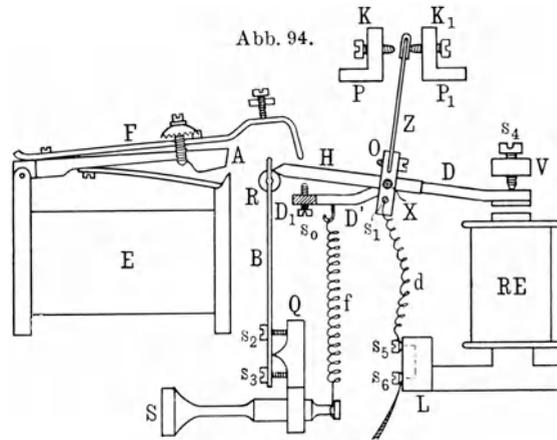
Gehäusewand parallel nebeneinander befestigt. Unter dem freien Ende des Ankeransatzes F befindet sich das Ende eines einarmigen, um die Achse X drehbaren Hebels H . An dem Hebel, aber von ihm und der Achse X gut isoliert, ist das Stück O befestigt. In dieses Stück ist die Blattfeder Z eingesetzt und wird durch eine Schraube festgehalten. Die Feder Z steht mit ihrem oberen Teile zwischen den Enden der Kontaktschrauben K und K_1 . Das Ende des Hebels H ist schneidenförmig zugespitzt. In der Ruhelage legt sich H mit der unteren Fläche gegen eine Rolle R , die an der Blattfeder B drehbar angebracht ist; dann berührt Z die Kontaktschraube K_1 . Wird der Elektromagnet E erregt, so wird der Anker A angezogen; das freie Ende des Ankeransatzes F trifft den Hebel H und drückt ihn, da die Rolle R mit der Feder B nachgibt, herunter, bis sich die obere schräge Fläche am Ende von H von unten gegen die Rolle R legt. Mit dem Hebel H bewegen sich das Stück O und die Feder Z , so daß sich Z gegen K legt. Durch

den Druck, den die Feder B über die Rolle R auf das Hebelende ausübt, wird H in jeder der beiden Lagen festgehalten. Der Hebel H trägt am freien Ende seitlich einen Ansatz, der zwischen 2 Ansätzen der Feder B schwingt; hierdurch wird die Bewegung von H nach oben und unten begrenzt. Die Feder B liegt mit dem

unteren Teil auf einer Schneide des Querstückes Q . Mit Hilfe der Schrauben s_2 und s_3 läßt sich der Druck regeln, den B über R auf H ausübt.

Um den Hebel H aus der Arbeitslage in die Ruhelage zurück zu bringen, wird das Ende einer Schraube s_0 gegen die untere Fläche des Hebels gedrückt. Die Schraube sitzt in einem Querstücke D_1 , das senkrecht zum Arme D' steht. D' bildet einen Arm eines Hebels, dessen anderer Arm D an seinem Ende den Anker für den Elektromagneten RE trägt. Der gebogene Hebel DD' dreht sich um die Achse X . Wird dieser Elektromagnet erregt, so wird der Anker angezogen. D senkt sich und D' geht mit dem Querstücke D_1 und den Schrauben s_0 empor. Die Schrauben, denen Hebel in der Arbeitslage gegenüberstehen, drücken diese Hebel in die Ruhelage zurück. An der unteren Seite von D' sitzt ein Haken, in den eine Spiralfeder f eingehängt ist. Am Ende der Feder ist ein Faden befestigt, dessen Ende an der Schraube S festgelegt ist. Durch Drehen dieser Schraube kann die Spannung der Feder f , die als Abreißfeder für den Anker von RE dient, geändert werden. Eine Schraube s_4 in dem Stück U dient als Anschlag für den Hebelarm D .

Für die Seite des Weitergebers, an der die Ströme aus einer Ortsbatterie eingehen oder empfangen werden, und die als WGe (Abb.95) bezeichnet werden soll, sind zunächst 5 Zuführungen für die 5 Elektromagnete E er-



forderlich; ferner ist eine Zuleitung zum Elektromagneten RE anzulegen und schließlich sind die Enden der Windungen der 6 Elektromagnete zu erden. Hiernach sind an der Empfangseite WGe 7 Klemmen anzubringen.

Jede Feder Z wird über das Stück O und die Schraube s_1 mit einem Drahte d verbunden, der an einer Schraube s_5 festgelegt wird. Diese Schraube ist an einer Querleiste L aus Ebonit befestigt und in ihr mit einer zweiten Schraube s_6 metallisch verbunden; von jeder der 5 Schrauben s_6 führen Zuleitungen zu Klemmen an der zweiten Seite des Weitergebers, der Abgangs-

seite WGa . Ferner müssen die Querleisten P und P_1 , die die Kontaktschrauben K und K_1 tragen, mit der Zeichen- und der Trennbatterie verbunden werden; sie sind also ebenfalls an Klemmen auf der Abgangsseite zu legen. Es sind demnach auch für die Seite WGa 7 Klemmen erforderlich.

Die Zuführungen aus dem Inneren des Gehäuses sind in gleicher Weise, wie es in Abb. 59 für den Übersetzer angegeben ist, mit Federn verbunden, die an der Außenseite des Gehäuses hervorstehen und sich beim Aufsetzen des Gehäuses auf einen Sockel gegen Stifte in Ebonitleisten, die zu beiden Seiten angebracht sind, legen. An den Stiften in den Ebonitleisten neben dem Gehäuse liegen die weitergehenden Verbindungsdrähte.

Der Staffelbetrieb in einer Leitung mit den Endämtern A und C und dem Zwischenamte B ¹⁾ ist am Kopfe der Abb. 96 schematisch dargestellt. Die von A eingehenden, für C bestimmten Zeichen werden nach etwa einer halben Umdrehung weiter gesandt; das gleiche gilt für die Zeichen von C nach A . Bei den Ämtern A und C sind die gewöhnlichen Apparate für den Vierfachbetrieb, also 4 Geber und 4 Übersetzer vorhanden. Beim Amte B sind für den eigentlichen Betrieb folgende Apparate erforderlich: 2 Geber G_1 und G_3 nebst 2 Mitlese-Übersetzern U_1 und U_3 für den Verkehr von B nach A und C , 2 Übersetzer U_2 und U_4 für den Empfang bei B von A und C , sowie 2 Weitergeber WG_1 und WG_2 für die von A nach C und von C nach A gesandten Zeichen. Um unter Umständen auch über die Stücke 11 bis 15 von B nach A und C senden zu können, sind die Geber G_2 und G_4 vorhanden; sie sind gewöhnlich auf Empfangen geschaltet, so daß die Stücke des Verteileres über die Tastenhebel und die Ruhkontakte dauernd mit den Windungen der Linienrelais LR_1 und LR_2 verbunden sind. Ferner sind die Geber G_5 und G_6 aufgestellt, die für die Seiten $WG\ 2a$ und $WG\ 1a$ eingeschaltet werden können. Schließlich sind die Übersetzer U_5 und U_6 vorhanden, die zum Mitlesen der von WG_2a und WG_1a ausgehenden Ströme oder zum Aufnehmen der gewöhnlich für WG_1e und WG_2e bestimmten Ströme dienen.

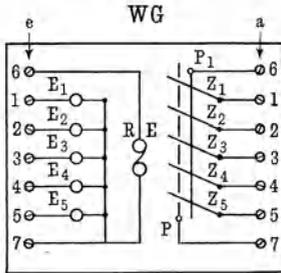
Beim Amte B sind 2 gleiche Verteilerscheiben vorhanden, die auf der Vorder- und der Rückseite eines Gehäuses angebracht sind. Jede der beiden Scheiben VS und HS besteht aus 6 Ringen. Der äußerste, mit I bezeichnete Ring enthält 20 kleine Stücke, von denen je 5 eine Gruppe bilden, die für

der gewöhnlich für WG_1e und WG_2e bestimmten Ströme dienen.

Beim Amte B sind 2 gleiche Verteilerscheiben vorhanden, die auf der Vorder- und der Rückseite eines Gehäuses angebracht sind. Jede der beiden Scheiben VS und HS besteht aus 6 Ringen. Der äußerste, mit I bezeichnete Ring enthält 20 kleine Stücke, von denen je 5 eine Gruppe bilden, die für

¹⁾ In dieser Weise werden z. B. die Leitungen Berlin—München—Rom und Frankfurt-(Main)—Straßburg (Els.)—Paris betrieben.

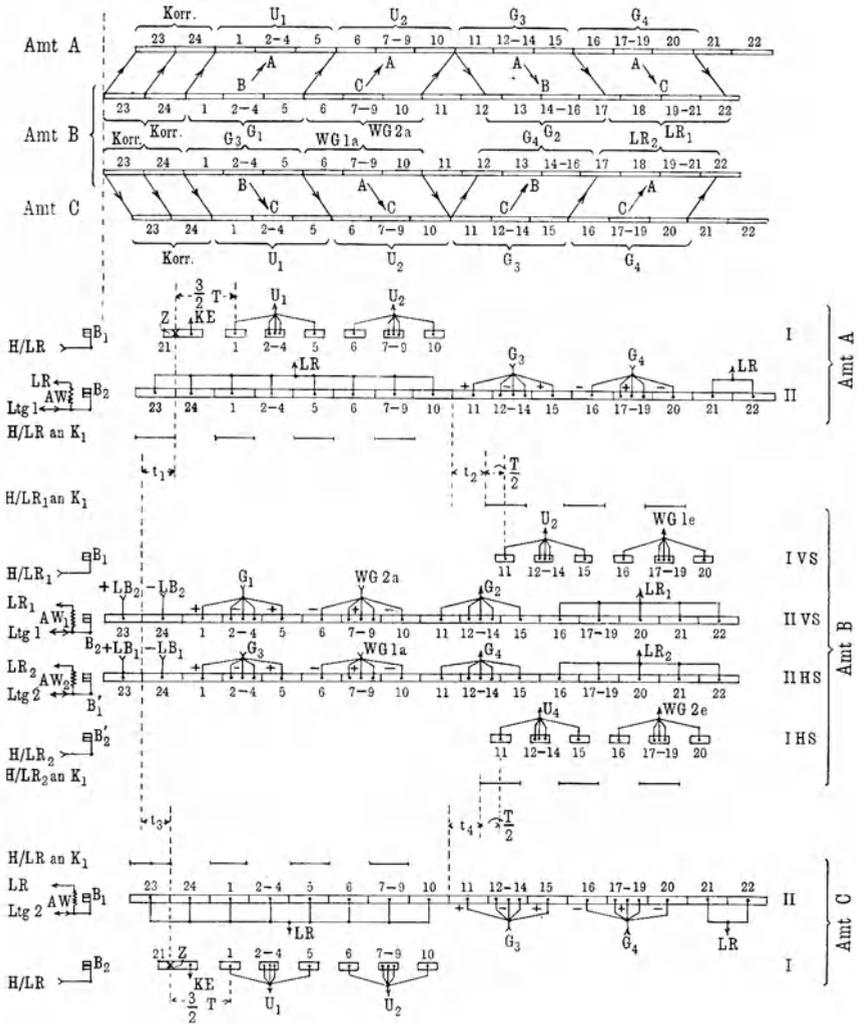
Abb. 95.



sich verschoben werden kann; jedes Stück hat eine Länge von $\frac{1}{48}$ des Umfanges. Die Ringe *II* und *III* sind in 24 gleiche Stücke zerlegt; die Ringe *IV*, *V* und *VI* sind ungeteilt. Bürstenpaare verbinden die Ringe *I* und *IV*, *II* und *V* sowie *III* und *VI* miteinander.

In Abb. 97 sind die abgerollten Ringe *I* bis *III* der Scheiben *VS* und *HS* mit den zugehörigen Bürsten *B*₁ bis *B*₃ und *B*'₁ bis *B*'₃ dargestellt. Die vollen

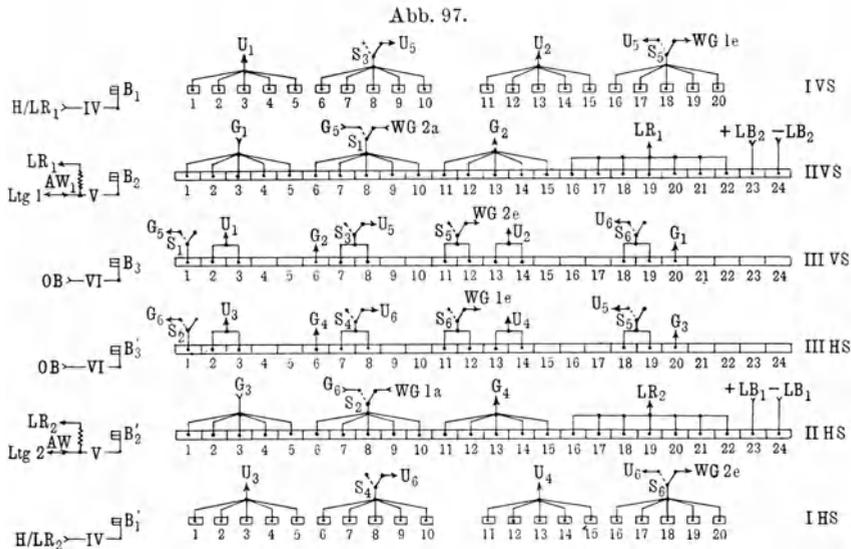
Abb. 96.



Ringe *IV* bis *VI* sind nicht gezeichnet, sondern neben den Bürsten nur angedeutet; z. B. ist *H* von *LR*₁ mit Ring *IV* fest verbunden; von diesem Ring aus stellt ein Bürstenpaar *B*₄—*B*₁, von dem nur die letzte Bürste gezeichnet ist, die Verbindung zum Ring *I* her. Die Zuleitungen zu den Taktschlägerelektromagneten der Geber, den Bremsselektromagneten der Übersetzer und den Rückführungselektromagneten der Weitergeber gehen von den Stücken

der Ringe *III* aus. Es sind 6 Kurbelumschalter der früher beschriebenen Art vorhanden. Die Umschalter S_1 und S_2 dienen dazu, die Weitergeber mit den Klemmen WG_2a und WG_1a oder die Geber G_5 und G_6 einzuschalten. Mit Hilfe der Umschalter S_3 und S_4 werden die Übersetzer U_5 und U_6 mit den kleinen Stücken der Ringe *I* verbunden, um die von den Weitergebern WG_2a oder WG_1a oder den Gebern G_5 und G_6 ausgehenden Zeichen mitzulesen. Die Umschalter S_5 und S_6 gestatten, die Weitergeber mit den Klemmen WG_1e und WG_2e oder die Übersetzer U_5 und U_6 einzuschalten. Wie sich aus Abb. 97 ergibt, wird der Elektromagnet RE des Weitergebers erregt, werden also die Hebel in die Ruhelage zurückgebracht, nachdem die Bürste über die mit den Hebeln verbundenen Verteilerstücke hinweggegangen ist.

Die Anordnung der Ringe beider Verteilerscheiben entspricht — abgesehen von der größeren, durch den Vierfachbetrieb bedingten Zahl von



Stücken — der beim Zweifachapparat; es ist daher beim Amte *B* nur ein Verteiler erforderlich, dessen Bürstenträger für beide Scheiben auf einer gemeinsamen Achse sitzen.

Abb. 96 erläutert in ähnlicher Weise wie früher die gegenseitige Stellung der Bürsten bei den Ämtern *A*, *B* und *C*. Es sind nur die Ringe *II* und die mit den Empfangsapparaten und den Korrektionsmagneten verbundenen Stücke der Ringe *I* gezeichnet. Die Stücke 2 bis 4, 7 bis 9, 12 bis 14 und 17 bis 19 sind durch ein einzelnes Stück angedeutet. Die Stromverzögerungen in den Richtungen *AB*, *BA*, *BC* und *CB* sind mit t_1 , t_2 , t_3 und t_4 bezeichnet. Bei den Endämtern *A* und *C* muß der Merkpunkt *Z* des Stückes 21 um $\frac{3}{2} T$ von der Mitte des Stückes 1 und um $\frac{13}{2} T$ von der Mitte des Stückes 6 von *I* entfernt sein; ferner müssen die Bürsten B_1 und B_2 gleichzeitig den Merkpunkt *Z* und den Anfang des Stückes 24 erreichen. Amt *B* stellt die kleinen Stücke des Ringes *I* auf einen von den Endämtern dauernd mit der Taste 3 von G_3 gesandten Stromstoß ein, indem es die Grenzstellungen aufsucht und dann die Mittelstellung einnimmt.

13. Die Verwendung des Telegraphen von Baudot¹⁾.

Für den Verkehr zwischen den Endämtern A und B einer Leitung lassen sich 2, 3, 4 und 6 Absatzwege mit diesem Apparate schaffen. Die Absatzwege können sämtlich in der Richtung von A nach B oder umgekehrt benutzt werden; es läßt sich auch eine beliebige Zahl von ihnen für den Verkehr von A nach B und der Rest für den Verkehr von B nach A verwenden.

Bei der Wahl der Art des Apparates sind neben dem Verkehrsbedürfnis die Eigenschaften der Leitung maßgebend. Wird die Leitung an dem einen Ende mit einer Batterie verbunden, so steigt der Strom an dem anderen Ende nicht sogleich zum vollen Werte, der als Quotient der elektromotorischen Kraft E durch den Gesamtwiderstand R gegeben ist, an. Die Selbstinduktivität des Drahtes wirkt dem Ansteigen des Stromes beim Anlegen der Batterie und seinem Verschwinden nach dem Abschalten der Stromquelle entgegen. Ferner wird die in das Kabel eintretende Elektrizität infolge der Kapazität der Leitung zunächst zum Laden verbraucht. Devaux-Charbonnel²⁾ hat für oberirdische Leitungen durch Versuche als Wert der Kapazität für 1 km 0,009 Mikrofarad, als Wert der Selbstinduktivität für 1 km einer Kupferleitung 0,002 Henry und einer Eisenleitung 0,006 Henry ermittelt. Wäre die Leitung frei von Kapazität und Selbstinduktivität, so würde sich die Elektrizität mit der Geschwindigkeit des Lichtes von 300 000 km in der Sekunde fortpflanzen. Infolge

der erwähnten Eigenschaften der Leitung sinkt die Geschwindigkeit auf $\frac{1}{\sqrt{KL}}$, wo K die Gesamtkapazität und L die Gesamtinduktivität der Leitung bezeichnet. Ferner verzögert die Selbstinduktivität des Empfangsrelais von etwa 1,6 Henry in Verbindung mit seinem Widerstande von 200 Ohm das Ansteigen des Stromes. Für die Dauer des veränderlichen Zustandes hat Devaux-Charbonnel³⁾ empirisch die Beziehung $T = \sqrt{KL} + \frac{3}{4} \frac{L_1}{R_1}$ gefunden, wo L_1 und R_1 Selbstinduktivität und Widerstand des Relais bezeichnen. Wird der Stromeinheit diese Zeit T gegeben, so erscheinen die Stromstöße am Ende der Leitung genügend getrennt voneinander. Man kann also beim Ermitteln der zulässigen Zahl der Absatzwege annehmen, daß die Stromeinheit nicht kleiner als T sein darf. In die obige Formel muß der Wert von K in Farad eingesetzt werden. Für eine rein oberirdische Eisenleitung von 800 km Länge ergibt sich mithin

$$T = \sqrt{800 \cdot 0,009 \cdot 10^{-6} \cdot 800 \cdot 0,006} + \frac{3 \cdot 1,6}{4 \cdot 200} = \text{rund } 0,012 \text{ Sek.}$$

Für einen Vierfachapparat mit 24 Verteilerstücken und 180 Umdrehungen in der Minute beträgt die Dauer der Stromeinheit $\frac{1}{3 \cdot 24} = \text{rund } 0,014 \text{ Sek.}$

¹⁾ Vgl. R. Fischer, Der Baudotapparat und seine Verwendung in Frankreich. Arch. f. Post u. Telegraphie, S. 517 u. ff., Berlin 1913, und die auf S. 4 angegebenen französischen Werke.

²⁾ Devaux-Charbonnel, Sur la mesure de la capacité et de la self-induction des lignes télégraphiques. L'Industrie électrique, p. 340, Paris 1906, sowie The Electrician 57, 790, London 1906.

³⁾ Devaux-Charbonnel, Étude expérimentale des lignes et des appareils télégraphiques. L'Électricien 32, 33 ff., Paris 1906.

Eine Eisenleitung von der angegebenen Länge würde also mit einem Vierfachapparate betrieben werden können. Da rein oberirdische Leitungen nur in Ausnahmefällen zur Verfügung stehen, weil streckenweise, namentlich in Städten, die Leitungen unterirdisch geführt werden, so ist mit einem höheren Werte der Gesamtkapazität zu rechnen.

Der Wert T kann in der Praxis im allgemeinen auch als Wert für die Stromverzögerung angenommen werden. Das Relais wird zwar meistens früher ansprechen, als der veränderliche Zustand des Stromes sein Ende erreicht hat. Es ist aber eine gewisse Zeit erforderlich, bis der Ankerhebel von dem einen Kontakte zum anderen herübergeht; diese Zeit ist mit etwa 0,005 Sek. anzusetzen. Da bei einem Vierfachapparate die Dauer der Stromeinheit rund 0,014 Sek. beträgt, so reichen 2 Verteilerstücke zum Ausgleichen der Stromverzögerung beim Arbeiten in beiden Richtungen aus.

Ist die Leitung so lang, daß der nach dem Verkehrsumfang erforderliche Apparat nicht mehr ohne weiteres arbeiten kann, so wird die Leitung durch das Einschalten einer Übertragung unterteilt. Nach den Erfahrungen der französischen Telegraphenverwaltung¹⁾ werden Übertragungen eingeschaltet, wenn die Länge der Leitungen beim Zweifachbetriebe 1150 bis 1200 km, beim Dreifachbetriebe 950 bis 1000 km, beim Vierfachbetriebe 750 bis 800 km und beim Sechsfachbetriebe 550 bis 600 km beträgt.

Die Übertragungen können nach den früheren Erörterungen mit Relais oder Weitergebern ausgerüstet werden.

In mannigfacher Weise läßt sich der Apparat dem Verkehrsbedürfnis mit dem Staffelbetrieb anpassen, bei dem die Endämter A und C miteinander und jedes Endamt mit dem Zwischenamte B verkehren kann. Die Strecke zwischen einem Endamt und dem Zwischenamte kann durch eine Übertragung unterteilt werden.

Ist ein Zwischenamt B mit 3 Endämtern A , C und D verbunden, so kann die sogenannte Verzweigschaltung verwendet werden, bei der A und C , A und D , B und C , sowie B und D miteinander verkehren.

Auch für den Kabelbetrieb in den durchweg unterirdisch geführten Landlinien wird der Apparat benutzt. Handelt es sich um lange Strecken, so wird wegen der großen Stromverzögerung infolge der hohen Kapazität davon abgesehen, abwechselnd zu arbeiten. Die Leitung wird in kurze Strecken von etwa 150 km Länge zerlegt; es genügt dann für jede Übertragung ein Relais, das die ankommenden Ströme aufnimmt und sie weitergibt. Ein wechselseitiger Betrieb ist erreicht worden mit einem Vierfachapparate bei einer Länge bis 125 km, mit einem Dreifachapparate bei einer Länge bis 175 km und mit einem Zweifachapparate bei einer Länge bis 225 km. Bei längeren Leitungen läßt sich das wechselseitige Arbeiten durch den Gegensprechbetrieb erreichen, wie später gezeigt werden wird.

Für den Betrieb der etwa 900 km langen einadrigen Seekabel von Marseille nach Algier ist von Picard eine besondere Schaltung angegeben, mit der jedes Kabel für einen Dreifachbetrieb in einer Richtung verwendet werden kann. Durch geeignete Übertragungen lassen sich die Kabel mit weitergehenden oberirdischen Leitungen verbinden, so daß über die Kabel hinweg ein unmittelbarer Verkehr auf große Entfernungen möglich geworden ist.

¹⁾ Vgl. Bazille, Note sur l'appareil télégraphique Baudot. Vortrag für die Erste internationale Konferenz der Techniker der Telegraphen- und Fernsprechverwaltungen in Budapest 1908.

Zweiter Abschnitt.

Systeme, die gleichzeitig arbeiten.

I. Die theoretischen Grundlagen.

A. Das Gegensprechen nach der Differentialschaltung.

Das Gegensprechen hat allgemein den Zweck, zwei Apparatsätze gleichzeitig und unabhängig voneinander in einer Leitung arbeiten zu lassen. Werden die zueinander gehörigen Geber und Empfänger mit G_1 und E_1 , sowie G_2 und E_2 bezeichnet, so stellt Abb. 98 unter I diesen Betrieb schematisch dar. II und III geben die Benutzung einer Leitung zum Doppelsprechen und Doppel-Gegensprechen an.

Wird bei einer Schaltung nach I in Abb. 98 mit dem Geber G_1 beim Amt A gesandt, so soll auf die von ihm ausgehenden Ströme nur der Empfänger E_1 beim Amte B

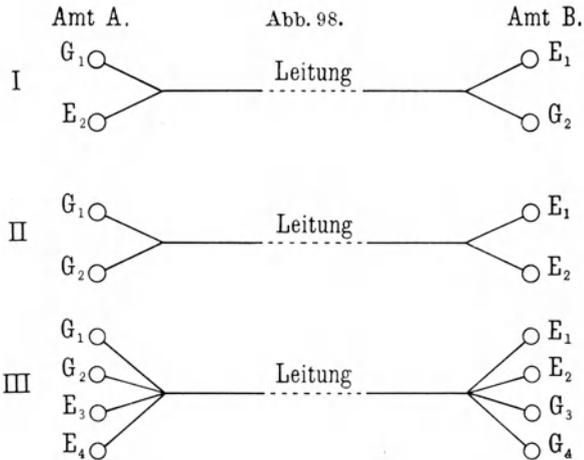
ansprechen. Andererseits sollen die vom Geber G_2 beim Amte B ausgehenden Ströme nur den Empfänger E_2 beim Amt A beeinflussen. Schließlich soll dies der Fall bleiben, wenn die Geber bei den Ämtern A und B gleichzeitig senden. Für eine solche Betriebsweise gelten folgende Grundbedingungen.

a) Die Leitung darf beim Senden durch die Schwebelage des Kontakthebels der Geber nicht unterbrochen werden.

b) Jeder Empfänger muß dauernd mit der Leitung verbunden sein.

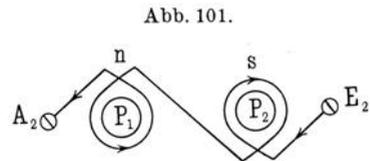
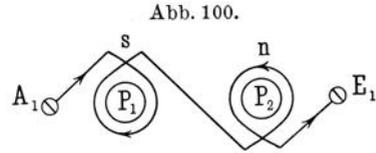
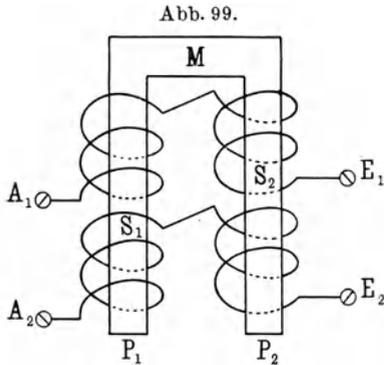
c) Jeder Empfänger muß gegen den abgehenden Strom des eigenen Amtes unempfindlich sein.

Ein Apparat, der in gewissem Sinne der Forderung unter c) entspricht, ist das zum Messen von Widerständen dienende Differentialgalvanometer.



Seine Magnetnadel wird nicht abgelenkt, wenn die beiden Windungen von gleich starken, aber entgegengesetzt gerichteten Strömen durchflossen werden. Der Grundgedanke der Differentialschaltung, die im Jahre 1854 unabhängig voneinander C. Frischen in Hannover und Werner Siemens in Berlin angegeben haben, ist folgender.

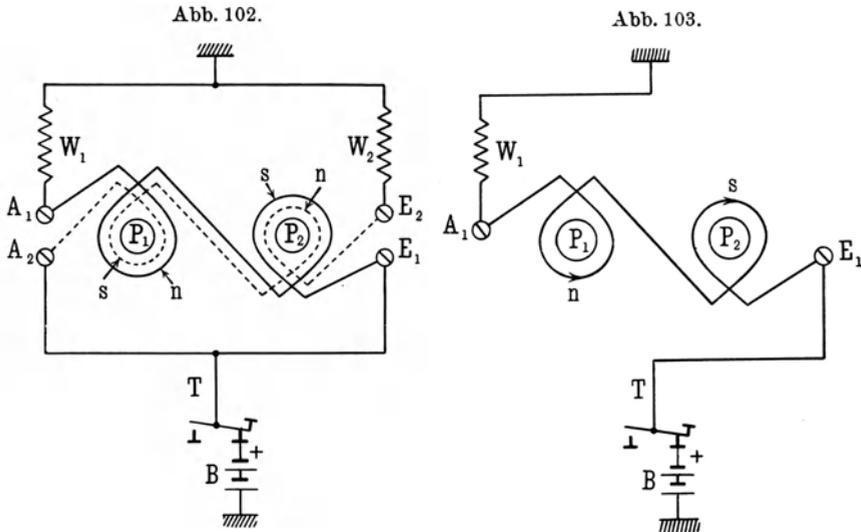
Werden die Schenkel S_1 und S_2 eines hufeisenförmigen Eisenstückes M mit einem Draht A_1E_1 bewickelt (Abb. 99), und fließt ein elektrischer Strom durch die Drahtwindungen, so wird das Eisenstück magnetisiert. Tritt ein positiver Strom beim Punkt A_1 in die Windungen ein, so wird der Schenkel S_1 , wenn man auf das freie Ende P_1 sieht, von dem Strom in der Richtung der Drehung des Uhrzeigers umflossen (Abb. 100); der Schenkel S_1 wird an seinem Ende, dem Pole P_1 , südmagnetisch. Der Schenkel S_2 wird von dem positiven Strom in der Richtung entgegengesetzt der Drehung des Uhrzeigers umflossen; der Pol P_2 wird daher nordmagnetisch. Bringt man auf die Schenkel S_1 und S_2 eine zweite Drahtwicklung A_2E_2 , die der Wickelung A_1E_1 gleich ist, und läßt man diese Wickelung von einem Strome gleicher Stärke, wie er in der



Wickelung A_1E_1 herrscht, durchfließen, so wird dieser Strom in der Wickelung A_2E_2 das Eisenstück ebenso stark magnetisieren, wie der Strom in der Wickelung A_1E_1 . Fließt der positive Strom in der Richtung E_2A_2 , so werden in dem Schenkel S_1 mit dem Pole P_1 Nordmagnetismus und in dem Schenkel S_2 mit dem Pole P_2 Südmagnetismus erregt werden (Abb. 101). Die Ströme in beiden Wickelungen rufen entgegengesetzten Magnetismus hervor, und die magnetisierende Wirkung beider Wickelungen ist bei den angenommenen Stromrichtungen gleich Null. Läßt man dagegen den positiven Strom bei A_2 in die Wickelung A_2E_2 eintreten, so erzeugt der Strom in P_1 Südmagnetismus und in P_2 Nordmagnetismus, wie es in Abb. 100 für die Wickelung A_1E_1 angegeben ist; die Ströme in beiden Wickelungen magnetisieren den Eisenkern in gleichem Sinn und verstärken sich in ihren Wirkungen.

Ein hufeisenförmiges Eisenstück, wie es in Abb. 99 gezeichnet ist, gehört z. B. zum Elektromagneten des Morseapparates. Beide Schenkel sind von einer zusammenhängenden Drahtwicklung umgeben. Fließt ein Strom durch diese Wickelung, so wird das Eisenstück magnetisiert. Der vor den Polen des Elektromagneten befindliche Anker aus weichem Eisen wird angezogen, und das am anderen Ende des Ankerhebels angebrachte Farbrädchen zeichnet während der Dauer des Stromes einen farbigen Strich auf. Es seien auf die

Schenkel des Elektromagneten zwei gleiche Wickelungen $A_1 E_1$ und $A_2 E_2$ gebracht; von ihren Enden seien einerseits E_1 und A_2 miteinander und mit dem Körper der Taste T verbunden, an deren Arbeitskontakt ein Pol der mit dem zweiten Pole geerdeten Batterie B liegt, anderseits A_1 und E_2 über die gleichen Widerstände W_1 und W_2 an Erde gelegt (Abb. 102). Wird die Taste T niedergedrückt, so wird der Eisenkern nicht magnetisiert. Es fließt ein positiver Strom aus der Batterie B über die Taste T , die Wickelung $E_1 A_1$ und den Widerstand W_1 zur Erde; hierdurch werden in dem Kernende P_1 Nordmagnetismus und in dem Kernende P_2 Süd magnetismus erregt. Ferner fließt ein positiver Strom durch Wickelung $A_2 E_2$ und den Widerstand W_2 zur Erde; dieser Strom ruft in dem Kernende P_1 Süd magnetismus und in dem Kernende P_2 Nord magnetismus hervor. Da die magnetisierenden Wir-



kungen gleich stark und entgegengesetzt sind, so entsteht in den Kernen kein Magnetismus, und der Anker des Morseapparates wird nicht angezogen.

Die Stärke der Magnetisierung steht in geradem Verhältnis zur Zahl der Windungen und der Stromstärke; ihr Produkt wird als Zahl der Amperewindungen bezeichnet. Wird der Strom aus der Batterie B beim Niederdrücken der Taste T nur durch die Wickelung $A_1 E_1$ gesandt (Abb. 103), so wird der Elektromagnet erregt. Beträgt die EMK der Batterie B E Volt sowie der Widerstand der Wickelung $A_1 E_1$ r_1 Ohm, und können der innere Widerstand der Batterie und der Widerstand der Zuleitungen vernachlässigt werden, so ist der Strom in der Wickelung $A_1 E_1$ $J_1 = \frac{E}{r_1 + W_1}$ Amp. Hat

die Wickelung N Windungen, so ist $\frac{NE}{r_1 + W_1}$ die Zahl der wirksamen Amperewindungen. Der in jedem Pole hervorgerufene Magnetismus sei n und s . Läßt man den Strom durch beide Wickelungen hintereinander gehen, wie dies

in Abb. 104 dargestellt ist, so beträgt der Strom $J_2 = \frac{E}{W_1 + r_1 + r_2 + W_2}$,

wo r_2 den Widerstand der Wicklung $A_2 E_2$ bedeutet. Nach der oben gemachten Annahme ist $r_1 = r_2$ und $W_1 = W_2$, also ist

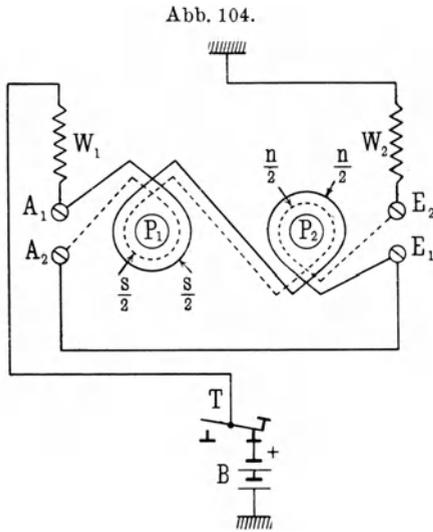
$$J_2 = \frac{E}{2(W_1 + r_1)} = \frac{J_1}{2}.$$

Beide Wicklungen magnetisieren den Eisenkern in gleichem Sinne. Die Zahl der wirksamen Windungen ist mithin $2N$, und die Zahl der Amperewindungen beträgt

$$2N \cdot \frac{E}{2(W_1 + r_1)} = \frac{N \cdot E}{W_1 + r_1},$$

wie bei der Schaltung nach Abb. 103. Die magnetisierende Wirkung, die ein Strom beim Durchfließen einer Wicklung ausübt, ist also gleich der Wirkung eines Stromes von halber Stärke, der beide hintereinander geschaltete Wicklungen durchfließt.

Die in Abb. 102 dargestellte Schaltung kann zum Gegensprechen in einer Leitung dienen, wenn an die Klemme A_1 statt des Widerstandes W_1 die Leitung gelegt und der Widerstand W_2 gleich dem Widerstande der Leitung und des Apparates beim zweiten Amte gewählt wird. Als Empfangsapparat wird gewöhnlich ein Relais verwendet. Ferner wird ein Differentialgalvanoskop eingeschaltet, um die Stromverhältnisse erkennen zu können. Schließlich wird an die Stelle des Widerstandes W_2 ein leicht veränderlicher Widerstand,



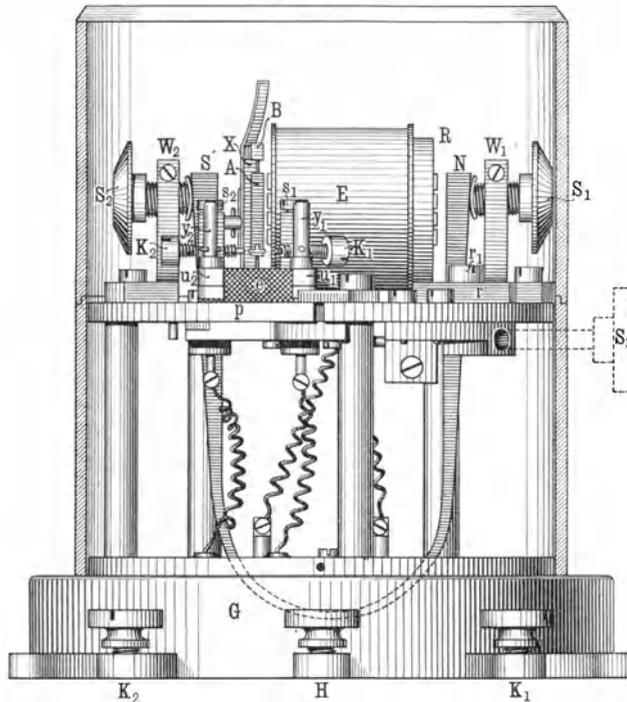
ein Kurbelrheostat, gebracht. Bevor die Schaltung für zwei Endämter betrachtet wird, sollen zunächst die erforderlichen Apparate, nämlich das Differentialrelais, das Differentialgalvanoskop und der Kurbelrheostat kurz beschrieben werden.

Das polarisierte Relais mit Flügelanker.

Das von dem verstorbenen Telegrapheningenieur Doehn angegebene Relais ist in Abb. 105 in der Gesamtansicht dargestellt. Es besteht in seinen Hauptteilen aus einem Dauermagneten, einem Elektromagneten, dem Anker mit dem Ankerhebel und den Kontakten. Der hufeisenförmige Dauermagnet steht mit seinem Joch auf einem Messingstege der hölzernen Grundplatte G . In die Grundplatte sind Ständer eingelassen, die die Messingplatte p tragen. Durch diese Platte ragen die Enden N und S der beiden Schenkel frei empor. Dem bogenförmigen, dünn gehaltenen Joch ist die Glashärte durch Anlassen genommen; daher federt der Magnet, und seine Schenkelenden legen sich gegen die Stellschrauben S_1 und S_2 , die von den Messingwinkeln W_1 und W_2 gehalten werden. Beim Hereindreihen dieser Schrauben werden die Pole N

und S einander genähert, der Luftraum zwischen ihnen wird verringert und das magnetische Feld verstärkt. Zwischen den Polen steht der zweiseitige Elektromagnet E ; er ist am Messingrahmen R befestigt, mit dem zwei Messinglappen r verbunden sind. Diese Lappen werden durch die Preßschrauben r_1 auf der Platte p festgelegt. Nach dem Lösen dieser Schrauben kann der Elektromagnet in der Verbindungslinie beider Pole verschoben werden. Die Wickelungen sind auf den Schenkeln so angebracht, daß ihre Windungsebene senkrecht zur Hauptrichtung der Kraftlinien des Magnetfeldes steht. Vor den Polen des Elektromagneten spielt der Anker A , ein leichtes viereckiges Eisenblatt, um eine senkrechte Achse X , die durch den Schwerpunkt des

Abb. 105.

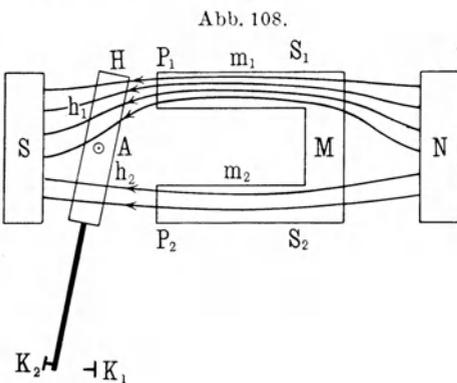
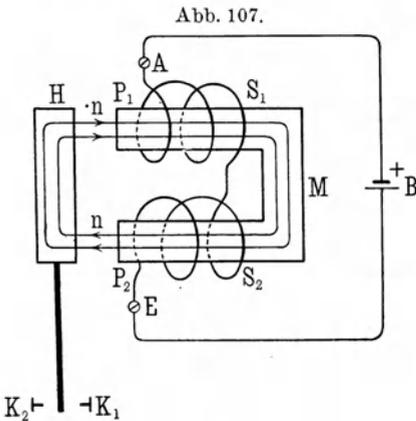
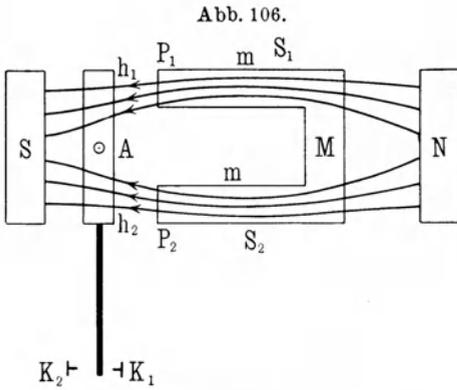


Eisenblattes geht. Die Zapfen der Ankerachse sind in einem feststehenden Messingbügel B gelagert. An dem unteren Ankerrande sitzt die vorstehende Ankerzunge, die an ihrem Ende eine Hülse für einen kleinen Platinzylinder trägt. Dieser Zylinder spielt beim Arbeiten des Relais zwischen den beiden Anschlagsschrauben K_1 und K_2 , den Kontakten des Relais. Die Schrauben sitzen in Messingklemmböcken und werden in ihnen durch die Schrauben s_1 und s_2 festgehalten. Mittels der Schrauben y_1 und y_2 werden die Klemmböcken mit den Unterlagen u_1 und u_2 verschraubt, die isoliert voneinander auf dem Ebonitstück e befestigt sind. Dieses Stück mit den Kontakten, der Schlitten, kann durch einen Schlüssel S_3 nach rechts und links bewegt werden. Die Unterlagen u_1 und u_2 und mit ihnen die Kontakte K_1 und K_2 sind mit den Klemmen K_1 und K_2 am Grundbrette durch isolierte Drähte verbunden. Die mittlere Schraube H steht mit dem Körper des Relais und damit auch

mit dem Ankerhebel in Verbindung. Um den Ankerhebel mit dem Relaiskörper gut leitend zu verbinden, ist ein dünner, blanker Kupferdraht zwischen dem Bügel und dem Ankerhebel angebracht. Das Relais wird durch einen auf-

gesetzten Messingzylinder gegen Staub und äußere Beschädigungen geschützt. Dieser Zylinder ist oben mit einer Glasplatte abgeschlossen, so daß das Spiel des Ankers von außen beobachtet werden kann.

Der elektromagnetische Teil des Relais ist in der Oberansicht in Abb. 106 bis 108 schematisch dargestellt. Zwischen den Polen N und S des Dauermagneten befinden sich das hufeisenförmige Stück M aus weichem Eisen mit den Schenkeln S_1, S_2 und den Polflächen P_1, P_2 und das um die Achse A drehbare Stück H aus weichem Eisen. Das Ende des Ansatzes von H , des Flügelankers, führt zwischen den Kontakten K_1 und K_2 hindurch. Stehen H und die Polflächen P_1 und P_2 von M parallel zu den Flächen von N und S , wie es in Abb. 106 angedeutet ist, so gehen, wenn von dem geringen Verluste durch Streuung abgesehen wird, von den zwischen den Polen übertretenden Kraftlinien $2m$ je m Kraftlinien von den Polflächen P_1 und P_2 zu den beiden Hälften h_1 und h_2 des Flügelankers über. Wird auf die Schenkel S_1 und S_2 des Eisenstückes M eine Wicklung gebracht, und werden die Enden A und E mit den Polen einer Batterie verbunden, so erzeugt der elektrische Strom einen Fluß von n magnetischen Kraftlinien. Bei der in Abb. 107 gezeichneten Wicklung treten die Kraftlinien



bei dem Polende P_1 in M hinein und bei dem Polende P_2 aus M heraus. Die durch die Pole N und S des Dauermagneten und durch den elektrischen Strom hervorgerufenen magnetischen Kraftlinien haben an der Polfläche P_1 entgegengesetzte und an der Polfläche P_2 gleiche Richtung. Es zieht dann

das Polende P_2 den gegenüberstehenden Teil h_2 des Flügelankers stärker an, als das Polende P_1 den Teil h_1 . Der Flügelanker wird daher um die Achse A so gedreht, daß sich der Hebelansatz gegen den Kontakt K_1 legt. Tritt ein negativer Strom bei A in die Relaiswicklung ein, so verlaufen die hierdurch erzeugten Kraftlinien in umgekehrter Richtung, wie die Linien in Abb. 107, und der Ansatz des Ankers wird gegen den Kontakt K_2 gelegt. Die in Abb. 106 angegebene symmetrische Einstellung ist für den Doppelstrombetrieb erforderlich. Soll das Relais für den Einfachstrombetrieb verwendet werden, so ist der Kontaktschlitten zu verschieben, wie es in Abb. 108 angedeutet ist. Von den zwischen N und S übertretenden Kraftlinien $2m$ gehen dann der größere Teil m_1 durch den Schenkel S_1 und das Polende P_1 und der kleinere Teil m_2 durch den Schenkel S_2 und das Polende P_2 . Die Anziehungskraft für den Ankerteil h_1 überwiegt, und der Hebelansatz wird gegen den Kontakt K_2 gelegt.

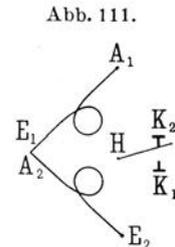
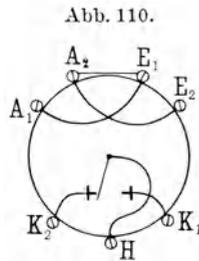
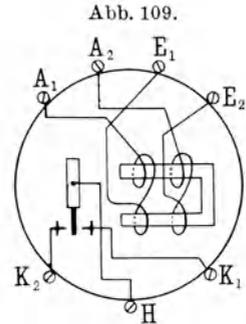
Fließt durch die Wicklung ein positiver Strom in der durch Abb. 107 angedeuteten Weise, so muß, um das Relais ansprechen zu lassen, die Zahl n der von diesem Strom erzeugten Kraftlinien so groß sein, daß $m_2 + n > m_1 - n$ ist. Dann zieht P_2 den Ankerteil h_2 stärker an, als P_1 den Ankerteil h_1 , und der Ansatz wird gegen den Kontakt K_1 gelegt.

Das Flügelankerrelais ist als Differentialrelais mit zwei getrennten Wicklungen versehen. Ihre Enden, die beiden Kontakte und der Ankerhebel sind mit den Klemmen $A_1, E_1, A_2, E_2, K_1, K_2$ und H nach Abb. 109 verbunden. Das Relais wird im allgemeinen so benutzt, daß in der Ruhelage der Ankerhebel H an dem Kontakte K_2 , dem Ruhekontakte, liegt und der Telegraphierstrom den Ankerhebel gegen den Kontakt K_1 , den Arbeitskontakt, legt. Die Leitung muß mit den Klemmen in der Weise verbunden werden, daß der ankommende Strom mit positiver Richtung bei A_1 oder A_2 eintritt. Der Ankerhebel bewegt sich also nach der Klemme am Grundbrette hin, die mit dem Zinkpole der Batterie verbunden ist. Bei den späteren Schaltungen wird zum Vereinfachen der Zeichnungen das Flügelankerrelais schematisch nach den Abb. 110 und 111 dargestellt werden.

Das Relais muß in elektrischer Hinsicht folgenden Anforderungen entsprechen.

1. Die Wicklungen müssen differential sein.
2. Die Wicklungen, die Kontakte und der Ankerhebel müssen gut voneinander isoliert sein.
3. Das Relais muß genügend empfindlich sein.

Die Bedingung zu 1. ist erfüllt, wenn die Wicklungen gleichen Widerstand haben und beim Durchfließen gleicher Ströme in gleicher Weise auf die Kerne der Elektromagnete wirken. Jede Wicklung hat einen Widerstand von



250 oder 75 Ohm. Um die differentiale Wickelung des Relais zu prüfen, verbindet man den Hebel einer Taste mit der Klemme A_2 (Abb. 109), die Klemmen E_1 und E_2 miteinander, die Klemme A_1 mit dem einen Pol einer Batterie und den Arbeitskontakt der Taste mit dem anderen Pole dieser Batterie. Beim Niederdrücken der Taste werden beide Wickelungen von dem gleichen Strome durchflossen; jedoch wirken beide Ströme in entgegengesetztem Sinn auf die Kerne. Das Relais darf in diesem Falle nicht ansprechen. Hierauf werden die Klemmen A_1 und E_2 sowie A_2 und E_1 untereinander, ferner A_1 mit dem Körper einer Taste und A_2 mit einem Pole der Batterie, deren anderer Pol an dem Arbeitskontakte der Taste liegt, verbunden. Auch jetzt darf beim Niederdrücken der Taste das Relais bei empfindlichster Einstellung nicht ansprechen. Ist dies der Fall, so haben beide Wickelungen gleichen Widerstand; denn wären die Widerstände verschieden, so würden die parallel geschalteten Wickelungen von ungleichen Strömen durchflossen, und das Relais würde bei seiner durch die erste Prüfung festgestellten Wirkungsweise ansprechen. Man stellt zweckmäßig das Relais neutral ein; dann muß der Ankerhebel an dem Kontakte, gegen den er mit der Hand gelegt ist, ruhen bleiben, auch wenn die Taste gedrückt wird.

Bei feinsten Einstellung, wie sie bei geringster Entfernung der Pole des Dauermagneten voneinander und einem sehr kleinen Ankerhube von 0,08 mm erzielt wird, spricht das Relais auf 0,75 Milliampere an.

In mechanischer Hinsicht ist auf folgende Punkte zu achten. Der Ankerahmen muß fest stehen. Der Kontaktschlitten muß in jeder Stellung sicher liegen bleiben. Die Anschlagflächen der Kontakte müssen eben und rein sein. Der Flügelanker muß sich leicht bewegen. Der dünne Kupferdraht, der einen guten Stromübergang zwischen Anker und Rahmen sichern soll, muß unverletzt und gut befestigt sein.

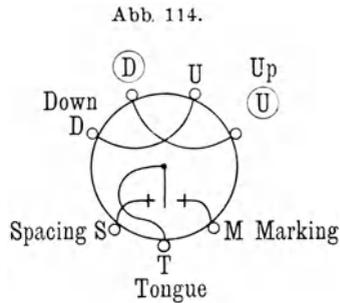
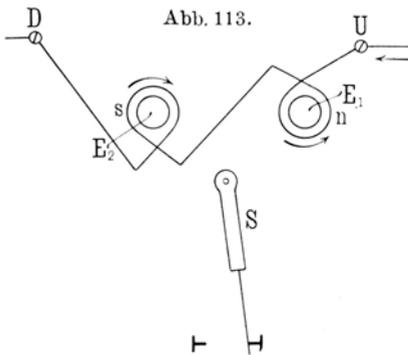
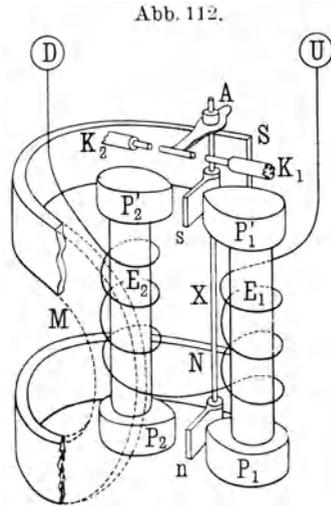
Die erste Einstellung oder die Grundeinstellung des Relais läßt sich in folgender Weise erreichen. Der Kontaktschlitten wird in die Mitte seiner Bahn gebracht; hierauf werden die Kontaktschrauben gleichmäßig einander genähert, bis sie den Anker festlegen. Nunmehr werden die Polflächen des Elektromagneten parallel zum Flügelanker gestellt und ihm auf etwa 0,8 mm genähert. Ebenso nahe wird der Südpol (linker Pol) des Dauermagneten an den Flügelanker herangebracht, während der Nordpol (rechter Pol) von dem Elektromagneten einen großen Abstand erhält. Schließlich werden die Kontakte so weit voneinander entfernt, daß der Ankerhub etwa 0,08 mm beträgt.

Das „P. O. Standard“-Relais¹⁾.

Das von der englischen Telegraphenverwaltung vielfach verwendete, als „P. O. (Post Office) Standard Relay“ bezeichnete polarisierte Relais ist mit seinen wesentlichen Teilen in Abb. 112 dargestellt. Den Polen N und S eines hufeisenförmigen Dauermagneten M gegenüber befinden sich die Stücke n und s aus weichem Eisen; sie sind an der senkrechten Achse X aus unmagnetischem Materiale befestigt. Die Enden dieser Stücke, die unter der Einwirkung des Dauermagneten den gleichen Magnetismus wie die gegenüberstehenden Pole haben, befinden sich zwischen den Polen P_1 , P_2 und P'_1 , P'_2 der beiden senk-

¹⁾ Vgl. „Telegraphy“ von T. E. Herbert. London, Whittaker & Co.

rechten Kerne E_1 , E_2 aus weichem Eisen. Auf diese Kerne sind gleiche Wicklungen gebracht, deren untere Enden miteinander und deren obere Enden mit den Klemmen $D^1)$ und $U^1)$ verbunden sind. Blickt man von oben auf die Kerne, so entspricht die Art der Wicklung der schematischen Darstellung in Abb. 113. Tritt ein positiver Strom bei der Klemme U ein, so wird der Kern E_1 in seinem oberen Teile nordmagnetisch und in seinem unteren Teile süd magnetisch; umgekehrt erhält der Kern E_2 in seinem oberen Teile Süd magnetismus und in seinem unteren Teile Nord magnetismus. Das Eisenstück s mit Süd magnetismus befindet sich jetzt zwischen dem nord magnetischen Polschuh P'_1 und dem süd magnetischen Polschuh P'_2 ; s wird von P'_1 angezogen und von P'_2 abgestoßen. Auf das nord magnetische Eisenstück n wirken der süd magnetische Polschuh P_1 anziehend und der nord magnetische Polschuh P_2 abstoßend. Der Einfluß der oberen und unteren Polschuhe auf die an der Achse X befestigten Eisenstücke s und n ist also gleich. Mit den von den Polschuhen P_1 und P'_1 angezogenen Stücken n und s dreht sich auch die Achse X , die an ihrem über s hinausragenden Ende einen Arm A mit einem kleinen Platinzylinder trägt. Der Zylinder spielt zwischen den auf einem beweglichen Schlitten sitzenden Kontakten K_1 und



K_2 . In ähnlicher Weise, wie es in Abb. 108 angegeben ist, kann das Relais durch Veränderung der Stellung der Kontakte für den Betrieb mit Einfachstrom eingestellt werden.

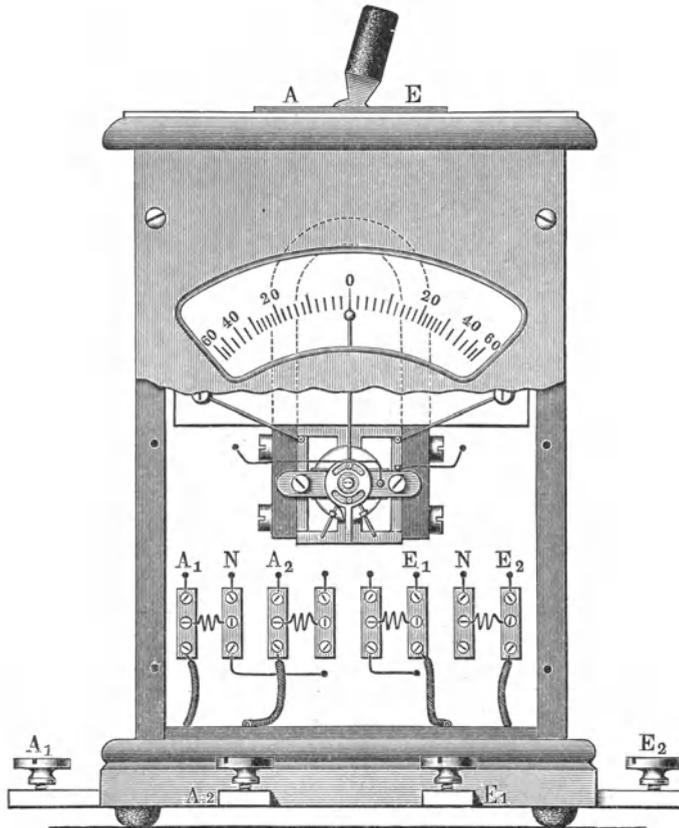
¹⁾ Die Bezeichnungen D (Down) und U (Up) beziehen sich auf folgende allgemeine Anordnung für englische Betriebsverhältnisse. Ein Ende des Stromkreises heißt „Up Station“ und das andere „Down Station“. Das London am nächsten gelegene Amt ist „up“ und das Amt, das am weitesten von London entfernt ist, ist „down“. Das erste Amt (Up Station) verbindet den positiven Pol der Batterie mit der Leitung, wenn es einen Zeichenstrom sendet; es arbeitet also stets mit positiver Linienbatterie als Zeichenbatterie.

Das Relais ist differential gewickelt. Die Verbindung der Wickelungen mit den Klemmen D , \textcircled{D} , U und \textcircled{U} , sowie von Anker, linkem und rechtem Kontakte mit den Klemmen T (Ankerhebel), S (Ruhekontakt) und M (Arbeitskontakt) ist in Abb. 114 angedeutet.

Das Differentialgalvanoskop.

Während beim gewöhnlichen Betriebe das Galvanoskop nur über die Stromverhältnisse in der Leitung Aufschluß zu geben hat, soll beim Gegensprechbetriebe das Differentialgalvanoskop außerdem noch anzeigen, ob der

Abb. 115.



abgehende Strom beide Wickelungen des Relais mit gleicher Stärke durchfließt, hierauf also keine Wirkung ausübt. Für diesen Zweck läßt sich ein genügend empfindliches Galvanoskop beliebiger Bauart mit differentialer Wickelung verwenden.

Bei der Reichs-Telegraphenverwaltung wird vielfach ein Differentialgalvanoskop mit Drehspule benutzt, dessen Gesamtansicht Abb. 115 zeigt. Es enthält zwei Drehspulen in dem Feld eines Dauermagneten. Die beiden Spulen sind auf einen gemeinsamen Metallrahmen in entgegengesetztem Sinne gewickelt. Für jede Spule ist ein Nebenschlußwiderstand N vorhanden, der mit dem für

beide Spulen gemeinsamen Hebelumschalter H ein- und ausgeschaltet werden kann (Abb. 116¹⁾. Liegen die Widerstände von 8 Ohm parallel zu den Spulen von 32 Ohm, so beträgt der Meßbereich des Galvanoskops 60 Milliampere; er geht auf 12 Milliampere herab, wenn die Widerstände ausgeschaltet sind. Im letzten Fall ist also die Empfindlichkeit des Galvanoskops größer. Bei neueren Apparaten sind die Widerstände von Spule und Nebenschluß auf 15,7 und 4 Ohm verringert worden.

In elektrischer Beziehung müssen beide Windungen gleichen Widerstand haben und differential sein. Diese Eigenschaften lassen sich in ähnlicher Weise, wie es für das Differentialrelais angegeben ist, prüfen.

Abb. 116.

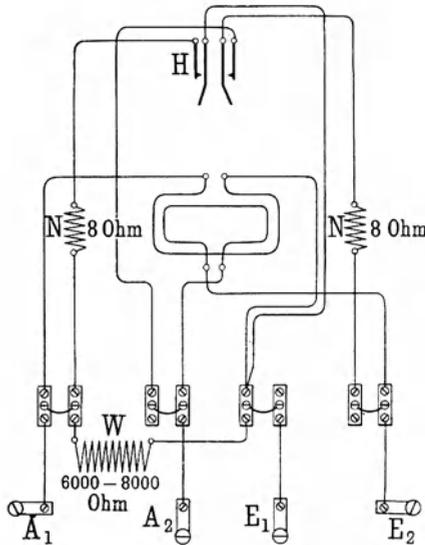


Abb. 117.

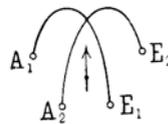
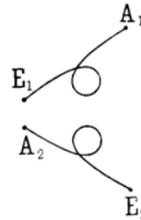


Abb. 118.



Bei den folgenden Schaltungen wird das Differentialgalvanoskop schematisch nach Abb. 117 und 118 dargestellt werden. Die Wickelungen sollen so angebracht sein, daß ein bei der Klemme E_1 oder E_2 eintretender negativer Strom den Zeiger des Galvanoskops nach rechts ablenkt.

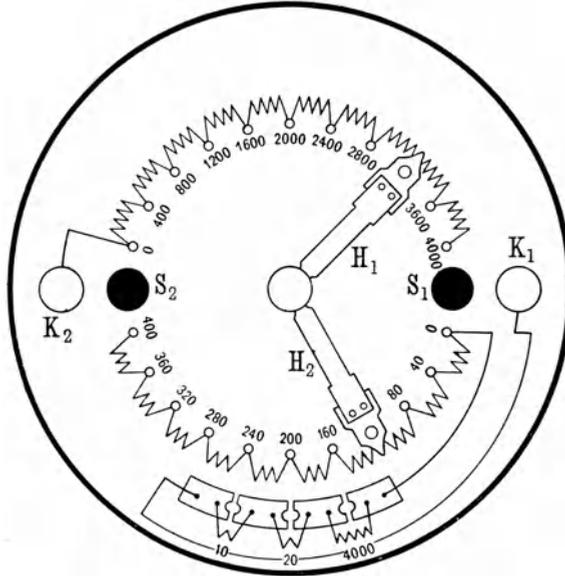
Der Kurbelrheostat.

Um den Widerstand der künstlichen Leitung dem der wirklichen Leitung schnell anpassen zu können, ist ein Widerstand zu benutzen, der sich ohne Zeitverlust in weiten Grenzen ändern läßt. Diesen Anforderungen entspricht der in Abb. 119 in der Oberansicht dargestellte Kurbelrheostat. Er hat zwei Kontaktarme H_1 und H_2 , von denen jeder über einen Halbkreis von Kontaktstiften bewegt werden kann. Zwischen den Stiften des einen Halbkreises liegen Widerstände von je 40 Ohm und zwischen denen des anderen Halbkreises solche von je 400 Ohm; es sind je 10 Widerstände zu 40 und 400 Ohm vorhanden. Ferner liegen zwischen Messingschienen, die durch Stöpsel ver-

¹⁾ Der Widerstand W dient zum Abgleichen des Widerstandes der Spule, die beim Anfertigen etwa größeren Widerstand erhalten hat, als die andere Spule.

bunden werden können, drei Einzelwiderstände von 4000, 20 und 10 Ohm. Die in Abb. 119 bei den Kontaktstiften angegebenen Zahlen geben an, welche Widerstände eingeschaltet sind, wenn der Kontaktarm auf den einzelnen

Abb. 119.

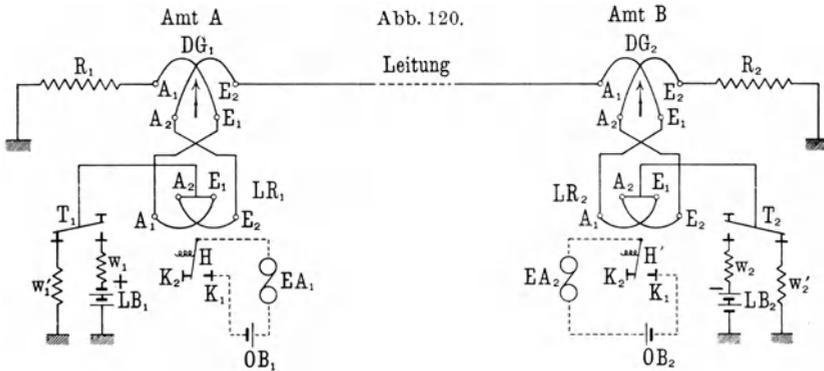


Stiften steht. Mit dem Kurbelrheostaten lassen sich die Widerstände zwischen 10 und 8430 Ohm in ganzen Vielfachen von 10 Ohm darstellen.

Die Zuführungsdrähte werden an die Klemmen K_1 und K_2 gelegt. Die Stifte S_1 und S_2 begrenzen die Bewegung der Kontaktarme.

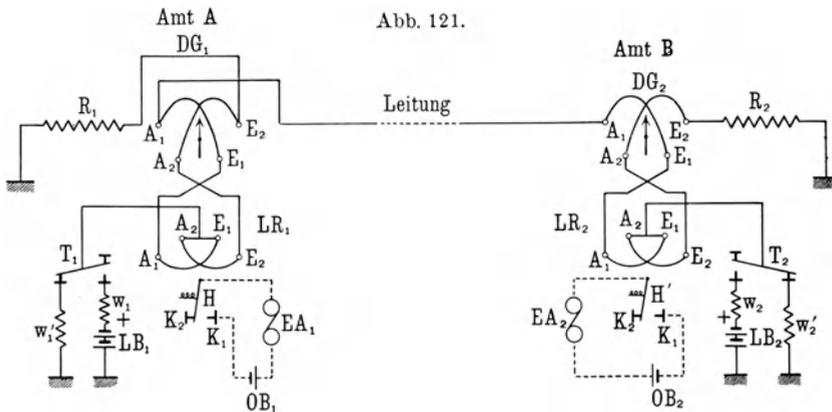
Die Schaltung für zwei Endämter.

Soll eine Leitung zwischen zwei Ämtern zum Gegensprechen nach der Differentialschaltung benutzt werden, so sind bei jedem Amt ein Geber, ein



differential gewickelter Empfänger und ein Kurbelrheostat erforderlich. Als Geber möge eine gewöhnliche Taste dienen, während als Empfänger das früher betrachtete polarisierte Relais mit Flügelanker verwendet werden soll; in den

Ortstromkreis des Relais wird der Empfangsapparat gelegt. In Abb. 120 ist die Schaltung mit Einfachstrom für zwei Endämter für den Fall dargestellt, daß die Ämter mit entgegengesetzt geschalteten Batterien arbeiten. Es bezeichnen in dieser Schaltung DG ein Differentialgalvanoskop, LR ein Flügelankerrelais, R einen Kurbelrheostaten der künstlichen Leitung, T eine als Geber dienende Taste, LB eine Sammlerbatterie, w eine Feinsicherung mit Zusatzspule, EA einen Empfangsapparat und OB eine Ortsbatterie. In der überwiegenden Zahl der Fälle, in denen Ämtern der deutschen Telegraphenverwaltung Leitungen zum Gegensprechen überwiesen sind, haben diese Ämter Sammlerbatterien für den Telegraphenbetrieb. Jede Spannungsabzweigung der Sammlerbatterie wird zunächst durch eine Grobsicherung geschützt. In jede von der Grobsicherung aus weiterführende Zuleitung zum Betriebsapparat einer Leitung ist eine Feinsicherung gelegt, deren Schmelzpatrone einen Widerstand von etwa $\cdot 9$ bis 12 Ohm besitzt¹⁾. Jede Feinsicherung ist mit einer Zusatzspule verbunden, deren Widerstand für Spannungsabzweigungen von

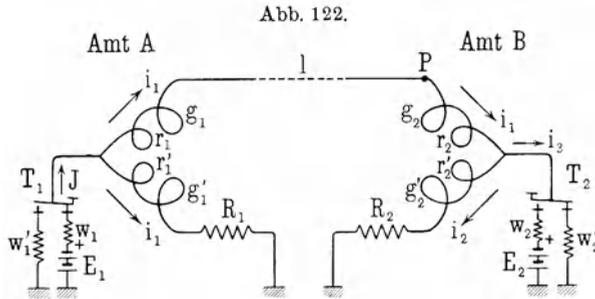


mehr als 20 Volt 120 Ohm beträgt. Wenn auch der innere Widerstand einer Sammlerbatterie für die hier in Betracht kommenden Verhältnisse praktisch vernachlässigt werden kann, so muß doch der Widerstand der Schmelzpatrone und ihrer Zusatzspule von zusammen rund 130 Ohm, der in gleicher Weise wie ein innerer Widerstand der Batterie wirkt, berücksichtigt werden. Zwischen dem Ruhekontakte der Taste und der Erde ist ebenfalls eine Feinsicherung mit Zusatzspule vorgesehen, damit der von der Leitung aus gemessene Widerstand des Apparatsatzes eines Amtes unverändert bleibt, gleichgültig, ob die Taste sich in der Ruhelage befindet oder niedergedrückt ist. Dieser Widerstand, der als Ausgleich für den der Batterie vorgeschalteten Widerstand dient, soll künftig Batteriewiderstand genannt werden. Das Differentialgalvanoskop DG ist in der Weise eingeschaltet, daß ein vom fernen Amte kommender Strom den Galvanoskopzeiger nach rechts ablenkt. Die bei dem Ankerhebel H des Relais LR gezeichnete Abreißfeder soll andeuten, daß für den Betrieb mit Einfachstrom das Relais unsymmetrisch einzustellen ist.

¹⁾ Nähere Angaben hierüber sind in der vom Reichs-Postamte herausgegebenen „Anweisung zur Aufstellung und Unterhaltung von Sammlerbatterien (für den Telegraphen- und Fernsprechtbetrieb)“ enthalten.

Werden bei den Ämtern *A* und *B* Linienbatterien mit gleichen Polen, und zwar mit dem positiven Pol an die Leitung gelegt, so sind das Differentialgalvanoskop *DG* und das Flügelankerrelais *LR* beim Amt *A* nach Abb. 121 einzuschalten.

In Abb. 122 ist die Differentialschaltung für zwei Endämter, wie sie in Abb. 121 ausführlich angegeben ist, unter Fortfall der Ortstromkreise schematisch dargestellt. Da die Relais und Galvanoskope differential gewickelt sind, so sind die Windungen $r_1 = r'_1$, $r_2 = r'_2$, $g_1 = g'_1$ und $g_2 = g'_2$. Wird auf dem Amt *A* Taste gedrückt, so übt der abgehende Strom auf das Relais dieses Amtes keine Wirkung aus, wenn die Windungen r_1 und r'_1 von gleichen Strömen durchflossen werden. Dies ist der Fall, wenn der Widerstand R_1 der künstlichen Leitung gleich der Summe der Widerstände l der Leitung und W_2 des Apparatsatzes beim Amte *B* gemacht wird. Für den Gegenprechbetrieb muß also $R_1 = l + W_2$ gewählt werden. Hierbei ist angenommen, daß die Leitung gut isoliert ist und die Ableitungen vernachlässigt werden können, eine Annahme, die auch für die folgenden Betrachtungen gilt.



Der richtige Wert von R_1 ist daran zu erkennen, daß beim Niederdrücken der Taste des Amtes *A* der Zeiger des eigenen Differentialgalvanoskops nicht abgelenkt wird. Der Widerstand des Apparatsatzes beim Amte *B*, gemessen von dem Punkte *P*, an den die Leitung herantritt, gegen Erde ergibt sich, da $g'_2 = g_2$ und $r'_2 = r_2$ ist und $w'_2 = w_2$ gesetzt werden kann, als

$$W_2 = g_2 + r_2 + \frac{w_2(r_2 + g_2 + R_2)}{w_2 + r_2 + g_2 + R_2}.$$

Hieraus folgt

$$R_1 = l + W_2 = l + g_2 + r_2 + \frac{w_2(r_2 + g_2 + R_2)}{w_2 + r_2 + g_2 + R_2}.$$

Für den Fall, daß Apparate von gleichem Widerstande bei den Ämtern *A* und *B* verwendet werden, ist $R_1 = R_2$ zu wählen. Der Wert für die künstliche Leitung ist, wenn die einzelnen Widerstände mit g , r und w bezeichnet werden,

$$R = l + g + r + \frac{w(g + r + R)}{w + g + r + R}.$$

Hieraus ergibt sich

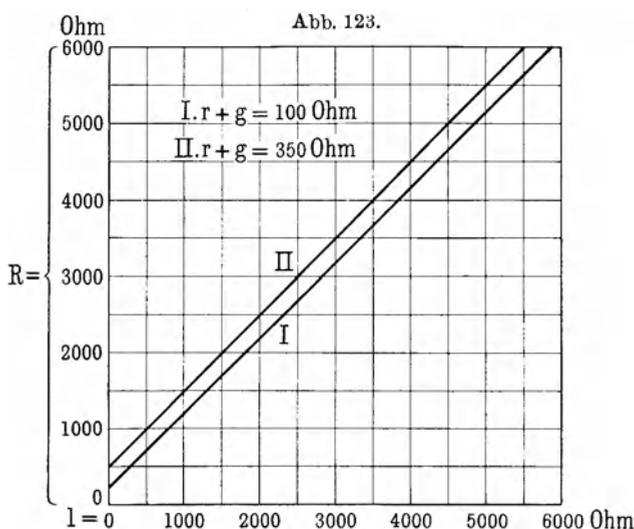
$$R = \frac{1}{2} \left(l + \sqrt{(l + 2g + 2r)(l + 2g + 2r + 4w)} \right).$$

Für die Werte $l = 2000$, $g + r = 300$ und $w = 130$ Ohm ist z. B. $R =$ rund 2420 Ohm.

Kann $g + r + R$ gegenüber w als sehr groß betrachtet werden, so ergibt sich als Näherungswert $R = l + g + r + w$. Hiernach würde für die vorstehenden Zahlenwerte $R = 2430$ Ohm sein.

In Abb. 123 geben die Schaulinien den nach der Näherungsformel ermittelten Zusammenhang zwischen l und R an, und zwar die Linie I für $r + g = 100$ und die Linie II für $r + g = 350$ Ohm.

Wird beim Amt A die Taste T_1 gedrückt (Abb. 122), so gibt die Linienbatterie mit der EMK E_1 einen Strom J her, der mit je seiner halben Stärke die Wickelungen r_1 und g_1 sowie r'_1 und g'_1 des Relais und Galvanoskops beim Amt A durchfließt. Beim Amte B durchläuft der aus der Leitung kommende Strom i_1 zunächst eine Wickelung g_2 des Galvanoskops und r_2 des Relais und



verzweigt sich dann in der Weise, daß der eine Teil i_2 durch die Wickelungen r'_2 und g'_2 von Relais und Galvanoskop und den Widerstand R_2 der künstlichen Leitung und der andere Teil i_3 über die Taste T_2 und den Widerstand w'_2 ihren Weg zur Erde nehmen. Die Ströme i_1 und i_2 umfließen in gleichem Sinne die Schenkel des Elektromagneten im Flügelankerrelais und magnetisieren sie daher in gleicher Weise. Die Gesamtwirkung der Ströme i_1 in der Wickelung r_2 und i_2 in der Wickelung r'_2 ist gleich der Wirkung eines Stromes $i = i_1 + i_2$ in einer der beiden Wickelungen.

Zwischen den in Abb. 122 angegebenen Widerständen und Stromstärken und der EMK der Linienbatterie bestehen, wenn die Widerstände $w'_1 = w_1$, $g'_1 = g_1$, $r'_1 = r_1$, $w'_2 = w_2$, $g'_2 = g_2$ und $r'_2 = r_2$ gesetzt werden, folgende Beziehungen:

$$i_2(r_2 + g_2 + R_2) - i_3 w_2 = 0$$

$$i_1 - i_2 - i_3 = 0$$

$$J - 2 i_1 = 0$$

$$E_1 = J w_1 + i_1(r_1 + g_1 + R_1).$$

Hieraus ergibt sich als wirksame Stromstärke i für das Relais beim Amte B :

$$i = i_1 + i_2 = E_1 \cdot \frac{2w_2 + r_2 + g_2 + R_2}{(2w_1 + r_1 + g_1 + R_1)(w_2 + r_2 + g_2 + R_2)}$$

Für den praktischen Betrieb werden in den meisten Fällen mit genügender Genauigkeit $w_2 = w_1 = w$, $r_2 = r_1 = r$, $g_2 = g_1 = g$ und $R_2 = R_1 = R$ gesetzt werden können. In diesem Falle werden auch bei beiden Ämtern Batterien mit gleicher EMK E zu verwenden sein. Es ist dann

$$i = \frac{E}{w + r + g + R}$$

Die Batteriespannung E hängt von dem Mindestwerte der wirksamen Stromstärke i ab, die das Relais sicher ansprechen läßt. Wird diese Stromstärke für ein Flügelankerrelais mit 20 Milliampere angesetzt, so ist

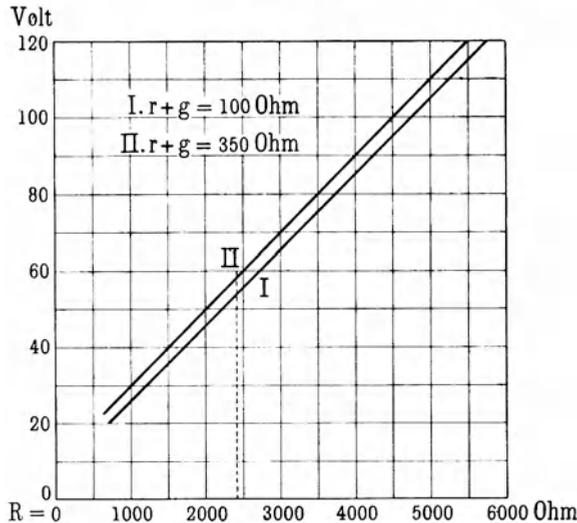
$$E \text{ (Volt)} = \frac{20}{1000} \cdot (130 + r + g + R)$$

oder

$$E \text{ (Volt)} = 2,6 + 0,02(r + g) + 0,02R$$

In Abb. 124 geben die Schaulinien das hieraus ermittelte Verhältnis zwischen E und R an, und zwar die Linie I für $r + g = 100$ und die Linie II für $r + g = 350$ Ohm. Für einen Wert von $R = 2420$ Ohm ist,

Abb. 124.



wie die gestrichelte Linie erkennen läßt, eine Spannung zwischen 50 und 60 Volt erforderlich. Im allgemeinen werden bei Sammlerbatterien für den Telegraphenbetrieb Spannungsabzweigungen nur für volle Zehner Volt hergestellt; in diesem Fall ist mithin eine Spannung von 60 Volt zu verwenden.

Alle vorkommenden Stromverhältnisse lassen sich durch folgende Schaltungen darstellen:

1. Beide Ämter verbinden gleiche Batteriepole mit der Leitung.
 - a) Amt *A* drückt Taste, und Amt *B* drückt gleichzeitig Taste;
 - b) Amt *A* drückt Taste, und beim Amte *B* ist die Taste in der Ruhelage;
 - c) Amt *A* drückt Taste, und beim Amte *B* ist die Taste in der Schwebelage.
2. Beide Ämter verbinden entgegengesetzte Batteriepole mit der Leitung.
 - a) Amt *A* drückt Taste, und Amt *B* drückt gleichzeitig Taste;
 - b) Amt *A* drückt Taste, und beim Amte *B* ist die Taste in der Ruhelage;
 - c) Amt *A* drückt Taste, und beim Amte *B* ist die Taste in der Schwebelage.

Die bei diesen Schaltungen in den einzelnen Teilen des Stromkreises herrschenden Stromstärken sind für das Zahlenbeispiel $E = 60$ Volt, $r + g = 300$ Ohm, $w = 130$ Ohm und $R = 2420$ Ohm nach [1] des An-

Zusammenstellung
der auf die Empfangsapparate wirkenden Stromstärken.
Einfachstrombetrieb.

Lfde. Nr.	Die Taste befindet sich		Es beträgt der wirksame Strom für den polarisierten Empfangsapparat		Die Stromstärken ergeben sich aus Abbildung
	beim Amt <i>A</i> in der	beim Amte <i>B</i> in der	beim Amt <i>A</i> Milliampere	beim Amte <i>B</i> Milliampere	
1	2	3	4	5	6

Verwendung von Batterien mit gleichen Polen

1	Arbeitslage	Arbeitslage	+ 21	+ 21	125
2	"	Ruhelage	0	+ 21	126
3	Ruhelage	Arbeitslage	+ 21	0	126 ¹⁾
4	Arbeitslage	Schwebelage	+ 10	+ 21	127
5	Schwebelage	Arbeitslage	+ 21	+ 10	127 ¹⁾

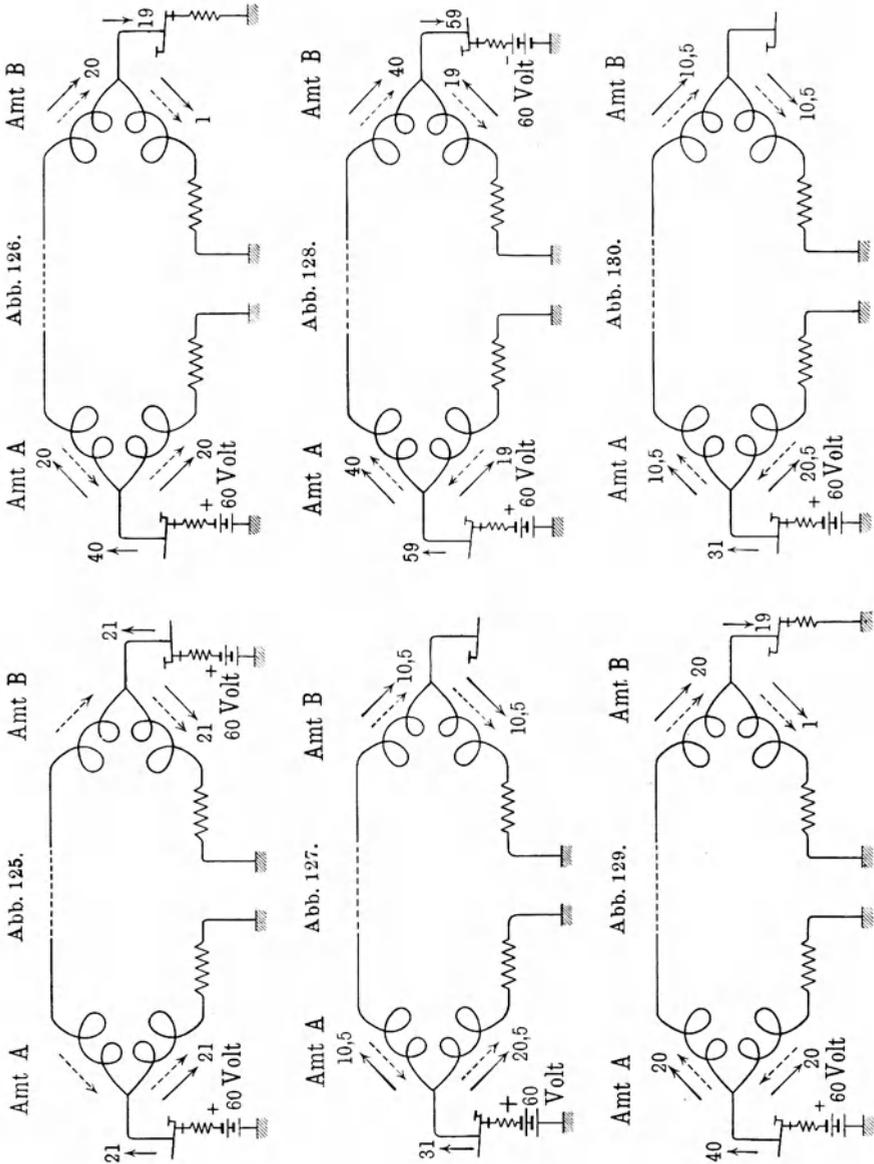
Verwendung von Batterien mit entgegengesetzten Polen

6	Arbeitslage	Arbeitslage	+ 21	+ 21	128
7	"	Ruhelage	0	+ 21	129
8	Ruhelage	Arbeitslage	+ 21	0	129 ¹⁾
9	Arbeitslage	Schwebelage	- 10	+ 21	130
10	Schwebelage	Arbeitslage	+ 21	- 10	130 ¹⁾

hanges berechnet und in den Abb. 125 bis 130 in Milliampere angegeben. Die gestrichelten Pfeile bezeichnen die Richtung der Ströme, die bei Verwendung polarisierter Apparate die Anker in die Arbeitslage bringen. Die ausgezogenen Pfeile geben die Richtung der wirklichen Ströme an. Wirken die Ströme in den beiden Windungen eines Relais in gleichem Sinne, so ist als wirksamer Gesamtstrom ihre Summe einzusetzen; wirken die Ströme in entgegengesetztem

¹⁾ In den angegebenen Abbildungen müssen die Ämter *A* und *B* vertauscht werden.

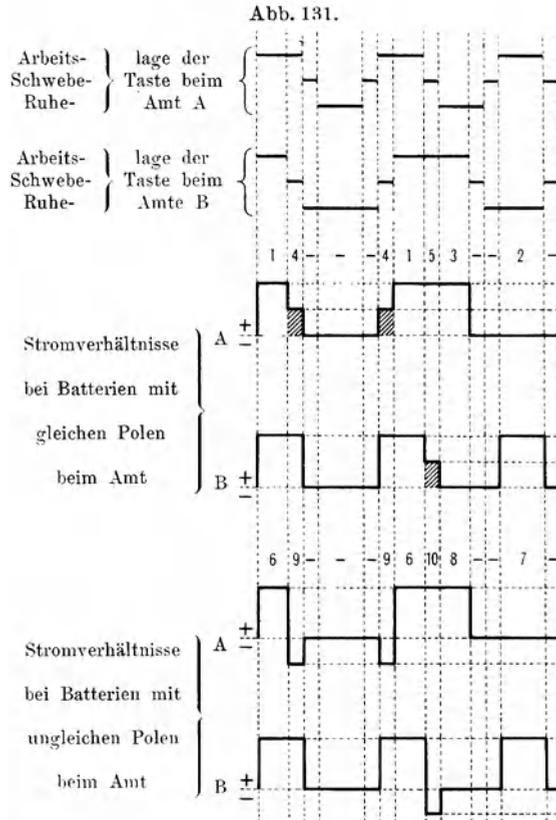
Sinne, so gibt ihr Unterschied den wirksamen Gesamtstrom an. Ein vollkommener Gegensprechbetrieb wird erreicht, wenn der Empfangsapparat des zweiten Amtes so lange anspricht, als beim ersten Amte die Taste gedrückt



wird, gleichgültig, ob sich beim zweiten Amte die Taste in der Arbeits-, Ruhe- oder Schwebelage befindet. In der umstehenden Zusammenstellung sind die beim Einfachstrombetriebe vorkommenden wirksamen Gesamtstromstärken aufgeführt. Sofern die Ströme den Anker des polarisierten Empfangsapparates in die Arbeitslage zu bringen suchen, sind sie als positiv bezeichnet; wenn

dagegen die Ströme in entgegengesetztem Sinne wirken, so ist dies durch das negative Vorzeichen angedeutet.

In Abb. 131 sind für die verschiedenen Tastenlagen bei den Ämtern *A* und *B* die in den Empfangsrelais wirksamen Ströme graphisch dargestellt. Die Zahlen oberhalb der Schaulinien für die Stromstärken geben die Nummern an, unter denen die Stromverhältnisse in der vorstehenden Zusammenstellung aufgeführt sind. Werden bei beiden Ämtern Batterien mit gleichen Polen verwendet, d. h. sind beim Tastendrucke beider Ämter die Batterien gegeneinander geschaltet, so erhält das Relais des Amtes *A* einen wirksamen Strom von



10 Milliampere, wenn sich die Tasten beim Amt *A* in der Arbeitslage und beim Amte *B* in der Schwebelage befinden. In ähnlicher Weise erhält das Relais des Amtes *B* einen gleichen wirksamen Strom, wenn sich die Tasten beim Amt *A* in der Schwebelage und beim Amte *B* in der Arbeitslage befinden. Diese Ströme, die durch Schraffierung mit schrägen Linien hervorgehoben sind, suchen den Relaisanker in die Arbeitslage zu bringen, d. h. ein vom fernen Amte gesandtes Zeichen zu verlängern oder zu früh erscheinen zu lassen; sie können, wenn die Relais genügend empfindlich eingestellt und die Schwebelagen groß sind, fehlerhaft wirken.

Wenn dagegen bei beiden Ämtern Batterien mit verschiedenen Polen verwendet werden, d. h. beim Tastendrucke beider Ämter die Batterien hinter-

einander geschaltet sind, so werden in den oben angegebenen Fällen die Relaiswindungen zwar wiederum von Strömen von 10 Milliampere durchflossen. Diese Ströme sind aber den wirksamen Strömen entgegengesetzt gerichtet, verstärken also die infolge der unsymmetrischen Relaiseinstellung vorhandene Kraft, die den Anker in die Ruhelage zu bringen sucht. Die vom fernen Amt übermittelten Zeichen werden daher durch die Schwebelage der Tasten nicht beeinflusst.

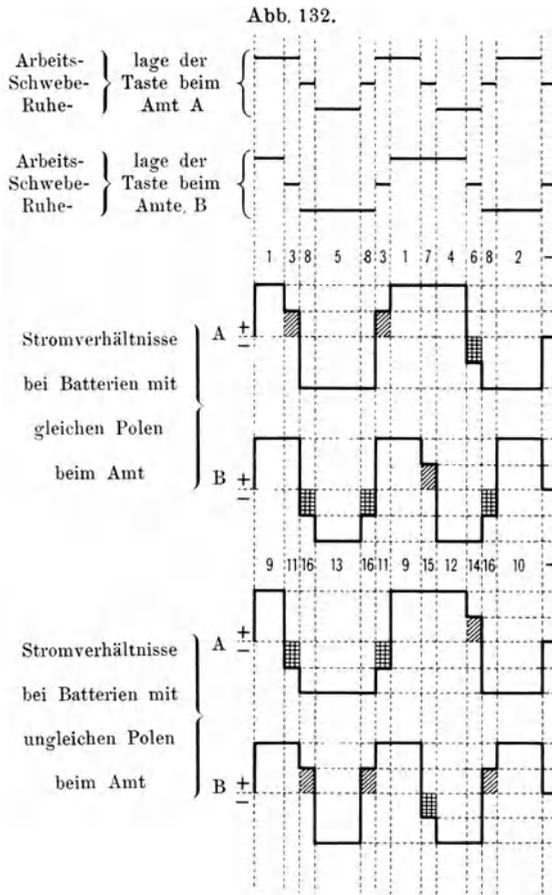
Die in Abb. 120 bis 122 dargestellten Schaltungen für den Einfachstrombetrieb lassen sich für den Doppelstrombetrieb verwenden, wenn an die Ruhkontakte der Tasten T_1 und T_2 an Stelle der Widerstände w_1 und w_2 Batterien von gleicher Stärke, aber mit entgegengesetzten Polen gelegt werden, wie sie mit den Arbeitskontakten der Tasten verbunden sind. Die polarisierten Relais LR_1 und LR_2 sind neutral einzustellen. Die folgende Zusammenstellung gibt die Stromverhältnisse für den Doppelstrombetrieb bei den verschiedenen Tastenlagen an.

Zusammenstellung
der auf die Empfangsapparate wirkenden Stromstärken.
Doppelstrombetrieb.

Lfd. Nr.	Die Taste befindet sich		Es beträgt der wirksame Strom für den polarisierten Empfangsapparat		Die Stromstärken ergeben sich aus Abbildung ¹⁾
	beim Amt A in der	beim Amte B in der	beim Amt A Milliampere	beim Amte B Milliampere	
1	2	3	4	5	6
Verwendung von Zeichenbatterien mit gleichen Polen					
1	Arbeitslage	Arbeitslage	+ 21	+ 21	125
2	"	Ruhelage	- 21	+ 21	128
3	"	Schwebelage	+ 10	+ 21	127
4	Ruhelage	Arbeitslage	+ 21	- 21	128
5	"	Ruhelage	- 21	- 21	125
6	"	Schwebelage	- 10	- 21	127
7	Schwebelage	Arbeitslage	+ 21	+ 10	127
8	"	Ruhelage	- 21	- 10	127
Verwendung von Zeichenbatterien mit ungleichen Polen					
9	Arbeitslage	Arbeitslage	+ 21	+ 21	128
10	"	Ruhelage	- 21	+ 21	125
11	"	Schwebelage	- 10	+ 21	130
12	Ruhelage	Arbeitslage	+ 21	- 21	125
13	"	Ruhelage	- 21	- 21	128
14	"	Schwebelage	+ 10	- 21	130
15	Schwebelage	Arbeitslage	+ 21	- 10	130
16	"	Ruhelage	- 21	+ 10	130

¹⁾ Die Abbildungen geben die Stromverhältnisse an, aus denen sich — unter Umständen nach einigen Änderungen — die wirksamen Stromstärken für den betreffenden Fall leicht berechnen lassen. Z. B. ist für Nr. 4 in Abb. 128 die Richtung des wirksamen Stromes beim Amt A umgekehrt und die Taste beim Amte B mit der Ruhelage und einer negativen Batterie am Ruhkontakt einzusetzen.

In Abb. 132 sind die Stromverhältnisse graphisch dargestellt. Fehler können durch die Ströme entstehen, die durch schräge Schraffierung hervorgehoben sind, während die Ströme, die durch Schraffierung mit senkrechten

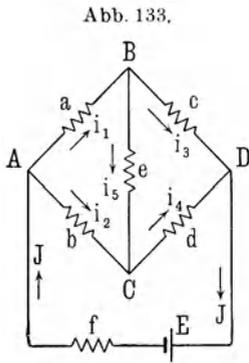


und wagerechten Linien bezeichnet sind, nicht fehlerhaft wirken. Aus der Darstellung ergibt sich, daß die Mängel sowohl bei Gegen-, als auch bei Hintereinanderschaltung der Batterien auftreten können.

B. Das Gegensprechen nach der Brückenschaltung.

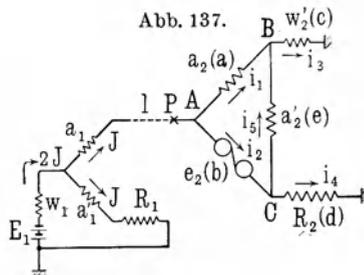
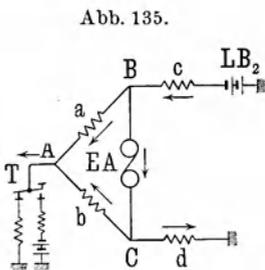
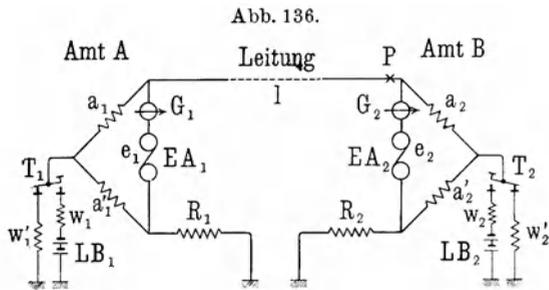
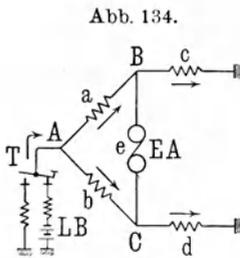
Die für das Gegensprechen erforderliche Bedingung, daß jeder Empfänger gegen den abgehenden Strom des eigenen Amtes unempfindlich sein muß, läßt sich durch eine Anordnung von Widerständen erfüllen, die als „Wheatstonesche Brücke“ zum Messen von Widerstandswerten benutzt wird. Die Brückenschaltung für den Gegensprechbetrieb hat Maron in Berlin im Jahre 1863 angegeben. Der Grundgedanke der Schaltung ist folgender. Ordnet man die Widerstände a , b , c und d in einem Viereck $ABDC$ nach Abb. 133 an, legt man ferner zwischen die Punkte A und D eine Stromquelle mit der EMK E und zwischen die Punkte B und C einen durch den

Widerstand e angedeuteten Apparat, so ist der Strom i_5 Null, d. h. der Apparat in der Diagonale BC wird von keinem Strome durchflossen, wenn die Bedingung $ad = bc$ erfüllt ist¹⁾. Die in Abb. 133 dargestellte Wheatstonesche Brücke bleibt in der Wirkung auf die Diagonale BC unverändert, wenn die



im Punkte D zusammenstoßenden drei Drähte getrennt werden und jeder Draht nach Abb. 134 einzeln geerdet wird. In dieser Abbildung ist an Stelle des Widerstandes e der Abb. 133 ein Empfangsapparat EA gezeichnet. Der Punkt A , der Scheitelpunkt der Brücke, ist mit dem Hebel der Taste T verbunden; an ihrem Arbeitskontakte liegt die Batterie LB mit vorgeschalteter Feinsicherung nebst Zusatzspule und an dem Ruhekontakte ein Widerstand gleich dem am Arbeitskontakte. Stellt c den Widerstand einer Leitung mit dem an ihrem Ende liegenden Apparat eines zweiten Amtes dar, so bleibt beim Tastendruck der Weg mit dem

Empfangsapparat EA stromlos, wenn der Wert von d so gewählt wird, daß $ad = bc$ ist. Wird am Ende des Widerstandes c , also beim zweiten Amt, eine Batterie LB_2 eingeschaltet, so verzweigt sich bei ruhender Taste T der



beim Punkte B aus der Leitung kommende Strom in der aus Abb. 135 ersichtlichen Weise. Ein Stromteil wirkt auf den Empfangsapparat EA und bringt ihn zum Ansprechen.

Die Schaltung für zwei Endämter A und B stellt Abb. 136 dar. Es bezeichnen T die als Tasten dargestellten Geber, LB die Linienbatterien, w Feinsicherungen mit Zusatzspulen, a die Brückenarme, EA die Empfangs-

¹⁾ Vgl. [2] des Anhanges.

apparate, G diesen Apparaten vorgeschaltete Galvanoskope, R die Kurbelrheostaten der künstlichen Leitungen und l die wirkliche Leitung. Soll beim Niederdrücken der Taste T_1 der Apparat EA_1 von einem Strome nicht durchflossen werden, so muß der Widerstand R_1 in der Weise bemessen werden, daß $a_1 R_1 = a'_1(l + W_2)$ ist, wo W_2 den Widerstand des Apparatsatzes beim Amte B bezeichnet. Der richtige Wert von R_1 ist daran zu erkennen, daß beim Niederdrücken der Taste T_1 der Zeiger des Galvanoskops G_1 nicht abgelenkt wird. Der Stromlauf in Abb. 136 kann daher für den Fall, daß die Taste T_1 niedergedrückt ist, in der in Abb. 137 angegebenen Weise unter Weglassung der Diagonale e_1 gezeichnet werden; der Weg e_1 kann fortfallen, weil er stromfrei ist. Die Anordnung der Apparate und Widerstände beim Amte B entspricht dann der Darstellung der Wheatstoneschen Brücke in Abb. 134; die Bezeichnungen in Klammern in Abb. 137 weisen auf die entsprechenden Widerstände in Abb. 134 hin.

a) Die Schaltung mit gleichen Brückenarmen. Werden die Brückenarme a_1 und a'_1 (Abb. 136) gleich gewählt, so ist bei richtiger Abgleichung $R_1 = l + W_2$. Sind bei beiden Ämtern die Brückenarme gleich a , ferner die den Batterien vorgeschalteten und die an den Ruhekontakten der Tasten liegenden Widerstände gleich w und die Widerstände der Diagonalen mit den Empfangsapparaten bei beiden Ämtern gleich e , so sind, wenn die Leitung gut isoliert ist, auch die Werte der künstlichen Leitungen bei den Ämtern A und B einander gleich, also ist $R_1 = R_2$; ihr Wert werde mit R bezeichnet. Unter diesen Voraussetzungen stimmen auch die Widerstände der Apparatsätze beider Ämter überein; sie sollen W genannt werden. Nach [2] des Anhanges ergibt sich

$$W = \frac{k^3 + m^2 R}{m^2 + oR},$$

wo $k^3 = a^2 e + 2 a e w$, $m^2 = a^2 + a e + 2 a w + e w$ und $o = 2 a + e$ zu setzen sind. Wird dieser Wert von W in die Gleichung $R = l + W$ eingesetzt, so ist

$$R = l + \frac{k^3 + m^2 R}{m^2 + oR}.$$

Hieraus folgt

$$R = \frac{l}{2} + \sqrt{\frac{l^2}{4} + \frac{k^3 + l m^2}{o}}.$$

Den Zusammenhang zwischen l und R für $a = 1000$ und $w = 130$ Ohm zeigen die Schaulinien in Abb. 138, und zwar die untere Linie für $e = 100$, die mittlere Linie für $e = 600$ und die obere Linie für $e = 1200$ Ohm. Ist z. B. der Widerstand der Leitung $l = 2000$ Ohm und der Widerstand des Apparates $e = 600$ Ohm, so ergibt sich für R der Wert 2670 Ohm.

Der in der Leitung fließende Strom J (Abb. 137) verzweigt sich beim Punkte P so, daß ein Teilstrom i_2 durch den Empfangsapparat e_2 fließt. Zwischen i_2 und J besteht nach [2] des Anhanges die Beziehung

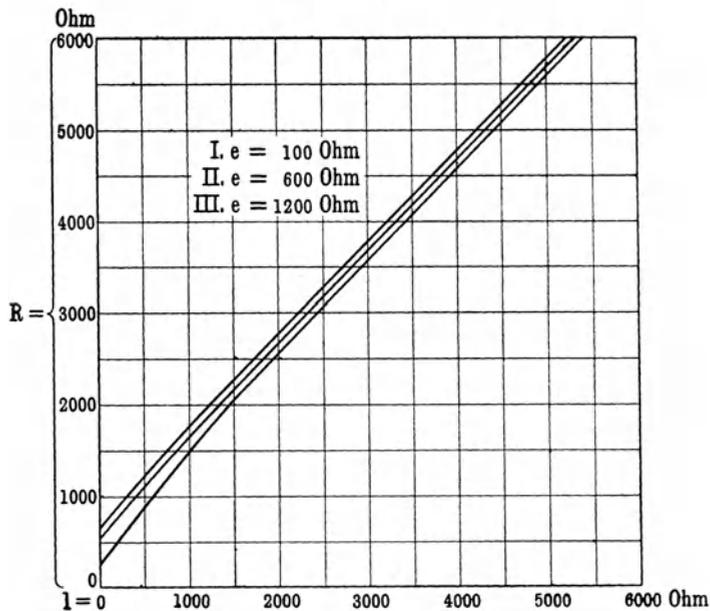
$$i_2 = \frac{a^2 + aR + 2aw}{a^2 + ae + 2aR + 2aw + eR + ew} \cdot J.$$

Ferner folgt aus Abb. 137, wenn $E_1 = E$ gesetzt wird, unter den früheren Annahmen $E = 2wJ + (a + R)J$. Hieraus folgt

$$i_2 = \frac{a}{a^2 + ae + 2aR + 2aw + eR + ew} \cdot E.$$

Für die Bemessung der Linienbatterie ist die Mindeststromstärke maßgebend, die beim praktischen Betriebe zum sicheren Ansprechen der Empfangsapparate erforderlich ist. Beim Verwenden eines Flügelankerrelais mit hintereinander geschalteten Windungen als Empfangsapparat kann als Mindeststromstärke der Wert von 10 Milliampere angenommen werden. Wird ferner wie oben $a = 1000$ und $w = 130$ Ohm gesetzt, so ist

Abb. 138.



$$E \text{ (Volt)} = \frac{10}{1000} \cdot (1000 + e + 2R + 260 + 0,001 eR + 0,13 e)$$

oder

$$E = 12,6 + 0,0113 e + 0,02 R + 0,000 01 eR.$$

In Abb. 139 zeigen die Schaulinien den sich hieraus ergebenden Zusammenhang zwischen E und R an, und zwar die untere Linie für $e = 100$, die mittlere Linie für $e = 600$ und die obere Linie für $e = 1200$ Ohm. Z. B. ist bei einem Werte von $e = 600$ und $R = 2670$ Ohm, d. h. bei einem Leitungswiderstande von 2000 Ohm (Abb. 138), wie die gestrichelte Linie in Abb. 139 erkennen läßt, eine Spannung der Linienbatterie zwischen 80 und 90 Volt erforderlich. Da bei Sammlerbatterien im allgemeinen für die höheren Spannungen Abzweigungen nur für je volle 20 Volt hergestellt werden, so ist bei dem gewählten Beispiel eine Spannung von 100 Volt zu wählen.

Alle vorkommenden Stromverhältnisse lassen sich durch folgende Schaltungen darstellen:

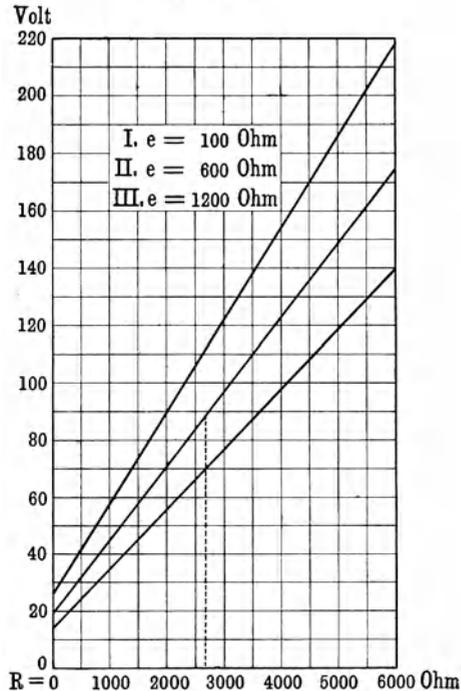
1. Beide Ämter verbinden gleiche Batteriepole mit der Leitung.
 - a) Amt *A* drückt Taste, und Amt *B* drückt gleichzeitig Taste;
 - b) Amt *A* drückt Taste, und beim Amte *B* ist die Taste in der Ruhelage;
 - c) Amt *A* drückt Taste, und beim Amte *B* ist die Taste in der Schwebelage.
2. Beide Ämter verbinden entgegengesetzte Pole mit der Leitung.
 - a) Amt *A* drückt Taste, und Amt *B* drückt gleichzeitig Taste;
 - b) Amt *A* drückt Taste, und beim Amte *B* ist die Taste in der Ruhelage;
 - c) Amt *A* drückt Taste, und beim Amte *B* ist die Taste in der Schwebelage.

Die bei diesen Schaltungen in den einzelnen Teilen des Stromkreises herrschenden Stromstärken sind für das Zahlenbeispiel $E = 100$ Volt, $e = 600$ Ohm, $a = 1000$ Ohm

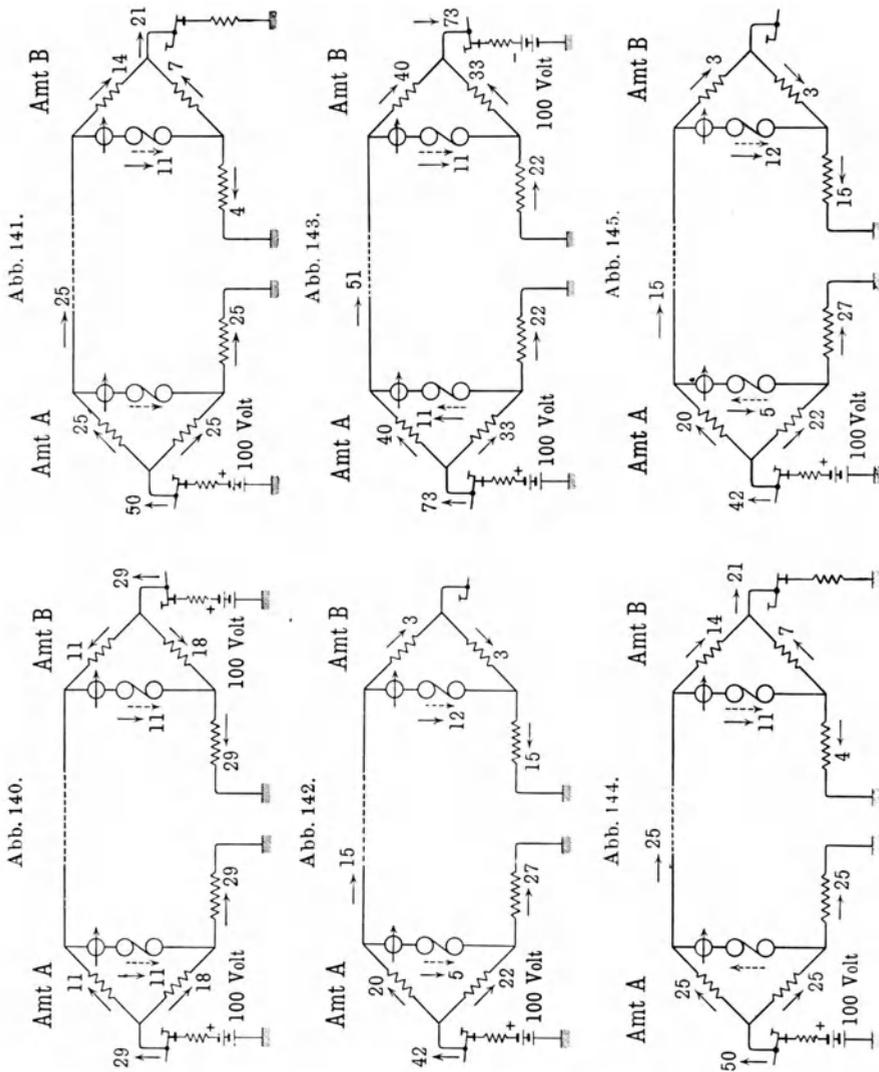
und $R = 2670$ Ohm nach [3] des Anhanges in Abb. 140 bis 145 in Milliampere angegeben. Die gestrichelten Pfeile bezeichnen die Richtung der Ströme, die bei Verwendung polarisierter Apparate die Anker in die Arbeitslage bringen. Die ausgezogenen Pfeile geben die Richtung der wirklichen Ströme an. Ein vollkommener Gegensprechbetrieb wird erreicht, wenn der Empfangsapparat des zweiten Amtes so lange anspricht, als beim ersten Amte die Taste gedrückt wird, gleichgültig, ob sich beim zweiten Amte die Taste in der Arbeits-, Ruhe- oder Schwebelage befindet. In der umstehenden Zusammenstellung (S. 141) sind die beim Einfachstrombetriebe vorkommenden wirksamen Stromstärken aufgeführt. Sofern die

Ströme den Anker des polarisierten Empfangsapparates in die Arbeitslage zu bringen suchen, sind sie als positiv bezeichnet; wenn dagegen die Ströme in entgegengesetztem Sinne wirken, so ist dies durch das negative Vorzeichen angedeutet.

Abb. 139.



Ein Vergleich dieser Zusammenstellung mit der früher für die Differentialschaltung angegebenen zeigt, daß die Stromverhältnisse bei beiden Schaltungen übereinstimmen. Die Stromstärken für die Empfangsapparate sind bei der Brückenschaltung rund halb so groß, wie bei der Differentialschaltung; die wirksame Stromstärke ist aber in beiden Fällen annähernd



gleich, weil sie bei der Brückenschaltung auf die beiden hintereinander geschalteten Windungen des Empfangsapparates, bei der Differentialschaltung dagegen nur auf eine Windung wirkt. Es kann daher die graphische Darstellung der bei den verschiedenen Tastenlagen wirksamen Stromstärken in Abb. 131 nebst den daraus gezogenen Schlüssen auch für die Brückenschaltung gelten.

Zusammenstellung
der auf die Empfangsapparate wirkenden Stromstärken.
Einfachstrombetrieb.

Lfde. Nr.	Die Taste befindet sich		Es beträgt der wirksame Strom für den polarisierten Empfangsapparat		Die Stromstärken ergeben sich aus Abbildung
	beim Amt A in der	beim Amte B in der	beim Amt A Milliampere	beim Amte B Milliampere	
1	2	3	4	5	6

Verwendung von Batterien mit gleichen Polen

1	Arbeitslage	Arbeitslage	+ 11	+ 11	140
2	"	Ruhelage	0	+ 11	141
3	Ruhelage	Arbeitslage	+ 11	0	141 ¹⁾
4	Arbeitslage	Schwebelage	+ 5	+ 12	142
5	Schwebelage	Arbeitslage	+ 12	+ 5	142 ¹⁾

Verwendung von Batterien mit ungleichen Polen

6	Arbeitslage	Arbeitslage	+ 11	+ 11	143
7	"	Ruhelage	0	+ 11	144
8	Ruhelage	Arbeitslage	+ 11	0	144 ¹⁾
9	Arbeitslage	Schwebelage	- 5	+ 12	145
10	Schwebelage	Arbeitslage	+ 12	- 5	145 ¹⁾

b) Die Schaltung mit ungleichen Brückenarmen. Ungleiche Brückenarme werden verwendet, um von dem aus der Leitung kommenden Strom einen größeren Teil, als es bei der Schaltung mit gleichen Brückenarmen der Fall ist, durch den Empfangsapparat fließen zu lassen. Zu diesem Zwecke wird der mit der Leitung verbundene Brückenarm (a_1 und a_2 in Abb. 136) größer als der an der künstlichen Leitung liegende Brückenarm (a'_1 und a'_2 in Abb. 136) gewählt. Die Schaltung soll für den Fall betrachtet werden, daß sich die Brückenarme wie 3:2 verhalten, also $a_1 = \frac{3}{2} a'_1$ ist.

Werden die Werte von a'_1 und a'_2 gleich a gesetzt, so sind a_1 und a_2 gleich $1,5 a$. Wenn ferner, wie dies bei der Schaltung mit gleichen Brückenarmen angenommen ist, die gleichen Werte e , w und R bei beiden Ämtern vorkommen, so ist die künstliche Leitung für den Fall richtig abgeglichen, daß $1,5 a R = a(l + W)$ ist. In dieser Gleichung ist

$$W = \frac{k^3 + m^2 R}{n^2 + o R},$$

wenn $k^3 = 1,5 a^2 e + 2,5 a e w$, $m^2 = 1,5 a^2 + 1,5 a e + 2,5 a w + e w$,

$$n^2 = 1,5 a^2 + a e + 2,5 a w + e w \text{ und } o = 2,5 a + e$$

gesetzt werden. Wird dieser Wert für W in die Gleichung $1,5 R = l + W$ eingeführt, so ergibt sich

$$1,5 R = l + \frac{k^3 + m^2 R}{n^2 + o R}.$$

¹⁾ In den angegebenen Abbildungen müssen die Ämter A und B vertauscht werden.

Abb. 146.

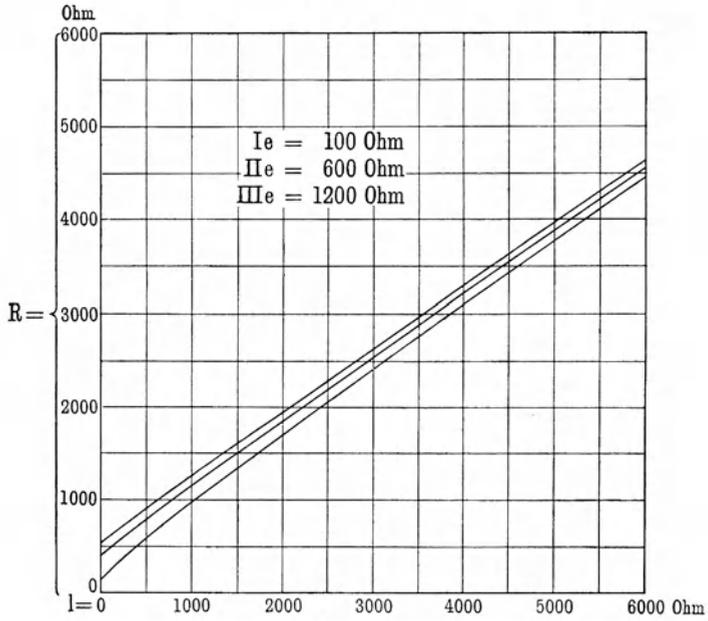
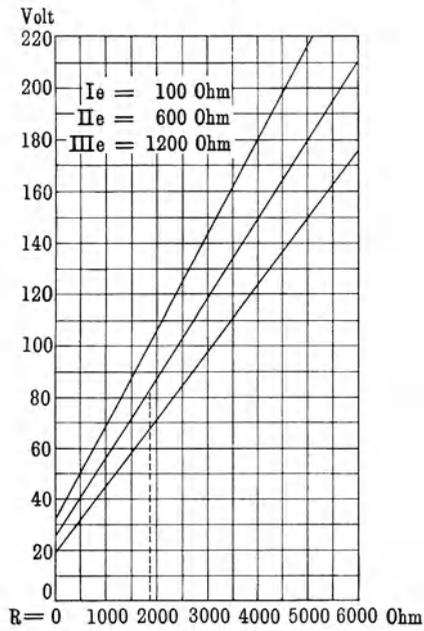


Abb. 147.



Hieraus folgt

$$R = \frac{l}{3} - \frac{1,5 n^2 - m^2}{30} + \sqrt{\left(\frac{l}{3} - \frac{1,5 n^2 - m^2}{30}\right)^2 + \frac{k^3 + l n^2}{1,50}}.$$

Den Zusammenhang zwischen l und R zeigen die Schaulinien in Abb. 146, und zwar die untere Linie für $e = 100$, die mittlere Linie für $e = 600$ und die obere Linie für $e = 1200$ Ohm. Ist z. B. bei $e = 600$ Ohm der Widerstand der Leitung $l = 2000$ Ohm, so ergibt sich für R der Wert von rund 1840 Ohm.

Wird der in der Leitung fließende Strom J genannt, so ist der durch a_1 und R_1 (Abb. 137) fließende Strom $1,5 J$, also der von E_1 ausgehende Gesamtstrom $2,5 J$. Hiernach ist $E = 2,5 wJ + 1,5(a + R)J$. Zwischen den Strömen i_2 und J besteht die Beziehung

$$i_2 = \frac{1,5 a^2 + 1,5 aR + 1,5 aw}{1,5 a^2 + ae + 2,5 aR + 2,5 aw + eR + ew} \cdot J.$$

Aus den beiden Gleichungen folgt

$$i_2 = \frac{a}{1,5 a^2 + ae + 2,5 aR + 2,5 aw + eR + ew} \cdot E.$$

Werden $a = 1000$ und $w = 130$ Ohm gesetzt und der Mindestwert von i_2 zu 10 Milliampere angenommen, so ist

$$E \text{ (Volt)} = \frac{10}{1000} (1500 + e + 2,5 R + 325 + 0,001 eR + 0,13 e)$$

oder

$$E = 18,25 + 0,0113 e + 0,025 R + 0,000 01 eR.$$

In Abb. 147 zeigen die Schaulinien den sich hieraus ergebenden Zusammenhang zwischen E und R an, und zwar die untere Linie für $e = 100$, die mittlere Linie für $e = 600$ und die obere Linie für $e = 1200$ Ohm. Z. B. ist bei einem Werte von $e = 600$ und $R = 1840$ Ohm, d. h. bei einem Leitungswiderstande von 2000 Ohm (Abb. 146), wie die gestrichelte Linie in Abb. 147 erkennen läßt, eine Spannung der Linienbatterie von rund 80 Volt erforderlich.

II. Hilfsapparate.

A. Die künstliche Leitung.

Der Aufbau.

Bei den bisherigen Betrachtungen ist angenommen worden, daß die Ströme, die in die wirkliche Leitung und in die durch den Ausgleichwiderstand R (Abb. 120, 121 und 136) gebildete künstliche Leitung fließen, vom Anfange der Stromsendung an den nach dem Ohmschen Gesetze sich ergebenden Endwert haben. Dies trifft jedoch für den Strom in der wirklichen Leitung nicht zu, weil die Leitung neben dem Widerstande Kapazität und Selbstinduktivität besitzt und die beim fernen Amt eingeschalteten Apparate zum Teil auch Selbstinduktivität haben. Es müssen daher diese Eigenschaften beim Aufbau der künstlichen Leitung berücksichtigt werden, wenn die in die wirkliche und künstliche Leitung fließenden Stromteile zeitlich genau übereinstimmen sollen; denn nur unter dieser Bedingung beeinflußt der abgehende Strom nicht den

Empfangsapparat des eigenen Amtes. Im praktischen Betriebe genügt es im allgemeinen, bei der künstlichen Leitung nur die Kapazität der wirklichen Leitung nachzubilden; es kann daher bei der folgenden Erörterung der Einfluß der Selbstinduktivität außer Betracht gelassen werden.

Bildet man aus einem induktionsfreien Widerstande R , einer Taste T und einer Batterie mit der EMK E einen Stromkreis nach Abb. 148, so steigt der Strom beim Niederdrücken der Taste sogleich zu dem durch das Ohmsche Gesetz gegebenen Endwert $\frac{E}{R}$ an. Beim Loslassen der Taste sinkt der Strom sofort auf Null. Wird in den Stromkreis ein Apparat G — etwa ein Oszillograph — eingeschaltet, der den Strom nach seiner Stärke, seiner Richtung

Abb. 148.

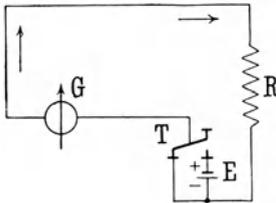
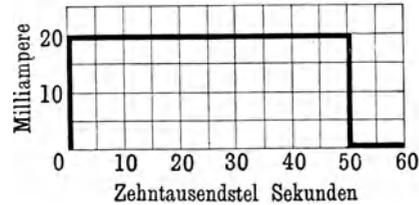


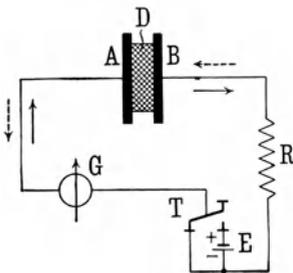
Abb. 149.



und seinem zeitlichen Verlauf aufzeichnet, so wird der Apparat bei einer Batterie mit einer EMK $E = 40$ Volt und einem Gesamtwiderstande $R = 2000$ Ohm die in Abb. 149 dargestellte Stromlinie wiedergeben, wenn die Taste während $50 \cdot 10^{-4}$ Sekunden gedrückt ist.

Trennt man den Stromkreis an einer Stelle und verbindet die freien Drahtenden mit zwei Metallplatten A und B , die durch eine isolierende

Abb. 150.



Schicht D getrennt sind (Abb. 150), so wird der stromanzeigende Teil von G beim Niederdrücken der Taste T durch einen kurzen Stromstoß nach der einen Seite und beim Loslassen der Taste und ihrem Zurückkehren in die Ruhelage durch einen kurzen Stromstoß nach der entgegengesetzten Seite abgelenkt. Der erste Strom hat die Richtung des ausgezogenen, der letzte die des gestrichelten Pfeiles. Die beiden Platten, die Belegungen A und B , bilden mit der schraffiert gezeichneten isolierenden Schicht, dem Dielektrikum D , einen Kondensator. Er wird, wenn

seine Belegungen mit den Polen einer Batterie verbunden werden, geladen, d. h. die Batterie führt dem Kondensator eine bestimmte Elektrizitätsmenge zu. Diese Menge steht zur Spannung der Stromquelle und zur Kapazität des Kondensators, die von der Größe und Gestalt der Metallplatten, der Dicke der dielektrischen Schicht zwischen ihnen und der Dielektrizitätskonstante des trennenden Körpers abhängt (vgl. [4] des Anhanges), in dem Verhältnis

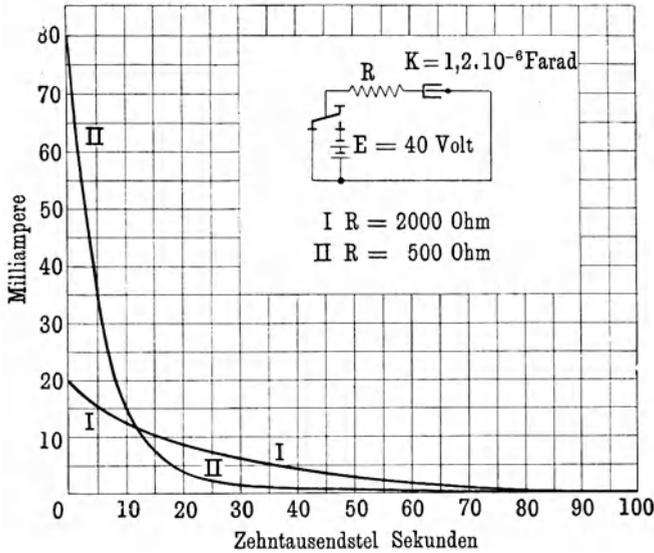
$$Q = K \cdot E.$$

Hierin bedeuten Q die Elektrizitätsmenge in Coulomb (Ampere \times Sekunden), K die Kapazität des Kondensators in Farad und E die EMK der Stromquelle in Volt.

Wird die Batterie aus dem Stromkreis entfernt und der Stromkreis wieder geschlossen, wie es nach dem Zurückgehen der Taste in die Ruhelage geschieht, so entladet sich der Kondensator, bis die zwischen den Belegungen nach der Ladung vorhandene Spannung von E Volt auf Null gesunken ist. Die bei dem Entladen erhaltene Elektrizitätsmenge ist gleich der beim Laden zugeführten Menge.

Die beim Laden und Entladen des Kondensators auftretende Elektrizitätsmenge hängt allein von der EMK der Stromquelle und der Kapazität des Kondensators, nicht aber von dem Widerstande des Stromkreises ab. Der Widerstand beeinflusst nur den Verlauf der Ladung und Entladung. In Abb. 151 zeigen die Schaulinien, wie der Ladungstrom bei einer EMK $E = 40$ Volt, einer Kapazität $K = 1,2$ Mikrofard und einem Widerstande $R = 2000$ Ohm (Linie I) und $R = 500$ Ohm (Linie II) verläuft (vgl. [5]

Abb. 151.



des Anhanges). Der Kondensator ist vollständig geladen, wenn der Strom auf den Wert Null gesunken ist. Dies tritt theoretisch nach einer unendlich langen Zeit ein; praktisch kann die Ladung des Kondensators aber früher als beendigt angesehen werden. Der Strom hat z. B. die Werte von 1 und 0,1 Milliampere bei einem Widerstande $R = 2000$ Ohm nach $72 \cdot 10^{-4}$ und $127 \cdot 10^{-4}$ Sekunden und bei einem Widerstande $R = 500$ Ohm nach $26 \cdot 10^{-4}$ und $40 \cdot 10^{-4}$ Sekunden erreicht. Im ersten Augenblicke des Stromschlusses hängt der Strom allein von dem Werte des Widerstandes R ab und beträgt $\frac{E}{R}$.

Die Schaulinien lassen erkennen, daß sich die Ladung um so schneller vollzieht, je kleiner der Widerstand des Stromkreises ist. Die Fläche, die von den senkrecht und wagerecht vom Zeitpunkte 0 ausgehenden Linien und der Schaulinie I oder II eingeschlossen wird, stellt als Produkt von Strom und Zeit die Elektrizitätsmenge dar, die bei der Ladung von dem Kondensator aufgenommen

ist. Die zu den Linien *I* und *II* gehörigen Flächen haben gleichen Inhalt, und zwar entspricht er dem Werte $K \cdot E = 48 \cdot 10^{-6}$ Coulomb.

Das wesentliche Merkmal eines Kondensators ist das Vorhandensein von zwei Leitern, die durch eine isolierende Schicht getrennt sind. Die isolierende Schicht kann durch Luft, Glas, Hartgummi, Porzellan oder einen ähnlichen Stoff gebildet werden. Dieses Merkmal hat auch jede Telegraphenleitung. Der Leitungsdraht und die Erde bilden die beiden Belegungen; bei oberirdischen Leitungen sind es die Luft und die Isoliervorrichtungen an den Stützpunkten, bei unterirdischen Leitungen die Isolierschicht, die das Dielektrikum bilden (vgl. [6] des Anhanges). Jeder Teil des Leitungsdrahtes besitzt Widerstand und Kapazität. Soll eine Telegraphenleitung nachgebildet werden, so müssen viele einzelne Widerstände *r* hintereinander geschaltet und mit ihnen nach Abb. 152 Kondensatoren *k* verbunden werden. Die Summe der Widerstände *r* muß gleich dem Gesamtwiderstande *R* und die Summe der Einzelkapazitäten der Kondensatoren *k* gleich der Gesamtkapazität *K* der Leitung gemacht werden. Die wirkliche Leitung wird um so besser nach-

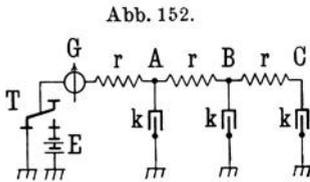
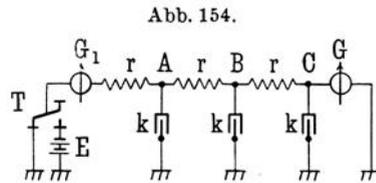
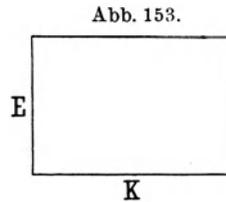
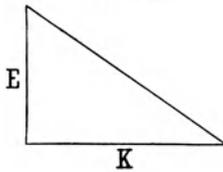


Abb. 155.



gebildet, je kleiner die einzelnen Widerstände und Kondensatoren bemessen werden, d. h. je größer ihre Zahl gewählt wird. Die Ladung einer wirklichen Leitung kann an einer nach Abb. 152 gebildeten künstlichen Leitung betrachtet werden.

Verbindet man den Anfang der Leitung, deren Ende isoliert ist, mit einer Taste *T* (Abb. 152), an deren Arbeitskontakt der freie Pol einer mit dem zweiten Pole geerdeten Batterie von der EMK *E* liegt, so wird beim Niederdrücken der Taste jeder Kondensator *k* geladen; die von den einzelnen Kondensatoren aufgenommene Elektrizitätsmenge beträgt $q = k \cdot v$, wenn *v* die Spannung in den Punkten *A*, *B*, *C* gegen Erde angibt. Bei isoliertem Ende erhalten alle Punkte der Leitung die Spannung $v = E$ gegen Erde, und es ist bei *n* Kondensatoren von der Kapazität *k* die Gesamtladung

$$n \cdot q = n \cdot k \cdot E$$

oder

$$Q = KE,$$

wenn *Q* die Gesamtladung und *K* die Gesamtkapazität bedeuten. Die Gesamtladung in Coulomb kann durch ein Rechteck dargestellt werden, dessen Seiten die Spannung *E* in Volt und die Kapazität *K* in Farad bilden (Abb. 153). Der Fall

der Nachbildung einer isolierten Leitung kann bei der folgenden Betrachtung ausgeschieden werden, weil im Telegraphenbetriebe die Leitungen am Ende über die Empfangsapparate geerdet werden. Der Betrieb der Unterseekabel, die an beiden Enden durch Kondensatoren abgeschlossen werden, wird hier nicht erörtert.

Wird die Leitung nach Abb. 154 am Ende mit der Erde verbunden, so nimmt die Spannung längs der Leitung von E am Anfange gleichmäßig bis Null am Ende ab. Während für den ersten Kondensator k , abgesehen von dem Einfluß des kleinen vor ihm liegenden Widerstandes r , die Spannung $v = E$ in Betracht kommt, ist sie für den letzten Kondensator $v = 0$. Im Durchschnitt ist für jeden Kondensator $v = \frac{E}{2}$, und die Gesamtladung der

Leitung beträgt in diesem Falle $Q = \frac{1}{2} K.E$. Diesen Wert von Q stellt das rechtwinklige Dreieck in Abb. 155 dar.

Die Kenntnis der Größe der Ladung einer Leitung, in der Widerstand und Kapazität gleichmäßig verteilt sind, genügt nicht für den Aufbau der künstlichen Leitung. Hierfür ist noch die Kenntnis des zeitlichen Verlaufes des Stromes erforderlich, der beim Tastendruck am Anfange der Leitung in sie fließt. Für eine Leitung, in der Widerstand und Kapazität gleichmäßig verteilt sind und Ableitung und Selbstinduktivität vernachlässigt werden können, ergibt sich für eine EMK von $E = 40$ Volt, eine Gesamtkapazität von $K = 1,2$ Mikrofarad und einen Gesamtwiderstand von $R = 2000$ Ohm nach [7] des Anhanges ein Verlauf des Anfang- oder Ladungstromes, wie ihn die Schaulinien $BHDD'$ in Abb. 156 darstellen. Unter den angenommenen theoretischen Verhältnissen, daß die Stromquelle und die Zuleitung widerstandslos sind, hätte der Strom im ersten Augenblicke den Wert ∞ . Da Stromquellen mit Zuleitung tatsächlich nicht ohne Widerstand hergestellt werden können, so tritt dieser praktisch unmögliche Fall des Ansteigens des Stromes auf einen unendlichen Wert nicht ein. Das Ansteigen ist beim Punkte B durch das Punktieren der Linie angedeutet. Die Stromstärke sinkt sehr schnell und nähert sich bald dem Dauerwerte, der nach dem Ohmschen Gesetz $J = \frac{E}{R}$

20 Milliampere beträgt. Nach einer Zeit von $10 \cdot 10^{-4}$ Sekunden hat der Strom bereits einen Wert von rund 21 Milliampere erreicht. Der Dauerwert des Stromes wird durch die Linie ADD' bezeichnet. Am Ende der Leitung verläuft der austretende Strom nach der Schaulinie $OFDD$; er ist zunächst 0 und steigt allmählich bis zum Dauerwerte von 20 Milliampere. Für die folgende Betrachtung sei angenommen, daß Anfang- und Endstrom zu der durch OC dargestellten Zeit von $12 \cdot 10^{-4}$ Sekunden praktisch den Dauerwert erreicht haben. Die während dieser Zeit am Anfang in die Leitung geflossene Elektrizitätsmenge Q_a wird durch die Fläche $OABHDCO$ dargestellt; wird $OC = t$ gesetzt, so ist nach [7] des Anhanges

$$Q_a = \frac{E}{R}t + \frac{1}{3}KE.$$

Die am Ende der Leitung während dieser Zeit ausgetretene Elektrizitätsmenge Q_e entspricht der Fläche $OFDCO$, es ist

$$Q_e = \frac{E}{R}t - \frac{1}{6}KE.$$

Der Unterschied Q beider Elektrizitätsmengen stellt die Ladung der Leitung dar; es ist

$$Q = Q_a - Q_e = \frac{1}{2} KE.$$

Dieser Wert, dem die Fläche $OABHDFO$ entspricht, ist bereits früher bei Betrachtung der Abb. 154 und 155 gefunden worden.

Für den Aufbau der künstlichen Leitung gibt die Beziehung

$$Q_a = \frac{E}{R} t + \frac{1}{3} KE$$

einen Anhalt. Die durch das erste Glied der Summe dargestellte Elektrizitätsmenge $\frac{E}{R} t$ erhält man, wenn man die Stromquelle mit der EMK E während der Zeit t mit einem Widerstande verbindet, der gleich dem Gesamtwiderstande R der Leitung ist. Die dem zweiten Glied entsprechende Elektrizitäts-

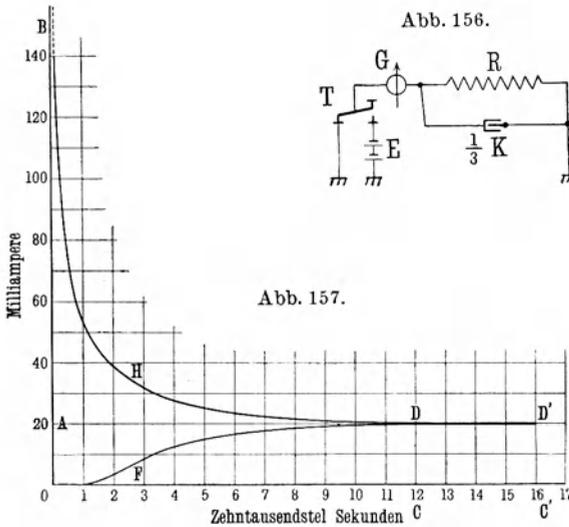


Abb. 157.

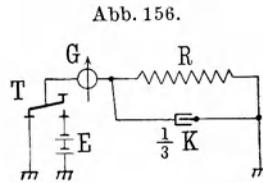


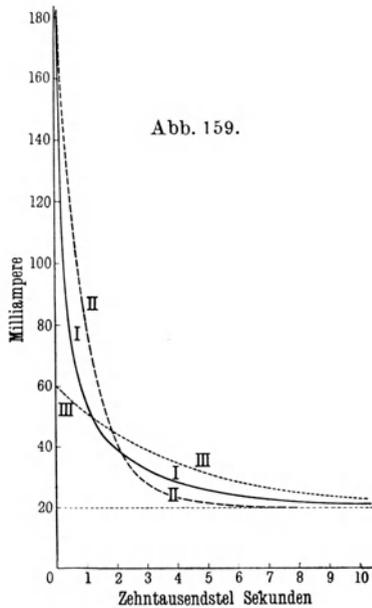
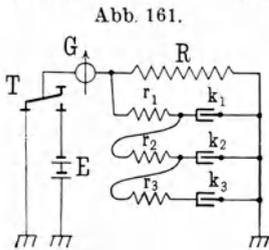
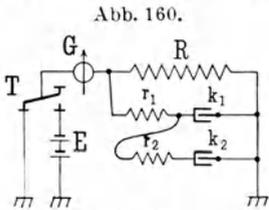
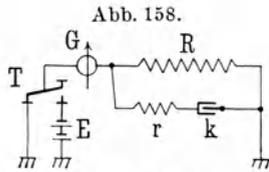
Abb. 156.

menge $\frac{1}{3} KE$ ist die Ladung eines Kondensators, dessen Kapazität ein Drittel der Gesamtkapazität der Leitung ist. Eine künstliche Leitung, die von einer Stromquelle mit der EMK E in der Zeit t die gleiche Elektrizitätsmenge Q_a aufnimmt, wie eine wirkliche Leitung mit dem Widerstande R und der Kapazität K , läßt sich aus einem Widerstande R und einem parallel geschalteten Kondensator von $\frac{1}{3} K$ Kapazität

bilden, wie es in Abb. 156 angegeben ist. In diesem Falle würde aber der Kondensator der künstlichen Leitung viel schneller geladen sein, als die wirkliche Leitung den Wert $\frac{1}{3} KE$ aufgenommen hat. Der in die künstliche Leitung eintretende Strom würde in seinem zeitlichen Verlaufe dem in die wirkliche Leitung eintretenden Strome nicht entsprechen. Der Verlauf des Ladungstromes muß dem Stromverlaufe BHD in Abb. 157 durch Vorschalten eines Widerstandes vor den Kondensator der künstlichen Leitung angepaßt werden; wie aus den früheren Erörterungen hervorgeht, wird die von dem Kondensator aufgenommene Elektrizitätsmenge hierdurch nicht beeinflußt. Eine künstliche Leitung aus dem Widerstande R und dem parallel geschalteten Kondensator k mit dem vorgeschalteten Widerstande r ist in Abb. 158 dargestellt. Beim Niederdrücken der Taste T zeigt der Apparat G einen Strom an, der sich aus dem durch R fließenden Strom $\frac{E}{R}$ und dem Ladungstrome für den Kondensator k zusammensetzt. In Abb. 159 zeigen die Schaulinien II

und *III* den Verlauf des in die künstliche Leitung fließenden Stromes an, wenn in dieser Leitung $R = 2000$ Ohm, $K = 0,4$ Mikrofarad und $r = 250$ Ohm für *II* und $r = 1000$ Ohm für *III* gewählt sind; die Schaulinie *I* gibt den Strom an, der in die wirkliche Leitung mit $R = 2000$ Ohm und $K = 1,2$ Mikrofarad fließt. Ein Vergleich der Linien zeigt, daß es in der durch Abb. 158 angegebenen einfachen Weise nicht möglich ist, den Stromverlauf in der wirklichen Leitung genau nachzubilden. Bei einem Werte von $r = 250$ Ohm ist der Strom in der künstlichen Leitung — abgesehen von der ersten Zeit — zunächst stärker und später schwächer, bei einem Werte von $r = 1000$ Ohm dagegen zunächst schwächer und später stärker als der in der wirklichen Leitung.

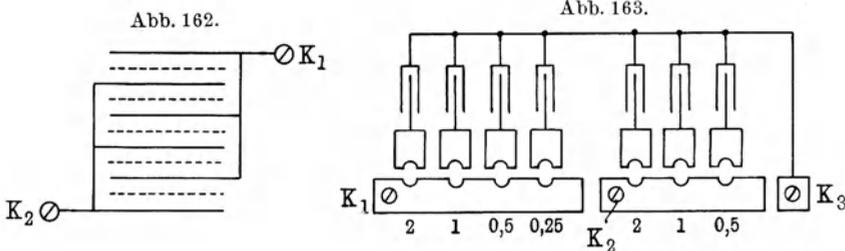
Besser wird die wirkliche Leitung dadurch nachgebildet, daß der Kondensator k in zwei Kondensatoren k_1 und k_2 unterteilt und jedem dieser Kondensatoren ein Widerstand r_1 und r_2 vorgeschaltet wird (Abb. 160). Diese Anordnung genügt für oberirdische und kurze unterirdische Leitungen. Bei längeren unterirdischen Leitungen müssen drei Kondensatoren k_1 , k_2 und k_3 mit den vorgeschalteten Widerständen r_1 , r_2 und r_3 nach Abb. 161 verwendet werden.



satoren ein Widerstand r_1 und r_2 vorgeschaltet wird (Abb. 160). Diese Anordnung genügt für oberirdische und kurze unterirdische Leitungen. Bei längeren unterirdischen Leitungen müssen drei Kondensatoren k_1 , k_2 und k_3 mit den vorgeschalteten Widerständen r_1 , r_2 und r_3 nach Abb. 161 verwendet werden.

Für die künstliche Leitung werden Kondensatoren benutzt, deren Werte leicht verändert werden können. An die Stelle der früher benutzten Glimmerkondensatoren treten in neuerer Zeit Papierkondensatoren. Diese Kondensatoren werden in der Weise hergestellt, daß Stanniolblätter und besonders zubereitete Papierblätter wechselweise aufeinander gelegt werden, wie es Abb. 162 andeutet; die Papierblätter sind durch gestrichelte und die Stanniolblätter durch ausgezogene Linien dargestellt. Die ungeraden Stanniolblätter stehen mit einer Ecke und die geraden Blätter mit einer anderen Ecke über

die Papierblätter hervor und werden je untereinander und mit der Klemme K_1 und K_2 verbunden. Die nach Abb. 160 erforderlichen beiden Kondensatoren k_1 und k_2 werden in einem gemeinsamen Kasten untergebracht (Abb. 163). Der erste Kondensator besteht aus vier Unterabteilungen mit einer Gesamtkapazität von 3,75 Mikrofarad und der zweite aus drei Unterabteilungen mit einer Gesamtkapazität von 3,5 Mikrofarad. Wird ein Stöpsel in das Loch zwischen der linken Querschienen und einer darüber stehenden kurzen Schiene eingesetzt, so wird die zugehörige Kapazität zwischen die Klemmen K_1 und K_3 geschaltet. Mit dem ersten Kondensator lassen sich Kapazitätswerte in Stufen von 0,25 Mikrofarad und mit dem zweiten Kondensator solche in Stufen von 0,5 Mikrofarad bilden. Die Klemme K_3 wird an Erde gelegt, während die Klemmen K_1 und K_2 mit den Widerständen r_1 und r_2 verbunden werden. Die Stöpsel und Schienen werden in neuerer Zeit durch Kippschalter ersetzt, die zum Einschalten der zugehörigen Kapazitätswerte umgelegt werden. Für längere unterirdische Leitungen sind Stöpselkondensatoren im Gebrauch, deren drei in einem Kasten vereinigte Unterabteilungen Gesamtwerte von 20,75, 10,875 und 10,75 Mikrofarad in Stufen von 0,25, 0,125 und 0,25 Mikrofarad



haben. Diese werden in neuerer Zeit ersetzt durch drei Abteilungen mit je einem Gesamtwerte von 10,75 Mikrofarad in Stufen von 0,25 Mikrofarad. Im Bedarfsfalle wird dem ersten Kondensator ein solcher von 10 Mikrofarad parallel geschaltet.

Die vor den Kondensatoren liegenden Widerstände, die als „Verzögerungswiderstände“ bezeichnet werden, sind Stöpselrheostaten, und zwar haben die Verzögerungswiderstände *I* (r_1 in Abb. 160 und 161) einen Gesamtwert von 1100 Ohm in Stufen von 10 Ohm und die Verzögerungswiderstände *II* (r_2 und r_3 in Abb. 160 und 161) einen Gesamtwert von 4050 Ohm in Stufen von 50 Ohm.

Abweichend von der vorstehend beschriebenen Anordnung wird bei der österreichischen Telegraphenverwaltung die künstliche Leitung ähnlich der in Abb. 154 dargestellten Leitung gebildet. Der Rheostat R , dessen Wert gleich dem der Leitung und des Apparatsatzes beim zweiten Amte gewählt wird, ist so eingerichtet, daß an beliebige Punkte Kondensatoren von passender Kapazität angeschaltet werden können.

Das Abgleichen bei der Differentialschaltung.

Die künstliche Leitung wird nach den vorstehenden Erörterungen der wirklichen Leitung, d. h. der Leitung mit dem dahinter geschalteten Apparatsatzes beim zweiten Amt, in zweierlei Hinsicht angepaßt, und zwar für den Wert des Dauerstromes und den Verlauf des veränderlichen Stromes. Der

Dauerstrom hat den Endwert, den der Strom bei längerem Tastendruck erreicht, und der allein von der EMK und dem Gesamtwiderstande des Stromkreises abhängt. Dagegen bezeichnet der veränderliche Strom den durch Kapazität und Selbstinduktivität in seinem Verlaufe beeinflussten Strom beim Beginn und beim Aufhören des Stromsendens. Bei der künstlichen Leitung sind also einerseits der Widerstand des Kurbelrheostaten oder kurz von R und andererseits die Kondensatoren und Verzögerungswiderstände oder kurz k und r abzugleichen.

Verwenden für einen Betrieb mit Einfachstrom die Ämter A und B gleiche Batterien (Abb. 121), so wird beim Amt A der Zeiger des Galvanoskops DG_1 nach rechts abgelenkt, wenn ein positiver Strom in der Richtung A_1E_1 oder A_2E_2 durch eine Wickelung des Galvanoskops fließt. Diese Stromrichtung ist in Abb. 125 bis 127 durch die gestrichelten Pfeile angedeutet. Wird der Widerstand der Leitung und des Apparatsatzes beim Amte B , d. h. der vom Anfange der Leitung beim Amt A aus gegen Erde gemessene Widerstand mit l_0 bezeichnet, so muß bei richtiger Abgleichung des Kurbelrheostaten (R_1 in Abb. 121) $R = l_0$ sein. Ist $R > l_0$, so ist beim Drücken der Taste T_1 der Strom in der Wickelung E_1A_1 stärker als der in der Wickelung A_2E_2 von DG_1 . Der Unterschied beider Stromstärken wirkt entgegengesetzt dem Telegraphierstrom des Amtes B , lenkt also den Zeiger des Galvanoskops nach links ab. Haben die Ämter A und B entgegengesetzte Batterien (Abb. 120), so wird für $R > l_0$ der Zeiger des Galvanoskops DG_1 nach rechts abgelenkt, wie es auch durch den Telegraphierstrom geschieht. Der als Unterschied der Ströme in beiden Windungen wirksame Strom hat die Richtung der gestrichelten Pfeile in Abb. 128 bis 130.

Bevor Amt A mit dem Abgleichen beginnt, schaltet Amt B den annähernd bekannten Wert von R in seinem Kurbelrheostaten ein, meldet sich darauf aber erst wieder, wenn Amt A in verabredeter Weise ihm mitteilt, daß es abgeglichen hat. Anderenfalls kann das zum Abgleichen mit voller Empfindlichkeit eingeschaltete Galvanoskop zu starkem Strom erhalten. Amt A drückt dauernd Taste, während zunächst im Galvanoskop die Nebenschlüsse zu den Windungen parallel geschaltet sind, und verändert R so lange, bis der Zeiger von DG auf Null steht. Ist dies annähernd erreicht, so wird das Galvanoskop mit voller Empfindlichkeit eingeschaltet und der Wert von R unter Umständen berichtigt. Beim Tastendruck von A während des Abgleichens kann B an der Ablenkung des Galvanoskopzeigers erkennen, ob A die Batterie mit dem richtigen Pol angelegt hat. Ist bei den Ämtern A und B ein verschiedenes Erdpotential vorhanden, so wird der Zeiger von DG auch dann abgelenkt werden, wenn bei keinem der beiden Ämter die Taste gedrückt ist. Beim Abgleichen ist der „falsche Nullpunkt“ zu berücksichtigen; R ist so zu bemessen, daß der Zeiger bei ruhender und bei gedrückter Taste dieselbe Stellung hat.

Sind die Widerstände $r + g = 300$ und $w = 130$ Ohm (Abb. 122), so ist, wenn sonst die Stromwege nicht unterbrochen sind, der Widerstand W des Apparatsatzes beim Amte B höchstens 430 Ohm. Bei einem Drahtwiderstande der Leitung von 2000 Ohm würde nach den früheren Erörterungen (Abb. 123) Amt B für R zunächst einen Wert von 2420 Ohm wählen. Als Höchstwert würde sich beim Amt A dann $R = 2420$ Ohm ergeben. Den Widerstand von 2000 Ohm möge die gut isolierte Leitung bei $+15^\circ\text{C}$ haben. Dieser Widerstand ändert sich mit der Temperatur. Ist α der Temperatur-

koeffizient des Drahtmaterials, und hat der Draht bei 15°C einen Widerstand von w_{15} , so ist der Widerstand bei $15 + t^{\circ} w_t = w_{15} (1 + \alpha t)$. Der Wert von α ist für Eisen und Kupfer etwa 0,004 und für Bronze etwas geringer¹⁾. Der Drahtwiderstand würde hiernach bei $+25^{\circ}\text{C}$ $2000 (1 + 0,004 \cdot 10) = 2080$ und bei -10°C $2000 (1 - 0,004 \cdot 25) = 1800$ Ohm sein, der Unterschied der Widerstände bei $+25^{\circ}$ und -10° mithin 280 Ohm betragen. Änderungen des Widerstandes infolge von Temperaturschwankungen treten im allgemeinen allmählich auf; größere Unterschiede verteilen sich auf längere Zeiträume.

Wesentlicher ist bei oberirdischen Leitungen der Einfluß der Ableitungen auf den Wert von R . Der Isolationswiderstand einer solchen Leitung schwankt, abgesehen von wirklichen Fehlern bei Nebenschließungen oder Erdschlüssen, in weiten Grenzen. Da das Material der Isolatoren, an denen der Leitungsdraht befestigt ist, kein vollkommener Nichtleiter ist, so wird der Strom an jedem Stützpunkt über den Isolator, die Stütze und die Stange zur Erde abgeleitet. Bei feuchtem Wetter ist die Ableitung größer als bei trockenem Wetter. Erfahrungsmäßig ist ein Gegensprechbetrieb noch möglich, wenn bei gleichmäßig verteilter Ableitung der gemessene Isolationswiderstand nicht unter den Drahtwiderstand sinkt. In diesem Falle würden bei einem Widerstande von 2000 Ohm als Isolations- und als Leitungswiderstand Werte von 3040 und 1320 Ohm²⁾ beim Messen der Leitung ermittelt werden (vgl. [8] des Anhanges). Es ist dann der Widerstand $l_0 =$ rund 1520 Ohm²⁾, wenn der Apparatsatz beim Amte B einen Widerstand von 420 Ohm hat. Dies würde den zulässigen Mindestwert für R beim Amt A darstellen.

Ermittelt Amt A beim Abgleichen einen Wert für R , der den normalen Höchstwert übersteigt, so ist ein Fehler vorhanden; er kann beim Amt A , in der Leitung oder beim Amte B liegen. Beim Amt A kann der Kurbelrheostat schadhafte sein; auch kann der Nebenschluß zu der Windung des Differentialgalvanoskops, die mit der künstlichen Leitung verbunden ist, unterbrochen sein, so daß es nicht mehr differential wirkt. Der letzte Fehler wird sich allerdings nicht bemerkbar machen, wenn mit voller Empfindlichkeit des Galvanoskops abgeglichen wird. Amt A kann seine Einrichtung in der Weise prüfen, daß es an Stelle der Leitung einen Kurbelrheostaten mit der Klemme des Differentialgalvanoskops verbindet und dann bei verschiedenen Werten dieses Rheostaten abgleicht. Zeigt der Kurbelrheostat in der künstlichen Leitung gleiche Werte wie der zweite Rheostat, so ist die Amtseinrichtung in Ordnung. Ferner kann die Leitung unterbrochen sein. Um dies festzustellen, läßt Amt A die Leitung beim Amte B erden und gleicht ab, nachdem vorher geprüft ist, daß seine Einrichtung keinen Fehler hat. Ergibt sich jetzt ein Widerstand von R , der den normalen Drahtwiderstand übersteigt, oder erweist sich der Gesamtwiderstand von R als zu klein für das Abgleichen, so ist die Leitung fehlerhaft. Beim Amte B kann der Fehler daran liegen, daß der Ruhekontakt der Taste verschmutzt ist und einen hohen Übergangswiderstand hat oder durch ein Papierstück, das beim Reinigen zurückgeblieben ist, isoliert ist, oder daß

¹⁾ Vgl. H. Dreisbach, Die Telegraphen-Meßkunde. Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig 1908.

²⁾ Hieraus ergibt sich auch, daß der scheinbare Leitungswiderstand einer Leitung mit einem Widerstand am Ende kleiner ist als die Summe des scheinbaren Leitungswiderstandes bei unmittelbarer Erdung und des Widerstandes am Ende der Leitung.

der am Ruhekontakte liegende Widerstand unterbrochen ist. Hat Amt A beim Erden der Leitung in B einen normalen Widerstand, etwa l_1 , festgestellt, und ermittelt es nach dem Anschalten des Apparatsatzes von B beim Abgleichen einen Widerstand $R > l_1 + W$, so ist der Fehler beim Amte B zu suchen. Sofern dieses Amt den Fehler durch Reinigen des Ruhekontaktes der Taste nicht ohne weiteres beseitigen kann, empfiehlt es sich, den Widerstand des Apparatsatzes von dem Punkt aus, an den sonst die Leitung gelegt wird, nach dem Abschalten der Leitung zu messen und den Fehler näher einzugrenzen. Der Widerstand der einzelnen Teile des Apparatsatzes läßt sich in folgender Weise ermitteln. Wird der Hebel der Taste T_2 (Abb. 122) unmittelbar geerdet, so ist bei fehlerfreier Einrichtung der gemessene Widerstand $W_1 = g_2 + r_2$. Wird hierauf die Erdverbindung aufgehoben, der Ruhekontakt der Taste isoliert und kein Widerstand im Kurbelrheostaten eingeschaltet, so ist der jetzt ermittelte Widerstand $W_2 = g_2 + r_2 + r'_2 + g'_2$. Bei differentialer Wickelung von Galvanoskop und Relais muß $r'_2 + g'_2 = r_2 + g_2$, also $W_2 = 2W_1$ sein. Wird nunmehr der Widerstand R im Kurbelrheostaten eingeschaltet, so muß die Messung bei jedem Werte von R ergeben $W_3 = W_2 + R = 2W_1 + R$. Schaltet man in R den höchsten Wert ein und die Taste wieder normal, so kann $r'_2 + g'_2 + R$ gegenüber w'_2 vernachlässigt werden, und es muß $W =$ rund $g_2 + r_2 + w'_2 = W_1 + w'_2$ sein. Diese Prüfung zeigt, welcher Teil des Apparatsatzes fehlerhaft ist.

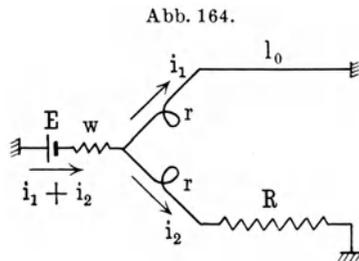
Wenn der beim Abgleichen in A gefundene Wert von R kleiner ist als der normale Wert, so kann der Fehler beim Amt A , in der Leitung und beim Amte B liegen. Beim Amt A kann der Kurbelrheostat schadhaf, der Nebenschluß zu der an der wirklichen Leitung liegenden Windung des Differentialgalvanoskops unterbrochen oder die Isolierschicht in einem Kondensator der künstlichen Leitung durchgeschlagen sein. Die Einrichtung kann in der vorher angegebenen Weise mit Hilfe eines zweiten Kurbelrheostaten, der an Stelle der Leitung eingeschaltet wird, und durch Messen der einzelnen Stromwege geprüft werden. Der Zustand der Isolation der Leitung kann durch Abgleichen bei A und durch Messen von diesem Amte aus, während Amt B die Leitung isoliert, festgestellt werden. Ein Fehler beim Amte B wird auf den Wert von R beim Amt A im allgemeinen nur geringen Einfluß haben, weil die vorgeschaltete oberirdische Leitung nie ganz frei von Nebenschließungen ist.

Handelt es sich um eine unterirdische Leitung, für die Ableitungen von veränderlichem Wert außer Betracht bleiben können, so liefern die erörterten Verfahren zuverlässigere Ergebnisse für die Fehlerlage.

Die Ströme beim Abgleichen des Widerstandes R der künstlichen Leitung sind in Abb. 164 schematisch angedeutet. An Stelle der Windungen von Relais und Galvanoskop ist nur eine Windung r gezeichnet. Aus den Beziehungen

$$E = w(i_1 + i_2) + (r + l_0)i_1 \quad \text{und} \quad i_1(r + l_0) = i_2(r + R)$$

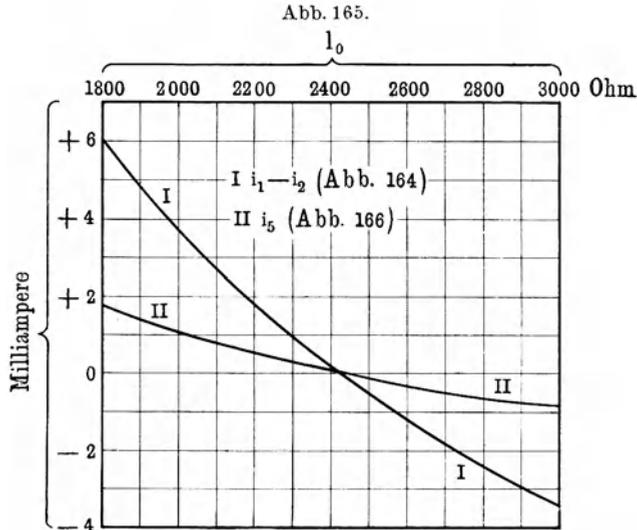
$$\text{ergibt sich} \quad i_1 - i_2 = \frac{R - l_0}{(r + R)(l_0 + r + w) + w(l_0 + r)} \cdot E.$$



Für $E = 60$ Volt, $R = 2420$, $r = 300$ und $w = 130$ Ohm ist

$$i_1 - i_2 = \frac{21(2420 - l_0)}{424 + l_0} \text{ Milliampere.}$$

In Abb. 165 gibt die Schaulinie *I* den Wert der im Differentialgalvanoskop wirksamen Stromstärke $i_1 - i_2$ für Werte von l_0 gleich 1800 bis 3000 Ohm an, wenn R den Wert von 2420 Ohm hat.



Schaltet man zwischen den Anfang von l_0 und den von R ein Galvanoskop mit dem Widerstand e ein (Abb. 166), so fließt durch e in der Pfeilrichtung ein Strom von dem Wert

$$i_5 = \frac{r l_0 - r R}{p^3 + q^2 w} \cdot E,$$

wo $p^3 = r^2(e + l_0 + R) + rR(e + l_0) + l_0 r(e + R) + e l_0 R$

und $q^2 = 2r(e + l_0 + R) + e(l_0 + R)$

sind.

Setzt man die obigen Werte für E , R , r und w ein, so ist, wenn $e = 600$ Ohm gesetzt wird,

$$i_5 = \frac{5,4(l_0 - 2420)}{340 + l_0} \text{ Milliampere.}$$

Die hieraus berechneten Werte von i_5 gibt die Schaulinie *II* in Abb. 165 für Werte von l_0 gleich 1800 bis 3000 Ohm an. Es sind also die Ströme, die das als Diagonale nach Abb. 166 eingeschaltete Galvanoskop bei ungleichen Werten von l_0 und R anzeigt, kleiner als die wirksamen Ströme im Differentialgalvanoskop beim Abgleichen nach Abb. 164. Trotzdem wird häufig ein besonderes Galvanoskop benutzt, das zwischen die Klemmen A_1 und E_2 des Differentialgalvanoskops (Abb. 120 u. 121) geschaltet wird. Es ist nämlich angängig, hierfür ein einfach gewickeltes Galvanoskop zu benutzen, dessen Empfindlichkeit so hoch gewählt werden kann, daß trotz der geringeren Strom-

stärke sein Zeigerausschlag ebenso groß ist wie der des Differentialgalvanoskops. Zum Abgleichen wird bei der deutschen Telegraphenverwaltung der Spannungsmesser von Hartmann & Braun mit einem Meßbereiche bis 3 Volt benutzt. Bei einem Widerstande von 600 Ohm und bei einer Skala mit 30 Teilstrichen zeigt die Ablenkung des Zeigers um einen Teilstrich einen Strom von rund 0,17 Milliampere an. Dagegen wird bei voller Empfindlichkeit der Zeiger des früher beschriebenen Differentialgalvanoskops um einen Teilstrich durch einen Strom von 0,4 Milliampere abgelenkt. Hiernach würden die Zeiger des Differentialgalvanoskops und des Spannungsmessers unter Berücksichtigung des Unterschiedes der wirksamen Stromstärken annähernd die gleiche Ablenkung zeigen.

Bei einer Schaltung nach Abb. 166 ist

$$i_1 - i_2 = \frac{e(R - l_0)}{p^3 + q^2 w} \cdot E,$$

wo p^3 und q^2 die gleichen Werte haben wie in der vorhergehenden Formel für i_5 . Setzt man die bei dem obigen Beispiel angenommenen Werte für E , R , r und w und ferner $l_0 = 2000$ Ohm ein, so ist

$$i_1 - i_2 = \frac{3,64 e}{528 + e} \text{ Milliampere.}$$

Diesen Wert zeigt die Schaulinie in Abb. 167 für e gleich 0 bis 1600 Ohm an. Je kleiner der Widerstand von e ist, um so geringer ist die wirksame

Abb. 166.

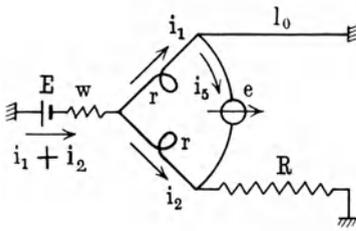
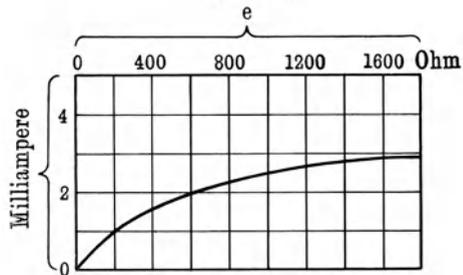


Abb. 167.



Stromstärke im Differentialgalvanoskop und ebenso im Differentialrelais. Wird das Galvanoskop entfernt, also $e = \infty$, so ist $i_1 - i_2 = 3,64$ Milliampere; diesen Wert zeigt die Schaulinie I in Abb. 165 für $l_0 = 2000$ Ohm an.

Wird also bei der Differentialschaltung ein Widerstand in die Diagonale gelegt, so wird die bei einem Unterschiede der wirklichen und der künstlichen Leitung auf das Relais des eigenen Amtes wirkende Stromstärke verringert. Hieraus folgt, daß durch das Einschalten eines Widerstandes in die Diagonale Unterschiede zwischen der wirklichen und künstlichen Leitung, wie sie sich aus ihrer abweichenden Beschaffenheit ergeben, in gewissem Maße und zwar um so mehr ausgeglichen werden, je geringer der Widerstand in der Diagonale ist. Allerdings schwächt ein so geschalteter Widerstand die Wirkung des ankommenden Stromes auf das Relais; denn der über den Widerstand zur zweiten Relaiswindung fließende Zweigstrom ist entgegengesetzt dem aus der Leitung in die erste Windung übertretenden Stromes gerichtet. Im wirklichen Betriebe wird im allgemeinen nicht ein Widerstand, sondern ein Kondensator

von 10 oder 20 Mikrofarad in die Diagonale gelegt. Dieser sogenannte „Querkondensator“ wirkt im ersten Augenblicke der Stromsendung wie ein Kurzschluß, gleicht also die in die wirkliche Leitung eintretende und überwiegende Ladungspitze des Stromes aus.

Die vorstehenden Ausführungen beziehen sich auf Stromverhältnisse, wie sie nach längerem Tastendrucke bestehen, wenn der Strom seinen Endwert erreicht hat. Dann machen sich Kapazität und Selbstinduktivität des Stromkreises nicht mehr geltend, sondern der Wert des Stromes ist nach dem Ohm'schen Gesetz als Quotient von EMK und Widerstand gegeben. Beim Abgleichen der künstlichen Leitung muß jedoch der Einfluß der Kapazität der Leitung mit berücksichtigt werden.

Der in Abb. 157 angegebene Stromverlauf gilt für eine mit einer Stromquelle ohne Widerstand verbundene Leitung, in der Widerstand und Kapazität gleichmäßig verteilt sind, die frei von Ableitungen und Selbstinduktivität und am Ende unmittelbar geerdet ist. Diese Verhältnisse treffen für den wirklichen Gegensprechbetrieb nicht zu. Zunächst liegt in der Batteriezüleitung ein Widerstand; ferner sind die Windungen von Relais und Galvanoskop zwischen Stromquelle und Leitung geschaltet, und schließlich ist die Leitung am Ende über den Apparatsatz des zweiten Amtes geerdet. Bei oberirdischen Leitungen sind Ableitungen nicht zu vermeiden; auch ist die Selbstinduktivität, namentlich bei Eisenleitungen, nicht zu vernachlässigen. Im allgemeinen ist die Kapazität in diesen Leitungen nicht gleichmäßig verteilt. Leitungen für den Gegensprechbetrieb sind fast stets Ämtern in größeren Orten zugewiesen. Sie sind in den Städten meistens unterirdisch geführt, und zwar werden für diesen Zweck Kabel mit Guttapercha- und Faserstoffisolierung, in neuerer Zeit auch solche mit Luftisolierung verwendet. Z. B. haben die Adern der Faserstoffkabel für 1 km einen Widerstand von rund 10 Ohm und eine Kapazität von rund 0,24 Mikrofarad. Bei einem 10 km langen Stadtkabel am Anfange der Leitung findet sich mithin eine Kapazität von 2,4 Mikrofarad verteilt auf einen Widerstand von 100 Ohm. Dagegen hat die Leitung auf freier Strecke eine wesentlich geringere Kapazität, nämlich etwa 0,009 Mikrofarad für 1 km. Sollten diese Verhältnisse in einer künstlichen Leitung genau nachgebildet werden, so würde der Aufbau sehr teuer und verwickelt; auch müßte er häufig geändert werden, weil der Isolationswiderstand oberirdischer Leitungen vom Wetter abhängig ist und daher oft schwankt. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, daß eine künstliche Leitung nach Abb. 160 für den praktischen Betrieb völlig ausreicht. Ursprünglich ist die künstliche Leitung nur durch einen induktionsfreien Widerstand gebildet worden. Die Schwierigkeiten, die sich infolge der Kapazität der Leitung beim Arbeiten ergaben, hat Stearns im Jahre 1868 durch Parallelschalten eines Kondensators zum Widerstande der künstlichen Leitung behoben. Mit dem Verwenden von Leitungen mit größerer Kapazität und von empfindlicheren und schneller arbeitenden Apparaten hat es sich als notwendig erwiesen, dem Kondensator einen Widerstand vorzuschalten (Abb. 158) oder mehrere Kondensatoren mit Verzögerungswiderständen (Abb. 160 u. 161) zu benutzen. Allgemein muß der in die künstliche Leitung fließende Strom um so genauer wie der in die wirkliche Leitung eintretende Strom verlaufen, je langsamer der ankommende Strom ansteigt und je schwächer er ist. Bei oberirdischen Leitungen wächst dieser Strom genügend schnell an, so daß

man auch für empfindliche und schnell arbeitende Apparate mit einer einfachen künstlichen Leitung nach Abb. 160 auskommen kann.

Da bei einer Gegensprechschtaltung die Verhältnisse für die Leitung anders sind, als bei der früheren Betrachtung des Stromverlaufs, so läßt sich die Beziehung, daß die Kapazität der künstlichen Leitung ein Drittel der Kapazität der wirklichen Leitung betragen soll, zum Berechnen der Kapazität der künstlichen Leitung im voraus nicht ohne weiteres verwenden; sie erklärt jedoch, daß eine künstliche Leitung der angegebenen Art wesentlich geringere Kapazität erfordert, als sie die wirkliche Leitung besitzt.

Die richtigen Werte der Kondensatoren und Verzögerungswiderstände werden durch den Versuch ermittelt. Bevor Amt *A* mit dem Abgleichen beginnt, schaltet Amt *B* in der künstlichen Leitung annähernd die Werte ein, die im wirklichen Betriebe gebraucht werden. Erfahrungsmäßig sind bei einer oberirdischen Leitung aus Bronzedraht den Widerständen r_1 und r_2 Werte von 200 bis 300 Ohm und von etwa $\frac{R}{2} - r_1$ Ohm und den Kondensatoren k_1 und k_2 solche von je 1 bis 2,5 Mikrofarad zu geben. Bei Eisenleitungen erhalten die Widerstände r_1 und r_2 im allgemeinen Werte von 300 bis 500 Ohm und $\frac{R}{2} - r_1$ Ohm und die Kondensatoren Werte wie bei Bronzeleitungen.

Amt *A* beobachtet vom Beginne des Tastendruckes ab genau die Zeigerablenkung des Differentialgalvanoskops; aus ihrem zeitlichen Verlaufe kann darauf geschlossen werden, wie die Kondensatoren und Verzögerungswiderstände zu ändern sind. Hat die künstliche Leitung eine zu geringe Kapazität, oder ladet sie sich zu langsam, so wirkt dies in gleicher Weise wie $R > l + W$. In diesem Falle sind die Kapazitäten der Kondensatoren zu klein oder die Verzögerungswiderstände zu groß. Ist umgekehrt die Kapazität der künstlichen Leitung zu groß, oder sind die Verzögerungswiderstände zu klein, so wird der Zeiger des Differentialgalvanoskops ebenso abgelenkt, als wenn $R < l + W$ wäre. Im ersten Augenblicke des Tastendruckes bildet die wirkliche Leitung infolge ihrer Kapazität einen Erdschluß; für die künstliche Leitung trifft dies jedoch nicht zu, weil den Kondensatoren die Verzögerungswiderstände vorgeschaltet sind. Es überwiegt also stets der Strom in der mit der Leitung verbundenen Wicklung von Relais und Galvanoskop; jedoch ist dieser erste Stromstoß bei sonst passender Bemessung der Kapazitäten und Widerstände sehr kurz und beeinflußt die eigenen Apparate nicht merklich. Die künstliche Leitung ist gut abgeglichen, wenn im Augenblicke des Niederdrückens und des Loslassens der Taste, also beim Laden und Entladen der Leitung, der Zeiger des Galvanoskops bei voller Empfindlichkeit nicht abgelenkt wird. Beobachtet man das Galvanoskop beim Loslassen der Taste, so sind die Erscheinungen umgekehrt wie beim Niederdrücken der Taste, da der Entladungstrom dem Ladungstrom entgegengesetzt gerichtet ist.

Bei der bisher betrachteten Anordnung der künstlichen Leitung ist die Selbstinduktivität der Leitung und der Apparate beim zweiten Amte nicht berücksichtigt worden. Dies ist im allgemeinen auch nicht erforderlich, weil die Wirkung der Kapazität gegenüber der der Selbstinduktivität wesentlich überwiegt. Handelt es sich jedoch um kurze Leitungen von geringem Widerstande, so macht sich die Selbstinduktivität störend bemerkbar, und es muß

dem induktionsfreien Widerstande R ein besonderer Widerstand von passender Selbstinduktivität zugefügt werden. Das gleiche kann auch bei Bronzeleitungen nötig werden, weil wegen der schnellen Ladung dieser Leitungen die Stromkurve nach der Ladungsspitze infolge der Selbstinduktivität der Apparate beim zweiten Amt sich einsenkt und erst allmählich zum Endwert ansteigt.

Das Abgleichen bei der Brückenschaltung.

Die künstliche Leitung wird bei der Schaltung mit gleichen Brückenarmen sinngemäß so abgeglichen, wie es für die Differentialschaltung angegeben ist. Die Stromverhältnisse, die beim Niederdrücken der Taste die Beziehung von R zu l_0 erkennen lassen, werden an den in den Diagonalen liegenden Galvanoskopen G_1 und G_2 (Abb. 136) beobachtet. Verwenden die Ämter A und B gleiche Batterien, und ist beim Amt A $R > l_0$, so wird der Zeiger des Galvanoskops beim Tastendrucke des Amtes A nach der entgegengesetzten Seite abgelenkt, als es durch den Telegraphierstrom des Amtes B geschieht. Der durch das Galvanoskop fließende Strom ist dem gestrichelten Pfeil in Abb. 141 entgegen gerichtet. Haben dagegen die Ämter A und B verschiedene Batterien, so lenkt für den Fall, daß $R > l_0$ ist, beim Tastendrucke der eigene Strom den Zeiger des Galvanoskops in gleichem Sinne wie der Telegraphierstrom des zweiten Amtes ab.

Bevor Amt A mit dem Abgleichen beginnt, schaltet Amt B den annähernd bekannten Wert von R in seinem Kurbelrheostaten ein. Dann gleicht Amt A mit Hilfe des Galvanoskops in der Diagonale ab. Ermittelt es hierbei einen Wert von R , der den normalen Höchstwert übersteigt, so kann der Fehler beim Amt A , in der Leitung oder beim Amte B liegen. Beim Amt A kann der Kurbelrheostat oder ein Brückenarm schadhaft sein, und zwar würde sich der angegebene Fehler für $a_1 < 1000$ oder $a'_1 > 1000$ Ohm bemerkbar machen (Abb. 136). Beim Amte B wird der Fehler meistens in der Taste, dem Widerstand an ihrem Ruhekontakt oder der Diagonale liegen. Wenn dagegen das Amt A einen zu kleinen Widerstand von R ermittelt, so kann bei diesem Amte der Kurbelrheostat schadhaft oder ein Kondensator durchgeschlagen oder $a_1 > 1000$ oder $a'_1 < 1000$ Ohm sein.

Die Kondensatoren und Verzögerungswiderstände sind nach der für die Differentialschaltung gegebenen Anleitung sinngemäß abzugleichen.

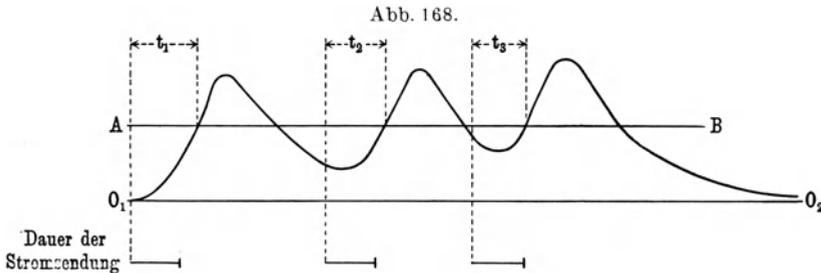
B. Die Induktanzspulen¹⁾.

Wird an den Anfang einer Leitung mit Kapazität eine Stromquelle gelegt, so steigt der Strom am Ende der geerdeten Leitung nur allmählich zu seinem Dauerwert an (vgl. Abb. 157), und zwar geschieht dies um so langsamer, je größer die Kapazität und der Widerstand der Leitung sind. Wenn hierauf die Stromquelle abgeschaltet und der Anfang der Leitung geerdet wird, so fließt die von der Leitung als Ladung aufgenommene Elektrizitätsmenge an beiden Enden der Leitung zur Erde; die Leitung entladet sich um so schneller, je geringer der Widerstand an jedem Leitungsende ist. Wird nun die Stromquelle von neuem an die Leitung gelegt, ehe sich diese völlig entladen hat, so erreicht der vorhergehende Strom am Ende der Leitung nicht mehr den Wert

¹⁾ Vgl. Breisig, Theoretische Telegraphie. Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn.

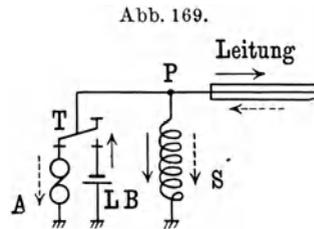
Null. Der zweite Strom wirkt im gleichen Sinne wie der Entladungstrom; die Stromkurve beginnt nicht mehr vom Nullwerte, sondern bereits von einem höheren Wert ab zu steigen. In Abb. 168 ist der Verlauf des ankommenden Stromes für eine Leitung mit hoher Kapazität bei drei aufeinander folgenden kurzen Stromstößen dargestellt. Wird der Apparat durch eine Stromstärke, wie sie der Abstand der Linie AB von der Nulllinie $O_1 O_2$ angibt, erregt, so wird der Apparat nach Ablauf der Zeiten t_1 , t_2 und t_3 , vom Beginne der ersten, zweiten und dritten Stromsendung ab gerechnet, ansprechen, und zwar ist $t_3 < t_2 < t_1$.

Um das Entladen der Leitung zu beschleunigen und dadurch den Unterschied zwischen den Zeiten t_3 , t_2 und t_1 zu verringern, schaltet man Induktanz-



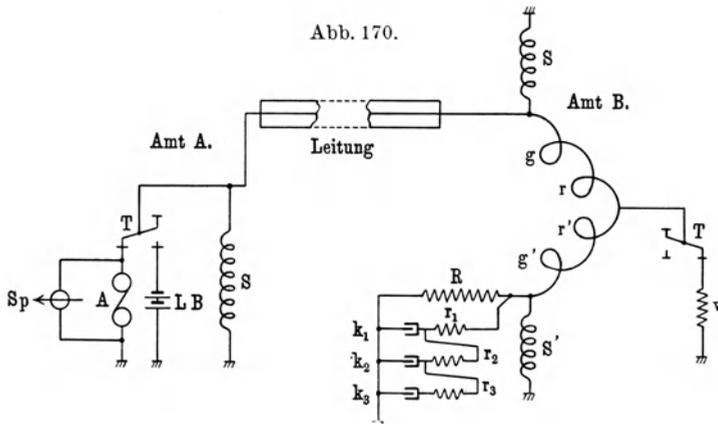
spulen oder Gegenstromrollen nach dem Vorschlage von Godfroy an den Anfang und das Ende der Leitung an. Induktanzspulen sind Widerstände mit hoher Selbstinduktivität. Wird eine Stromquelle mit einer solchen Spule verbunden, so steigt der Strom infolge der elektromotorischen Gegenkraft der Selbstinduktivität zunächst langsam an. Nach dem Abschalten der Stromquelle tritt eine EMK auf, die einen Strom in der Richtung des ursprünglichen Stromes hervorzubringen sucht. Wird nun nach dem Abschalten einer Stromquelle ein mit einer Elektrizitätsmenge geladener Leiter an die Spule gelegt, so saugt die Spule die Elektrizität gewissermaßen in sich hinein. Der Leiter gibt seine Ladung schneller ab, als dies etwa beim Verbinden mit einem vorher stromfreien Apparate mit Selbstinduktivität eintreten würde.

Die Vorgänge am Anfang eines Kabels beim Laden und Entladen sind in Abb. 169 angedeutet. Wird die Taste T gedrückt, so fließen in die Leitung und die Spule S Ströme in der Richtung der ausgezogenen Pfeile. Kehrt die Taste in die Ruhelage zurück, so entladet sich die Leitung in der Richtung des gestrichelten Pfeiles. Beim Punkte P verzweigt sich der Entladungstrom und fließt durch S und den Apparat zur Erde. Die beim Aufhören des Stromes aus der Batterie LB in der Spule S entstehende EMK saugt in der früher angegebenen Weise die Elektrizität ab, und zwar bei passender Selbstinduktivität den größten Teil, so daß der Apparat A fast stromfrei bleibt. Die Entladung des Kabels am Anfange wird beschleunigt, und die zu den kurz aufeinander folgenden Stromsendungen gehörigen Stromkurven werden schärfer voneinander getrennt.



Bei der deutschen Telegraphenverwaltung werden Induktanzspulen verschiedener Form verwendet¹⁾. Eine für den Gegensprechbetrieb gebräuchliche Form hat eine Drahtspule von 1000 Ohm, die auf einer Eisenplatte aus dicht nebeneinander gelegten Eisenblechstreifen befestigt ist. Zu dieser Spule gehören ein Kern und ein Mantel, die zusammenhängend aus Blumendraht wie ein Hut geformt sind; sie können mit Hilfe eines durch Trieb- und Zahnstange bewegten Holzschlittens fest gegen die Eisenplatte gepreßt oder in beliebigem Abstände von ihr gehalten werden. Die Selbstinduktivität läßt sich in weiten Grenzen, von 120 bis 5 Henry, ändern.

Die Induktanzspulen werden an den Anfang der wirklichen und der künstlichen Leitung geschaltet, wie es in Abb. 170 für das Amt *B* dargestellt ist. Zum Abgleichen der Selbstinduktivität der Spulen legt Amt *A* die Kabelader mit Spule auf einen Morseapparatsatz und schaltet einen Spannungsmesser *Sp* dem Apparat *A* parallel. Der Eisenmantel der Spule *S* wird dann



so lange verschoben, bis der Zeiger des Spannungsmessers überhaupt nicht oder nur ganz wenig zuckt, wenn die Taste *T* niedergedrückt und losgelassen wird. Hierauf wird die Kabelader auf die Gegensprecheinrichtung gelegt, deren künstliche Leitung bei abgeschalteten Spulen bereits abgeglichen ist. Vor dem Anschalten ist der Widerstand beider Spulen zu messen. Abweichungen von mehr als 10 Ohm sind durch Vorschalten eines Widerstandes vor die Rolle mit kleinerem Widerstand auszugleichen. Dann wird auch die Spule an die künstliche Leitung gelegt und ihr Mantel so lange verschoben, bis der Zeiger des Differentialgalvanoskops oder des als Diagonale eingeschalteten Spannungsmessers beim Drücken und Loslassen der Taste nicht mehr zuckt.

C. Der Seiteninduktionschutz²⁾.

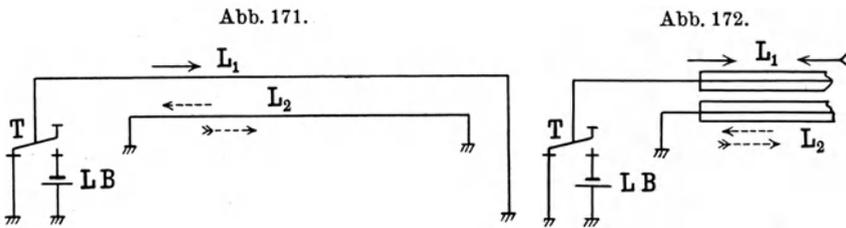
Wird durch einen Leiter L_1 beim Niederdrücken der Taste *T* (Abb. 171) ein Strom aus der Batterie *LB* gesandt, so entsteht, wenn der Strom zu

¹⁾ Vgl. Ergänzungsheft Nr. 8 zur Beschreibung der in der Reichs-Telegraphenverwaltung gebräuchlichen Apparate.

²⁾ Vgl. O. Arendt, Die Entwicklung des Telegraphenbetriebes auf den großen unterirdischen Linien Deutschlands. Elektrotechn. Zeitschr. 1914, Heft 4. Verlag von Julius Springer, Berlin.

fließen beginnt, ein magnetisches Kraftfeld, und zwar verlaufen die Kraftlinien konzentrisch zum Leiter als Achse. Befindet sich neben dem Leiter L_1 ein Leiter L_2 , so wird er beim Entstehen des Magnetfeldes von den Kraftlinien geschnitten. Hierdurch wird eine EMK in dem Leiter L_2 induziert, die für den Fall, daß L_2 an beiden Enden geerdet ist, in ihm einen Strom entstehen läßt. Der in L_2 induzierte Strom ist dem induzierenden Strom in L_1 entgegengesetzt gerichtet. Hat der Strom in L_1 die Richtung des ausgezogenen Pfeiles, so gibt der gestrichelte Pfeil an L_2 die Richtung des induzierten Stromes an. Hört der Strom in L_1 auf, so verschwindet das magnetische Kraftfeld dieses Leiters; die Kraftlinien kehren gewissermaßen in den Leiter L_1 zurück und schneiden hierbei wieder den Leiter L_2 . Die jetzt in L_2 induzierte EMK und damit auch der induzierte Strom ist entgegengesetzt der EMK und dem Strom in L_2 beim Entstehen des Stromes in L_1 gerichtet. Der Strom in L_2 hat also die Richtung des gefiederten gestrichelten Pfeiles. Da in einem Kabel die Adern nahe nebeneinander liegen, so ist die Vorbedingung für eine starke elektromagnetische Induktion gegeben.

In ähnlicher Weise, wie eine Kabelader einen Kondensator darstellt, dessen Belegungen der Kupferleiter und die Schutzdrähte des Kabels nebst dem um-



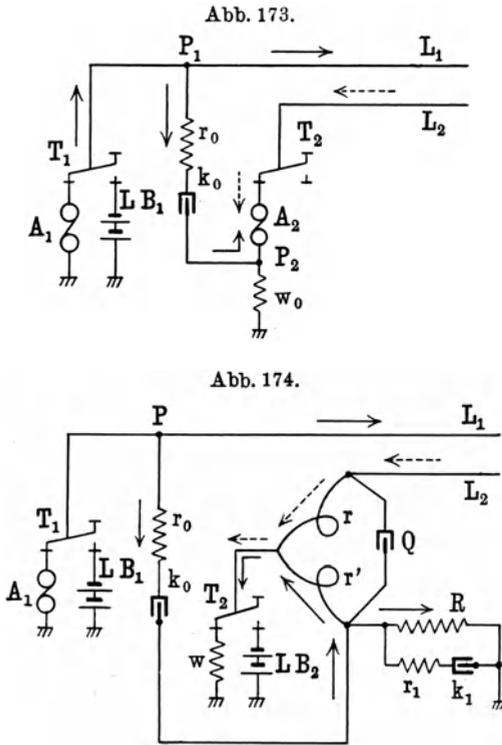
gebenden Erdreife sind, und dessen Dielektrikum die Guttaperchahülle der Ader bildet, stellen zwei nahe nebeneinander laufende Kabeladern einen Kondensator dar, als dessen Belegungen die Kupferleiter beider Adern und als dessen Dielektrikum die Guttaperchahüllen beider Adern anzusehen sind. Wird eine Kabelader L_1 durch Niederdrücken der Taste T (Abb. 172) mit der Stromquelle LB verbunden, so wird L_2 von L_1 aus in der Weise beeinflusst, daß am Anfange von L_2 ein Strom austritt. Der ausgezogene Pfeil an L_1 und der gestrichelte Pfeil an L_2 geben die Richtung beider Ströme an. Wird die Taste losgelassen, so wirkt der in der Richtung des gefiederten Pfeiles fließende Entladungstrom in L_1 auf L_2 , und in dieser Ader entsteht ein Strom in der Richtung des gefiederten gestrichelten Pfeiles. Aus den Abb. 171 und 172 ergibt sich, daß die beim Anlegen und Abschalten der Batterie infolge der elektrostatischen — d. h. der durch die Kapazität bedingten — Induktion entstehenden Ströme den von der elektromagnetischen Induktion herrührenden gleich gerichtet sind. Beide Arten der Induktion verstärken sich.

Der in die Kabelader eintretende Strom steigt im ersten Augenblicke hoch an; infolgedessen entsteht schnell ein starkes magnetisches Kraftfeld, und in den benachbarten Adern wird eine starke entgegengesetzt gerichtete EMK induziert. Der Strom in der Kabelader nimmt darauf ab, allerdings nicht so stark wie beim Ansteigen. Die das Abnehmen begleitende Änderung des magnetischen Kraftfeldes ist wiederum die Ursache einer Induktion, bei der die

EMK jedoch der vorhergehenden entgegengesetzt gerichtet ist. Im allgemeinen werden, da sich elektrostatische und elektromagnetische Induktion unterstützen, durch die Seiteninduktion in einer Nachbarader Stromstöße hervorgerufen, die

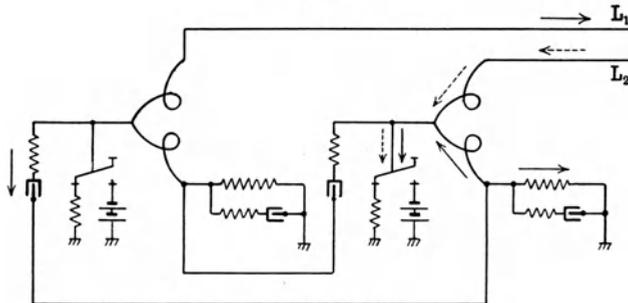
den induzierenden Strömen ähnlich verlaufen. Diese Induktionströme treten beim Beginn und beim Aufhören des Stromsendens in einer benachbarten Ader auf.

In Abb. 173 stellen L_1 und L_2 zwei benachbarte Kabeladern dar, die über die Tasten T_1 und T_2 mit den Apparaten A_1 und A_2 verbunden sind. Wird beim Niederdrücken von T_1 ein Strom aus der Batterie LB_1 in der Richtung des ausgezogenen Pfeiles in L_1 gesandt, so wird in L_2 ein Strom von der Richtung des gestrichelten Pfeiles induziert. Dieser Strom tritt an den Anfang der Windungen von A_2 heran. Wenn A_2 über einen Widerstand w_0 geerdet und zwischen die Punkte P_1 und P_2 ein Kondensator k_0 mit vorgeschaltetem Widerstande r_0 gelegt



wird, so fließt beim Niederdrücken von T_1 ein Zweigstrom vom Punkte P_1 über r_0 und k_0 zum Punkte P_2 und tritt an das Ende der Windungen von A_2 heran. Bei passender Größe von r_0 und k_0 wird die Wirkung des indu-

Abb. 175.

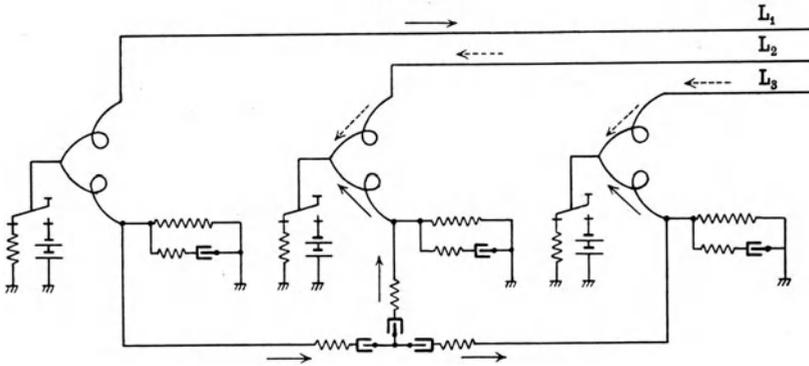


zierten Stromes auf A_2 durch den Stromstoß über den Seiteninduktionschutz praktisch genügend ausgeglichen.

Soll eine zum Gegensprechen benutzte Kabelader L_2 gegen die Induktion aus der einfach betriebenen Ader L_1 geschützt werden, so werden r_0 und k_0

zwischen den Punkt P von L_1 und den Anfang der künstlichen Leitung von L_2 gelegt (Abb. 174). Der durch die Windungen r' von Galvanoskop und Relais fließende, über r_0 und k_0 aus LB_1 gesandte Strom ist dem induzierten Strom in den Windungen r von Galvanoskop und Relais entgegengesetzt gerichtet; die Wirkungen beider Ströme auf die Differentialapparate heben sich daher auf. Die richtigen Werte von r_0 und k_0 erkennt man daran, daß der Zeiger des Differentialgalvanoskops beim Niederdrücken von T_1 nicht zuckt. Ist zwischen den Anfang der wirklichen und der künstlichen Leitung ein Querkondensator Q (Abb. 174) geschaltet, so schwächt dieser ebenfalls die Seiteninduktion ab. Der aus L_2 kommende induzierte Strom verzweigt sich in r und Q ; der Teilstrom durch Q fließt — abgesehen von dem Wege durch R — durch r' über T und w zur Erde. Die Teilströme in r und r' sind entgegengesetzt gerichtet und schwächen sich daher in ihrer Wirkung.

Abb. 176.



Den Seiteninduktionschutz für zwei zum Gegensprechen benutzte Adern zeigt Abb. 175; die Ströme sind für den Fall des Niederdrückens der Taste von L_1 angedeutet.

Sind in einem Kabel mehrere für den Gegensprechbetrieb verwendete Adern vorhanden, die gegeneinander geschützt werden sollen, so wird die sogenannte Sternschaltung benutzt (Abb. 176). Die Ströme zeigen den Fall an, daß die Taste von L_1 niedergedrückt wird.

III. Das Gegensprechen mit dem Klopperapparat¹⁾.

Diese Betriebsweise läßt sich mit der Differentialschaltung nach Abb. 120 und 121 durchführen, indem die Empfangsapparate EA_1 und EA_2 durch Klopper ersetzt werden. Die künstliche Leitung ist nach den früheren Erörterungen aufzubauen und abzugleichen. Da die ankommenden Stromkurven zeitlich verschoben sein können, ohne daß das richtige Empfangen gestört wird, so bietet das Abgleichen im allgemeinen keine besondere Schwierigkeit. Soll der nehmende Beamte in der Lage sein, von seinem Arbeitsplatz aus selbst

¹⁾ Vgl. Kloppergegensprechbetrieb. Blätter für Post und Telegraphie, Nr. 4, S. 58 u. 59. Berlin, 1908. Dort ist auch eine Schaltung angegeben, die es unter Benutzung geeigneter Umschalter ermöglicht, vom Gegensprechbetrieb in einer Leitung zum Einfachbetrieb in zwei Leitungen ohne weiteres überzugehen.

Quittung zu erteilen und etwaige Rückfragen zu halten, so wird neben der Taste T eine zweite Taste T' aufgestellt. Die Ruheschiene von T wird mit der Mittelschiene von T' verbunden und der Batteriewiderstand w an die Ruheschiene von T' gelegt. Die Arbeitschienen beider Tasten werden mit der Batterie LB verbunden. Gibt der nehmende Beamte von A nach verabredeter Ankündigung eine Anfrage, so dreht der nehmende Beamte von B die Schallkammer des Klopfers dem gebenden Beamten zu, der so die Anfrage entgegennehmen kann.

Auch die Brückenschaltung nach Abb. 136 läßt sich für das Klopferegensprechen verwenden, indem Klopfers als Empfangsapparate EA_1 und EA_2 eingeschaltet werden. Es lassen sich auch hierbei zwei Tasten hintereinander schalten.

An Stelle der beiden hintereinander liegenden Tasten können zwei getrennt voneinander stehende Tasten verwendet werden, von denen die eine oder die andere Taste mit Hilfe eines Umschalters an den Scheitelpunkt des Differentialrelais oder der Brücke gelegt werden kann.

IV. Das Gegensprechen mit dem Hughesapparat ¹⁾.

Der Hughesapparat ²⁾.

Der Apparat gibt die übermittelten Telegramme in Typendruck auf einem fortlaufenden Streifen wieder. Zu Mitlesezwecken erscheinen die Telegramme beim gebenden Amt ebenfalls gedruckt auf einem Streifen. Die Zeichen des Apparates sind auf einem Typenrad (Abb. 177) angebracht; es besteht aus einer kreisförmigen Scheibe, auf deren Rande Typen mit 26 Buchstaben, 10 Ziffern und 16 Unterscheidungszeichen sowie anderen Zeichen erhaben stehen. Zwei Zwischenräume von zusammen $\frac{4}{36}$ des Umfanges sind frei gelassen. Dem untersten Teile des Typenrades steht eine Druckwalze mit dem Papierstreifen gegenüber. Soll ein bestimmtes Zeichen, z. B. a , gedruckt werden, so muß die Druckwalze mit dem Papierstreifen gegen das sich drehende Typenrad in dem Augenblicke geworfen werden, in dem die Type a unten steht. Das Typenrad kann seine Stellung zur Achse X um einen Winkel von $360/56^\circ$ ändern. Bei der Stellung I (Abb. 177) steht eine der durch die ausgezogenen Linien bezeichneten Buchstabentypen unten, wenn gedruckt wird; bei der Stellung II ist dies der Fall für die durch die punktierten Linien bezeichneten Ziffern- und Zeichentypen. Nach dem Drucken wird der Papierstreifen selbsttätig um eine Typenbreite vorwärts geschoben. Geht die Druckwalze empor, wenn ihr eine freie Stelle des Typenrades gegenübersteht, so wird kein Zeichen abgedruckt, sondern nur der Papierstreifen vorgeschoben; auf dem Streifen erscheint daher eine weiße Stelle. Ist der freie Rand zwischen z und 1 in der Druckstellung, so kommt das Rad aus der Stellung II in die Stellung I; befindet sich die freie Stelle zwischen v und $($ in der Druckstellung, so geht das Typen-

¹⁾ Vgl. Anweisung zum Hughes-Gegensprechen, Ergänzungsheft Nr. 3 zur Beschreibung der in der Reichs-Telegraphenverwaltung gebräuchlichen Apparate (Ausgabe von 1899).

²⁾ Vgl. Th. Karraß, Geschichte der Telegraphie. Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig 1909; ferner Beschreibung der in der Reichs-Telegraphenverwaltung gebräuchlichen Apparate (Ausgabe von 1899).

aber nicht herausragen. Wird eine Taste gedrückt, so hebt ihr Ansatz T den zugehörigen Stift S empor (Abb. 179) und bringt sein oberes Ende in die Bahn eines Schlittens, der sich dauernd über der Stiftbüchse dreht. Trifft der Schlitten einen vorstehenden Stift S , so gleitet er mit einer abgeschrägten Lippe bis auf den Kopf des Stiftes herauf; hierdurch wird die Lippe und mit ihr der äußere Teil des Hebels h gehoben. Der der Schlittenachse Z zugekehrte innere Teil dieses Hebels liegt auf dem unteren Rand einer Buchse B , die auf der Achse Z verschoben werden kann. Gegen den oberen Rand dieser Buchse legt sich ein Arm des zweiarmigen Batteriehebels H ; der zweite Arm trägt eine Feder, deren Ende sich zwischen den Kontakten K_1 und K_2 bewegen kann. In der Ruhestellung (Abb. 178) liegt der Batteriehebel auf dem Ruhekontakte K_2 . Läuft beim Drücken einer Taste T die Lippe des Schlittens auf den gehobenen Stift S auf, so wird durch den Hebel h die Buchse B und mit ihr der anliegende Arm des Batteriehebels H gesenkt; die Batteriefeder wird gehoben und gegen den mit der Batterie verbundenen Kontakt K_1 gelegt. Diese Lage behält die Feder so lange, als die Lippe des Schlittens über den Stift gleitet. Die Kontaktdauer ist bedingt durch die Drehungsgeschwindigkeit des Schlittens und die Länge der Lippe. Macht der Schlitten in der Minute U Umdrehungen, und bedeckt die Lippe n Zwischenräume der Öffnungen in der Stiftbüchse — gerechnet von Mitte zu Mitte der Öffnungen für die Stifte —, so ist die Kontaktdauer bei 28 Öffnungen der Stiftbüchse $\frac{n}{28 U}$ Minuten oder $\frac{60 n}{28 U}$ Sekunden.

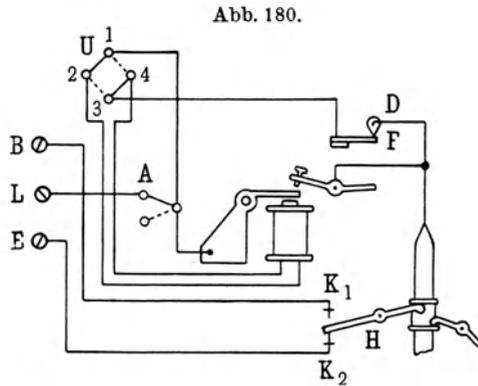
Der elektromagnetische Teil des Apparates, auf den der Stromstoß wirkt, besteht aus einem Dauermagneten, der aus mehreren hufeisenförmigen Lamellen zusammengesetzt ist. Auf seinen Polen stehen zwei Kerne aus weichem Eisen, die mit Draht bewickelt sind; der Gesamtwiderstand beider Wickelungen beträgt etwa 1200 Ohm. Unter dem Einfluß des Dauermagneten sind die Kerne in ihren oberen Enden magnetisch und ziehen ein ihnen als Anker vorgelagertes Stück aus weichem Eisen an. Zwei an dem Anker befestigte Blattfedern werden durch Schrauben gespannt und suchen den Anker emporzuschnellen. Der Apparat wird so eingestellt, daß die Abreißkraft der Federn etwas geringer ist, als die Anziehungskraft des Magneten. Der Strom wird durch die Windungen beider Kerne in solcher Richtung gesandt, daß der vorhandene Magnetismus geschwächt wird. Es überwiegt dann die Abreißkraft der Ankerfedern, und der Anker wird gegen die Anschlagschraube eines Auslösehebels geworfen. Mit dieser Schraube wird der zugehörige Teil des zweiarmigen Auslösehebels gehoben und der in das Innere des Apparates führende zweite Arm gesenkt. Das Ende dieses Armes wirkt auf eine Kuppelung zwischen einer Schwungradachse und einer Druckachse. Die Schwungradachse ist in der hinteren Apparatwange gelagert und ragt mit ihrem freien Ende in das Innere des Apparates hinein; sie ist mit dem Triebwerke verbunden und dreht sich dauernd. In der vorderen Apparatwange ist die Druckachse gelagert; sie ragt mit einem Ende in das Innere des Apparates hinein und steht dem Ende der Schwungradachse gegenüber. Sobald sich der rechte Arm des Auslösehebels senkt, wird die Druckachse mit der Schwungradachse verkuppelt und dreht sich mit ihr. Nach einer Umdrehung der Druckachse werden die Achsen selbsttätig ent-

kuppelt. Gleichzeitig wird der rechte Arm des Auslösehebels gehoben; dadurch wird sein linker Arm heruntergedrückt und der Anker durch die Anschlagsschraube zu den Polen des Elektromagneten zurückgebracht.

Die Druckachse trägt an ihrer unteren Seite einen Druckdaumen. Dreht sich die Druckachse, so kommt der Druckdaumen nach oben und drückt den Druckhebel empor. Der Druckhebel nimmt die an ihm befestigte Druckrolle mit dem darauf liegenden Papierstreifen mit und stößt den Streifen einen Augenblick gegen das Typenrad. Dies genügt, um das dem Papiere gegenüberstehende Zeichen abzdrukken.

Je nachdem der als Geber dienende Hughesapparat durch den Linienstrom elektrisch oder durch einen am Batteriehebel angebrachten Stößer mechanisch zum Ansprechen gebracht wird, unterscheidet man elektrische und mechanische Auslösung. Der Stromlauf für einen Apparat mit elektrischer Auslösung ist in Abb. 180 schematisch dargestellt.

Die Klemmen *L*, *E* und *B* werden mit der Leitung, der Erde und einem Pole der Linienbatterie, deren zweiter Pol geerdet ist, verbunden. Im Apparate führt von der Klemme *L* ein Verbindungsdraht über den Ausschalter *A* zur Klemme 1 des Umschalters *U*. Die Klemmen 2 und 4 stehen mit der Wicklung des Hughes-Elektromagneten in Verbindung; die Klemme 3 ist mit einer vom Apparat isolierten Feder *F* verbunden, die im folgenden als „isolierte Feder“ bezeichnet werden soll. Auf die Feder legt sich in der Ruhelage der



auf der Druckachse sitzende Korrekionsdaumen *D*, der mit dem Apparatgestell und hierüber mit dem Kontakthebel *H* leitend verbunden ist. Dieser Hebel liegt in der Ruhe auf dem geerdeten unteren Kontakte *K*₂. Die Klemme *L* ist ferner über die Kurbel des Ausschalters *A* mit dem Ankergestell und dadurch auch mit dem Anker verbunden. Der Auslösehebel oberhalb des Ankers steht mit dem Apparatgestell in Verbindung. Schnellt der Anker empor, und berührt er den Auslösehebel, so werden die Wicklungen des Elektromagneten über Anker und Auslösehebel kurzgeschlossen. Je nach der Stellung des Umschalters oder Stromwenders *U* sind die Klemmen in der ausgezogen oder in der gestrichelt gezeichneten Weise miteinander verbunden.

Werden an die Klemmen *L* ein Widerstand *W*, dessen zweites Ende geerdet ist, *B* eine Batterie *LB* und *E* eine Erdverbindung gelegt, so ergibt sich der in Abb. 181 dargestellte schematische Stromlauf. Der zwischen den Kernen des Elektromagneten *E* eingezeichnete Hebel deutet den Anker, der seinem freien Ende gegenüberstehende Anschlag den Auslösehebel an.

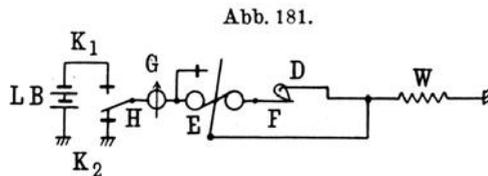


Abb. 182.

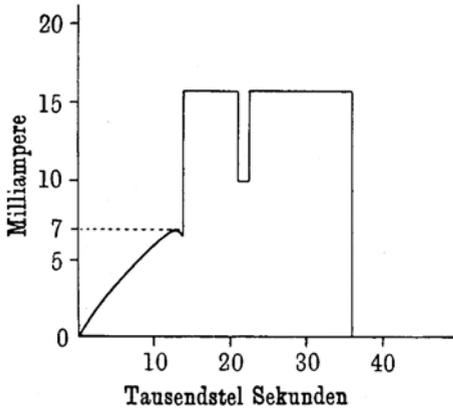
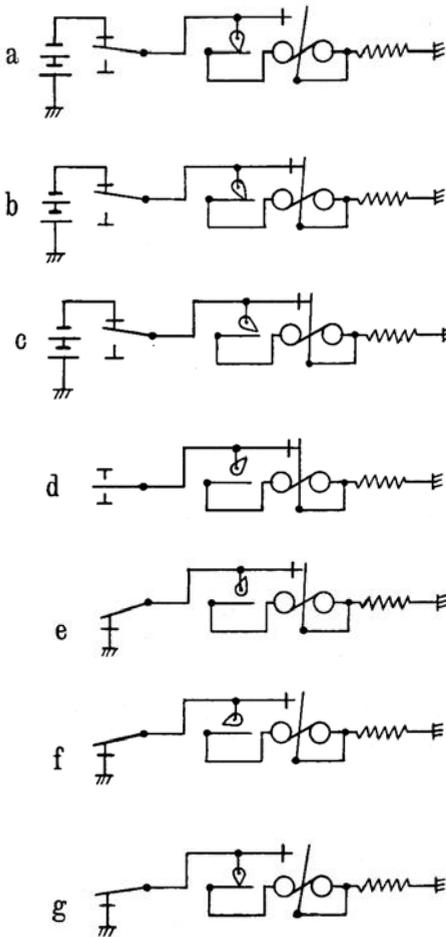


Abb. 183.



Für die folgende Betrachtung der elektrischen Vorgänge im Hughesapparate wird angenommen, daß die EMK der Batterie LB 30 Volt, der Widerstand des Hughes - Elektromagneten 1200 Ohm, seine Selbstinduktivität 30 Henry und der übrige Widerstand des Stromkreises 1800 Ohm beträgt. Macht das Typenrad des Hughesapparates 120 Umdrehungen in der Minute, so entfallen auf eine Umdrehung $500 \cdot 10^{-3}$ Sek. Bedeckt die Lippe des Schlittens zwei Zwischenräume, so beträgt die Kontaktdauer für ein Zeichen

$$\frac{2}{28} \cdot 500 \cdot 10^{-3} = \text{rd. } 36 \cdot 10^{-3} \text{ Sek.}$$

Die Stromstärke, bei der der Anker des Hughesapparates emporgeworfen wird, hängt im allgemeinen von der Stärke des Magnetismus in den Polen des Elektromagneten und der Spannung der Ankerfedern ab. Dieser Magnetismus wird durch den Dauermagneten hervorgerufen, dessen Wirkung durch ein parallel zu den Polen gelegtes Eisenstück, den sogenannten Schwächungsanker, vermindert werden kann. Die Spannung der Ankerfedern läßt sich durch verstellbare Schrauben ändern. Der Apparat sei so eingestellt, daß der Anker bei einer Stromstärke von 7 Milliampere von den Polen abgerissen wird. Der Stromverlauf, den beim Arbeiten des Hughesapparates, und zwar beim Geben eines Zeichens der Apparat G (Abb. 181) anzeigen würde, ist in Abb. 182 dargestellt; die hierbei vorkommenden verschiedenen Schaltungen im Apparat sind in Abb. 183 unter a bis g gezeichnet.

Trifft die Lippe des Schlittens auf einen aus der Stiftbüchse hervorragenden Stift, der durch eine niedergedrückte Taste gehoben ist, so wird der Batteriehebel gegen den oberen Kontakt K_1 (a in Abb. 183) gelegt. Dies geschehe zur Zeit Null. Durch die Windungen des Elektromagneten beginnt ein Strom zu fließen, der infolge der Selbstinduktivität der Rollen des Elektromagneten ansteigt, wie es in Abb. 182 in der Zeit von 0 an nach [9] des Anhanges dargestellt ist. Nach rund $12 \cdot 10^{-3}$ Sek. hat der Strom den Wert von 7 Milliampere erreicht; der Anker wird von den Polen abgerissen. Im Augenblicke des Emporschnellens ist die magnetische Strömung durch den Anker nicht Null, sondern gerade so groß, daß die magnetische Anziehungskraft etwas schwächer ist, als die von den Abreißfedern ausgeübte Kraft. Beim Abfliegen des Ankers verringert sich die von den Elektromagnetspulen eingeschlossene Kraftlinienzahl, und es entstehen bei der Trennung des Ankers vom Elektromagneten in seinen Spulen elektromotorische Kräfte. Die von ihnen erzeugten Ströme sind so gerichtet, daß sie das Abreißen des Ankers zu hindern suchen. Solange die äußere EMK der Stromquelle LB noch wirkt, kann die durch das Abreißen des Ankers erzeugte EMK nur als Schwächung des Stromes in die Erscheinung treten. Der Strom fällt nach dem Ansprechen des Apparates nach $12 \cdot 10^{-3}$ Sek. zunächst ab, wie es die Stromlinie in Abb. 182 zeigt.

Sobald der Anker beim Emporschnellen die Anschlagschraube des Auslösehebels trifft, werden die Windungen des Elektromagneten kurzgeschlossen (b in Abb. 183). Der Strom steigt, da sich in dem Kreise nur noch ein Widerstand von 1800 Ohm befindet, sogleich zum Werte von

$$\frac{30000}{1800} = \text{rund } 17 \text{ Milliampere}$$

an¹⁾. Der emporschnellende Anker nimmt den gegenüberstehenden Arm des Auslösehebels mit und stößt hierdurch den zweiten Arm auf die Druckachse. Hierbei wird der Kontakt zwischen Anker und Auslösehebel und die Kurzschließung der Elektromagnetspulen unterbrochen. Der Strom sinkt auf den Wert, der durch den Gesamtwiderstand von 3000 Ohm bedingt ist, also auf $\frac{30000}{3000} = 10$ Milliampere. Da die Unterbrechung des Kontaktes zwischen Anker und Auslösehebel nur kurz ist, so steigt der Strom bald wieder zu seinem früheren Werte von rund 17 Milliampere. Das Sinken und Wiederansteigen des Stromes zeigt die Stromlinie in Abb. 182 zur Zeit von $21 \cdot 10^{-3}$ Sek. und $22 \cdot 10^{-3}$ Sek.

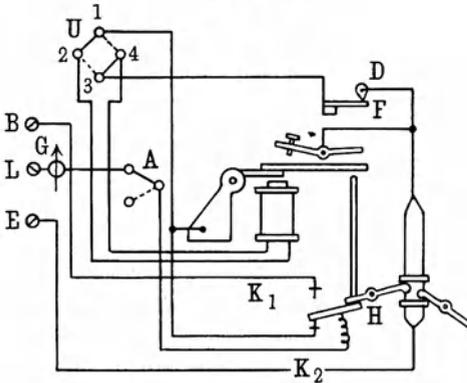
Durch die Bewegung des Auslösehebels wird die Druckachse mit der Schwungradachse verkuppelt und mit ihr gedreht. Es bewegt sich daher auch der auf der isolierten Feder liegende, an der Druckachse befestigte Korrekionsdaumen; er verläßt die Feder und unterbricht damit den Stromweg für die Windungen des Elektromagneten (c in Abb. 183). Der in den Windungen als Folge der Selbstinduktivität wirksame Strom sinkt sogleich auf Null. Nach Beendigung der Stromsendung, d. h. wenn die Lippe des Schlittens über den

¹⁾ Da der Anker gegen den Auslösehebel prallt und ihn daher nicht gleichmäßig berührt, so verläuft tatsächlich der Strom nicht so gleichmäßig, wie es in Abb. 182 schematisch dargestellt ist.

emporgedrückten Stift gelaufen ist, verläßt der Batteriehebel den oberen Kontakt, den Batteriekontakt, und kommt in die Schwebelage (d in Abb. 183); er legt sich dann gegen den unteren Kontakt, den Erdkontakt (e bis g in Abb. 183). Der Strom sinkt infolge der Unterbrechung des Stromweges zur Zeit $36 \cdot 10^{-3}$ Sek. auf den Wert Null, wie die Stromlinie in Abb. 182 andeutet.

Nachdem die Druckachse ihre Umdrehung nahezu vollendet hat, wird der eine Arm des Auslösehebels gehoben und der andere Arm mit der Anschlagsschraube gesenkt. Dieser Arm drückt den Anker in seine Ruhelage und trennt sich dann wieder von ihm (f in Abb. 183). Die durch diese Ankerbewegung in den Windungen des Elektromagneten hervorgerufenen elektromotorischen

Abb. 184.

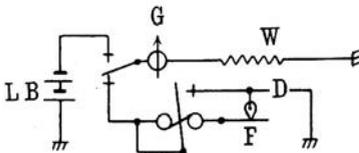


Kräfte können keine Ströme erzeugen, weil der Stromkreis für die Windungen an der isolierten Feder noch unterbrochen ist. Der Korrektionsdaumen legt sich dann wieder gegen die isolierte Feder (g in Abb. 183), und Druckachse und Schwungradachse werden entkuppelt. Der Apparat ist in seine Anfangstellung zurückgekommen und zum Wiedergeben des nächsten Zeichens bereit. Die Zeit vom Beginne des Emporschnellens des Ankers bis zur Rückkehr der einzelnen Teile in

ihre Anfangstellung beträgt rund $75 \cdot 10^{-3}$ Sek. bei der angenommenen Zahl von 120 Umdrehungen in der Minute.

In Abb. 184 ist der Stromlauf für einen Hughesapparat mit mechanischer Auslösung dargestellt; der in Abb. 181 gezeichneten Schaltung für einen Apparat mit elektrischer Auslösung entspricht die Schaltung in Abb. 185 für einen Apparat mit mechanischer Auslösung.

Abb. 185.



Der Elektromagnet nebst isolierter Feder liegt zwischen dem unteren Kontakt und der Erde; die Klemme E ist mit dem Körper des Apparates verbunden, und die Batteriefeder ist von dem Körper des Apparates isoliert. Wird der Apparat

als Geber benutzt, so fließt der Strom unmittelbar in die Leitung; der Weg für diesen Strom wird durch die verschiedenen beim Ansprechen des Apparates hervorgerufenen Schaltungen für den Elektromagneten nicht beeinflusst. Beim Arbeiten des Apparates in einer Schaltung nach Abb. 185 würde beim Legen des Batteriehebels gegen den oberen Kontakt der Strom aus der Linienbatterie sogleich zu seiner vollen Stärke von $\frac{30000}{1800} =$ rund 17 Milliampere ansteigen

und diese Stärke während der Kontaktdauer behalten. Der Apparat spricht dadurch an, daß ein am Kontakthebel angebrachter Stößer beim Heben des Hebels den mit einem Ansatz versehenen Anker emporhebt; er gibt also beim Niederdrücken der Tasten Schrift ohne Einwirkung der Batterie LB .

Wird der Hughesapparat als Empfänger benutzt, d. h. tritt bei der Klemme *L* ein Strom ein, so arbeiten die Apparate mit elektrischer und mechanischer Auslösung in gleicher Weise. Der Unterschied besteht nur darin, daß der Elektromagnet beim Apparate mit elektrischer Auslösung vor dem Batteriehebel, beim Apparate mit mechanischer Auslösung dagegen hinter dem Batteriehebel liegt. Das Zusammenarbeiten von zwei Apparaten soll für einen Apparat mit mechanischer Auslösung als Geber und für einen solchen mit elektrischer Auslösung als Empfänger betrachtet werden. Die schematische Schaltung der beiden durch eine Leitung verbundenen Apparate ist in Abb. 186 dargestellt; auf dem Amt *A* befindet sich der Apparat mit mechanischer, auf dem Amte *B* der mit elektrischer Auslösung.

Sobald sich der Batteriehebel gegen den oberen Kontakt legt, fließt ein Strom in die Leitung; er steigt allmählich bis zur „kritischen Stromstärke“, d. h. der Stromstärke, die den Apparat auslöst, an. Dieser Stromwert ist durch die Empfindlichkeit des Elektromagnetsystems bedingt, die für einen bestimmten Apparat bei gegebener Einstellung als gleichbleibend angenommen werden kann. Die Zeit T_1 zwischen dem Beginne des Stromsendens und dem Erreichen der kritischen Stromstärke hängt von den elektrischen Eigenschaften der Stromquelle, des Apparates und der Leitung ab, während die Zeit T_2 zwischen dem Ansprechen des Elektromagneten und dem Emporwerfen der Druckwalze gegen das Typenrad durch die mechanische Bauart und die Einstellung des Apparates bedingt ist.

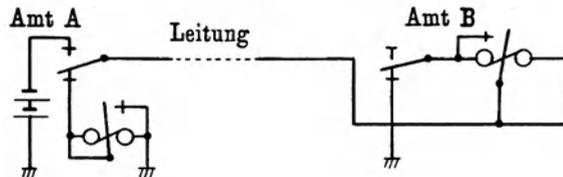
Die Zeit T_2 wird durch folgende Vorgänge ausgefüllt: Emporschnellen des Ankers und Mitnehmen des gegenüberstehenden Armes des Auslösehebels, Senken

des zweiten Armes dieses Hebels, Verkuppeln von Schwungrad- und Druckachse, Drehen der Druckachse, bis der Druckdaumen die Anschlagsnase des Druckhebels erreicht, Emporheben des Druckhebels und damit Andrücken der Druckwalze mit dem Papierstreifen gegen das Typenrad. Auch diese Zeit kann für einen Apparat mit bestimmter Einstellung als feststehend gelten.

Macht das Typenrad eine Umdrehung in t Sek., legt es also einen Winkel von 360° zurück, so dreht es sich während der Zeit $T_1 + T_2$ Sek. um $\frac{T_1 + T_2}{t} \cdot 360^\circ$ oder $\frac{T_1 + T_2}{t} \cdot 28$ Einheiten des Umfanges, wenn der volle Umfang als in 28 Einheiten zerlegt angesehen wird.

Ist nach den früher für Abb. 182 angenommenen Zahlenwerten $T_1 = 12 \cdot 10^{-3}$ Sek., und wird für einen gegebenen Apparat $T_2 = 54 \cdot 10^{-3}$ Sek. gesetzt, so entspricht der Zeit $T_1 + T_2 = 66 \cdot 10^{-3}$ Sek. ein Winkel von rund 48° oder rund $\frac{4}{28}$ des Umfanges. Soll z. B. der Buchstabe *a* übermittelt werden, so muß beim Beginne des Stromsendens von *A* aus, d. h. bei dem Auflaufen des Schlittens auf den gehobenen, über dem Ansätze der Taste *a* stehenden Stift das Typenrad bei *B* etwa mit dem Buchstaben *x* in der Druckstellung stehen; dann trifft die Druckwalze nach einer Drehung des Typenrades um $\frac{4}{28}$ des Umfanges richtig den Buchstaben *a*. Diese gegenseitige Stellung des Schlittens bei *A* und des Typen-

Abb. 186.

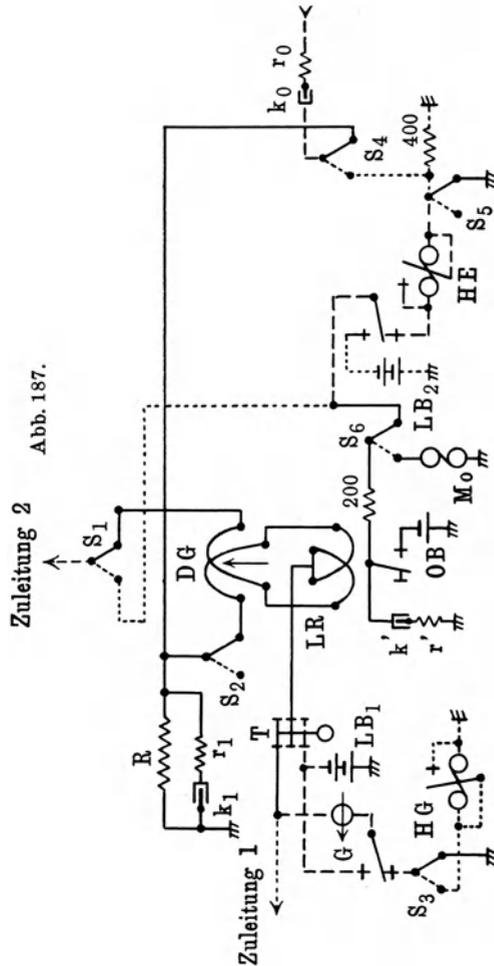


rades bei *B* muß dauernd beibehalten werden. Um beiden Apparaten gleiche Umlaufgeschwindigkeit geben zu können, ist jeder Apparat mit einer Brems- und Reguliervorrichtung versehen. Bevor mit dem Telegraphieren begonnen wird, werden bei beiden Ämtern die Typenräder durch das Niederdrücken eines Einstellhebels festgestellt. Der erste Stromstoß löst den Apparat so aus, daß das □-Zeichen in die Druckstellung gebracht wird. Wenn also mit dem Drücken der □-Taste begonnen wird, so stehen beide Apparate richtig zueinander.

Wenn auch mit Hilfe der Reguliervorrichtung beiden Apparaten annähernd die gleiche Geschwindigkeit gegeben werden kann, so ist es trotz sorgfältigster Bauart und Einstellung nicht möglich, den Gleichlauf dauernd vollkommen zu erhalten. Zum Ausgleichen kleiner Unterschiede dienen das Korrektionsrad und der Korrektionsdaumen. Das Korrektionsrad mit 28 scharfen Zähnen ist mit dem Typenrade verbunden. Beide Räder sitzen auf einer Achse des Triebwerkes, sind jedoch nicht starr auf ihr befestigt, sondern können sich unter der Einwirkung einer äußeren Kraft drehen. Der Korrektionsdaumen sitzt an der Druckachse, die auch den Druckdaumen trägt; er dreht sich nach dem Ansprechen des Apparates mit dieser Achse und kommt hierbei in den Weg der Zähne des Korrektionsrades. Dies geschieht, ehe der Druckdaumen wirkt. Es soll nun angenommen werden, daß der Hughesapparat bei *B* $12 \cdot 10^{-3}$ Sek. nach dem Beginne des Stromsendens von *A* anspricht, und daß der Korrektionsdaumen $26 \cdot 10^{-3}$ Sek. nach dem Ansprechen des Apparates in die Bahn der Zähne des Korrektionsrades kommt; nach $44 \cdot 10^{-3}$ Sek. soll er sich so weit aus der Bahn entfernt haben, daß er die Bewegung des Rades nicht mehr beeinflusst. Dann befindet sich der Korrektionsdaumen während $18 \cdot 10^{-3}$ Sek. in dem Wege der Korrektionszähne. Steht das Typenrad von *B* richtig zum Schlitten von *A*, so muß die Type, gegen die der Papierstreifen gedrückt werden soll, in die unterste Stellung des Rades nach $(12 + 54) \cdot 10^{-3}$ Sek., vom Anfange des Stromsendens bei *A* ab gerechnet, kommen. Dieser Zeit entspricht eine Drehung des Typenrades um rund $\frac{12}{18} + \frac{54}{18} = 3\frac{2}{3}$ Typenabständen, wenn diese Abstände von Mitte zu Mitte der Buchstabentypen gerechnet werden, oder um rund $\frac{66}{18} \cdot \frac{360}{28} = 47^\circ$. Bei dieser Stellung des Typenrades kommt der Korrektionsdaumen gerade in der Mitte zwischen zwei Korrektionszähnen in ihre Bahn und bewegt sich, da er sich siebenmal schneller als das Korrektionsrad dreht, so, daß er dieses Rad an seiner gleichmäßigen Drehung nicht hindert. Befindet sich dagegen die abzudruckende Type bei *B* nur $3\frac{2}{3} - \frac{1}{2}$ Typenabstand von der Druckstelle entfernt, wenn *A* mit dem Stromsenden beginnt, ist das Typenrad bei *B* also dem Schlitten bei *A* gegenüber vorgeeilt, so legt sich der Korrektionsdaumen gegen den rückliegenden Zahn des Korrektionsrades, hält dieses Rad zunächst an und gibt es erst bei der weiteren Drehung frei. Das Voreilen des Apparates bei *B* wird dadurch ausgeglichen. Ist der Apparat zurückgeblieben, so daß beim Anfange des Stromsendens von *A* die zu druckende Type $3\frac{2}{3} + \frac{1}{2}$ Typenabstand von der Druckstelle entfernt ist, so trifft der Korrektionsdaumen den vorliegenden Zahn des Korrektionsrades und schiebt ihn vorwärts; Korrektions- und Typenrad drehen sich kurze Zeit schneller und werden hierdurch wieder richtiggestellt. Der Korrektionsdaumen kann hiernach nur ein Voreilen oder Zurückbleiben des Typenrades um höchstens einen halben Typenabstand ausgleichen.

Die Differentialschaltung.

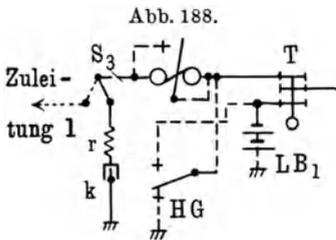
Zum Gegensprechen in langen Kabelleitungen wird die Differentialschaltung benutzt. Sie bietet gegenüber der Brückenschaltung den Vorteil, daß der Widerstand am Anfange der Leitung gering gehalten werden kann und dadurch der Stromverlauf am Ende der Leitung für das Linienrelais möglichst günstig gestaltet wird. Der Hughesgeber wird an die Ruhschiene der Taste *T* (Abb. 120 und 121) gelegt, während der Hughesempfänger an die Stelle des Empfangsapparates *EA* tritt. Würde die Taste mit der Klemme *L* eines Hughesapparates mit mechanischer Auslösung (Abb. 184) ohne Änderung der Schaltung verbunden, so würde der ankommende Strom über *T* durch die Elektromagnetwindungen des Hughesgebers fließen, wenn die Batteriefeder auf dem unteren Kontakte liegt. Der Geber würde beim Senden, wenn gleichzeitig vom anderen Amte Ströme ankommen, unrichtige Mitleseschrift geben; auch würde der Widerstand des Apparatsatzes und damit die Stärke des wirksamen Stromes für das Linienrelais verschieden sein, je nachdem das Amt sendet oder nicht. Um diesen Übelstand zu vermeiden, wird die Klemme 1 des Stromwenders *U* und mit ihr der untere Kontakt *K*₂ unmittelbar geerdet. Diese Schaltung des Hughesgebers *HG* ist in Abb. 187



schematisch angedeutet. Der Kontakt *K*₂ liegt an der Kurbel des Umschalters *S*₃, dessen rechte Klemme mit der Erde verbunden ist. Wird der Umschalter nach rechts gestellt, so ist der untere Kontakt *K*₂ an Erde gelegt. Der Ankerhebel des Linienrelais *LR* wird über einen Widerstand von 200 Ohm mit der Kurbel des Umschalters *S*₆ verbunden, von dessen Klemmen Drähte zum Morseapparate *Mo* und zum Hughesempfänger *HE* führen. Der Widerstand soll das Kurzschließen der Ortsbatterie *OB* während der Zeit verhüten, in der die Elektromagnetwindungen des Hughesempfängers durch Anker und Auslösehebel überbrückt sind. Um das Entstehen von Funken zwischen Ankerhebel

und Arbeitskontakt beim Unterbrechen des Ortstromkreises zu vermindern, sind der Kondensator k' und der Widerstand r' in eine Abzweigung zur Erde gelegt.

Mit einer Schaltung nach Abb. 187 kann eine Leitung zum Gegensprechen verwendet werden, oder es lassen sich die beiden Hughesapparate für den Einfachbetrieb von zwei Leitungen benutzen. Beim Gegensprechen ist die Kabelader auf die Zuleitung 2 zu schalten, während die Zuleitung 1 isoliert bleibt; die Kurbeln der Umschalter S_1 bis S_6 werden nach rechts gestellt. Diese zur besseren Übersicht getrennt voneinander gezeichneten Umschalter werden so vereinigt, daß ihre Kurbeln gleichzeitig nach rechts oder links gestellt werden können. Die ausgezogenen Linien gehören den Stromkreisen für den Gegensprechbetrieb und die punktierten Linien denen für den Einfachbetrieb an, während die gestrichelten Linien Stromwege für den Gegensprech- und Einfachbetrieb darstellen. Die künstliche Leitung ist durch den Kurbelrheostaten R und einen Kondensator k_1 mit einem Verzögerungswiderstande r_1 angedeutet; bei langen Kabelleitungen ist es jedoch nach den früheren Erörterungen nötig, mehrere Kondensatoren und vorgeschaltete Widerstände zu verwenden. Der Kondensator k_0 und der Widerstand r_0 stellen den Seiteninduktionschutz gegen eine zweite Kabelader dar. Sollen Induktanzspulen verwendet werden, so werden sie an die mit Zuleitung 2 und R verbundenen



Klemmen von DG gelegt. Ein Querkondensator wird zwischen die äußeren Klemmen von DG oder von LR geschaltet. Mit dem Umschalter S_6 kann der Morseapparat Mo oder der Hughesapparat HE für den Empfang in den Ortstromkreis gelegt werden.

Beim Einfachbetriebe werden die Umschalter S_1 bis S_6 nach links gestellt. Soll eine einfach betriebene Kabelader gegen die Seiteninduktion aus der zweiten Ader geschützt werden, so muß sie auf die Zuleitung 2 geschaltet werden. Dann liegt in der Erdleitung von HE der Widerstand von 400 Ohm, vor dem der Seitenschutz $k_0 - r_0$ abzweigt (vgl. Abb. 173).

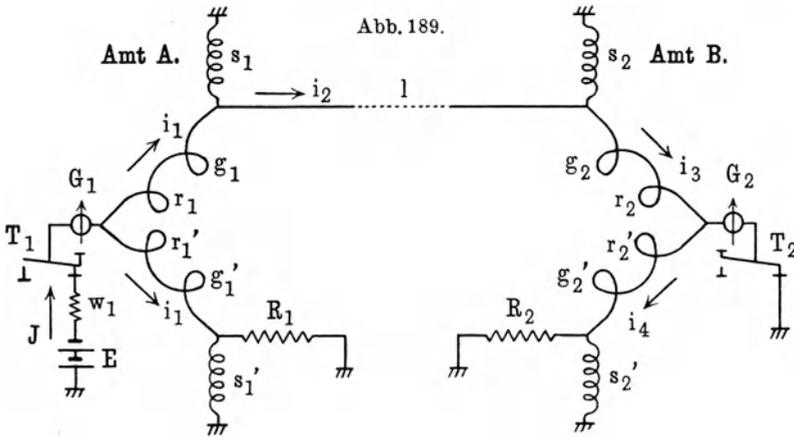
In Abb. 188 ist die Schaltung für einen als Geber benutzten Hughesapparat mit elektrischer Auslösung so weit angegeben, als sie von der Schaltung in Abb. 187 abweicht. An dem Hughesapparate wird eine besondere, mit dem Körper des Apparates und dadurch auch mit dem Auslösehebel verbundene Klemme angebracht. Mit dieser Klemme wird die Ruheschiene der Taste T verbunden. Die Klemme L (Abb. 180) wird an die Kurbel eines Umschalters S_3 gelegt, dessen Klemmen mit der Zuleitung 1 und einem Kondensator k mit vorgeschaltetem Widerstande r verbunden sind. Beim Stromsenden fließen durch die Elektromagnetwindungen über den Kondensator kurze Stromstöße, die den Apparat ansprechen lassen.

Die Widerstandsverhältnisse bei der Gegensprechschaltung nach Abb. 187 weichen von denen der Schaltungen in Abb. 120 und 121 insofern ab, als in der Ruhelage der Taste und des Hughesgebers nur das Galvanoskop G mit einem Widerstande von etwa 15 Ohm in die Erdleitung eingeschaltet ist. Diese Abweichung ist jedoch so gering, daß die früher angegebenen Beziehungen zum Berechnen der Batteriespannungen dienen können.

Zum Berechnen der Widerstands- und Stromverhältnisse für eine Leitung mit Induktanzspulen ¹⁾ soll die Abb. 189 dienen. Beim Amte *B* sind die Werte von r'_2 , g'_2 und s'_2 denen von r_2 , g_2 und s_2 gleich. Wird der kombinierte Widerstand $\frac{R_2 s_2}{R_2 + s_2} = a_2$ gesetzt, so ist der Widerstand des Apparatsatzes beim Amte *B*

$$W_2 = \frac{s_2 \cdot \left(g_2 + r_2 + \frac{G_2 (r_2 + g_2 + a_2)}{G_2 + r_2 + g_2 + a_2} \right)}{s_2 + g_2 + r_2 + \frac{G_2 (r_2 + g_2 + a_2)}{G_2 + r_2 + g_2 + a_2}}$$

Dann wird beim Abgleichen des Amtes *A* $R_1 = l + W_2$. Dem Werte von G_2 gegenüber kann $r_2 + g_2 + a_2$ als unendlich groß betrachtet werden, ohne daß ein wesentlicher Fehler begangen wird, und es ist in diesem Falle



$$W_2 = \frac{s_2 (g_2 + r_2 + G_2)}{s_2 + g_2 + r_2 + G_2}$$

Wird auf dem Amte *A* die Taste gedrückt, so beträgt der wirksame Strom für das Empfangsrelais beim Amte *B* $i = i_3 + i_4$. Aus den Beziehungen

$$E = J(w_1 + G_1) + i_1 (r_1 + g_1 + a_1),$$

$$i_1 = \frac{J}{2},$$

$$i_2 = \frac{s_1}{s_1 + R_1} \cdot i_1,$$

$$i_3 = i_2 \cdot \frac{s_2}{s_2 + g_2 + r_2 + \frac{G_2 (r_2 + g_2 + a_2)}{G_2 + r_2 + g_2 + a_2}}$$

und

$$i_4 = i_3 \cdot \frac{G_2}{G_2 + r_2 + g_2 + a_2}$$

¹⁾ Vgl. Kraatz, Der Hughes-Gegensprechbetrieb in Kabelleitungen. Archiv für Post und Telegraphie, S. 65 ff. Berlin 1909.

folgt

$$i = \frac{E s_1 s_2 (2 G_2 + r_2 + g_2 + a_2)}{(s_1 + R_1)(2w_1 + 2G_1 + r_1 + g_1 + a_1)(G_2 + r_2 + g_2 + a_2) \left(s_2 + g_2 + r_2 + \frac{G_2(r_2 + g_2 + a_2)}{G_2 + r_2 + g_2 + a_2} \right)}$$

In dieser Gleichung ist $a_1 = \frac{s_1 \cdot R_1}{s_1 + R_1}$. Sind die Widerstände von G , r , g und s bei beiden Ämtern gleich, wird ferner $r_2 + g_2 + a_2$ gegenüber G_2 als so groß betrachtet, daß für

$$\frac{G_2(r_2 + g_2 + a_2)}{G_2 + r_2 + g_2 + a_2}$$

der Wert G_2 gesetzt werden kann, und wird schließlich $2G_2 + r_2 + g_2 + a_2$ gleich $G_2 + r_2 + g_2 + a_2$ angenommen, so ist

$$i = \frac{E s^2}{(s + R) \left(2w + 2G + r + g + \frac{R s}{R + s} \right) (G + r + g + s)}$$

Werden folgende Werte eingesetzt: $i = 20$ Milliampere, $s = 1000$, $r + g = 100$, $G = 15$ und $w = 130$ Ohm, und ist der Widerstand der Leitung $l = 2000$ Ohm, so ist

$$R = 2000 + \frac{1000(100 + 15)}{1000 + 100 + 15} = \text{rund } 2103 \text{ Ohm}$$

und

$$E = \text{rund } 74 \text{ Volt.}$$

Als Sammlerspannung sind mithin 80 Volt zu wählen. Es sind bei dauerndem Tastendrucke die wirksame Stromstärke $i = \text{rund } 22$ und die von der Batterie hergegebene Gesamtstromstärke $J = \text{rund } 150$ Milliampere.

Will Amt A die künstliche Leitung abgleichen, so schaltet Amt B die annähernd bekannten Werte für die künstliche Leitung ein und legt ferner die Induktanzspulen und den Querkondensator an. Amt A schaltet zunächst die Induktanzspulen, den Querkondensator und den Seiteninduktionschutz ab und ermittelt den Wert von R bei dauerndem Tastendrucke; hierauf werden die Kondensatoren und Verzögerungswiderstände abgeglichen, und zwar zunächst beim Geben von Morsestrichen mit der Taste und dann beim Geben von Morsepunkten. Im ersten Falle werden die wirkliche Leitung und die Kondensatoren der künstlichen Leitung fast völlig geladen; im zweiten Falle, der dem Senden der kurzen Stromstöße mit dem Hughesapparat entspricht, wird nur ein Teil der vollen Ladung aufgenommen. In beiden Fällen soll der Zeiger des Differentialgalvanoskops oder des in der Diagonale liegenden Spannungsmessers beim Niederdrücken und beim Loslassen der Taste nicht zucken. Hierauf werden die Induktanzspulen an die Kabelleitung und die künstliche Leitung geschaltet. Die Spule für die Kabelleitung wird in der früher beschriebenen Weise nach Abb. 170 abgeglichen und mit der hierbei gefundenen Stellung des Eisenmantels angelegt. Hierauf wird die Spule an der wirklichen Leitung so eingestellt, daß beim Beginn und beim Aufhören des Stromsendens Differentialgalvanoskop oder Spannungsmesser nicht beeinflußt wird. Nunmehr wird der Seiteninduktionschutz angeschaltet; er ist so abzugleichen, daß beim Arbeiten in der zweiten Ader der Zeiger des Differentialgalvanoskops in der Ruhelage bleibt. Nach dem Einschalten des Seitenschutzes muß

die künstliche Leitung nachgeprüft werden; ihre Kapazität ist wegen des Hinzutretens von Kapazität in dem Seitenschutz etwas zu verringern. Amt *A* läßt nunmehr die ermittelten Werte eingeschaltet, und Amt *B* gleicht in ähnlicher Weise ab. Nachdem dies geschehen ist, prüft Amt *A* nochmals seine Abgleichung nach.

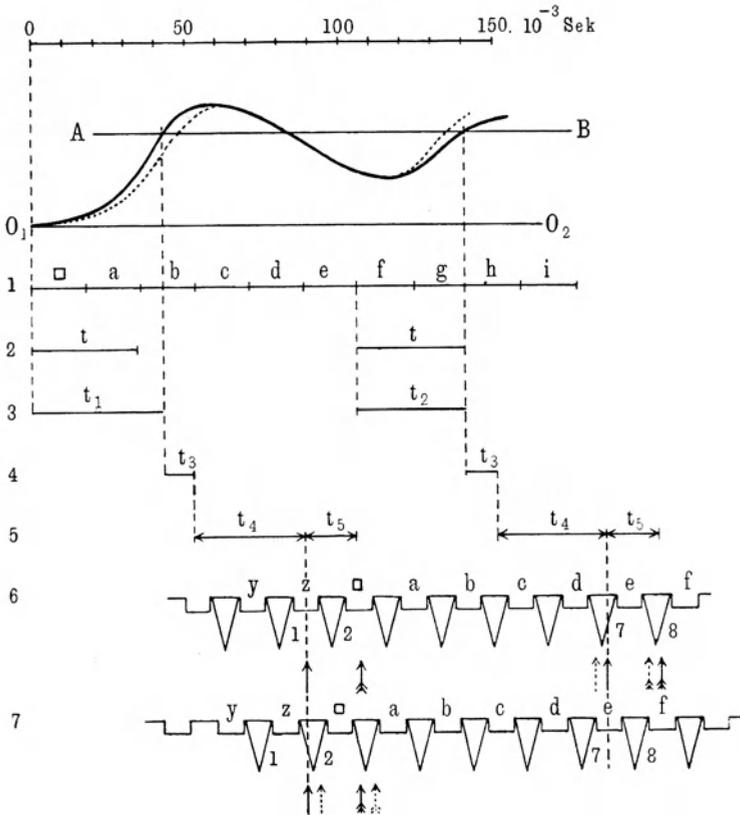
An Stelle des Spannungsmessers kann zum Abgleichen auch ein Undulator verwendet werden, der in die Diagonale gelegt wird. Sein Anker besteht aus zwei dünnen Magnetstäben, die an einer senkrecht stehenden Achse so befestigt sind, daß sie mit entgegengesetzten Polen einander gegenüberstehen. Die Polenden der Magnete liegen zwischen Polschuhen, die auf den oberen und unteren Enden zweier senkrecht stehenden Elektromagnetkerne befestigt sind. Mit der Ankerachse ist ein dünner Winkelheber aus Glas verbunden, der mit seinem oberen Ende in einen Farbbehälter taucht und mit dem unteren Ende einen Papierstreifen berührt. Die vier Polschuhe ziehen jedes Ende der beiden Magnetstäbe gleich stark an, wenn kein Strom durch die hintereinander geschalteten Wicklungen der beiden Elektromagnete fließt; das Schreibröhrchen zeichnet auf dem laufenden Papierstreifen eine gerade Linie auf. Wenn die Wicklungen von einem Strome durchflossen werden, so wirken die Polschuhe verschieden stark auf die Magnete und drehen die Achse; die Linie auf dem Papierstreifen wird ausgebogen. Die Ausbiegungen nach der einen oder anderen Seite lassen die Richtung und Stärke der durch die Undulatorwicklungen fließenden Ströme erkennen.

In Abb. 190 ist für eine lange Kabelleitung der Verlauf des Stromes angegeben, wie er auf das Linienrelais beim Amte *B* wirkt, wenn zwei kurz aufeinander folgende Stromstöße vom Amt *A* aus gesandt werden. Wird die □-Taste gedrückt, so soll die Stromsendung zur Zeit *O* beginnen. Die neben 1 angegebene Einteilung zeigt, von wann ab infolge des Niederdrückens einer durch die Buchstaben bezeichneten Taste vom Amt *A* aus Strom in die Leitung gesandt wird. Die Stromdauer eines Zeichens soll $36 \cdot 10^{-3}$ Sek. betragen. Werden die Tasten □ und *f* nacheinander gedrückt, so fließt Strom vom Amt *A* aus während der neben 2 angegebenen Zeiten *t* in die Leitung. Der Abstand der Linie *AB* von der Nulllinie O_1O_2 soll die kritische Stromstärke darstellen, bei der das Relais anspricht. Die Zeiten zwischen dem Beginne der Stromsendung bei *A* und dem Ansprechen des Relais bei *B* sind dann t_1 und t_2 (3 in Abb. 190), und zwar ist $t_2 < t_1$. Wenn der Ankerhebel des Relais gegen den Arbeitskontakt gelegt ist, so steigt der Strom in dem Ortstromkreise wegen der Selbstinduktivität des Hughesapparates nicht sogleich zu seinem Endwert an. Bei gegebener EMK und einem bestimmten Gesamtwiderstand ist die Zeit vom Beginne des Schließens des Stromkreises bis zum Ansprechen des Hughesapparates stets gleich; sie sei für einen bestimmten Fall $10 \cdot 10^{-3}$ Sek. Diese Zeit wird durch t_3 (neben 4 in Abb. 190) dargestellt. Nach dem Auslösen des Hughesapparates beginnt die Druckachse sich zu drehen. Der Korrektionsdaumen soll mit seiner Spitze in die Bahn der Zähne des Korrektionsrades nach der Zeit t_4 kommen, und der Druckdaumen soll die Druckwalze mit dem Papierstreifen nach der Zeit $t_4 + t_5$, vom Auslösen des Apparates ab gerechnet, gegen das Typenrad werfen. Diese Zeiten sind in Abb. 190 neben 5 angedeutet. Neben 6 sind das Typenrad und das hinter ihm angebrachte Korrektionsrad mit einem Teile des abgerollten Umfanges

schematisch gezeichnet. Die Korrektionszähne ragen über das Typenrad hinaus. An den Typen sind die von ihnen dargestellten Buchstaben angegeben; an der Stelle für □ ist zur besseren Übersicht ebenfalls eine Type gezeichnet, obwohl der Rand des Typenrades an diesem Platze frei ist.

Wenn vor dem Beginne des Arbeitens der Einstellhebel gedrückt und dadurch das Typenrad mit Korrektionsrad festgestellt ist, so wird beim ersten Auslösen des Hughesapparates das Typenrad zu einer solchen Zeit freigegeben, daß der Korrektionsdaumen die Mitte des Raumes zwischen den Zähnen 1

Abb. 190.



und 2 trifft¹⁾. Dies ist durch die Stellung des ungefederten Pfeils angedeutet. Das Korrektionsrad kann sich ungehindert drehen. Die Druckwalze trifft richtig die Type □, wie es der gefiederte Pfeil anzeigt. Im Anschluß an die Stromsendung mit der Taste *f* trifft der Korrektionsdaumen mit seiner Spitze gegen den Zahn 7 und schiebt das Korrektionsrad nach links, so daß es in die neben 7 gezeichnete Lage kommt. Dann schlägt die Druckwalze richtig gegen die Type *f*, wie der gefiederte Pfeil andeutet. Beginnt beim Anfange der nächsten Umdrehung der Strom wieder zur Zeit 0 zu steigen, so trifft der Korrektionsdaumen gegen den Zahn 2 und hält das Korrektionsrad und

¹⁾ Tatsächlich greift der Korrektionsdaumen in eine andere Zahnücke ein, was aber für diese Betrachtung ohne Belang ist.

mit ihm das Typenrad in seiner Bewegung auf, so daß die Räder wieder in die neben 6 gezeichnete Lage kommen.

Abb. 190 läßt erkennen, daß das Relais auf die zweite Stromsendung nicht früher ansprechen darf, als es gezeichnet ist; sonst würde der Korrektdaumen in der neben 6 gestrichelt gezeichneten Lage in die Bahn der Zähne kommen und den Zahn 7 nach rechts verschieben; es würde dann das Zeichen e gedruckt werden. Andererseits darf bei der zweiten Umdrehung das Relais nicht später als nach der Zeit t_1 ansprechen; sonst würde, wie es der gestrichelte Pfeil neben 7 andeutet, der Korrektdaumen den Zahn 2 an der rechten Seite treffen und ihn nach links verschieben; der Apparat würde a statt \square geben. Dagegen würde ein Verringern von t_1 oder ein Vergrößern von t_2 den Empfang nicht stören.

Verwenden die Ämter *A* und *B* gleiche Batterien, so wird das Relais durch den eigenen abgehenden Strom nach Abb. 127 in gleicher Weise wie durch den ankommenden Strom beeinflusst, wenn der Widerstand der künstlichen Leitung zu klein oder ihre Kapazität zu groß ist. Dies bedeutet für die Stromlinie in Abb. 190 ein zu frühes Ansteigen, wie es durch die gestrichelte Linie für die zweite Stromsendung angegeben ist. Die Zeit t_2 wird verringert, und der Apparat gibt e statt f, oder allgemein gehen die Zeichen von \square nach z. Ist umgekehrt der Widerstand der künstlichen Leitung zu groß oder ihre Kapazität zu klein, so wird das Ansteigen des Stromes verzögert. Die erste Stromwelle wird etwa in der durch die gestrichelte Linie angedeuteten Form verlaufen; es wird also t_1 größer werden. Bei der zweiten Umdrehung wird a statt \square erscheinen. Hieraus läßt sich folgern, daß der Widerstand der künstlichen Leitung zu groß oder ihre Kapazität zu klein ist, wenn beim Gegengehen die Zeichen von \square nach a gehen, und daß der Widerstand der künstlichen Leitung zu gering oder ihre Kapazität zu hoch gewählt ist, wenn beim Gegengehen die Zeichen von \square nach z gehen.

Wenn die Ämter mit entgegengesetzten Batterien arbeiten, so liegen die Verhältnisse umgekehrt.

Bevor der Gegensprechbetrieb in einer Leitung aufgenommen wird, sind die Kontakte des Hughesgebers und des Relais zu reinigen und richtig einzustellen. Haben die Ämter *A* und *B* die künstliche Leitung mit der Taste abgeglichen und sich hierüber verständigt, so schalten sie die Hughesempfänger ein. Amt *A* sendet dauernd \square -Zeichen; Amt *B* stellt auf die ankommenden Stromstöße die Geschwindigkeit seines Hughesempfängers ein. Die Geschwindigkeit ist richtig gewählt, wenn die \square -Zeichen noch gut ankommen, nachdem die Elektromagnetwickelungen mit dem Kontakt am Einstellhebel während 12 bis 15 Umdrehungen kurzgeschlossen worden sind. Hierauf unterbricht Amt *B* und gibt seinerseits \square -Zeichen. Hat Amt *A* seinen Empfänger eingestellt, so unterbricht es und sendet \square int. Amt *B* stellt auf diese Stromstöße seinen Empfänger ein, bis der Apparat die Zeichen ständig gut wiedergibt, auch wenn die Elektromagnetwickelungen während etwa 5 Umdrehungen kurzgeschlossen worden sind. Nunmehr unterbricht Amt *B* und gibt ebenfalls \square int. Erhält Amt *A* gut, so gibt es die gleichen Zeichen gegen. Kommen während etwa einer Minute des Gegensendens die Zeichen bei beiden Ämtern richtig an, so ist der Gegensprechbetrieb aufzunehmen.

Tritt beim Einstellen oder während des Betriebes der Fall ein, daß ein Amt, etwa *A*, gut erhält, wenn Amt *B* allein sendet, dagegen beim Gegensenden schlecht empfängt, so ist die Ursache meistens im Schwanken der Stärke der ankommenden Ströme oder in dem unrichtigen Abgleichen der künstlichen Leitung zu suchen. Bei ruhendem Hughesgeber fließt der Linienstrom vom Scheitelpunkte des Relais über die Morsetaste, die Batteriefeder und den unteren Kontakt zur Erde. Arbeitet der Apparat, so liegt die Feder teils am unteren, teils am oberen Kontakt und teils in der Schwebelage zwischen beiden Kontakten. Stehen die Kontakte genügend eng, so ist die Schwebelage hinreichend kurz, um keinen nachteiligen Einfluß auf das Empfangen auszuüben. Sind die Anschlagflächen verschmutzt, oder wird die Batteriefeder nicht genügend fest gegen die Kontakte gelegt, so kommt beim Bewegen der Batteriefeder ein wechselnder Widerstand in den Stromkreis, und die Stärke des ankommenden Linienstromes schwankt. Das Relais wird nicht gleichmäßig ansprechen und der Empfänger falsche Zeichen geben.

Ferner kann die künstliche Leitung beim Amt *A* schlecht abgeglichen sein; es treten dann die früher angegebenen Erscheinungen auf. Die künstliche Leitung kann aber auch dadurch mangelhaft werden, daß die Kontakte am Hughesgeber beim Amte *B* verschmutzt sind oder die Anschlagflächen nicht genügend fest gegeneinander gelegt werden. Der wechselnde Widerstand verändert nicht nur die Stärke des eingehenden Stromes beim Amte *B*, sondern auch den Widerstand des Apparatsatzes bei diesem Amte; diese Änderung macht sich für das Amt *A* als Fehler seiner künstlichen Leitung geltend. Auch lockere Verbindungen bei einem Amte können die künstliche Leitung beim anderen Amt und damit das Gegensprechen beeinflussen.

Soll die Gegensprechleitung mit Doppelstrom betrieben werden, so ist der an dem unteren Kontakte K_2 des Hughesgebers mit mechanischer Auslösung liegende Draht (vgl. Abb. 184) abzunehmen; mit diesem Kontakt ist die Trennbatterie in ähnlicher Weise zu verbinden, wie es bei der später beschriebenen Schaltung für das Gegensprechen mit dem Telegraphen von Wheatstone der Fall ist.

Die Brückenschaltung.

Diese Schaltung eignet sich für das Gegensprechen in oberirdischen und auch in kurzen unterirdischen Leitungen. Sie bietet gegenüber der Differentialschaltung den Vorteil, daß der Linienstrom auf den Empfänger unmittelbar wirkt, also ein besonderer Ortstromkreis entbehrlich ist. Der Hughesgeber wird an die Ruheschiene der Taste *T* (Abb. 136) gelegt, während der Hughesempfänger an die Stelle des Empfangsapparates *EA* tritt. Aus den bei der Differentialschaltung angegebenen Gründen darf der Hughesgeber nicht mit seiner gewöhnlichen Schaltung an die Ruheschiene der Taste angelegt werden; die Schaltung ist vielmehr in der früher angegebenen Weise zu ändern.

In Abb. 191 ist der Stromlauf für ein Endamt mit einem Hughesapparate mit mechanischer Auslösung als Geber schematisch dargestellt; er gestattet folgende beide Schaltungen.

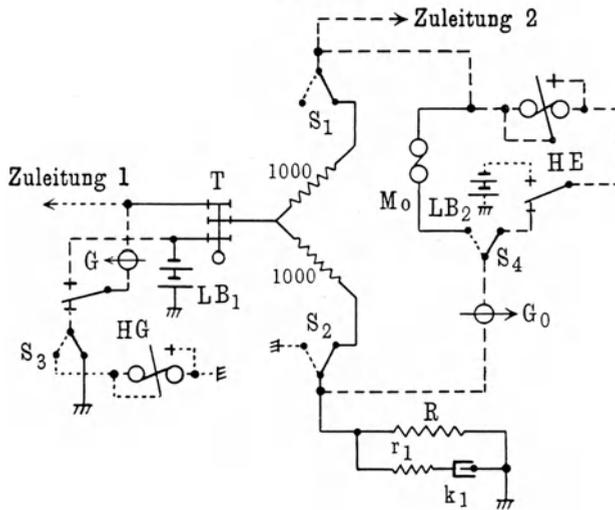
1. Eine auf Zuleitung 2 zu schaltende Leitung wird zum Gegensprechen mit den Hughesapparaten benutzt; an Stelle des Hughesgebers *HG* kann die

Morsetaste T , an Stelle des Hughesempfängers HE der Morseapparat Mo benutzt werden. Die Zuleitung 1 bleibt isoliert.

2. Zwei Leitungen, die mit den Zuleitungen 1 und 2 zu verbinden sind, werden mit den Hughesapparaten HG und HE für den Einfachbetrieb benutzt.

Zur besseren Übersicht sind die Umschalter S_1 , S_2 und S_3 getrennt voneinander gezeichnet; sie werden so vereinigt, daß ihre Kurbeln gleichzeitig nach rechts oder nach links gestellt werden können. Für die Schaltung unter 1. sind die Kurbeln nach rechts, für die Schaltung unter 2. sind sie nach links zu stellen. Steht die Kurbel des Umschalters S_4 nach rechts, so ist der Hughesapparat HE als Empfänger eingeschaltet; wird die Kurbel nach links gestellt, so spricht der Morseapparat Mo auf den aus der Leitung kommenden Strom an. Die ausgezogenen Linien gehören den Stromkreisen

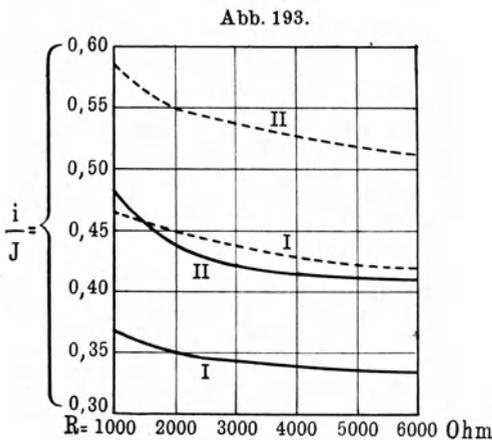
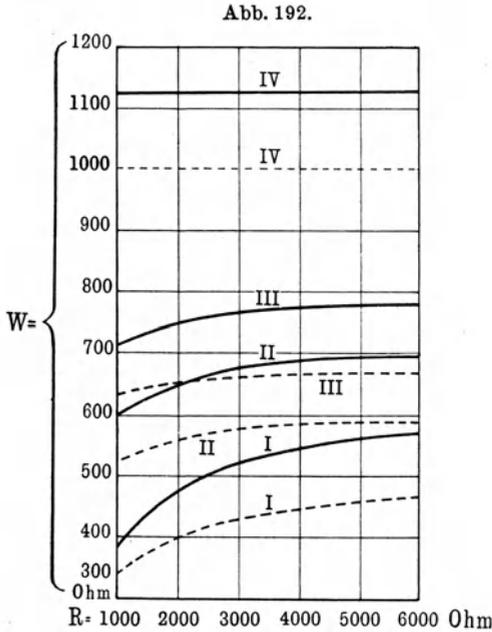
Abb. 191.



für den Gegensprechbetrieb und die punktierten Linien denen für den Einfachbetrieb an, während die gestrichelt gezeichneten Stromwege für beide Betriebsweisen in Betracht kommen.

Der Widerstand W des Gegensprech-Apparatsatzes, gemessen von der Leitung aus gegen Erde, ist verschieden, je nachdem als Empfänger der Morse- oder Hughesapparat eingeschaltet ist und sich der Kontakthebel des Hughesgebers in der Arbeits- oder Ruhelage befindet. Beim Hughesempfänger ist noch zu unterscheiden, ob der Elektromagnet mit seinen Wicklungen von 1200 Ohm im Stromkreise liegt (vgl. a und g in Abb. 183) oder die Wicklungen durch Anker und Auslösehebel kurzgeschlossen sind (vgl. b bis e in Abb. 183) oder der Stromweg unterbrochen ist (vgl. f in Abb. 183). Die Widerstandswerte W sind für verschiedene Werte von R und für die verschiedenen Schaltungen durch die Schaulinien in Abb. 192 dargestellt. Die ausgezogenen Linien geben die Werte von W für den Fall an, daß der Kontakthebel des Hughesgebers gegen den Arbeitskontakt gelegt ist; als Widerstand zwischen Scheitelpunkt der Brücke und Erde ist der Wert von 130 Ohm für die der Sammlerbatterie vorgeschaltete Feinsicherung mit Zusatzspule an-

genommen worden. Die gestrichelten Linien gelten für den Fall, daß der Kontakthebel auf dem Ruhekontakte liegt und der Widerstand zwischen dem Scheitelpunkte der Brücke und der Erde beim Vernachlässigen des Widerstandes des Galvanoskops G (Abb. 191) gleich Null gesetzt wird. Die Linien *I*, *II*, *III* und *IV* geben die



Widerstände für die Fälle an, in denen die Wicklungen des Hugheselektromagneten kurzgeschlossen sind, die Wicklungen des Morseapparates eingeschaltet sind, die Wicklungen des Hugheselektromagneten im Stromkreise liegen und der Stromweg unterbrochen ist. Als Widerstände der Diagonale kommen, wenn der Widerstand von G_0 vernachlässigt wird, die Werte 0, 600, 1200 und ∞ in Betracht.

Von dem aus der Leitung kommenden Strome fließt nur ein Teil durch den Empfangsapparat. Werden der Strom in der Leitung mit J und der Stromteil im Empfänger mit i bezeichnet, so stellen die ausgezogenen Schaulinien in

Abb. 193 das Verhältnis $\frac{i}{J}$ für verschiedene Werte von R und für gleiche Brückenarme von je 1000 Ohm dar. Die Linie *I* gilt für einen Widerstand von 1200 Ohm und die Linie *II* für einen solchen von 600 Ohm. Es ist ferner der Widerstand zwischen dem Scheitelpunkte der Brückenarme und der Erde gleich Null angenommen.

Die zu verwendende Batteriespannung E ¹⁾ hängt von dem Werte des Stromes i ab,

der zum sicheren Ansprechen des Hughesapparates erforderlich ist. Sind die Widerstandsverhältnisse bei beiden Ämtern gleich, und ist die Leitung gut isoliert, so ist auch $R_1 = R_2 = R = l + W$. Aus Abb. 137 ergibt sich

$$E = 2Jw + J(a + R).$$

¹⁾ Vgl. F. Ambrosius, Die Stromverhältnisse in Gegensprech-Brückensystemen. Archiv f. Post und Telegraphie, S. 353 ff., Berlin 1911.

Wird $\frac{i}{J} = n$, also $J = \frac{i}{n}$ gesetzt und dieser Wert in die vorstehende Gleichung eingeführt, so erhält man $E = \frac{i}{n} (2w + a + R)$.

In dieser Gleichung entsprechen den Werten von w und a 130 und 1000 Ohm. Werden diese Werte eingeführt, und wird als Wert für i ein Strom von 0,01 Amp. festgesetzt, so ist die zu verwendende Spannung

$$E = \frac{0,01}{n} (1260 + R).$$

Wie die Schaulinien in Abb. 193 zeigen, ändert sich der Wert $\frac{i}{J} = n$ mit R ; es kann also streng genommen nicht für n ein bestimmter Wert eingeführt und R allein als veränderlich betrachtet werden.

Für $R = 2000$ Ohm ergibt die Linie I in Abb. 193 $n = 0,35$, mithin ist

$$E = \frac{0,01}{0,35} \cdot (1260 + R) = 36 + \frac{R}{35} \text{ Volt.}$$

Für $R = 4000$ Ohm ist $n = 0,333$, mithin ist

$$E = \frac{0,01}{0,333} \cdot (1260 + R) = 38 + \frac{R}{33,3} \text{ Volt.}$$

Wird zur Berechnung des Wertes von E für $R = 2000$ Ohm die erste Formel gewählt, so ist $E = 36 + 57 = 93$ Volt; die zweite Formel ergibt einen Wert von $E = 38 + 60 = 98$ Volt. Für $R = 4000$ Ohm ergeben die erste Formel $E = 36 + 114 = 150$ Volt und die zweite Formel $E = 38 + 120 = 158$ Volt. Der Unterschied ist gering; praktisch würde er ohne Einfluß sein, weil für die berechneten Werte von 93 und 98 Volt tatsächlich eine Spannung von 100 Volt, und für die berechneten Werte von 150 und 158 Volt tatsächlich eine Spannung von 160 Volt verwendet werden würde.

Als Durchschnittsformel kann angenommen werden

$$E = 37 + \frac{R}{34} \text{ Volt.}$$

Führt man $l + W = R$ ein, so ist

$$E = \frac{0,01}{n} (1260 + W + l).$$

Wird für W als Durchschnittswert ein solcher von 660 Ohm und für n der Wert 0,34 eingesetzt, so ist

$$E = 57 + \frac{l}{34} \text{ Volt.}$$

Bei der bisherigen Betrachtung ist angenommen, daß die Leitung gut isoliert ist. Trifft dies nicht zu, so wird der ankommende Strom geschwächt, und die Batteriespannung muß erhöht werden.

Wie die vorstehende Gleichung erkennen läßt, sind für Leitungen von hohem Widerstand, auch wenn sie gut isoliert sind, verhältnismäßig hohe Spannungen erforderlich. Z. B. ist für den Betrieb einer Leitung von 6000 Ohm eine Batteriespannung von rund 240 Volt zu verwenden. Batterien von

höherer Spannung werden im allgemeinen nicht aufgestellt. Reicht die Spannung nicht aus, wenn der Isolationzustand der Leitung sinkt, so wird ein Betrieb nicht mehr durchzuführen sein.

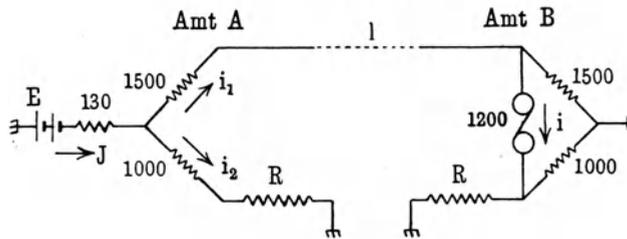
Um das Verhältnis $\frac{i}{J}$ günstiger zu gestalten, erhält der mit der Leitung verbundene Brückenarm a_1 höheren Widerstand als der zweite Brückenarm a'_1 (Abb. 136). Für $a_1 = 1500$ und $a'_1 = 1000$ Ohm geben die gestrichelten Schaulinien in Abb. 193 das Verhältnis zwischen i und J an, und zwar Linie I für $e = 1200$ und Linie II für $e = 600$ Ohm.

Soll der Empfangsapparat beim Amt A durch den eigenen abgehenden Strom nicht beeinflusst werden, so muß $1500 \cdot R = 1000 (l + W)$ sein; hieraus folgt

$$R = \frac{2}{3} (l + W) \quad \text{und} \quad 1000 + R = \frac{2}{3} (1500 + l + W).$$

Bei ungleichen Brückenarmen ist mithin der Widerstand in der künstlichen Leitung niedriger, als bei gleichen Brückenarmen, wo er gleich $l + W$ zu bemessen ist. Bei richtiger Wahl von R bleibt der Stromweg mit dem

Abb. 194.



Empfangsapparate beim Amt A stromlos und kann daher als nicht vorhanden gelten. Zwischen den Strömen in den einzelnen Teilen bestehen nach Abb. 194 folgende Beziehungen:

$$E = J \cdot 130 + i_2(1000 + R),$$

$$J = i_1 + i_2,$$

$$i_1(1500 + l + W) = i_2(1000 + R),$$

$$2(1500 + l + W) = 3(1000 + R).$$

Wird ferner $i = n i_1$ gesetzt, so ergibt sich

$$E = \frac{i}{n} \left(1825 + \frac{3R}{2} \right).$$

Für $R = 4000$ Ohm als Durchschnittswert ist nach Abb. 193 $n = 0,428$; wird dieser Wert eingeführt und als Wert für i ein Strom von $0,01$ Amp. festgesetzt, so ist die zu verwendende Spannung

$$E = 43 + \frac{R}{28} \text{ Volt.}$$

Ferner ergibt sich aus den obigen Gleichungen

$$E = \frac{i}{n} (1825 + W + l).$$

Wird $W = 860$ Ohm gesetzt, so ist bei $n = 0,428$ und $i = 0,01$

$$E = 63 + \frac{l}{43} \text{ Volt.}$$

Für eine Leitung von 6000 Ohm Widerstand würde bei Verwendung gleicher Brückenarme eine Batteriespannung von

$$57 + \frac{6000}{34} = 234 \text{ Volt}$$

und bei Verwendung ungleicher Brückenarme eine solche von

$$63 + \frac{6000}{43} = 203 \text{ Volt}$$

erforderlich sein. Im letzten Falle würde für den Empfänger eine wirksame Stromstärke von 10 Milliampere mit einer um 31 Volt niedrigeren Spannung als im ersten Falle zu erreichen sein. Der Vorteil der Schaltung mit ungleichen Brückenarmen tritt in diesem Falle besonders dann hervor, wenn wegen Nebenschließungen der Leitungen die Spannung erhöht werden muß. Bei einer Gesamtspannung von 240 Volt würde der zur Erhöhung verfügbare Spannungsteil bei ungleichen Brückenarmen 37 Volt, bei gleichen Brückenarmen dagegen nur 6 Volt betragen.

Bevor die Ämter mit dem Abgleichen beginnen, schalten sie mit dem Umschalter S_4 (Abb. 191) den Morseapparat als Empfänger ein, um sich hiermit zu verständigen. Will Amt A die künstliche Leitung abgleichen, so schaltet Amt B die annähernd bekannten Werte für die künstliche Leitung ein. Amt A ermittelt dann R bei dauerndem Tastendruck, indem der Widerstandswert des Kurbelrheostaten so gewählt wird, daß der Zeiger des Galvanoskops G_0 in der Diagonale beim Tastendrucke nicht aus seiner Ruhelage abgelenkt wird. Stimmen die wirkliche und die künstliche Leitung nicht überein, so ist der beim Tastendruck in der Diagonale fließende Strom um so stärker, je geringer der Widerstand der Diagonale ist. Nach [2] des Anhanges ist der Strom in der Diagonale

$$i_5 = \frac{bc - ad}{p^2 + q^2 f} \cdot E;$$

hierin bedeuten a und b die Brückenarme, c die wirkliche und d die künstliche Leitung, sowie f den Widerstand der Diagonale mit der Stromquelle. Die Werte p^2 und q^2 sind Summen von Produkten, deren Faktoren die Größen a , b , c , d und e , den Widerstand der Diagonale mit dem Strom i_5 , enthalten. Haben die ersten vier Größen einen bestimmten Wert, so wird der Nenner kleiner und damit i_5 größer, wenn e verringert wird. Schließt man die dem Galvanoskop G_0 vorgeschalteten Wicklungen des Morseapparates kurz, so zeigt G_0 Unterschiede der wirklichen und der künstlichen Leitung deutlicher an, als es bei eingeschalteten Morsewickelungen der Fall ist.

Nachdem der Wert von R festgestellt ist, werden die Kondensatoren und Verzögerungswiderstände abgeglichen, und zwar beim Geben zunächst von Morsestrichen und dann von Morsepunkten mit der Taste. Der Zeiger von G_0 soll gar nicht oder nur sehr wenig zucken, gleichgültig ob Striche oder Punkte gegeben werden. Als Zeichen für eine gute Abgleichung kann es gelten, wenn es beinahe oder ganz unmöglich ist, den Morseapparat so fein einzustellen,

daß die mit der Taste gesandten Zeichen auf dem Streifen erscheinen. Hat Amt *A* die künstliche Leitung abgeglichen, so läßt es die gefundenen Werte eingeschaltet und verständigt Amt *B*, das dann in gleicher Weise verfährt. Wenn Amt *B* das Abgleichen beendet hat, so schalten beide Ämter die Hughesapparate als Empfänger ein und stellen sie durch gegenseitiges Senden von □- und □int-Zeichen in ähnlicher Weise ein, wie es bei der Differential-schaltung angegeben ist.

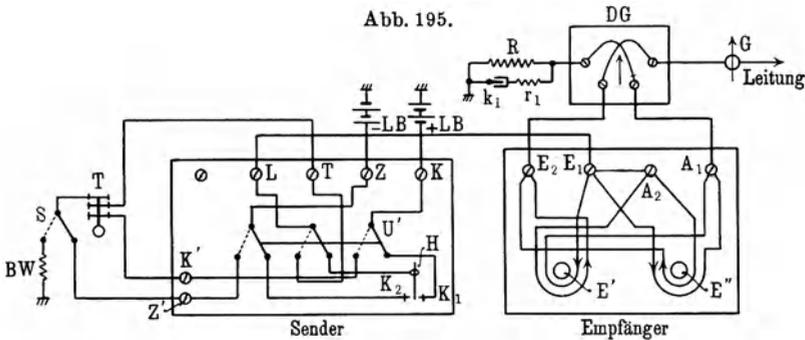
Wenn auch die künstliche Leitung bei der Morseschaltung gut abgeglichen ist, so können sich doch beim Gegengeben mit den Hughesapparaten Schwierigkeiten zeigen. Wird nämlich in der Morseschaltung gearbeitet, so machen sich zeitliche Verschiebungen der ankommenden Stromwellen nicht störend geltend, weil die Zeichen zwar etwas verspätet auf dem Streifen erscheinen, aber dennoch deutlich zu erkennen sind. Dagegen kann dieses zeitliche Verschieben der Stromwellen beim Hughesbetriebe nach den früheren Erörterungen zum Drucken falscher Zeichen führen. Im allgemeinen braucht jedoch bei der Brückenschaltung mit Rücksicht darauf, daß es sich um oberirdische oder kurze unterirdische Leitungen handelt, die künstliche Leitung nicht so genau abgeglichen zu werden, wie es beim Betriebe langer Kabelleitungen nötig ist; denn die einzelnen Stromwellen kommen meistens genügend scharf voneinander getrennt an. Je steiler die auf den Empfänger wirkenden Linienströme ansteigen, um so weniger stören Abweichungen der künstlichen von der wirklichen Leitung.

Hat Amt *A* die Abgleichung in der Morseschaltung beendet, und schaltet Amt *B* nunmehr den Hughesempfänger statt des Morseapparates ein, so müßte beim Geben vom Amt *A* aus der Zeiger seines Galvanoskops G_0 abgelenkt werden, weil beim Amte *B* an Stelle des niedrigen Widerstandes des Morseapparates von 600 Ohm der Hughesempfänger mit dem hohen Widerstande von 1200 Ohm eingeschaltet ist. Dieser Widerstand ändert sich jedoch bald; denn nach dem Ansprechen des Hughesempfängers bei *B* werden die Wicklungen seines Elektromagneten kurzgeschlossen. Der hohe Widerstand von 1200 Ohm bleibt also nur kurze Zeit in der Diagonale. Ein vollständiges Kurzschließen der Wicklungen tritt jedoch nicht dauernd ein; denn der Anker prallt beim Anschlagen gegen den Auslösehebel und berührt ihn infolgedessen nicht gleichmäßig. Da der Korrekionsdaumen die isolierte Feder verläßt, wie aus Abb. 183 zu erkennen ist, so treten während dieser Zeit durch das Prallen des Ankers Unterbrechungen von kurzer Dauer auf. Aus dem Kurzschließen der Wicklungen und dem Unterbrechen des Stromweges ergibt sich für den Betrieb ein Durchschnittswert, der etwa dem der hintereinander geschalteten Wicklungen des Morseapparates von 600 Ohm gleichkommt. Aus diesem Grunde kann die künstliche Leitung im allgemeinen mit der Morseschaltung genügend genau auch für den Hughesbetrieb abgeglichen werden. Sollte beim einseitigen Hughesarbeiten der Zeiger von G_0 zucken, so empfiehlt es sich, die künstliche Leitung zu ändern, bis das Zucken verschwindet.

Erhält ein Amt einseitig gut, beim Gegengeben aber mangelhaft, so können die bei der Differentialschaltung angegebenen Fehler bestehen. Es ist jedoch zu beachten, daß bei der Brückenschaltung auch der Widerstand der Diagonale eine Rolle spielt; in diesem Stromwege müssen also die Kontakte in Ordnung und die Verbindungen fest sein.

V. Das Gegensprechen mit dem Telegraphen von Wheatstone¹⁾.

Beim Maschinen-Telegraphen von Wheatstone wirkt auf den Sender ein gelochter Streifen, in dem die Grundzeichen des Morsealphabets, nämlich Punkt, Strich und Zwischenraum, durch bestimmte Löchergruppen dargestellt werden. In dem Sender befindet sich ein drehbarer Hebel H (Abb. 195), der sich zwischen den beiden mit der Zeichen- und der Trennbatterie verbundenen Kontakten K_1 und K_2 bewegt. Läuft ein gelochter Streifen durch den Sender, so wird H an K_1 oder K_2 gelegt, je nachdem ein Zeichen- oder ein Trennstrom in die Leitung gesandt werden soll. Die Klemmen L , K und Z werden mit der Leitung, der Zeichen- und der Trennbatterie, die Klemmen T , K' und Z' mit der Mittel-, der Arbeits- und der Ruheschiene der Taste T verbunden. Wird das Laufwerk des Senders freigegeben, so wird ein Umschalter U' im Innern des Senders nach rechts gestellt, wie es in Abb. 195 ausgezogen dargestellt ist; dann sind die Klemmen L , K und Z mit H , K_1



und K_2 verbunden. Beim Anhalten des Laufwerkes wird U' nach links gestellt, d. h. in die gestrichelt gezeichnete Lage gebracht und L mit T , K mit K' und Z mit Z' verbunden.

Im Empfänger fließen die Ströme durch die Wicklungen von zwei Elektromagneten E' und E'' , deren Enden mit den Klemmen A_1 , A_2 , E_1 und E_2 nach Abb. 195 verbunden sind. Die Zungen aus weichem Eisen, deren Enden sich zwischen den oberen und unteren Polschuhen der senkrecht stehenden Elektromagnetkerne befinden, sind unter dem Einwirken eines Dauermagneten polarisiert. Beide Zungen sitzen an einer gemeinsamen Achse, die das Schreibrad trägt. Fließt ein Zeichenstrom durch den Empfänger, so wird das Schreibrad gegen den Papierstreifen gelegt. Ein Trennstrom hält das Rad von dem Streifen fern. Wie Abb. 195 zeigt, ist der Empfänger differential gewickelt. Sind die Klemmen A_2 und E_1 miteinander verbunden, und tritt an der Verbindungsstelle ein positiver Strom ein, so fließen die Ströme durch die einzelnen Windungen in der Pfeilrichtung. Die Klemmen entsprechen also den in gleicher Weise bezeichneten Klemmen des Differentialrelais (Abb. 109).

¹⁾ Vgl. A. Kraatz, Maschinen-Telegraphen.

Die Schaltung für das Gegensprechen zeigt Abb. 195, und zwar ist der Empfänger an Stelle des Differentialrelais unmittelbar in den Kreis für den Linienstrom eingeschaltet. Zum Abgleichen dient die Taste *T*, an deren Ruheschiene die Kurbel eines Umschalters *S* liegt. Steht die Kurbel nach rechts, so ist die Trennbatterie — *LB* angelegt; wird sie nach links gestellt, so wird der Widerstand *BW*, der dem Widerstande der Linienbatterien einschließlich der vorgeschalteten Sicherungen usw. entspricht, eingeschaltet. Gleicht Amt *A* ab, so schaltet Amt *B* den Widerstand *BW* ein, damit das Galvanoskop *DG* bei *A* keinen Strom von *B* erhält, also nur durch die Ströme von *A* beeinflusst wird. Die künstliche Leitung wird dann in der früher angegebenen Weise abgeglichen, indem zunächst für *R* und dann für *r*₁ und *k*₁ die passenden Werte ermittelt werden. Ist dies mit der Taste *T* geschehen, so kann die künstliche Leitung in der Weise nachgeprüft werden, daß man den Sender ohne Streifen laufen läßt; dann werden abwechselnd positive und negative Stromeinheiten, die sogenannten „Wechsel“, gesandt. Da die künstliche Leitung bei dem angegebenen Aufbau der wirklichen Leitung nicht völlig genau angepaßt werden kann, so werden, wenn Amt *B* die Trennbatterie durch den Widerstand *BW* ersetzt hat, die abgehenden Ströme die Zungen des eigenen Empfängers bewegen. Durch Ändern der künstlichen Leitung in der Weise, daß man die Werte von *k*₁ und *r*₁ zu hoch und zu niedrig nimmt, findet man einen Mittelwert, bei dem der eigene Empfänger am wenigsten beeinflusst wird. Dieser Wert ist dann dauernd eingeschaltet zu lassen.

Beim Gegensprechen mit Doppelstrom empfiehlt es sich, in die Leitung ein gewöhnliches Galvanoskop *G* (Abb. 195) einzuschalten. An der Ablenkung des Zeigers dieses Galvanoskops kann man die Stromverhältnisse in der Leitung und das Fehlen oder das unrichtige Anschalten einer Batterie bei einem Amt erkennen. Die nachstehende Übersicht gibt die in der Leitung vorhandenen Stromstärken bei den verschiedenen Schaltungen an. Es ist angenommen, daß beide Ämter positive Batterien als Zeichen-

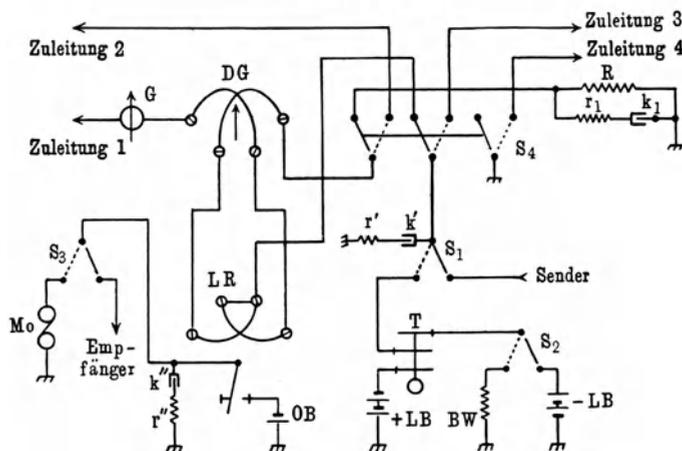
Übersicht der Stromstärken in der Leitung.

Schaltung beim		Batterie normal	Es fehlt			
			beim Amt A die		beim Amte B die	
			Zeichenbatterie	Trennbatterie	Zeichenbatterie	Trennbatterie
Amt A	Amte B	Milliampere				
<i>BW</i> für <i>B</i>	<i>BW</i> für <i>A</i>	—	—	—	—	—
Desgl.	Taste ruhend	— 20	— 20	— 20	— 20	—
"	" gedrückt	+ 20	+ 20	+ 20	—	+ 20
Taste ruhend	<i>BW</i> für <i>A</i>	+ 20	+ 20	—	+ 20	+ 20
Desgl.	Taste ruhend	—	—	— 10,5	—	+ 10,5
"	" gedrückt	+ 40	+ 40	+ 10,5	+ 10,5	+ 40
Taste gedrückt	<i>BW</i> für <i>A</i>	— 20	—	— 20	— 20	— 20
Desgl.	Taste ruhend	— 40	— 10,5	— 40	— 40	— 10,5
"	" gedrückt	—	+ 10,5	—	— 10,5	—

batterien¹⁾ verwenden. Ströme, die in der Leitung von B nach A fließen, sind als positiv bezeichnet. Die Stromstärken sind den Abb. 125 bis 130 entnommen.

Zum Gegensprechen läßt sich auch eine Schaltung nach Abb. 196 verwenden. Die Kondensatoren k' und k'' dienen mit den vorgeschalteten Widerständen r' und r'' zum Verringern der Funken an den Unterbrechungstellen des Senders oder der Taste und des Ankerhebels vom Linienrelais LR im Ortstromkreis. An die rechte Klemme des Umschalters S_1 wird die Klemme L des Wheatstonesenders (Abb. 195) gelegt, während die rechte Klemme des Umschalters S_3 mit dem Anfange der hintereinander geschalteten Windungen des Wheatstoneempfängers verbunden wird; das Ende dieser Windungen wird geerdet. Je nachdem die Kurbel von S_1 nach rechts oder links gestellt ist, ist der Wheatstonesender oder die Taste eingeschaltet. Mit dem Umschalter S_2 kann ein Widerstand BW an die Stelle der Trennbatterie — LB

Abb. 196.



beim Abgleichen des fernen Amtes gebracht werden. Der Umschalter S_3 ermöglicht es, den Wheatstoneempfänger oder einen Morseapparat Mo , der auch durch einen Klopfer ersetzt werden kann, einzuschalten.

In Abb. 196 ist noch ein Dreifach-Umschalter S_4 gezeichnet. Bei der angegebenen Stellung ist die zum Gegensprechen zu verwendende Leitung auf die Zuleitung 1 zu schalten. Wird der Umschalter nach links gestellt, d. h. in die gestrichelt gezeichnete Lage gebracht, so können Sender und Empfänger getrennt voneinander für den Schleifenbetrieb beim Auftreten von Erdströmen benutzt werden. Von den zum Senden dienenden Schleifendrähten wird die Hinleitung auf Zuleitung 3, die Rückleitung auf Zuleitung 4, von den für das Empfangen bestimmten Schleifendrähten die Hinleitung auf Zuleitung 1 und die Rückleitung auf Zuleitung 2 gelegt.

¹⁾ Bei dieser Betrachtung ist, wie bei allen übrigen Betrachtungen des Buches, angenommen, daß eine positive Linienbatterie den Zeichenstrom hergibt. Wie die Erfahrung jedoch gezeigt hat, ist es für den Zustand der unterirdischen Leitungen beim Betriebe mit Doppelstrom vorteilhafter, die Stromrichtung so zu wählen, daß eine negative Batterie den Zeichenstrom und eine positive Batterie den Trennstrom hergibt. Die angegebenen Schaltungen lassen sich hiernach leicht ändern.

VI. Das Gegensprechen mit dem Telegraphen von Siemens & Halske¹⁾.

Der im Jahre 1912 bei der Reichs-Telegraphenverwaltung eingeführte Telegraph der Siemens & Halske A.-G. gehört zur Gruppe der Maschinen-Telegraphen. Ein vorher gelochter Streifen läuft durch den Sender und regelt durch die eingestanzten Löchergruppen die Richtung der in die Leitung fließenden Ströme. Der Empfänger druckt die Telegramme auf einen Papierstreifen. Jedes Zeichen wird in gleicher Weise, wie beim Telegraphen von Baudot, aus 5 positiven oder negativen Einheiten gebildet; da die Gruppe von 5 negativen Einheiten unbenutzt bleibt, so lassen sich 31 verschiedene Gruppen von Stromstößen verwenden. Der Locher zum Stanzen der Streifen hat ein Tastenwerk, ähnlich dem einer Schreibmaschine; beim Niederdrücken einer Taste stanzt der Apparat gleichzeitig alle Löcher einer Gruppe und schiebt hierauf den Streifen vor. Jede Löchergruppe eines Zeichens steht senkrecht zur Längsrichtung des Streifens.

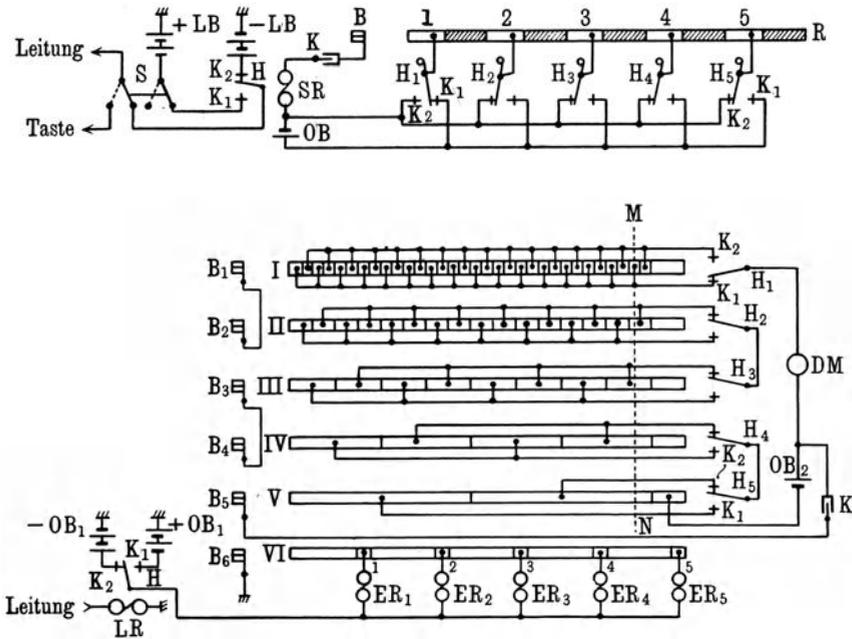
Von einem Beschreiben des Apparates wird hier abgesehen; Sender und Empfänger werden in ihren Grundzügen nur so weit betrachtet werden, daß die Möglichkeit des Gegensprechens mit dem Apparate zu erkennen ist.

Im Sender bewegt ein Elektromotor den gestanzten Streifen gleichmäßig vorwärts und dreht eine Bürste B (Abb. 197), die über einen abgerollt gezeichneten Sendering R schleift. Dieser Ring hat 10 gleiche Teile, von denen die Teile 1 bis 5 mit den Fühlhebeln H_1 bis H_5 verbunden sind, während die zwischenliegenden schraffierten Teile unbenutzt bleiben. Die zweiarmigen Fühlhebel legen sich mit einer Nase an dem Ende des einen Armes federnd gegen den Papierstreifen, während sich das Ende des anderen Armes zwischen den Kontakten K_1 und K_2 befindet. Steht über dem Ende des ersten (in Abb. 197 oberen) Armes volles Papier, so legt sich der zweite Arm gegen den Kontakt K_2 , wie es für H_2 bis H_5 gezeichnet ist. Trifft dagegen die Nase eines Fühlhebels auf ein Loch im Streifen, so geht der Arm empor, und der zweite Arm legt sich während dieser Zeit gegen den Kontakt K_1 , wie es für H_1 angedeutet ist. Sobald das Loch im Streifen vorüber ist, drückt das Papier die Nase des Fühlhebels herunter und damit den zweiten Arm wieder gegen K_2 . Die Verbindungslinie der Nasen der Fühlhebel steht schräg zur Querrichtung des Streifens, so daß die Nasen nacheinander die senkrecht übereinander stehenden Löcher erreichen; es kann also zur selben Zeit nur ein Fühlhebel seinen Kontakt K_1 berühren, während alle übrigen Hebel an ihren Kontakten K_2 liegen. Die Bürste B ist über den Kondensator K mit dem einen Ende der Wicklungen des polarisierten Senderrelais SR verbunden, während von dem anderen Ende eine Verbindung zum positiven Pole der Ortsbatterie OB und zu den Kontakten K_2 der Fühlhebel führt; die Kontakte K_1 dieser Hebel sind mit dem negativen Pole von OB verbunden. Der Sendestreifen und die

¹⁾ Vgl. Dr. A. Franke, Der neue Schnelltelegraph der Siemens & Halske A.-G., Elektrot. Zeitschr., Berlin 1913, S. 1104 ff. E. Ehrhardt, Der automatische Typendruck-Schnelltelegraph von Siemens & Halske A.-G. Telegraphen- u. Fernsprech-Technik, Berlin 1913, S. 133 ff. Wittichen, Der Schnelltelegraph von Siemens & Halske, Archiv f. Post u. Telegraphie, Berlin 1913, S. 717 ff.

Bürste B stehen so zueinander, daß sich B auf dem Stück 1 des Senderinges befindet, wenn der zugehörige Fühlhebel H_1 ein Loch im Streifen vorfinden kann, usw. Steht die Bürste B auf dem Stück 1 von R und legt sich gleichzeitig H_1 gegen K_1 , so ladet sich der Kondensator K aus der Batterie OB . Der Ladungstrom führt H von SR zu K_1 und verbindet die Zeichenbatterie $+LB$ über H mit der Leitung. Der Ankerhebel des neutral eingestellten Relais SR bleibt an K_1 bis auf weiteres liegen, und es fließt Zeichenstrom in die Leitung. Findet der Fühlhebel H_2 im Streifen kein Loch, so entladet sich der Kondensator K , wenn B das Stück 2 von R erreicht, über B , 2 von R , H_2 , K_2 und SR ; der Entladungstrom legt H von SR gegen K_2 , also die

Abb. 197.

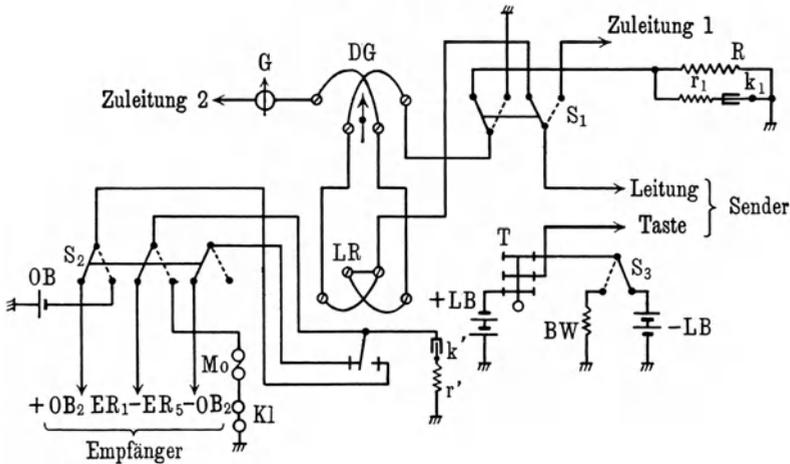


Trennbatterie — LB an die Leitung. In die Leitung fließt so lange Trennstrom, bis sich einer der Fühlhebel gegen seinen Kontakt K_1 legt und der Kondensator K wieder ladet.

Die aus der Leitung ankommenden Ströme fließen durch die Wicklungen eines polarisierten, neutral eingestellten Relais LR (Abb. 197). Sein Ankerhebel H bewegt sich in gleicher Weise wie der des Senderrelais SR . Der Empfänger enthält einen Elektromotor, der ebenso schnell wie der des Senders läuft. Seine Achse trägt das Typenrad und die Schleifbürsten B_1 bis B_6 . Der Ankerhebel H von LR ist mit dem einen Ende der Wicklungen der Empfangsrelais ER_1 bis ER_5 verbunden; das andere Ende der Wicklungen liegt an den kleinen Stücken 1 bis 5 des Ringes VI. Diese polarisierten Relais stehen neutral; ihre Ankerhebel H_1 bis H_5 sind der besseren Übersicht wegen getrennt von den Relais neben den rechten Enden der Übersetzerringe I bis V gezeichnet. Bei vollkommenem Gleichlaufe von Empfänger und Sender, wie er vorausgesetzt werden soll, steht die Bürste B_6 in der Mitte des Stückes

vor 1 von VI, wenn der aus der Leitung kommende Zeichenstrom, der infolge des Umlegens von H_1 gegen K_1 beim gebenden Amte gesandt wird, den Hebel H von LR gegen K_1 legt, also die Ortsbatterie $+OB_1$ mit dem einen Ende der Wicklung von ER_1 verbindet. Gleitet B_6 über 1 von VI, so fließt ein positiver Stromstoß aus der Batterie $+OB_1$ durch ER_1 und legt seinen Ankerhebel H_1 gegen den unteren Kontakt K_1 ; in dieser Lage bleibt H_1 so lange, bis ein negativer Stromstoß auf ER_1 wirkt. Erreicht B_6 die Mitte des Stückes zwischen 1 und 2 von VI, so legt der aus der Leitung kommende Trennstrom H von LR gegen K_2 . Aus der Ortsbatterie $-OB_1$ fließt ein negativer Stromstoß durch ER_2 . Liegt sein Ankerhebel H_2 gegen K_1 , so wird er jetzt zu K_2 gebracht; anderenfalls bleibt er an K_2 liegen. Nachdem B_6 den Ring VI bestrichen hat, liegen also die Hebel H_1 bis H_5 infolge der Wirkung der vom anderen Amte gesandten Stromstoßgruppe $+ - - - -$ so, wie es Abb. 197 zeigt.

Abb. 198.



Die Übersetzerringe I bis V enthalten, abgesehen von dem rechten, äußersten Stücke, 32, 16, 8, 4 und 2 voneinander isolierte Teile. Diese sind abwechselnd mit den unteren und oberen Kontakten K_1 und K_2 der zugehörigen Ankerhebel H_1 bis H_5 verbunden. Ferner bestehen Verbindungen zwischen B_1 und B_2 , B_3 und B_4 , H_2 und H_3 , H_4 und H_5 . Zwischen H_1 und das rechte äußerste Stück von V sind der Druckmagnet DM und die Ortsbatterie OB_2 geschaltet; schließlich liegt der Kondensator K zwischen DM und B_5 . Wenn B_5 über das letzte Stück von V gleitet, so ladet sich K aus der Batterie OB_2 . Bei der folgenden Umdrehung trennt ein Umschalter die Relais ER_1 bis ER_5 von den Stücken des Ringes VI und schaltet dafür andere Relais ein, stellt aber die Verbindungen für H_1 bis H_5 mit den Ringen so her, wie es Abb. 197 zeigt. Kommen bei dieser zweiten Umdrehung die Bürsten in die Linie MN , so entladet sich der Kondensator K über den Druckmagneten DM , H_1 , K_1 , I, B_1 , B_2 , II, K_2 , H_2 , H_3 , K_2 , III, B_3 , B_4 , IV, K_2 , H_4 , H_5 , V, B_5 . Der Stromstoß erregt den Druckmagneten, und der Druckhammer wirft den Papierstreifen gegen das Typenrad, dessen der Stromstoßgruppe entsprechende Type sich in der Druckstellung befindet.

Der Apparat läßt sich zum Gegensprechen nach der Differentialschaltung benutzen, indem ein Differentialrelais an Stelle des Linienrelais LR eingeschaltet wird. Abb. 198 zeigt eine Schaltung, bei der mit Hilfe des Umschalters S_1 vom Gegensprechbetrieb in einer auf Zuleitung 2 gelegten Leitung zum Einfachbetrieb beim Senden über Zuleitung 1 und Empfangen über Zuleitung 2 übergegangen werden kann. Steht der Umschalter S_1 in der ausgezogen gezeichneten Lage, so ist die künstliche Leitung an die zweite Klemme des Differentialgalvanoskops gelegt. Von der rechten Kurbel von S_1 führt eine Verbindung zum Sender und zwar zu der linken Kurbel des Umschalters S (Abb. 197). Stehen die Kurbeln dieses Umschalters rechts, so ist der Ankerhebel von SR über S (Abb. 197) mit S_1 (Abb. 198) verbunden. Werden dagegen die Kurbeln von S am Sender nach links gestellt, so wird die Zeichenbatterie $+LB$ von K_1 abgeschaltet und die linke Kurbel mit der linken Klemme verbunden; es besteht dann eine unmittelbare Verbindung zwischen S_1 und T (Abb. 198). Je nach der Stellung von S (Abb. 197) wird der Sender oder die Taste T eingeschaltet. Durch den Umschalter S_2 (Abb. 198) kann entweder der Empfänger oder ein Morseapparat Mo nebst Klopfer Kl und die Ortsbatterie OB in den Ortstromkreis des Linienrelais LR gelegt werden.

Die Schaltung der Abb. 198 läßt sich mit der in Abb. 196 leicht so vereinigen, daß vom Gegensprechbetrieb in einer Leitung zum Einfachbetrieb in zwei Einzelleitungen oder beim Auftreten von Erdströmen in zwei Schleifenleitungen übergegangen werden kann.

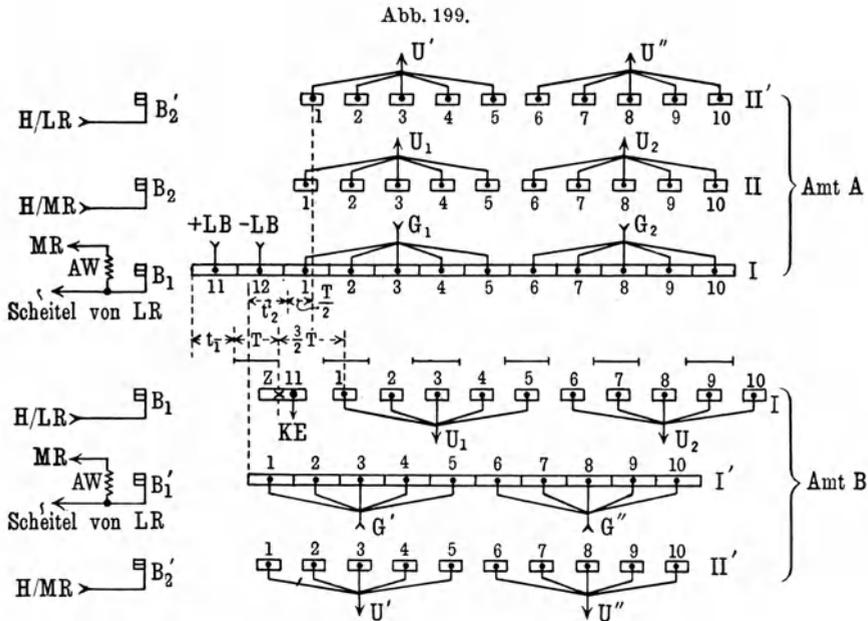
VII. Das Gegensprechen mit dem Telegraphen von Baudot.

Für diese Betriebsweise eignet sich ein Verteiler mit zwei getrennten Scheiben¹⁾. Die vorderen Scheiben der Ämter A und B seien für den Verkehr von A nach B und die hinteren Scheiben für den Verkehr in umgekehrter Richtung bestimmt. Um Gleichlauf zwischen den Verteilerbürsten zu erhalten, genügt es, wenn Amt A als korrigierendes Amt von zwei Verteilerstücken der vorderen Scheibe aus bei jeder Umdrehung Korrektionsströme zum Amte B sendet und diese Ströme bei B in der früher erörterten Weise auf den Korrektions elektromagneten wirken. Dann dreht sich die Verteilerachse bei B ebenso schnell wie die bei A . Da die Bürsten der hinteren Scheiben auf den Verteilerachsen befestigt sind, so ist für sie ohne weiteres der Gleichlauf bedingt.

Soll zum Gegensprechen ein Zweifachapparat für jede Richtung benutzt werden, so sind im allgemeinen die vordere Scheibe bei A und die hintere Scheibe bei B so einzurichten, wie es in Abb. 13 für Amt A angegeben ist. Die hintere Scheibe bei A und die vordere Scheibe bei B haben dann der für Amt B in Abb. 13 angegebenen Scheibe zu entsprechen. Soll eine Schaltung nach Abb. 196 verwendet werden, so ist beim Amt A der zu P_1 führende

¹⁾ Für das Gegensprechen lassen sich auch getrennte Verteiler verwenden. Dann müssen in beiden Richtungen Stromstöße zum Erhalten des Gleichlaufes gesandt werden.

Draht der vorderen Scheibe an die rechte Klemme von S_1 zu legen, während der von P_3 zum Ankerhebel H des Relais LR führende Draht mit der rechten Klemme von S_3 zu verbinden ist. In ähnlicher Weise sind die Verbindungen beim Amte B herzustellen. Die beiden Scheiben der Ämter A und B sind in Abb. 199 schematisch dargestellt. Die zu den einzelnen geteilten Ringen gehörenden vollen Ringe sind fortgelassen; auch sind die Ringe mit den Stücken für die Taktschlägerelektromagnete der Geber und die Bremsselektromagnete der Übersetzer nicht gezeichnet. Die Ringe I und II stellen die vorderen Scheiben und die Ringe I' und II' die hinteren Scheiben dar. Von der zum Ring I des Amtes A gehörenden Bürste B_1 führt eine Verbindung über den Umschalter S_1 zum Scheitel des Differentialrelais LR (Abb. 196). An dieser Verbindung liegen der Abzweigwiderstand AW und das Mitlese-



relais MR . Der Ankerhebel dieses Relais ist mit der Bürste B_2 verbunden, die über die verkürzten Stücke 1 bis 10 von II gleitet. An diesen Stücken liegen die Elektromagnete der Übersetzer U_1 und U_2 , die beim Amt A die Mitleseschrift für den Verkehr in der Richtung von A nach B liefern. Beim Amte B wird der Ankerhebel H von LR mit der Bürste B_1 der vorderen Scheibe verbunden. Diese Bürste gleitet über den Ring I, dessen Stücke 1 bis 10 mit den Elektromagneten der Übersetzer U_1 und U_2 und dessen Stück 11 mit dem Korrektionsselektromagneten KE verbunden sind. Da sich der Verkehr zwischen den vorderen Scheiben beider Ämter nur in einer Richtung abwickelt, so sind Verteilerstücke für die Stromverzögerung entbehrlich. Der Ring I von A braucht daher nur 10 Stücke für die beiden Geber und 2 Stücke für die Korrektionsströme, also 12 Stücke zu haben. Werden vom Amt A aus abwechselnd Zeichen- und Trennströme gesandt, und stellt t_1 die Stromverzögerung in der Richtung von A nach B dar, so

wird H von LR bei B zu den oberhalb von I durch die wagerechten Striche angedeuteten Zeiten, die gleich T gesetzt werden sollen, gegen den Arbeitskontakt gelegt. Die Bürste B_1 stellt sich nach den früheren Erörterungen selbsttätig so ein, daß sie den Punkt Z , den Merkpunkt des Stückes 11 , $t_1 + T$ Sek. nach dem Beginne des Stromsendens von $11I$ von A aus erreicht. Dieses Stück 11 ist so einzustellen, daß der Abstand des Punktes Z von der Mitte des kleinen Stückes $1 \frac{3}{2} T$ beträgt.

Beim Arbeiten in der Richtung von B nach A mit den hinteren Verteiler-scheiben sind Stücke weder für die Stromverzögerung noch für die Korrektur erforderlich. Es genügen daher für den Ring I' bei B , mit dessen Stücken die Geber G' und G'' verbunden sind, 10 Stücke. Der Ring II' enthält 10 kleine Stücke, an denen die Elektromagnete der zum Mitlesen eingeschalteten Übersetzer U' und U'' liegen; diese Elektromagnete erhalten die Stromstöße über den Ankerhebel des Mitleserelais MR . Beim Amt A braucht der Ring II' nur 10 kleine Stücke für die beiden Übersetzer U' und U'' zu haben.

Das Arbeiten über die hinteren Scheiben in der Richtung BA ist völlig unabhängig von dem Arbeiten über die vorderen Scheiben in der Richtung AB ; es kann daher die hintere Scheibe bei B beliebig zur vorderen Scheibe stehen. Beim Amt A sind die Bürsten der hinteren Scheibe so einzustellen, daß B_2' die Mitte von $1 II' t_2 + \frac{T}{2}$ Sek. nach dem Beginne des Stromsendens von $1 I'$ bei B aus erreicht; hierbei bezeichnet t_2 die Stromverzögerung in der Richtung BA . Zum Einstellen sendet Amt B über $3 I'$ dauernd Zeichenstrom; Amt A bringt die hintere Scheibe in beide Grenzstellungen und stellt sie schließlich in die Mittellage.

Aus den vorstehenden Erörterungen ergibt sich, daß bei entsprechender Vermehrung der Zahl der Verteilerstücke auch ein Dreifach- oder Vierfach-apparat zum Gegensprechen eingeschaltet werden kann.

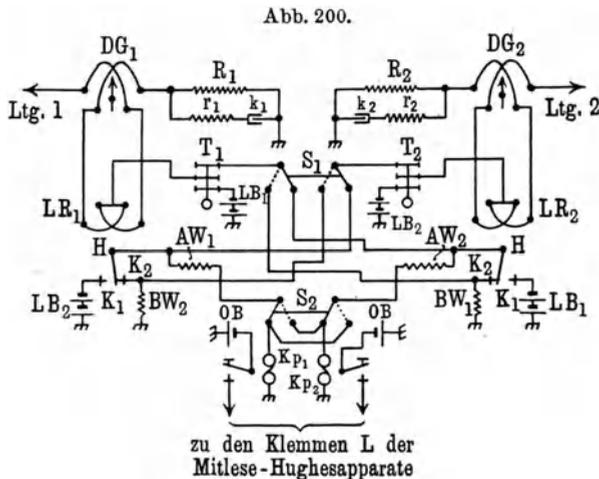
VIII. Die Übertragung.

Bei langen Leitungen ist es für den Gegensprechbetrieb in gleicher Weise wie für den Einfachbetrieb notwendig, sie in Teilstrecken zu zerlegen und diese durch Übertragungen zu verbinden. Hierbei wird die Differential-schaltung benutzt. Für jeden Leitungszweig sind ein Differentialrelais, ein Differentialgalvanoskop, eine Linienbatterie und eine künstliche Leitung erforderlich.

Wenn auch diese Apparate allein für eine Gegensprech-Übertragung ausreichen würden, so treten doch für besondere Zwecke noch verschiedene Hilfsapparate hinzu, wie es die Schaltung für den Einfachbetrieb in Abb. 200 zeigt. Zum Ausgleichen des der Batterie vorgeschalteten Widerstandes ist während der Ruhelage des Ankerhebels des Linienrelais ein Batteriewiderstand BW am Ruhekontakte des Relais eingeschaltet, der gleich dem vor der Batterie liegenden Widerstande gewählt wird. Damit das Übertragungsamt nach jeder Seite mit dem Endamt oder dem benachbarten Übertragungsamte sprechen kann, werden Morsetasten T_1 und T_2 eingebaut. Ein Umschalter S_1 dient dazu, die Leitungen so voneinander zu trennen, daß das Übertragungsamt

nach beiden Seiten als Endamt arbeiten kann. Um ferner beim Übertragungsamt zu erkennen, ob die Relais auf die ankommenden Ströme gut ansprechen und die Zeichen richtig übertragen, werden an die Stromwege für die weitergehenden Ströme Abzweigwiderstände AW_1 und AW_2 geschaltet, hinter denen die Mitleseapparate (in Abb. 200 die Klopfer Kp_1 und Kp_2) liegen. Durch den Umschalter S_2 lassen sich diese Apparate miteinander vertauschen. An die Stelle der Klopfer können auch Morseapparate treten; ferner lassen sich gleichzeitig Klopfer und Morseapparat hintereinander geschaltet verwenden.

Der aus der Leitung 1 kommende Strom fließt bei der in Abb. 200 gezeichneten Stellung von S_1 , der Durchsprechstellung, zunächst durch je eine Wicklung des Galvanoskops DG_1 und des Relais LR_1 ; er teilt sich dann so, daß der Hauptteil über die Taste T_1 , den Ankerhebel H sowie den Ruhekontakt K_2 von LR_2 und den Batteriewiderstand BW_1 zur Erde fließt, während geringe Teile einerseits über den Abzweigwiderstand AW_2 und den



Mitleseapparat Kp_2 , andererseits durch die zweiten Wicklungen des Relais LR_1 und des Galvanoskops DG_1 und den Widerstand R_1 der künstlichen Leitung ihren Weg zur Erde nehmen. Bei der Trennstellung, die beim Umlegen der Kurbeln von S_1 nach links eingenommen wird, ist die Verbindung zwischen der Taste T_1 und dem Ankerhebel H von LR_2 aufgehoben und die Taste unmittelbar mit dem Batteriewiderstand BW_1 verbunden; im übrigen sind die gleichen Stromwege wie bei der Durchsprechstellung vorhanden. Der Weg für den Strom aus der Leitung 2 verläuft in ähnlicher Weise.

Die Widerstände AW_1 und AW_2 erhalten hohe Werte; sie werden je nach der Größe der Linienbatterien bemessen, betragen aber gewöhnlich mehrere Tausend Ohm. Diese Widerstände spielen daher beim Ermitteln des Widerstandes für den aus der Leitung kommenden Strom praktisch keine Rolle. Der von der Leitung aus gegen Erde gemessene Widerstand des Übertragungsamtes kann also gleich dem eines Endamtes, bei dem der Abzweigwiderstand fehlt, gesetzt werden; die früheren Erörterungen für die Widerstands- und Stromverhältnisse bei einem Endamte lassen sich mithin ebenfalls für ein Übertragungsamt anwenden.

Bevor der Gegensprechbetrieb aufgenommen wird, empfiehlt es sich, die Relaiskontakte zu reinigen. In einer Leitung mit den Endämtern A und C und dem Übertragungsamte B nimmt das letzte Amt zunächst Trennstellung und verständigt sich mit der Taste und dem Mitleseapparate mit den Endämtern. B gleicht dann mit A für die Strecke AB und hierauf mit C für die Strecke BC die künstlichen Leitungen ab. Dann nimmt B Durchsprechstellung, und die Endämter können miteinander verkehren. Zwischen der Trenn- und Durchsprechstellung besteht beim Amte B , wie bereits erwähnt ist, der Unterschied, daß die Taste im ersten Fall unmittelbar und im zweiten Fall über den Ankerhebel und den Ruhekontakt des Linienrelais mit dem Batteriewiderstande verbunden ist. Legt sich z. B. H von LR_2 nicht genügend fest gegen K_2 , oder ist eine Anschlagfläche verschmutzt, so ist der Widerstand des Apparatsatzes bei B für den von A kommenden Strom bei der Trenn- und der Durchsprechstellung verschieden. Aus diesem Grunde prüft Amt A zweckmäßig die künstliche Leitung nach, wenn Amt B aus der Trennstellung in die Durchsprechstellung übergegangen ist, und benachrichtigt B sogleich von etwa beobachteten Unterschieden. Das Gleiche gilt für die Strecke BC und das Amt C .

Bei der in Abb. 200 dargestellten Schaltung für das Übertragungsamt B können die Endämter A und C die Brückenschaltung oder die Differentialschaltung verwenden. Beim Hughesbetrieb in oberirdischen Leitungen haben die Endämter auch in Leitungen mit Übertragung die Brückenschaltung. Da die Widerstände der Apparatsätze beim Endamt und beim Übertragungsamte verschieden sind, so werden selbst bei gut isolierter Leitung die Kurbelrheostaten der künstlichen Leitungen des Endamtes und des Übertragungsamtes verschiedene Werte zeigen. Die Batteriestärken lassen sich nach den früheren Betrachtungen der Stromverhältnisse für die Endämter bei der Brücken- und der Differentialschaltung leicht berechnen.

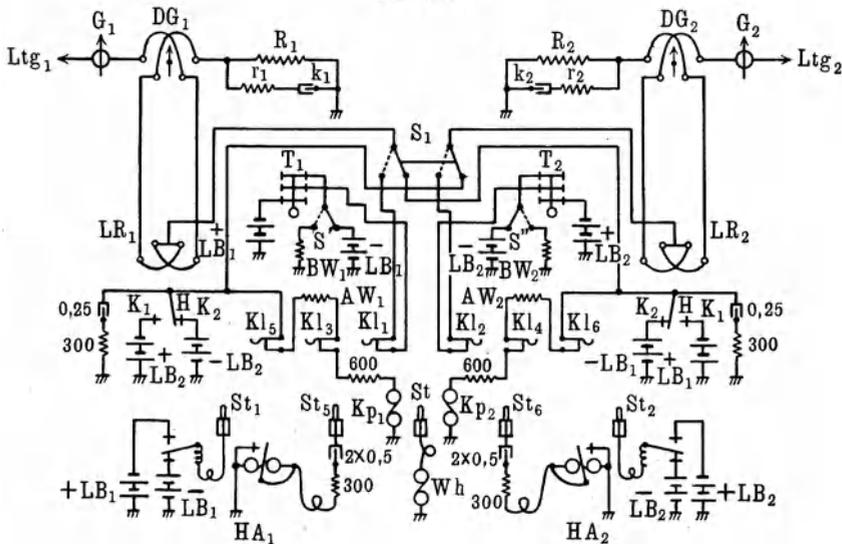
Werden für den Hughesbetrieb längere unterirdische Leitungen benutzt, so wird auch bei den Endämtern die Differentialschaltung verwendet. Induktanzspulen werden beim Übertragungsamte wie beim Endamt an den Anfang der wirklichen und der künstlichen Leitung gelegt; Querkondensatoren werden an die äußeren Klemmen des Differentialgalvanoskops oder des Differentialrelais geschaltet. Bei den Übertragungsämtern werden bisweilen Hughesapparate zum Mitlesen aufgestellt. Diese Apparate können in die Ortstromkreise der Mitleseapparate Kp_1 und Kp_2 gelegt werden, wie es in Abb. 200 angedeutet ist; in diesem Falle sind die Anschlagkontakte vom Körper der Klopfer zu isolieren. Es können aber auch die Hughesapparate parallel zu den Abzweigwiderständen über Kondensatoren und Widerstände angeschaltet werden, wie es in Abb. 201 angedeutet ist.

In Abb. 200 ist je eine Linienbatterie LB_1 für die Arbeitschiene der Taste T_1 und den Kontakt K_1 von LR_2 gezeichnet; ebenso erscheint die Batterie LB_2 an zwei Stellen. Dies ist der besseren Übersicht wegen geschehen; tatsächlich sind die Batterien LB_1 und LB_2 nur einmal vorhanden.

Die Schaltung für den Betrieb mit Einfachstrom nach Abb. 200 läßt sich für den Betrieb mit Doppelstrom verwenden, indem an die Stelle der Widerstände BW_1 und BW_2 Batterien für den Trennstrom gebracht werden. Es sind jedoch noch Umschalter einzubauen, um beim Abgleichen des fernen

Amtes die Trennbatterie durch den Batteriewiderstand ersetzen zu können. Eine Schaltung für den Gegensprechbetrieb mit Doppelstrom, bei der diese Umschalter vorhanden sind und sich bei der Trennstellung für die Tasten Hughesapparate als Geber leicht bringen und auch verschiedene Mitlesapparate einschalten lassen, ist in Abb. 201 dargestellt. In der Leitung 1 liegt zunächst ein Strommesser G_1 , der die Stromverhältnisse in ihr erkennen läßt. Er zeigt in Verbindung mit dem Differentialgalvanoskop DG_1 Fehler in der Schaltung der Batterie und in der Leitung an (vgl. die Zusammenstellungen auf S. 134 und 188). Dann tritt die Leitung an eine äußere Klemme von DG_1 heran, deren andere äußere Klemme mit der künstlichen Leitung verbunden ist, die R_1 , r_1 und k_1 andeuten. Mit den inneren Klemmen von DG_1 sind die äußeren Klemmen des Differentialrelais LR_1 verbunden¹⁾. Vom Scheitel dieses Relais führt eine Verbindung zur linken Kurbel des Um-

Abb. 201.



schalters S_1 . Sind die Kurbeln von S_1 nach links gestellt, wie es gestrichelt angedeutet ist, so hat das Übertragungsamt Trennstellung. Die zur linken Kurbel gehörige linke Klemme ist über die Klinke K_1 mit der Mittelschiene der Taste T_1 verbunden. An der Ruheschiene dieser Taste liegt der Umschalter S' , dessen rechte und linke Klemme mit der Trennbatterie $-LB_1$ und dem Batteriewiderstand BW_1 verbunden sind. Von der Arbeitschiene der Taste T_1 führt eine Verbindung zur Zeichenbatterie $+LB_1$. Die aus der Leitung 1 kommenden Ströme legen den Ankerhebel H von LR_1 gegen K_1 oder K_2 , und es fließen, je nach der Lage von H , Ströme aus $+LB_2$ und $-LB_2$ über K_5 , AW_1 , K_3 , den Widerstand von 600 Ohm und den Klopfer Kp_1 zur Erde. Der Klopfer muß polarisiert sein, damit er auf die Ströme wechselnder Richtung aus $+LB_2$ und $-LB_2$ richtig anspricht. Soll statt

¹⁾ Um die Schaltung völlig symmetrisch und dadurch übersichtlicher zu gestalten, ist auf die Richtung von Zeichen- und Trennstrom des fernen Amtes bei den Verbindungen mit DG und LR keine Rücksicht genommen.

des Klopfers ein Wheatstoneempfänger Wh eingeschaltet werden, so ist der Stöpsel St in die Klinke Kl_3 einzusetzen. Die Klinkenfeder wird von dem Auflager abgehoben und über den Stöpsel und die Schnur mit den Windungen von Wh verbunden. An den Hughesapparaten HA mit mechanischer Auslösung ist die Verbindung zwischen dem Ruhekontakt und den Wickelungen des Elektromagneten getrennt. An den Ruhekontakt ist die Trennbatterie $-LB_1$ und an den Arbeitskontakt die Zeichenbatterie $+LB_1$ gelegt; der Kontakthebel ist mit der Schnur des Stöpsels St_1 verbunden. Zwischen den Anfang der Wickelungen des Elektromagneten und den Stöpsel St_5 ist ein Kondensator mit zwei Unterabteilungen von je 0,5 Mikrofard und ein Widerstand von 300 Ohm geschaltet. Soll der Hughesapparat HA_1 als Empfänger dienen, so wird der Stöpsel St_5 in die Klinke Kl_5 gesetzt. Die Stromstöße aus $+LB_2$ wirken über den Kondensator so auf den Anker, daß der Auslösehebel losgelassen wird und der Apparat anspricht. Setzt man den Stöpsel St_1 in die Klinke Kl_1 ein, so ist der Kontakthebel mit dem Scheitel von LR_1 verbunden, und es kann mit dem Hughesapparat in die Leitung 1 gesandt werden.

In ähnlicher Weise sind für die Leitung 2 der Strommesser G_2 , das Differentialgalvanoskop DG_2 , das Differentialrelais LR_2 , die künstliche Leitung R_2 , die Taste T_2 und der Umschalter S'' eingebaut. Zu dieser Leitung gehören der Abzweigwiderstand AW_2 , der Mitleseklöpfer Kp_2 und der Hughesapparat HA_2 . Soll dieser Apparat als Geber benutzt werden, so ist der Stöpsel St_2 in die Klinke Kl_2 einzusetzen; beim Mitlesen mit dem Apparate kommt der Stöpsel St_6 in die Klinke Kl_6 . Zum Einschalten des Wheatstoneapparates Wh wird der Stöpsel St in die Klinke Kl_4 gesetzt.

Für die Durchsprechstellung ist der Umschalter S_1 in die rechte, ausgezogene gezeichnete Lage zu bringen. Die Ströme aus der Leitung 1 wirken auf das Relais LR_1 und legen, je nach ihrer Richtung, H gegen K_1 oder K_2 . Es fließen dann Ströme aus $+LB_2$ oder $-LB_2$ zum Scheitel des Relais LR_2 und von hier aus weiter durch die Wickelungen von LR_2 und DG_2 einerseits in die Leitung 2 und andererseits in die künstliche Leitung R_2 . Gleichzeitig gehen schwache Zweigströme durch AW_1 und Kp_1 . Wird der Wheatstoneempfänger durch Einsetzen von St in Kl_3 eingeschaltet, so lassen die Zeichen auf dem Streifen die Länge der in die Leitung 2 fließenden Ströme, also damit auch das Arbeiten von LR_1 erkennen.

In einer Leitung mit den Endämtern A und C und dem Übertragungsamt B nimmt zum Abgleichen Amt B Trennstellung und verständigt sich mit Hilfe der Tasten und Klopfers mit den Endämtern A und C . Will A abgleichen, so schaltet B durch Umlegen des Schalters S' nach links den Widerstand BW_1 statt der Trennbatterie $-LB_1$ ein. Das Abgleichen bei A und B für die Leitung 1 geht dann in der früher für Endämter erörterten Weise vor sich. Ebenso gleichen die Ämter B und C die künstlichen Leitungen für die Strecke von B nach C ab. Gleicht ein Amt, z. B. A , ab, so empfiehlt es sich für beide Ämter A und B , die in der Ruhe- und Arbeitslage der Taste in die Leitung fließenden und aus ihr ankommenden Ströme in den Strommessern zu prüfen. Ferner ist es zweckmäßig, nach beendigter Abgleichung bei A und B von Amt A Wechsel, d. h. abwechselnd kurze Zeichen- und Trennströme, senden zu lassen. B kann an den Bewegungen des Zeigers

von DG_1 , d. h. an den gleichmäßigen Schwingungen um den Nullpunkt, und auch an den Bewegungen des Zeigers von G_1 beobachten, ob die Wechsel gut eingehen. Drückt B während des Einganges der Wechsel von A die Taste T_1 , so darf sich bei guter Abgleichung die Ablenkung des Zeigers von DG_1 nicht ändern. Wird jedoch der Zeiger beeinflusst, so muß die künstliche Leitung bei B berichtigt werden.

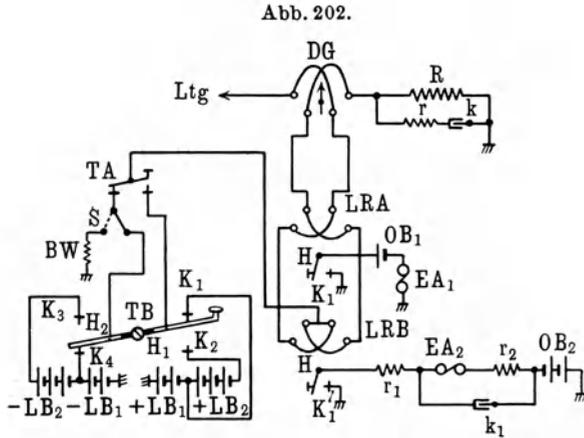
Ist die Abgleichung für beide Strecken beendet, so nimmt Amt B Durchsprechstellung, und die Endämter A und C können miteinander verkehren. Zwischen Trenn- und Durchsprechstellung besteht auch hier ein ähnlicher Unterschied wie bei der Schaltung für den Betrieb mit Einfachstrom. Bei der Trennstellung findet der aus der Leitung kommende Strom einen Weg über Mittel- und Ruhe- oder Arbeitschiene der Taste, bei der Durchsprechstellung dagegen einen solchen über den Ankerhebel und den Ruhe- oder Arbeitskontakt des Relais zu den Linienbatterien. Ändert sich die Abgleichung beim Endamte, wenn das Übertragungsamt aus der Trennstellung in die Durchsprechstellung übergeht, so sind die Kontakte in den verschiedenen Stromwegen nicht gleichmäßig gut.

IX. Das Doppel-Gegensprechen.

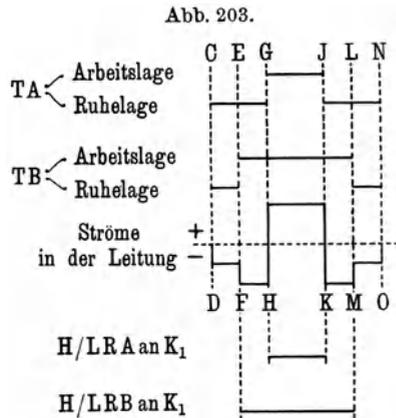
Das Doppel-Gegensprechen oder die Quadruplextelegraphie ermöglicht es, in einer Leitung gleichzeitig vier Telegramme, und zwar je zwei in jeder Richtung zu übermitteln. Diese Betriebsweise bildet eine Vereinigung des Doppelsprechens, bei dem gleichzeitig zwei Telegramme in derselben Richtung übermittelt werden können, mit dem Gegensprechen. Den Grundgedanken der Schaltung haben Dr. Stark in Wien und Dr. Bosscha in Leiden im Jahre 1855 angegeben; jedoch hat erst im Jahre 1874 Edison mit Prescott eine für den praktischen Betrieb brauchbare Schaltung gefunden.

Ein Doppelsprechen läßt sich in folgender Weise erreichen. In einer Leitung mit den Endämtern C und D werden beim gebenden Amte C zwei hintereinander geschaltete Tasten TA und TB aufgestellt, wie es in Abb. 202 schematisch dargestellt ist. Die Leitung liegt an dem Hebel der Taste TA , einer gewöhnlichen Taste, deren Arbeits- und Ruhkontakt mit den voneinander isolierten Hebelarmen H_1 und H_2 der Taste TB verbunden sind. In der Ruhelage dieser Taste sind die Batterien $+LB_1$ und $-LB_1$ mit den Armen H_1 und H_2 über die Kontakte K_1 und K_4 und damit auch mit den Kontakten der Taste TA verbunden. Wird die Taste TB gedrückt, so werden die hintereinander geschalteten Batterien $+(LB_1 + LB_2)$ und $-(LB_1 + LB_2)$ an die Kontakte der Taste TA gelegt. Beim Amte D wird die Leitung mit zwei hintereinander geschalteten Relais, dem zur Taste TA gehörigen A -Relais und dem durch die Taste TB beeinflussten B -Relais verbunden. Das A -Relais ist polarisiert, während das B -Relais einen gewöhnlichen Elektromagneten hat, dessen Anker durch eine Abreißfeder von den Kernen ferngehalten wird. Die Stärke der von den Batterien LB_1 allein hergegebenen Ströme sei i und die der zusammenwirkenden Batterien LB_1 und LB_2 J . Das polarisierte A -Relais wird so eingestellt, daß es bereits auf die Stromstärke i anspricht, d. h. ein Strom $+i$ den Ankerhebel gegen den Arbeitskontakt und ein Strom $-i$ ihn gegen den

Ruhekontakt legt. Dann macht es keinen Unterschied, ob ein Strom J oder i auf das Relais wirkt; in beiden Fällen wird, wenn die Stromrichtung dieselbe ist, das Relais in gleicher Weise beeinflusst. Das zweite Relais, das B -Relais, wird so eingestellt, daß es nur auf den stärkeren Strom J anspricht; da es einen gewöhnlichen, nicht polarisierten Elektromagneten besitzt, so ist die Stromrichtung für das Anziehen seines Ankers ohne Belang. Hieraus ergibt sich, daß das A -Relais durch $+J$ oder $+i$ und das B -Relais durch $+J$ oder $-J$ zum Ansprechen, d. h. der Ankerhebel in die Arbeitslage gebracht wird. In Abb. 203 sind verschiedene Lagen der Tasten TA und TB und darunter die Stromverhältnisse für die Relais beim zweiten Amt angegeben.



Nach den vorstehenden Erörterungen wird das A -Relais während der Zeit von GH bis JK und das B -Relais während der Zeit von EF bis LM ansprechen. Während sich TB in der Arbeitslage befindet, wird zu den Zeiten GH und JK durch das Niederdrücken und Loslassen der Taste TA die Stromrichtung umgekehrt. Der Strom in der Leitung wird kurze Zeit Null, und der Anker des B -Relais kann durch die Abreißfeder von den Polen des Elektromagneten entfernt, also das Zeichen verstümmelt werden. Um dies zu verhindern, sind verschiedene Schaltungen angegeben worden. Während es keine Schwierigkeiten bietet, mit dem A -Relais einen guten Betrieb zu erhalten und selbst schnell arbeitende Telegraphen, wie den Wheatstoneapparat, für die sogenannte A -Seite zu verwenden, begrenzt der angegebene Übelstand die Telegraphiergeschwindigkeit für die B -Seite.



Zum Doppel-Gegensprechen kann die Brückenschaltung oder die Differentialschaltung verwendet werden. Bei der Brückenschaltung werden das A - und das B -Relais hintereinander in die Diagonale gelegt. Die Differentialschaltung, wie sie in Abb. 202 schematisch dargestellt ist, erfordert differential gewickelte A - und B -Relais. Bei einem Amte sind also ein Differentialgalvanoskop DG , die beiden Differentialrelais LRA und LRB und eine künstliche Leitung R erforderlich. Für den Ortstromkreis des Relais LRA sind besondere Vor-

kehrungen nicht nötig; der Arbeitskontakt K_1 wird geerdet und der Ankerhebel H mit dem Empfangsapparat EA_1 und einer Ortsbatterie OB_1 verbunden. Um zu verhindern, daß der Anker des Empfangsapparates EA_2 von den Kernen losgelassen wird, wenn der Strom J seine Richtung wechselt, wird bei der englischen Telegraphenverwaltung ¹⁾ die in Abb. 202 dargestellte Schaltung benutzt. An den Ankerhebel sind ein Widerstand r_1 , der Empfänger EA_2 , ein gewöhnlicher Klopfer, ein Widerstand r_2 und die Ortsbatterie OB_2 gelegt; parallel zu EA_2 und r_2 ist ein Kondensator k_1 geschaltet. Da der Arbeitskontakt K_1 geerdet ist, so fließt ein Strom durch EA_2 , solange sich H gegen K_1 legt. Sobald der Stromkreis mit OB_2 geschlossen wird, ladet sich der Kondensator k_1 . Wenn der Strom in den Windungen von LRB kurze Zeit auf Null sinkt und der Ankerhebel H den Kontakt K_1 verläßt, so entladet sich der Kondensator k_1 durch EA_2 ; der Entladungstrom ist so gerichtet, daß er in gleicher Weise wie der durch die Selbstinduktivität des Elektromagneten hervorgerufene Strom wirkt. Hierdurch wird erreicht, daß der Anker von EA_2 während der kurzen Schwebelage von H angezogen bleibt, das Zeichen also nicht verstümmelt wird.

Der in Abb. 202 gezeichnete Umschalter S dient dazu, während des Abgleichens des fernen Amtes einen Widerstand BW statt der Batterie einzuschalten.

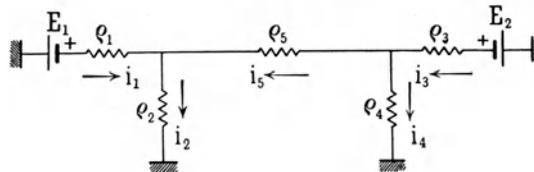
¹⁾ Vgl. T. E. Herbert, *Telegraphy*.

Anhang.

[1]. Die Stromverhältnisse bei der Differentialschaltung.

Die allgemeine Form der Differentialschaltung ist in Abb. 204 schematisch dargestellt. Nach den Kirchhoffschen Sätzen $\Sigma E = \Sigma JR$ und

Abb. 204.



$\Sigma J = 0$ ergeben sich zur Berechnung der Stromstärken, wenn die positive Richtung der Ströme durch die Pfeilrichtung bezeichnet wird, folgende fünf Gleichungen:

$$i_1 - i_2 + i_5 = 0 \dots \dots \dots (1)$$

$$i_3 - i_4 - i_5 = 0 \dots \dots \dots (2)$$

$$0 = Q_2 i_2 - Q_4 i_4 + Q_5 i_5 \dots \dots \dots (3)$$

$$E_1 = Q_1 i_1 + Q_2 i_2 \dots \dots \dots (4)$$

$$E_2 = Q_3 i_3 + Q_4 i_4 \dots \dots \dots (5)$$

Aus diesen Gleichungen erhält man:

$$i_1 = \frac{E_1 (Q_2 Q_3 + Q_2 Q_4 + Q_3 Q_4 + Q_3 Q_5 + Q_4 Q_5) - E_2 Q_2 Q_4}{n^3} \dots \dots (6)$$

$$i_2 = \frac{E_1 (Q_3 Q_4 + Q_3 Q_5 + Q_4 Q_5) + E_2 Q_1 Q_4}{n^3} \dots \dots \dots (7)$$

$$i_3 = \frac{-E_1 Q_2 Q_4 + E_2 (Q_1 Q_2 + Q_1 Q_4 + Q_1 Q_5 + Q_2 Q_4 + Q_2 Q_5)}{n^3} \dots \dots (8)$$

$$i_4 = \frac{E_1 Q_2 Q_3 + E_2 (Q_1 Q_2 + Q_1 Q_5 + Q_2 Q_5)}{n^3} \dots \dots \dots (9)$$

$$i_5 = \frac{-E_1 Q_2 (Q_3 + Q_4) + E_2 Q_4 (Q_1 + Q_2)}{n^3}, \dots \dots \dots (10)$$

wo $n^3 = Q_1 Q_2 (Q_3 + Q_4) + Q_3 Q_4 (Q_1 + Q_2) + Q_5 (Q_1 + Q_2) (Q_3 + Q_4)$ ist.

Unter der Annahme, daß $Q_3 = Q_1$ und $Q_4 = Q_2$ ist, vereinfachen sich die Gleichungen (6) bis (10) in folgender Weise:

$$i_1 = \frac{E_1 (2 Q_1 Q_2 + Q_1 Q_5 + Q_2^2 + Q_2 Q_5) - E_2 Q_2^2}{n^3} \dots \dots (11)$$

$$i_2 = \frac{E_1 (\varrho_1 \varrho_2 + \varrho_1 \varrho_5 + \varrho_2 \varrho_5) + E_2 \varrho_1 \varrho_2}{n^3} \dots \dots \dots (12)$$

$$i_3 = \frac{-E_1 \varrho_2^2 + E_2 (2 \varrho_1 \varrho_2 + \varrho_1 \varrho_5 + \varrho_2^2 + \varrho_2 \varrho_5)}{n^3} \dots \dots (13)$$

$$i_4 = \frac{E_1 \varrho_1 \varrho_2 + E_2 (\varrho_1 \varrho_2 + \varrho_1 \varrho_5 + \varrho_2 \varrho_5)}{n^3} \dots \dots \dots (14)$$

$$i_5 = \frac{-E_1 \varrho_2 (\varrho_1 + \varrho_2) + E_2 \varrho_2 (\varrho_1 + \varrho_2)}{n^3} \dots \dots \dots (15)$$

wo $n^3 = 2 \varrho_1 \varrho_2 (\varrho_1 + \varrho_2) + \varrho_5 (\varrho_1 + \varrho_2)^2$ ist.

Vergleicht man die Schaltung in Abb. 204 mit der Differentialschaltung in Abb. 122, so entsprechen den Werten von $\varrho_1, \varrho_2, \varrho_3, \varrho_4$ und ϱ_5 der Abb. 204 die Werte $w_1, r'_1 + g'_1 + R_1, w_2, r'_2 + g'_2 + R_2$ und $r_1 + g_1 + l + g_2 + r_2$ der Abb. 122. Unter der Annahme, daß bei beiden Ämtern Apparate von gleichen Widerständen w, r und g verwendet werden und deshalb auch — unter der Voraussetzung einer gut isolierten Leitung l — gleiche Widerstandswerte R für die künstlichen Leitungen zu wählen sind, ist $\varrho_1 = w, \varrho_2 = r + g + R, \varrho_5 = 2(r + g) + l$. Werden die Zahlenwerte $w = 130, g + r = 300$ und $l = 2000$ Ohm eingesetzt, so ist $R = 2420$ Ohm zu wählen. Dem Werte $R = 2420$ Ohm entspricht nach Abb. 124 eine Batteriespannung von $E = 60$ Volt. Hiernach sind in die Gleichungen (11) bis (15) folgende Zahlenwerte einzuführen:

$$\varrho_1 = 130, \varrho_2 = 2720 \text{ und } \varrho_5 = 2600 \text{ Ohm.}$$

Die Werte für E_1 und E_2 sind verschieden, je nachdem sich die Tasten T_1 und T_2 bei den Ämtern A und B (Abb. 122) in der Arbeits-, Schweb- oder Ruhelage befinden.

1. Amt A drückt Taste, und Amt B drückt gleichzeitig Taste; bei beiden Ämtern sind die gleichen Batteriepole mit der Leitung verbunden. In diesem Falle, der der Schaltung in Abb. 204 entspricht, sind $E_1 = +60$ und $E_2 = +60$ Volt in die Gleichungen (11) bis (15) einzusetzen.

2. Amt A drückt Taste, und Amt B drückt gleichzeitig Taste; beim Amt A wird der positive Batteriepol, beim Amte B der negative Batteriepol mit der Leitung verbunden. Der Stromlauf weicht von der Schaltung in Abb. 204 insofern ab, als E_2 das negative Vorzeichen erhält; es sind also $E_1 = +60$ und $E_2 = -60$ Volt in die Gleichungen (11) bis (15) einzusetzen.

3. Amt A drückt Taste, und beim Amte B ist die Taste in der Ruhelage. Der Stromlauf entspricht dann der Abb. 204, wenn dort die EMK E_2 ausgeschaltet wird; in die Gleichungen (11) bis (15) ist dann $E_1 = +60$ Volt und $E_2 = 0$ einzusetzen.

4. Amt A drückt Taste, und beim Amte B ist die Taste in der Schwebelage. Der Stromlauf entspricht dann der Abb. 204, wenn der Stromweg mit ϱ_3 unterbrochen wird, also $\varrho_3 = \infty$ ist. Um die Stromstärken für diesen Fall zu ermitteln, dividiert man in den Gleichungen (6) bis (10) Zähler und Nenner der Quotienten durch ϱ_3 . Wird dann $\varrho_3 = \infty$ gesetzt, so fallen alle Glieder, in denen bei der unter (6) bis (10) angegebenen Form der Gleichungen ϱ_3 nicht als Faktor vorkommt, fort, und es ergibt sich:

$$i_1 = \frac{E_1(q_2 + q_4 + q_5)}{n_1^2} \dots \dots \dots (16)$$

$$i_2 = \frac{E_1(q_4 + q_5)}{n_1^2} \dots \dots \dots (17)$$

$$i_3 = 0,$$

$$i_4 = \frac{E_1 q_2}{n_1^2} \dots \dots \dots (18)$$

$$i_5 = -\frac{E_1 q_2}{n_1^2}, \dots \dots \dots (19)$$

wo $n_1^2 = q_1 q_2 + q_4(q_1 + q_2) + q_5(q_1 + q_2)$ ist. Die Stromstärke erhält man durch Einsetzen von $E_1 = +60$ Volt, $q_1 = 130$, $q_4 = q_2 = 2720$ und $q_5 = 2600$ Ohm.

Die für das angegebene Zahlenbeispiel ausgerechneten Werte für die Stromstärken in Milliampere sind in den Abb. 125 bis 130 angegeben, die den vorstehend unter 1 bis 4 aufgeführten Fällen entsprechen.

[2]. Die Wheatstonesche Brücke.

Ordnet man die Widerstände a, b, c, d, e und f und eine EMK E nach Abb. 133 an, so dienen zur Berechnung der Stromstärken in den einzelnen Leitungszweigen nach den Kirchhoffschen Sätzen folgende Gleichungen:

$$\begin{aligned} J - i_1 - i_2 &= 0 \\ J - i_3 - i_4 &= 0 \\ i_1 - i_3 - i_5 &= 0 \\ a i_1 - b i_2 + e i_5 &= 0 \\ c i_3 - d i_4 - e i_5 &= 0 \\ E &= f J + a i_1 + c i_3. \end{aligned}$$

Aus diesen Gleichungen ergeben sich für die Stromstärken folgende Werte:

$$J = \frac{q^2}{p^3 + q^2 f} \cdot E \dots \dots \dots (1)$$

$$i_1 = \frac{bc + bd + be + de}{p^3 + q^2 f} \cdot E \dots \dots \dots (2)$$

$$i_2 = \frac{ac + ad + ae + ce}{p^3 + q^2 f} \cdot E \dots \dots \dots (3)$$

$$i_3 = \frac{ad + bd + be + de}{p^3 + q^2 f} \cdot E \dots \dots \dots (4)$$

$$i_4 = \frac{ac + ae + bc + ce}{p^3 + q^2 f} \cdot E \dots \dots \dots (5)$$

$$i_5 = \frac{bc - ad}{p^3 + q^2 f} \cdot E \dots \dots \dots (6)$$

Der Gesamtwiderstand der zwischen den Polen der Stromquelle E liegenden einzelnen Widerstände ergibt sich aus (1) als

$$W = \frac{E}{J} = \frac{p^3}{q^2} + f, \dots \dots \dots (7)$$

während der Widerstand zwischen den Punkten *A* und *D*

$$W_1 = \frac{p^3}{q^2} \dots \dots \dots (8)$$

ist. In diesen Gleichungen sind die zur Abkürzung eingeführten Werte

$$p^3 = abc + abd + abe + acd + ade + bcd + bce + cde$$

und $q^2 = ac + ad + ae + bc + bd + be + ce + de$.

Die Diagonale *e* bleibt stromlos, d. h. i_5 ist Null, wenn

$$bc - ad = 0$$

oder

$$bc = ad \dots \dots \dots (9)$$

ist.

Zwischen dem Strom *J*, der beim Punkt *A* in das Viereck eintritt und beim Punkte *D* austritt, und den Strömen in den einzelnen Zweigen bestehen folgende Beziehungen

$$i_1 = \frac{bc + bd + be + de}{q^2} \cdot J \dots \dots \dots (10)$$

$$i_2 = \frac{ac + ad + ae + ce}{q^2} \cdot J \dots \dots \dots (11)$$

$$i_3 = \frac{ad + bd + be + de}{q^2} \cdot J \dots \dots \dots (12)$$

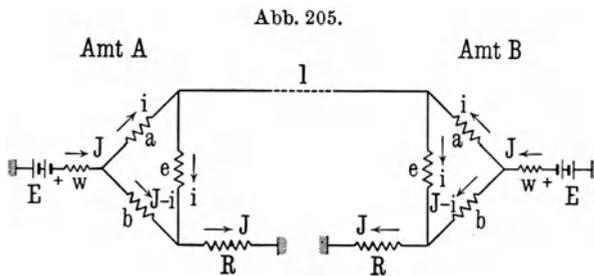
$$i_4 = \frac{ac + ae + bc + ce}{q^2} \cdot J \dots \dots \dots (13)$$

$$i_5 = \frac{bc - ad}{q^2} \cdot J \dots \dots \dots (14)$$

Für q^2 ist der oben angegebene Wert einzusetzen.

[3]. Die Stromverhältnisse bei der Brückenschaltung.

Haben die bei den Ämtern *A* und *B* mit der Leitung *l* verbundenen Brückenarme den gleichen Widerstand *a* und die beiden anderen Brückenarme den gleichen Widerstand *b*, ist ferner der Widerstand der Empfangs-



apparate bei beiden Ämtern gleich *e*, so sind wegen der symmetrischen Anordnung der Widerstände zur Leitung *l* auch die Widerstände *R* der beiden künstlichen Leitungen einander gleich. Werden bei

beiden Ämtern die Tasten gedrückt, und liegen gleiche Batteriepole an den Arbeitskontakten der Tasten, haben ferner beide Batterien die gleichen Spannungen *E* und die Feinsicherungen mit Zusatzspulen die gleichen Widerstände *w*, so ergibt sich die in Abb.205 dargestellte Schaltung. Da die

Spannungen an den Enden der Leitung l gleich und entgegengesetzt sind, so bleibt die Leitung l stromlos. Zur Bestimmung von J und i dienen folgende Gleichungen:

$$E = wJ + ai + ei + RJ,$$

$$b(J - i) - ai - ei = 0.$$

Hieraus erhält man:

$$J = \frac{a + b + e}{(a + b + e)(w + R) + b(a + e)} \cdot E$$

und

$$i = \frac{b}{(a + b + e)(w + R) + b(a + e)} \cdot E.$$

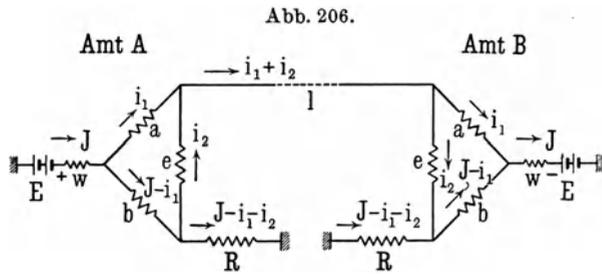
Werden in diese Gleichungen folgende Werte eingesetzt: $a = b = 1000$, $e = 600$, $w = 130$ und $R = 2670$ Ohm, ferner $E = 100$ Volt, so sind

$$J = \text{rund } 29 \text{ Milliampere}$$

und

$$i = \text{rund } 11 \quad ,$$

Wenn beim Amte B unter sonst gleichen Verhältnissen eine Linienbatterie verwendet wird, die mit entgegengesetztem Pole, wie die Batterie beim Amt A , an dem Arbeitskontakte der Taste liegt, so sind beim gleichzeitigen Drücken beider Tasten die Stromverhältnisse nach Abb. 206 vorhanden. Zur Bestimmung von J , i_1 und i_2 dienen folgende Gleichungen:



$$E = wJ + b(J - i_1) + R(J - i_1 - i_2)$$

$$ai_1 - b(J - i_1) - ei_2 = 0$$

$$2R(J - i_1 - i_2) - 2ei_2 - l(i_1 + i_2) = 0.$$

Wird $l_1 = \frac{l}{2}$ eingeführt, so ergibt sich aus diesen Gleichungen:

$$J = \frac{(a + b)(e + l_1 + R) + e(l_1 + R)}{n^3} \cdot E,$$

$$i_1 = \frac{b(e + l_1 + R) + eR}{n^3} \cdot E$$

$$\text{und } i_2 = \frac{R(a + b) - b(l_1 + R)}{n^3} \cdot E,$$

wo $n^3 = ew(l_1 + R) + b(a + l_1)(e + l_1 + R) + l_1R(a + b) + w(a + b)(e + l_1 + R) - bl_1(l_1 + R) + eR(a + l_1)$

ist. Werden in diese Gleichungen die Werte des vorhergehenden Beispiels und $l_1 = \frac{l}{2} = 1000$ Ohm eingesetzt, so sind

$$J = \text{rund } 73 \text{ Milliampere,}$$

$$i_1 = \text{ " } 40 \text{ "}$$

und $i_2 = \text{ " } 11 \text{ "}$

Befindet sich beim Amte *B* die Taste in der Schwebelage, während beim Amt *A* die Taste gedrückt ist, so sind die in Abb. 207 dargestellten Stromverhältnisse vorhanden. Zur Berechnung der Stromstärken dienen die Gleichungen (1) bis (6)

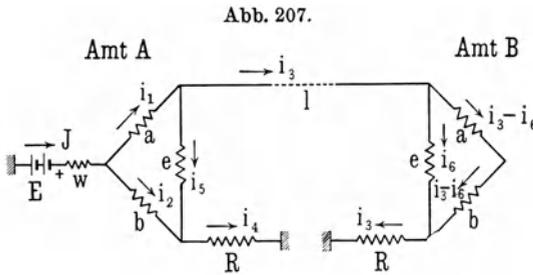
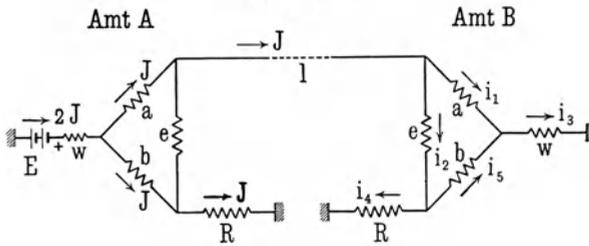


Abb. 208.



$i_6 = 12$ Milliampere. Befindet sich beim Amte *B* die Taste in der Ruhelage, während beim Amt *A* die Taste gedrückt ist, so sind die Stromstärken nach Abb. 208 vorhanden. Zur Berechnung der Stromstärken i_1 bis i_6 dienen die Gleichungen (10) bis (14) von [2], wobei $J = \frac{E}{2w + a + R}$ zu setzen ist.

Ferner sind statt der Werte a, b, c, d und e in diese Gleichungen die Werte a, e, w, R und b zu setzen. Werden in diese Gleichungen die Werte des vorhergehenden Beispiels eingeführt, so sind $J = \text{rund } 25, i_1 = \text{rund } 14, i_2 = \text{rund } 11, i_3 = \text{rund } 21, i_4 = \text{rund } 4$ und $i_5 = \text{rund } 7$ Milliampere.

[4]. Die Kapazität des ebenen Kondensators¹⁾.

Stehen sich zwei parallele Metallplatten von $F \text{ cm}^2$ Grundfläche im Abstände von $\delta \text{ cm}$ gegenüber, und ist ϵ die Dielektrizitätskonstante der isolierenden Schicht, so ist die Kapazität dieses Kondensators $K = \frac{\epsilon F}{4 \pi c^2 \delta}$ (cgs). Unter Berücksichtigung der Beziehungen $c = 3 \cdot 10^{10} \text{ cm}$ und 1 elektromagnetische (cgs-) Einheit der Kapazität = 10^9 Farad = 10^{15} Mikrofarad

¹⁾ Vgl. Dr. F. Breisig, Theoretische Telegraphie.

von [2] mit der Maßgabe, daß die Werte c, d und f durch die Werte $l + \frac{(a+b)e}{a+b+e} + R, R$ und w zu ersetzen sind. Der auf den Empfangsapparat beim Amte *B* wirkende Strom ist

$$i_6 = \frac{a+b}{a+b+e} \cdot i_3.$$

Werden in diese Gleichungen die Werte des vorhergehenden Beispiels eingesetzt, so sind $J = 42, i_1 = 20, i_2 = 22, i_3 = 15, i_4 = 27, i_6 = 5$ und

erhält man $K = 0,0885 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\epsilon F}{\delta}$ Mikروفarad. Stellt man z. B. zwei Metallplatten im Abstände von 1 mm einander gegenüber in einem leeren Raume, für den die Dielektrizitätskonstante $\epsilon = 1$ gesetzt wird, so müssen, wenn der Kondensator eine Kapazität von 1 Mikروفarad haben soll, die Metallplatten Grundflächen von rund 113 m² oder bei quadratischer Form Seitenlängen von rund 11 m besitzen.

[5]. Die Ladung und Entladung eines Kondensators¹⁾.

Bildet man einen Stromkreis aus einem Kondensator von K Farad, einem induktionsfreien Widerstande von R Ohm und einer Stromquelle von E Volt, so ist die Ladung, d. h. die aufgenommene Elektrizitätsmenge, t Sekunden nach dem Schließen des Stromkreises $q = KE \left(1 - e^{-\frac{t}{KR}}\right)$, wo e , die Basis der natürlichen Logarithmen, den Wert 2,71828 besitzt. Der Strom hat zur Zeit t den Wert $J = \frac{E}{R} e^{-\frac{t}{KR}}$. Beim Entladen des Kondensators erhält man für die bei einer bestimmten Zeit noch im Kondensator befindliche Ladung und den Strom die Werte

$$Q = KE e^{-\frac{t}{KR}} \quad \text{und} \quad J = -\frac{E}{R} e^{-\frac{t}{KR}}.$$

Der Entladungstrom hat bei umgekehrter Richtung den gleichen Verlauf wie der Ladungstrom. Für einen Stromkreis mit den Werten $E = 40$ Volt, $K = 1,2$ Mikروفarad $= 1,2 \cdot 10^{-6}$ Farad und $R = 2000$ Ohm ist der Ladungstrom

$$J = \frac{40 \cdot 1000}{2000} \cdot e^{-\frac{t}{1,2 \cdot 10^{-6} \cdot 2000}} = 20 \cdot e^{-417t} \text{ Milliampere.}$$

Beträgt unter sonst gleichen Verhältnissen R 500 Ohm, so ist

$$J = \frac{40 \cdot 1000}{500} \cdot e^{-\frac{t}{1,2 \cdot 10^{-6} \cdot 500}} = 80 \cdot e^{-1667t} \text{ Milliampere.}$$

Der hiernach berechnete Stromverlauf ist durch die Schaulinie in Abb. 151 dargestellt.

[6]. Die Kapazität von Telegraphenleitungen¹⁾.

Bezeichnet man den Durchmesser einer oberirdischen Leitung mit 2ϱ und ihren Abstand von der Erde mit h , so ist die Kapazität von 1 km dieser einfachen Leitung gegen Erde

$$K = \frac{1}{18 \log \text{nat} \frac{2h}{\varrho}} = \frac{0,0241}{\log \frac{2h}{\varrho}} \text{ Mikروفarad.}$$

Die Werte für h und ϱ sind in Zentimetern anzugeben.

Für eine 4 mm starke Leitung, deren Abstand von der Erde 6,5 m beträgt, ergibt sich hieraus eine Kapazität von rund 0,0063 Mikروفarad für

¹⁾ Vgl. Dr. F. Breisig, Theoretische Telegraphie.

1 km. Durch benachbarte Leitungen wird jedoch dieser Wert sehr verändert. Wie auf S. 113 angegeben ist, hat Devaux-Charbonnel durch Versuche einen Wert von 0,009 Mikrofarad für 1 km gefunden.

Wird bei einem einaderigen Telegraphenkabel mit Guttapercha-Isolation der halbe Durchmesser des inneren Drahtes mit R_1 und der halbe Durchmesser der mit Guttapercha umpreßten Ader mit R_2 bezeichnet und als äußere Umgebung Seewasser oder feuchtes Erdreich angenommen, so ist die Kapazität für 1 km

$$K = \frac{\varepsilon}{18 \log \frac{R_2}{R_1}} = \frac{0,0241 \varepsilon}{\log \frac{R_2}{R_1}} \text{ Mikrofarad.}$$

Hierin bedeutet ε die Dielektrizitätskonstante der Guttapercha; sie ist etwa 3,5. Bei den Guttapercha-Erdkabeln der deutschen Telegraphenverwaltung ist bei einem Widerstande von etwa 7 Ohm die Kapazität 0,25 Mikrofarad für 1 km.

[7]. Der Stromverlauf in Telegraphenleitungen.

Wird eine am Ende geerdete Leitung, in der Widerstand und Kapazität gleichmäßig verteilt sind und Selbstinduktivität und Ableitung vernachlässigt werden können, am Anfange mit einer Stromquelle verbunden, und können die Widerstände an beiden Enden der Leitung als verschwindend klein angesehen werden, so ergeben sich für die Spannung V und den Strom J an den verschiedenen Punkten der Leitung und zu den verschiedenen Zeiten folgende, von Sir William Thomson (Lord Kelvin) angegebene Beziehungen ¹⁾.

$$V = E \left(1 - \frac{x}{l} - \frac{2}{\pi} \sum_1^{\infty} \frac{1}{n} e^{-\frac{n^2 \pi^2}{KR} t} \sin \frac{n \pi x}{l} \right)$$

und
$$J = \frac{E}{R} \left(1 + 2 \sum_1^{\infty} e^{-\frac{n^2 \pi^2}{KR} t} \cos \frac{n \pi x}{l} \right).$$

In diesen Formeln bedeuten E die EMK der Stromquelle, R den Gesamtwiderstand, K die Gesamtkapazität, l die Länge der Leitung, x den Abstand des Punktes, für den V oder J ermittelt werden soll, vom Anfange der Leitung, n alle ganzen Zahlen von 1 ab und t die Zeit nach dem Beginne des Anlegens der Stromquelle.

Um den Strom J_a am Anfange der Leitung zu erhalten, ist $x = 0$ zu setzen; es ist dann

$$J_a = J_{x=0} = \frac{E}{R} \left(1 + 2 \sum_1^{\infty} e^{-\frac{n^2 \pi^2}{KR} t} \right).$$

Setzt man $e^{-\frac{\pi^2}{KR} t} = v$, so ist

$$J_a = \frac{E}{R} \left(1 + 2 \sum_1^{\infty} v^{n^2} \right)$$

oder

$$J_a = \frac{E}{R} [1 + 2(v + v^4 + v^9 + v^{16} + \dots)].$$

¹⁾ Vgl. Dr. F. Breisig, Theoretische Telegraphie.

Für $t = 0$ ist $v = e^{-\frac{\pi^2}{KR}t} = 1$; der Wert der vorstehenden unendlichen Reihe ist also ∞ . Für die übrigen Werte von t konvergiert die Reihe. In dem Augenblicke des Anlegens der Stromquelle, in dem $t = 0$ ist, würde hiernach der Anfangstrom J_a den Wert ∞ haben, während sich für ihn in den folgenden Augenblicken endliche Werte ergeben. Der Wert ∞ verstößt gegen die Bedingung der Stetigkeit; die Reihe gilt also für den Augenblick des Stromschlusses nicht. In der Praxis ist der Wert ∞ für den Strom aus deshalb ausgeschlossen, weil Batterie und Zuleitung nicht völlig widerstandslos hergestellt werden können.

In der nachstehenden Zusammenstellung sind für verschiedene Werte von $\frac{t}{KR}$ (Spalte 1) die zugehörigen Werte von $\sum_1^{\infty} v^{n^2}$ (Spalte 2) und $1 + 2 \sum_1^{\infty} v^{n^2}$ (Spalte 3) angegeben.

$\frac{t}{KR}$	$\sum_1^{\infty} v^{n^2}$	$1 + 2 \sum_1^{\infty} v^{n^2}$	$-\sum_1^{\infty} (-1)^n v^{n^2}$	$1 + 2 \sum_1^{\infty} (-1)^n v^{n^2}$	Für $E = 40$ Volt, $R = 2000$ Ohm und $K = 1,2 \cdot 10^{-6}$ Farad		
					t in 10^{-4} Sek.	J_a	J_e
						Milliampere	
1	2	3	4	5	6	7	8
0,005	3,50	8,00	0,50	0	0,12	160	0
0,010	2,32	5,64	0,50	0	0,24	118	0
0,015	1,80	4,60	0,50	0	0,36	92	0
0,020	1,49	3,98	0,50	0	0,48	80	0
0,025	1,28	3,56	0,50	0	0,60	71	0
0,03	1,13	3,26	0,499	0,002	0,72	65	0,04
0,04	0,91	2,82	0,495	0,010	0,96	56	0,2
0,05	0,76	2,52	0,483	0,034	1,20	50	0,7
0,06	0,65	2,30	0,465	0,070	1,44	46	1,4
0,08	0,50	2,00	0,412	0,175	1,92	40	3,5
0,10	0,39	1,78	0,353	0,293	2,40	36	5,9
0,12	0,31	1,62	0,297	0,406	2,88	32	8,1
0,14	0,26	1,52	0,247	0,506	3,36	30	10
0,16	0,21	1,42	0,205	0,591	3,84	28	12
0,18	0,17	1,34	0,169	0,663	4,32	27	13
0,20	0,14	1,28	0,139	0,723	4,80	26	14
0,25	0,08	1,16	0,085	0,831	6,0	23	17
0,3	0,05	1,10	0,052	0,897	7,2	22	18
0,4	0,02	1,04	0,020	0,961	9,6	21	19
0,5	0,01	1,02	0,007	0,986	12,0	20	20
0,6	0,003	1,01	0,003	0,995	14,4	20	20
0,7	0,001	1,002	0,001	0,998	16,8	20	20
0,8	0,0004	1,001	0,0004	0,9993	19,2	20	20
0,9	0,0001	1,0002	0,0001	0,9997	21,6	20	20
1,0	0,00005	1,0001	0,00005	0,9999	24,0	20	20

Zur Ermittlung des Stromes J_e am Ende der Leitung ist $x = l$ zu setzen; es ergeben sich dann für $\cos \frac{n\pi x}{l}$ die Werte -1 oder $+1$, je nach-

dem für n die ungeraden Zahlen 1, 3, 5 usw. oder die geraden Zahlen 2, 4, 6 usw. eingesetzt werden. Hiernach ist

$$J_e = J_{x=l} = \frac{E}{R} \left[1 + 2 \sum_1^{\infty} (-1)^n e^{-\frac{n^2 \pi^2}{KR} t} \right].$$

Durch Einführung von $v = e^{-\frac{\pi^2}{KR} t}$ erhält man

$$J_e = \frac{E}{R} \left[1 + 2 \sum_1^{\infty} (-1)^n v^{n^2} \right]$$

oder
$$J_e = \frac{E}{R} [1 - 2(v - v^4 + v^9 - v^{16} \pm \dots)].$$

In der vorstehenden Zusammenstellung sind für verschiedene Werte von $\frac{t}{KR}$ (Spalte 1) die zugehörigen Werte von $-\sum_1^{\infty} (-1)^n v^{n^2}$ (Spalte 4) und $1 + 2 \sum_1^{\infty} (-1)^n v^{n^2}$ (Spalte 5) angegeben.

Die Schaulinien I und II in Abb. 209 stellen den Verlauf des Anfangstromes und des Endstromes dar. Die Zeiten sind als Werte von $\frac{t}{KR}$, die Stromstärken als Vielfache von $\frac{E}{R}$ angegeben.

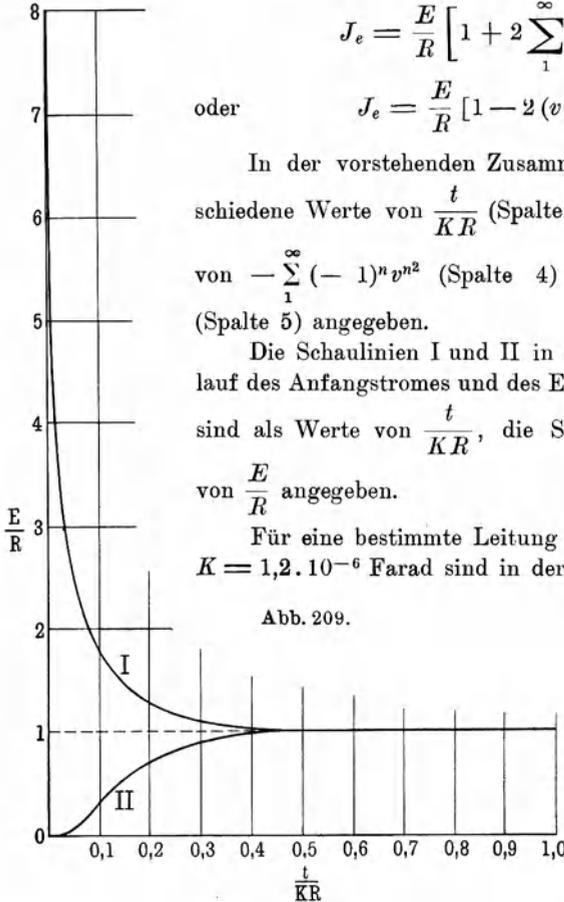


Abb. 209.

Für eine bestimmte Leitung von $R = 2000$ Ohm und $K = 1,2 \cdot 10^{-6}$ Farad sind in der vorstehenden Zusammenstellung die den Werten

$\frac{t}{KR}$ (Spalte 1) entsprechenden Werte von t in Spalte 6 in Zehntausendstel Sekunden angegeben. Die zugehörigen Werte des Anfangstromes J_a und des Endstromes J_e bei einer EMK der Strom-

quelle $E = 40$ Volt sind in Spalte 7 und 8 in Milliampere angegeben. Für

$\frac{t}{KR} = 0,1$ (Spalte 1) ist z. B.

$$t = 0,1 \cdot KR = 0,1 \cdot 1,2 \cdot 10^{-6} \cdot 2000 = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ Sekunden (Spalte 6),}$$

$$J_a = \frac{40}{2000} \cdot 1,78 = 35,6 \cdot 10^{-3} \text{ Ampere} = \text{rund } 36 \text{ Milliampere (Spalte 7)}$$

und
$$J_e = \frac{40}{2000} \cdot 0,293 = 5,86 \cdot 10^{-3} \text{ Ampere} = \text{rund } 5,9 \text{ Milliampere (Sp. 8).}$$

In Abb. 210 stellen die (mit Abb. 209 übereinstimmenden) Schaulinien $BHDD'$ und $OFDD'$ den zeitlichen Verlauf des Anfangstromes und End-

stromes dar. Theoretisch erreichen beide Ströme den Endwert $\frac{E}{R} = OA$ zwar erst für den Zeitwert $t = \infty$; praktisch kann aber mit genügender Genauigkeit angenommen werden, daß der Endwert zur Zeit OC erreicht wird. Die während der Zeit OC' in die Leitung am Anfang eintretende Elektrizitätsmenge wird durch die Fläche $OABHDD'C'CLO$, die während derselben Zeit aus der Leitung am Ende austretende Elektrizitätsmenge durch die Fläche $OFDD'C'CLO$ dargestellt. Der Unterschied beider Flächen ist die von der Leitung als Ladung aufgenommene Elektrizitätsmenge $OABHDDFO$. Die Leitung wird in der Zeit OC geladen; haben der Anfangstrom und der Endstrom den Endwert $CD = OA$ erreicht, so tritt die gleiche Elektrizitätsmenge, die in die Leitung eintritt, auch aus der Leitung aus.

Zur Ermittlung, wie groß die der Leitung als Ladung zugeführte Elektrizitätsmenge ist, und wie weit die Leitung zu den einzelnen Zeiten geladen ist, dient die früher angegebene Gleichung

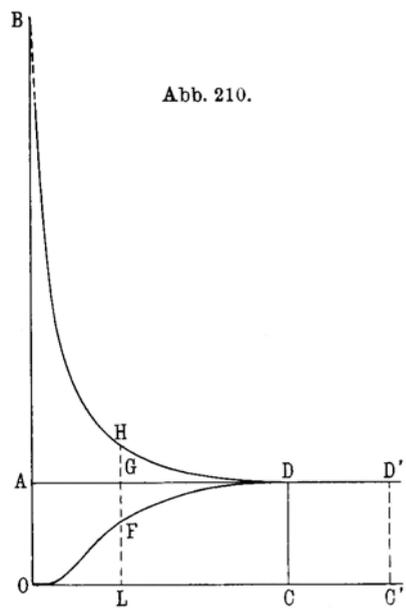


Abb. 210.

$$V = E \left(1 - \frac{x}{l} - \frac{2}{\pi} \sum_1^{\infty} \frac{1}{n} e^{-\frac{n^2 \pi^2}{KR} t} \sin \frac{n \pi x}{l} \right),$$

aus der sich die Spannung V der Leitung an der Stelle x und zur Zeit t ergibt. Ein Element der Leitung mit der Kapazität $\frac{K}{l} dx$ besitzt demnach die Ladung $\frac{K}{l} \cdot V dx$, und die gesuchte Elektrizitätsmenge ist

$$Q_1 = \int_0^l \frac{K}{l} V dx.$$

Durch Einsetzen des Wertes für V und Ausführung der Integration erhält man

$$Q_1 = \frac{KE}{2} - \frac{4}{\pi^2} KE \sum_0^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} e^{-\frac{(2n+1)^2 \pi^2}{KR} t}.$$

Setzt man wieder $e^{-\frac{\pi^2}{KR} t} = v$, so ergibt sich

$$Q_1 = \frac{KE}{2} - \frac{4}{\pi^2} KE \left(v + \frac{v^9}{9} + \frac{v^{25}}{25} + \dots \right).$$

Aus dieser Gleichung läßt sich die Ladung der Leitung zu einer beliebigen Zeit t nach dem Anlegen der Stromquelle berechnen, z. B. die der

Fläche $OABHGF$ entsprechende Ladung, wenn für t der durch OL dargestellte Wert eingesetzt wird. Mit zunehmendem t wird v und damit auch der Wert der Reihe kleiner; die Ladung Q_1 nähert sich dem Endwerte $\frac{KE}{2}$ und erreicht ihn mit praktisch genügender Genauigkeit zur Zeit OC . Die Fläche $OABHDF$ entspricht also dem Werte $\frac{KE}{2}$.

Zur Berechnung desjenigen Teiles der die Ladung darstellenden Fläche, der unterhalb der Linie AD liegt, dient die Gleichung für den Endstrom

$$J_e = \frac{E}{R} + \frac{2E}{R} \sum_1^{\infty} (-1)^n e^{-\frac{n^2 \pi^2}{KR} t}.$$

Die Größe des Teiles $OAGF$ ergibt sich aus folgender Betrachtung. GL stellt den Endwert $\frac{E}{R}$ des Stromes und FL den Strom J_e zur Zeit OL dar; es ist also $GF = \frac{E}{R} - J_e$. Da GF die der Zeit t entsprechende Ordinate der Fläche $OAGF$ ist, so ist diese Fläche

$$Q_2 = \int_0^t \left(\frac{E}{R} - J_e \right) dt.$$

Durch Einführung des Wertes von J_e und Ausführung der Integration erhält man

$$Q_2 = \frac{KE}{6} + \frac{2}{\pi^2} \cdot KE \sum_1^{\infty} \frac{(-1)^n}{n^2} e^{-\frac{n^2 \pi^2}{KR} t}.$$

Setzt man wieder $e^{-\frac{\pi^2}{KR} t} = v$, so ist

$$Q_2 = \frac{KE}{6} - \frac{2}{\pi^2} KE \left(v - \frac{v^4}{4} + \frac{v^9}{9} - \frac{v^{16}}{16} + \frac{v^{25}}{25} \mp \dots \right).$$

Mit zunehmendem t nähert sich der Teil Q_2 der Ladung dem Endwerte $\frac{KE}{6}$ und erreicht ihn mit praktisch genügender Genauigkeit zur Zeit OC .

Die Fläche $ABHG$ ist gleich der Differenz der Flächen $OABHGF$ und $OAGFO$; bezeichnet man die der Fläche $ABHG$ entsprechende Elektrizitätsmenge mit Q_0 , so ist $Q_0 = Q_1 - Q_2$.

Werden für Q_1 und Q_2 die oben gefundenen Werte eingesetzt, so ergibt sich

$$Q_0 = \frac{KE}{3} - \frac{2}{\pi^2} KE \left(v + \frac{v^4}{4} + \frac{v^9}{9} + \dots \right).$$

Der Teil Q_0 der Ladung nähert sich mit zunehmendem t dem Endwerte $\frac{KE}{3}$ und erreicht ihn mit praktisch genügender Genauigkeit zur Zeit OC .

Wird nach beendigter Ladung die Stromquelle am Anfange der Leitung abgeschaltet und die Leitung unmittelbar mit Erde verbunden, so fließt die als Ladung aufgenommene Elektrizitätsmenge an beiden Enden der Leitung

zur Erde ab. Infolge Wegnahme der Stromquelle und Erdung wird der Anfang der Leitung auf die Spannung Null gebracht. Die an den verschiedenen Punkten der Leitung und zu den verschiedenen Zeiten während der Entladung vorhandene Spannung ist

$$V' = \frac{2}{\pi} E \sum_1^{\infty} \frac{1}{n} e^{-\frac{n^2 \pi^2}{KR} t} \sin \frac{n \pi x}{l}.$$

Vergleicht man hiermit den auf S. 210 für V bei der Ladung angegebenen Wert, so ersieht man, daß $V + V' = E \left(1 - \frac{x}{l}\right)$ ist, d. h. für eine bestimmte Zeit nach Beginn der Ladung und Entladung sich die Spannungen zum Betrage von $E \left(1 - \frac{x}{l}\right)$, der den Wert der Spannungen nach beendigter Ladung angibt, ergänzen.

Der Strom für die Entladung ist an den verschiedenen Punkten der Leitung und zu den verschiedenen Zeiten

$$J' = -\frac{2E}{R} \sum_1^{\infty} e^{-\frac{n^2 \pi^2}{KR} t} \cos \frac{n \pi x}{l}.$$

Die Summe der bei der Ladung auftretenden Stromstärke J , deren Wert auf S. 210 angegeben ist, und der Stromstärke J' bei der Entladung ist

$$J + J' = \frac{E}{R},$$

d. h. an jeder Stelle ergänzen sich die Werte der Stromstärken, die gleichen Zeitabständen vom Augenblicke des Anlegens des Leitungsanfanges an die Stromquelle und an Erde entsprechen, zum Werte des Endstromes. Hieraus ergibt

sich, daß der Anfangstrom während der Entladung denselben Verlauf zur Zeitlinie OCC' hat, wie der Anfangstrom $BHDD'$ bei der Ladung zur Linie ADD' , daß aber seine Richtung umgekehrt ist. Der Endstrom entspricht bei der Entladung in seinem Verlaufe zur Zeitlinie OCC' dem Endstrome bei der Ladung in seinem Verlaufe zur Linie ADD' . Abb. 211 zeigt den Verlauf $BHDD'C'B_0H_0D_0D'_0$ des Anfangstromes, wenn die Stromquelle während der Zeit OC' angeschaltet ist und nach dieser Zeit ausgeschaltet wird; Abb. 212 zeigt den Verlauf $OFDD'F_0D_0D'_0$ des Endstromes unter den gleichen Verhältnissen.

Die am Ende der Leitung bei der Entladung austretende Elektrizitätsmenge Q'_2 ist das Zeitintegral des Endstromes J'_e , dessen Wert sich

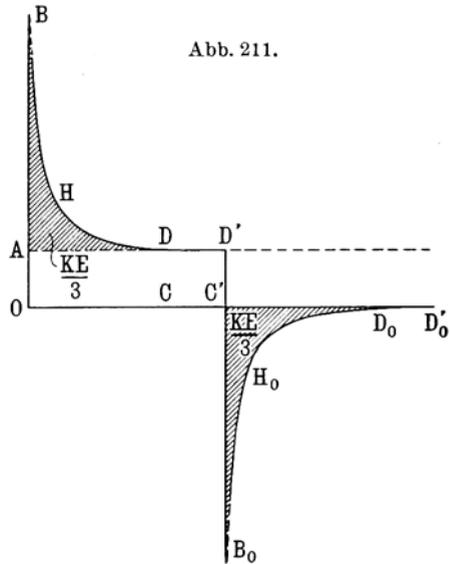


Abb. 211.

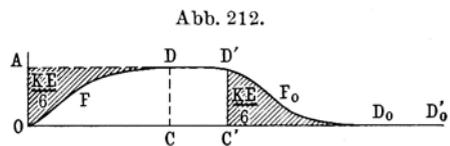


Abb. 212.

aus der obigen Gleichung für J' durch das Gleichsetzen von x und l ergibt, also

$$Q'_2 = \int_0^t J'_e dt.$$

Durch Einführung des Wertes von J'_e und Ausführung der Integration erhält man

$$Q'_2 = \frac{KE}{6} - \frac{2}{\pi^2} KE \left(v - \frac{v^4}{4} + \frac{v^9}{9} - \frac{v^{16}}{16} + \frac{v^{25}}{25} - \dots \right),$$

wo $v = e^{-\frac{\pi^2}{KR}t}$ gesetzt ist

Mit zunehmendem t nähert sich der Teil Q'_2 der Entladung dem Endwerte $\frac{KE}{6}$ und erreicht ihn mit praktisch genügender Genauigkeit nach der Zeit $C'D_0 = OC$. Die schraffierten Flächen in Abb. 212 $OADF_0$ und $D'C'D_0F_0D'$ sind einander gleich und entsprechen den Elektrizitätsmengen $\frac{KE}{6}$.

Bei der Ladung ist der Leitung die Elektrizitätsmenge $\frac{KE}{2}$ zugeführt worden; da bei der Entladung am Ende die Menge $\frac{KE}{6}$ austritt, so fließt am Anfange der Leitung die Menge $\frac{KE}{2} - \frac{KE}{6} = \frac{KE}{3}$ ab. Die in Abb. 211 schraffierten Flächen $ABHDA$ und $C'B_0H_0D_0C'$ sind einander gleich und entsprechen der Elektrizitätsmenge $\frac{KE}{3}$.

[8]. Gleichstrommessungen an Telegraphenleitungen¹⁾.

Hat eine Leitung von L km Länge einen gleichmäßig verteilten Widerstand von r Ohm und eine gleichmäßig verteilte Ableitung A , wo A den umgekehrten Wert des Isolationswiderstandes darstellt, für das Kilometer, so ergeben sich bei der Messung des Widerstandes, wenn das ferne Amt die Leitung isoliert oder erdet, die Werte U_1 für den scheinbaren Isolationswiderstand und U_2 für den scheinbaren Leitungswiderstand, und zwar ist

$$U_1 = \sqrt{\frac{r}{A} \cdot \frac{e^{L\sqrt{Ar}} + e^{-L\sqrt{Ar}}}{e^{L\sqrt{Ar}} - e^{-L\sqrt{Ar}}}}$$

und

$$U_2 = \sqrt{\frac{r}{A} \cdot \frac{e^{L\sqrt{Ar}} - e^{-L\sqrt{Ar}}}{e^{L\sqrt{Ar}} + e^{-L\sqrt{Ar}}}}.$$

Hierin bedeutet e die Zahl 2,71828.

Ist der Isolationswiderstand $\frac{1}{LA}$ gleich dem Leitungswiderstande Lr , so ist $L^2Ar = 1$, also $\sqrt{Ar} = \frac{1}{L}$ und $\sqrt{\frac{r}{A}} = Lr$. Setzt man diese Werte

¹⁾ Vgl. Dr. F. Breisig, Theoretische Telegraphie.

in die obigen Gleichungen ein, und bezeichnet man ferner den Leitungswiderstand Lr mit l , so ist

$$U_1 = l \cdot \frac{e + e^{-1}}{e - e^{-1}} = l \cdot \frac{e^2 + 1}{e^2 - 1} = 1,52 l$$

und

$$U_2 = l \cdot \frac{e - e^{-1}}{e + e^{-1}} = l \cdot \frac{e^2 - 1}{e^2 + 1} = 0,66 l$$

Ist mit der Leitung am Ende ein Widerstand W verbunden, so ist der scheinbare Widerstand der Leitung

$$l_0 = \frac{U_1 W + U_1 U_2}{U_1 + W}$$

Werden für U_1 und U_2 die Werte $1,52 l$ und $0,66 l$ eingesetzt, so ergibt sich

$$l_0 = \frac{1,52 l W + l^2}{1,52 l + W}$$

Setzt man $l = 2000$ und $W = 420$ Ohm, so ist $l_0 =$ rund 1520 Ohm.

[9]. Der Stromverlauf im Kreise mit Widerstand und Selbstinduktivität¹⁾.

In einem Kreise mit einer Stromquelle von der EMK E Volt, einem Widerstande von R Ohm und einer Selbstinduktivität von L Henry hat der Strom t Sekunden nach dem Schließen des Kreises den Wert

$$J_1 = \frac{E}{R} \left(1 - e^{-\frac{R}{L} t} \right).$$

Mit wachsender Zeit nähert sich der Wert dem durch das Ohmsche Gesetz gegebenen Endwert $\frac{E}{R}$. Hat der Strom diesen Wert erreicht, und entfernt man die Stromquelle aus dem Kreis, ohne den leitenden Weg zu unterbrechen, etwa durch Kurzschließen der Batterie, so sinkt der Strom allmählich auf Null. t Sekunden nach dem Entfernen der Stromquelle beträgt der Wert des Stromes

$$J_2 = \frac{E}{R} e^{-\frac{R}{L} t}.$$

In der nachstehenden Zusammenstellung sind für verschiedene Werte von

$$\frac{R}{L} t \text{ (Spalte 1)}$$

die Werte von

$$1 - e^{-\frac{R}{L} t} \text{ (Spalte 2)}$$

und

$$e^{-\frac{R}{L} t} \text{ (Spalte 3)}$$

angegeben. Die folgenden Spalten enthalten für die Zeiten nach dem Ein- oder Ausschalten der Stromquelle (Spalte 4) die Stromwerte für den ansteigenden Strom J_1 und den abfallenden Strom J_2 (Spalten 5 und 6). Der

¹⁾ Vgl. Dr. F. Breisig, Theoretische Telegraphie.

Endwert $\frac{E}{R}$ beim Entstehen oder Null beim Verschwinden des Stromes wird theoretisch erst nach der Zeit $t = \infty$ erreicht; wie die Zusammenstellung zeigt, ist er jedoch praktisch genügend genau bereits für den Wert $\frac{R}{L}t = 6$ vorhanden.

$\frac{R}{L}t$	$1 - e^{-\frac{R}{L}t}$	$e^{-\frac{R}{L}t}$	Für $\frac{R}{L} = \frac{3000}{30} = 100$ und $E = 30$ Volt ist		
			für t in 10^{-3} Sek.	J_1	J_2
				Milliampere	
1	2	3	4	5	6
0	0	1	0	0	10
0,5	0,39	0,61	5	3,9	6,1
1	0,63	0,37	10	6,3	3,7
1,5	0,78	0,22	15	7,8	2,2
2	0,86	0,14	20	8,6	1,4
2,5	0,92	0,08	25	9,2	0,8
3	0,95	0,05	30	9,5	0,5
4	0,98	0,02	40	9,8	0,2
5	0,993	0,007	50	9,9	0,1
6	0,998	0,002	60	10	0

[10]. Der Telegraph von Rowland¹⁾.

Der verstorbene Professor H. A. Rowland in Baltimore hat mit dem von ihm entworfenen Telegraphen erstrebt, die Leitung möglichst gut auszunutzen, das Telegraphieren beim gebenden Amte so einfach wie das Bedienen einer Schreibmaschine zu gestalten und die übermittelten Telegramme beim empfangenden Amt auf Blätter drucken zu lassen, die zum Aushändigen an die Empfänger der Telegramme fertig sind. Um eine hohe Leistungsfähigkeit zu erreichen, ist der Apparat als Mehrfach-Telegraph, und zwar als Vierfachapparat ausgebildet worden, der in Verbindung mit dem Gegensprechen nach der Differentialschaltung gleichzeitig vier Telegramme in jeder Richtung oder acht Telegramme in beiden Richtungen zu übermitteln gestattet. Hiernach ist der Apparat als Achtfachapparat bezeichnet worden. Jeder Geber hat ein Tastenwerk ähnlich dem einer Schreibmaschine. Wird eine Taste gedrückt, so wirkt ihr Hebel auf bestimmte Stromschlußstücke, so daß die zu dem Zeichen gehörige Gruppe von Stromstößen in die Leitung gesandt wird. Der Beamte braucht daher die Einheiten, aus denen sich die Zeichen zusammensetzen, nicht zu kennen; der Geber läßt sich leicht und einfach bedienen. Auf einen Streifen am Geber werden die den Tasten entsprechenden Zeichen abgedruckt, so daß sich der Beamte durch den Mitlesestreifen überzeugen kann, ob er richtig gearbeitet hat. Im Empfänger werden

¹⁾ Vgl. Tuch, Über den Rowlandschen Vielfachtelegraphen, Elektrotechn. Zeitschr., S. 779 ff., Berlin 1903.

die Telegramme in Querlinien untereinander auf ein fortlaufendes breites Papierband gedruckt. Ist ein Telegramm übermittelt, so wird durch ein bestimmtes Zeichen des Gebers das Papierband genügend weit vorgeschoben. Das Stück mit dem gedruckten Telegramm wird abgetrennt und kann nach dem Durchsehen des Telegramms und Ausfüllen der dienstlichen Vermerke weitergegeben werden.

Die zum Senden und Empfangen dienenden Verteilerringe sind in 56 gleiche Stücke zerlegt. Von den auf jeden Absatzweg entfallenden 14 Stücken dienen die ersten 11 zum Übermitteln der Zeichen. Im Ruhezustande der Geber fließen abwechselnd positive und negative Stromstöße in die Leitung. Um ein Zeichen zu senden, werden 2 von den 11 Stromstößen in ihrer Richtung umgekehrt; es lassen sich hierdurch $\frac{11(11-1)}{2} = 55$ Gruppen bilden.

Bei der letzten Ausführung des Apparates sind 51 Gruppen für die 26 Buchstaben des Alphabets, die 10 Zahlen, 11 Satz- und andere Zeichen, sowie für das Weißzeichen, „Zeile“, „Zurück“ und „Schluß“ benutzt. Die Bedeutung der letzten Bezeichnungen wird später erläutert werden. Entsprechend diesen 51 Gruppen hat jeder Geber 51 Tasten.

Um den Linienstrom zu erzeugen, werden mit Hilfe eines Verteilringes und einer umlaufenden Bürste abwechselnd Ströme durch die eine oder die andere primäre Wickelung eines Umformers gesandt; die Wickelungen sind so angebracht, daß die in ihnen fließenden Ströme entgegengesetzt gerichtet sind. Beide Wickelungen wirken in gleicher Weise auf zwei sekundäre Wickelungen, die mit dem einen Ende geerdet und mit dem anderen Ende mit den Kontakten eines Senderrelais verbunden sind. Vom Ankerhebel dieses Relais führt eine Verbindung zum Scheitel des differential gewickelten Linienrelais, mit dessen äußeren Klemmen die wirkliche und die künstliche Leitung verbunden sind. Liegt der Ankerhebel des Senderrelais am Ruhkontakte, so fließen die in der ersten sekundären Wickelung induzierten Ströme wechselnder Richtung in die Leitung. Wird dagegen der Ankerhebel gegen den Arbeitskontakt gelegt, so liefert die zweite sekundäre Wickelung den Linienstrom, und dieser ist entgegengesetzt dem Ströme gerichtet, den die erste sekundäre Wickelung entsenden würde.

Die Windungen des Senderrelais sind mit einer Bürste verbunden, die über einen Verteilerring mit 56 Stücken gleitet. Die ersten 11 Stücke jedes Quadranten stehen mit Stromschlußstücken der Geber in Verbindung. Ist ein Tastenhebel gedrückt, so wird eine Batterie an zwei Stücke des Ringes gelegt; wenn die Bürste über diese Stücke gleitet, so fließt ein Strom durch die Windungen des Senderrelais und legt seinen Ankerhebel gegen den Arbeitskontakt. Der zu diesen Zeiten in die Leitung fließende Strom wird der zweiten sekundären Wickelung des Umformers entnommen, hat also umgekehrte Richtung wie der bei nicht erregtem Senderrelais in die Leitung gesandte Strom. Jeder Geber hat eine Vorrichtung, mit der die Taste nach dem Niederdrücken in der Arbeitslage festgehalten und nach dem Stromsenden wieder freigegeben wird.

Die aus der Leitung kommenden Ströme wirken beim empfangenden Amt auf das neutral eingestellte polarisierte Linienrelais und legen den Ankerhebel abwechselnd gegen den Arbeits- und Ruhkontakt. Diese Kon-

takte sind mit einer positiven und einer negativen Ortsbatterie verbunden. Von dem Ankerhebel führt eine Zuleitung zur Bürste des Empfangsrings mit 56 Stücken. Die ersten 11 Stücke jedes Quadranten sind mit dem Anfange der Wickelungen von 11 polarisierten, neutral eingestellten Empfangsrelais verbunden; das Ende der Wickelungen ist geerdet. Die Relaiswickelungen sind so geschaltet, daß positive Ströme die Ankerhebel der Relais 1, 3 usw. und negative Ströme die der Relais 2, 4 usw. gegen die Ruhekontakte legen. Die Hebel aller Relais sind untereinander verbunden. Von den Arbeitskontakten führen Zuleitungen zu zwei Ringen des Buchstabenwählers. Sind z. B. die Ankerhebel der Relais 2 und 5 durch einen positiven und einen negativen Strom gegen die Arbeitskontakte gelegt, und stehen die Bürsten gleichzeitig auf einem Stücke 2 des einen und einem Stücke 5 des anderen Ringes, so sind beide Bürsten über die Ringe, die Arbeitskontakte und die Ankerhebel der Relais 2 und 5 miteinander verbunden. In dieser Zeit ist der Stromkreis für das Druckrelais geschlossen; der Druckelektromagnet wird erregt und der Druckhammer mit dem Papierblatte gegen das Typenrad geworfen. Beim Ansprechen schließt der Druckmagnet einen Stromkreis für das Bewegungsrelais; dieses erregt den Bewegungselektromagneten, und das Papierband wird um die Breite eines Zeichens von rechts nach links verschoben.

Die in dem Empfänger zu verwendenden Telegrammaufnahmeformulare sind in Rollenform angeordnet. Jedes Formular hat an erster Stelle einen Vordruck, der das Blatt als Telegramm bezeichnet und zum Niederschreiben der dienstlichen Vermerke dient. Wird mit dem Übermitteln eines Telegramms begonnen, so muß das Typenrad am Anfange der ersten Zeile des Formulars stehen. Nach dem Drucken eines Zeichens wird das Blatt, wie bereits erwähnt, um eine Zeichenbreite nach links verschoben. Ist eine volle Zeile gedruckt, so muß das Blatt um seine ganze Breite von links nach rechts verschoben und außerdem um den Abstand von zwei Zeilen vorwärts bewegt werden; hierdurch wird der Anfang der folgenden Zeile unter das Typenrad gebracht. Wenn das ganze Telegramm übermittelt ist, so muß das bedruckte Blatt so weit verschoben werden, daß der Anfang der ersten Zeile des nächsten Blattes in die Druckstellung kommt. Für das Bedrucken und das Verschieben des Aufnahmeblattes sind daher bei jedem Empfänger ein Druckelektromagnet zum Drucken der Zeichen, ein Bewegungselektromagnet zum Verschieben des Papiers um die Breite eines Zeichens, ein „Zurück“-Elektromagnet zum Verschieben des Papiers vom Zeilenende zum Zeilenanfang und ein „Zeilen“-Elektromagnet zum Verschieben des Papiers um den Abstand von zwei Zeilen, sowie ein „Schluß“-Relais zum Unterbrechen des Vorschubens des Papiers, wenn das nächste Blatt in die Anfangs-Druckstellung gekommen ist. Nähert sich beim Empfänger die Zeile dem Ende, so erhält der Beamte am Geber durch das Aufleuchten einer Lampe das Zeichen, daß er die Taste „Zurück“ und im Anschluß hieran die Taste „Zeile“ drücken muß. Ist das ganze Telegramm übermittelt, so drückt der gebende Beamte die Taste „Schluß“. Das Zeilenrelais des Empfängers arbeitet nun so lange, bis Löcher am unteren Rande des Aufnahmeblattes Federn erreichen, die dauernd auf dem Papierblatte schleifen. Diese Federn berühren dann ein unter dem Papiere liegendes Metallstück und schließen einen Stromkreis, der den „Zeilen“-Elektromagneten außer Tätigkeit setzt. Das nächste Blatt

befindet sich zu dieser Zeit in der richtigen Druckstellung für das neue Telegramm.

Um beim Geber die Mitleseschrift zu erhalten, ist ein Abzweigwiderstand an den Verbindungsdraht vom Ankerhebel des Senderrelais zum Scheitel des Linienrelais geschaltet und mit der Bürste eines Verteilerringes verbunden, an dessen Stücken die Mitleserelais in gleicher Weise wie beim Empfänger die Empfangsrelais liegen. Zweigströme aus den sekundären Wickelungen des Umformers wirken auf die Mitleserelais, die über einem Buchstabenwähler zu passender Zeit den Druckelektromagneten erregen. Die Zeichen werden auf einen schmalen Streifen gedruckt, der sich von einer Rolle abwickelt und gleichzeitig auf eine zweite Rolle aufwickelt, so daß nur das Stück des Streifens, auf dem die letzten übermittelten Zeichen stehen, zu übersehen ist.

Bei jedem Amt ist ein Elektromotor vorhanden zum Bewegen der Bürsten für den Verteiler, der die Ströme in die primären Wickelungen des Umformers sendet, sowie für den Sende-, den Mitlese- und den Empfangsring. Ferner dient ein zweiter Elektromotor zum Antreiben der Achse mit der Verriegelungsvorrichtung der Gebertasten sowie der Bürsten für die Buchstabenwähler der Mitlese- und Empfangsapparate. Werden die ersten Motoren bei den Ämtern *A* und *B* mit M_1 und M_2 und die zweiten Motoren mit M' und M'' bezeichnet, und wird Amt *A* als korrigierendes Amt gewählt, so müssen M_2 mit M_1 , M' mit M_1 und M'' mit M_2 im Gleichlauf sein. Um dies für M_2 im Verhältnis zu M_1 zu erreichen, hat das Empfangsrelais beim Amte *B* zwei voneinander getrennte Ankerhebel erhalten, die durch die Linienströme in gleicher Weise beeinflußt werden. Da die zeitliche Folge der Stromstöße in der Leitung durch die Umlaufgeschwindigkeit des Motors M_1 bedingt ist, so schwingen die Ankerhebel bei *B* genau übereinstimmend mit dem Laufe von M_1 . Mit dem zweiten Ankerhebel ist das Ende eines Widerstandes verbunden, dessen Anfang an den Ankerwindungen des Nebenschlußmotors M_2 liegt. Die zum Ankerhebel gehörigen Relaiskontakte sind abwechselnd mit den Stücken eines Verteilerringes verbunden, von dessen Bürste eine Zuleitung zum Ende eines zweiten Widerstandes führt. Der Anfang dieses Widerstandes ist an den Anfang des dem Motoranker vorgeschalteten Widerstandes gelegt. Der zweite Widerstand wird je nach dem Unterschiede der Geschwindigkeiten von M_1 und M_2 längere oder kürzere Zeit dem ersten Widerstande parallel geschaltet und dadurch der Lauf von M_2 dem von M_1 angepaßt. In ähnlicher Weise wird der Gleichlauf zwischen M' und M_1 sowie M'' und M_2 erreicht.

Die Bürsten beider Ämter müssen sich nicht nur gleich schnell drehen, sondern auch zu denselben Zeiten auf den zueinander gehörigen Stücken des Sende- und Empfangsrings stehen. Um dies zu erreichen, wird beim Amt *A* dauernd der vom Stücke 55 des Senderinges ausgehende Stromstoß umgekehrt. Beim Amte *B* ist an das entsprechende Stück des Empfangsringes ein Relais geschaltet, das auf positiven Strom anspricht. In seinem Ortstromkreise liegt ein Einstellelektromagnet, dessen angezogener Anker die Bürste des Verteilerringes durch Entkuppeln eines Sperr- und eines Zahnrades anhält. Der Stromkreis für den Elektromagneten wird durch das Drücken einer Taste, die in der Ruhelage den Kreis unterbricht, geschlossen, bis die Bürste beim Amte *B* auf dem Stücke 55 steht, wenn der vom Amt *A* über das Sende-

stück 55 gesandte negative Strom eingeht. Die richtige Stellung der Bürsten erkennt man an dem Erlöschen einer besonderen Lampe.

Für einen Achtfachapparat sind bei jedem Amte zum Geben 1 Sende-relais und für jeden Geber 1 Druck-, 1 Bewegungs-, 1 Lampen- und 11 Mit-leserrelais, zusammen 57 Relais erforderlich. Zum Empfangen dienen 1 Linien- und 1 Einstellrelais, sowie für jeden Empfänger 1 Druck-, 1 Bewegungs-, 1 Zeilen-, 1 Zurück-, 1 Schluß- und 11 Empfangsrelais, zusammen 66 Relais. Die Gesamtzahl der Relais eines Amtes beträgt mithin 123.

Die Bürsten machen gewöhnlich $3\frac{1}{2}$ Umdrehungen in der Sekunde; die Leistungsfähigkeit des Apparates beträgt dann bei voller Ausnutzung aller Geber 1680 Zeichen in der Minute.

[11]. Der Telegraph von Murray¹⁾.

Der von Donald Murray entworfene Mehrfach-Telegraph zeigt in der Bauart und Wirkungsweise der einzelnen Teile vielfach Ähnlichkeit und Übereinstimmung mit dem Maschinen-Telegraphen²⁾ des Genannten. Jeder Geber hat ein Tastenwerk ähnlich dem einer Schreibmaschine; das Niederdrücken einer Taste genügt, um die Stromstoßgruppe für das Zeichen zu senden. Der Empfänger druckt die Telegramme auf Blätter in Zeilen untereinander. In seinem Grundgedanken entspricht der Mehrfach-Telegraph von Murray dem im ersten Abschnitte beschriebenen Telegraphen von Baudot. Murray benutzt für jedes Zeichen fünf Stromeinheiten, die positiv oder negativ sind, bildet also das Alphabet in gleicher Weise wie Baudot.

Der Geber besteht aus einem Locher mit einem Tastenwerk und einem selbsttätigen Sender. Wird eine Taste niedergedrückt, so wird eine bestimmte Löchergruppe in den Streifen gestanzt. Um einen Streifen zu erhalten, der mit dem Maschinen-Telegraphen übereinstimmt, werden die Löcher in der Längsrichtung gestanzt. Den Zeicheneinheiten entsprechen Löcher im Streifen. Der gestanzte Streifen läuft durch den Sender und wird nach dem Durchlaufen selbsttätig aufgewickelt. Die Verteilerscheibe hat in einem Ring ein Stück, über das ein Stromstoß bei jeder Umdrehung der Bürsten durch die Windungen eines Elektromagneten im Geber gesandt wird. Dieser Elektromagnet bewegt den Streifen in ähnlicher Weise, wie es beim Übersetzer für den Maschinen-Telegraphen geschieht, schrittweise, und zwar regelmäßig um die Länge eines Zeichens, d. h. von fünf Einheiten, vorwärts. Kontaktstifte treffen auf den Streifen und verbinden, wenn ihnen Löcher im Streifen gegenüberstehen, die Zeichenbatterie mit den zugehörigen Verteilerstücken. Die Verteilerbürsten machen vier Umdrehungen in der Sekunde; es können also auf jedem Absatzwege bei voller Ausnutzung 240 Zeichen in der Minute gesandt werden. Der Beamte braucht beim Geben keinen Takt zu beachten. Stanzt er langsamer, als der Streifen durch den Sender läuft, so kann er durch einen Umschalter das Bewegen des Streifens aufhalten; zu beliebiger Zeit kann er durch Zurücklegen des Umschalters den Sender weiter arbeiten lassen.

¹⁾ Vgl. Donald Murray, Practical aspects of printing telegraphy. Journal of Proceedings of the Institution of Electrical Engineers, 1911, Part. 209, Vol. 47, S. 450 ff., London.

²⁾ Vgl. A. Kraatz, Maschinen-Telegraphen.

Die aus der Leitung kommenden Ströme wirken auf ein Relais, dessen Anker mit der über einen Verteilerring schleifenden Bürste verbunden ist. Wird der Ankerhebel durch Zeichenstrom aus der Leitung gegen den Arbeitskontakt gelegt, so schließt er einen Ortstromkreis für den Einstellelektromagneten des Empfängers, der mit dem von der Bürste bestrichenen Verteilerstücke verbunden ist, und erregt diesen Elektromagneten. Jeder Empfänger hat fünf Einstellelektromagnete, deren Anker je einen Sperrhaken tragen. Die Sperrhaken greifen bei der Ruhelage der Anker in Einkerbungen der sogenannten „Kämme“ ein. Diese Kämme sind übereinander gelagerte Metallstreifen mit verschiedenen angeordneten Einschnitten; sie werden in einer bestimmten Lage, der Ruhelage, festgehalten, wenn die Sperrhaken in die Einkerbungen eingreifen. Auf jeden Kamm wirkt eine Feder und sucht ihn seitlich zu verschieben und dadurch in die Arbeitslage zu bringen. Die Feder kann die Lage des Kammes jedoch nur dann verändern, wenn der Sperrhaken aus der Einkerbung herausgehoben, d. h. der zugehörige Elektromagnet erregt worden ist. Die Einschnitte der Kämme sind so angeordnet, daß bei den verschiedenen Lagen der Kämme Einschnitte in allen Kämmen nur an einer Stelle senkrecht übereinander stehen. Den ausgeschnittenen Vorderkanten der Kämme gegenüber befinden sich senkrecht stehende Hebel, die durch Federn zu den Kammeinschnitten hingezogen werden. Gewöhnlich werden diese Hebel durch eine Querschiene von den Kämmen ferngehalten. Ferner ist ein Druckelektromagnet vorhanden, der durch einen Ortstrom vom Verteiler aus erregt wird, wenn die Bürste über die Stücke für die Einstellelektromagnete gegliitten ist. Ist die ein Zeichen bildende Stromstoßgruppe eingegangen, und sind die einzelnen Einstellelektromagnete unter dem Einwirken der aus der Leitung gekommenen Zeichenströme erregt worden, so sind die zugehörigen Kämme in die Arbeitslage gebracht, und es stehen Einschnitte in den fünf Kämmen an einer bestimmten Stelle übereinander. Wird hierauf der Druckmagnet erregt, so verkuppelt er eine Achse, die durch einen Elektromotor dauernd gedreht wird, mit einer zweiten Achse, die drei Daumen trägt, für die Dauer einer Umdrehung. Der erste Daumen dieser Achse wirkt auf die Querschiene so, daß diese die senkrechten Hebel freigibt. Unter dem Einwirken der Federn werden die Hebel gegen die Kämme gelegt, und der Hebel, der Einschnitten in allen Kämmen gegenübersteht, wird in die Einschnitte hineingezogen. Der obere Teil dieses Hebels drückt hierbei ein Ende eines Hebels bildenden Haken seitwärts, der an einem Typenhebel der Schreibmaschine so befestigt ist, daß er um einen Stift am Typenhebel als Achse schwingen kann. Der obere Arm des Hebels mit dem Haken legt sich gegen einen Sperrhaken am Typenhebel. Ist der Haken seitwärts gedrückt, so hält ihn der Sperrhaken in dieser Lage fest. Der erwähnte erste Daumen entfernt hierauf durch die Querschiene die senkrechten Hebel von den Kämmen und hält sie in der ursprünglichen Lage. Der zweite Daumen wirkt auf einen Schlagarm, der den seitwärts gedrückten Haken beim Niedergehen faßt und mit ihm den Typenhebel herunterzieht, so daß die Type abgedruckt wird. Hierbei wird der Sperrhaken am Typenhebel freigegeben, und der Hakenhebel kehrt in seine erste Lage zurück. Schließlich bringt der dritte Daumen die verschobenen Kämme wieder in die Ruhelage. Die drei Daumen sind so zueinander angeordnet, daß die Kämme vor dem Drucken

ihre Ruhelage erhalten. Die Kämme können also durch die Einstellelektromagnete bereits für das nächste Zeichen verschoben werden, während das vorhergehende Zeichen gedruckt wird.

Zwischen Empfänger und Verteiler ist Gleichlauf nicht erforderlich; der Empfänger arbeitet richtig, wenn seine Umlaufgeschwindigkeit um 20 bis 30 v. H. höher ist als die des Verteilers.

Die Telegrammformulare sind zu einem fortlaufenden Bande vereinigt, das von einer Rolle abgewickelt und selbsttätig durch den Empfänger geführt wird. An den Rändern sind die Formulare mit Führungslöchern versehen, in die die Zähne geeigneter Führungsräder eingreifen. Die einzelnen Formulare sind leicht zusammengeklebt, so daß die bedruckten Formulare gut abgetrennt werden können. Da die Telegramme auf Blätter in Zeilen untereinander gedruckt werden, so muß der Empfänger die Blätter in gleicher Weise verschieben können, wie es beim Telegraphen von Rowland erörtert ist. Zum Bewegen des Blattes um eine Zeilenbreite und einen Zeilenabstand sowie zum Verschieben eines neuen Blattes werden besondere Zeichen vom gebenden Amte gesandt.

Die Bürsten der zum Empfangen benutzten Verteilerscheibe müssen sich ebenso schnell drehen wie die Bürsten der zugehörigen Sende-Verteilerscheibe; ferner müssen die Bürsten zur selben Zeit über die einander entsprechenden Stücke gleiten. Um dies zu erreichen, sind beim gebenden Amte zwei Verteilerstücke dauernd mit der positiven und der negativen Linienbatterie verbunden. Beim empfangenden Amte werden die Bürsten durch einen Motor nach der Art des phonischen Rades von Lacour gedreht. Die beiden Elektromagnete, zwischen deren Polen sich ein Rad aus magnetisierbarem Materiale mit einer ungeraden Zahl von Zähnen befindet, werden abwechselnd erregt, indem sich eine schwingende Stahlzunge gegen den Kontakt auf der einen oder den auf der anderen Seite legt und hierdurch Ortstromkreise für die Elektromagnete schließt. Die Zunge schwingt dauernd unter dem Einfluß eines Elektromagneten, dessen Stromkreis beim Anziehen der Zunge unterbrochen wird, so daß der Apparat als Selbstunterbrecher arbeitet. Zu beiden Seiten des freien Endes der Zunge sind Pufferfedern angebracht, gegen die sich die Zunge beim Schwingen legt. Durch das Anschlagen der Zunge gegen die Federn wird erreicht, daß sich die Schwingungszahl der Zunge und damit auch die Drehungsgeschwindigkeit der Motorachse mit den Verteilerbürsten in ähnlichem Verhältnis wie die Stromstärke für den Unterbrecherelektromagneten ändert. Den beiden Verteilerstücken beim sendenden Amte, von denen bei jeder Umdrehung ein Zeichen- und ein Trennstrom in die Leitung fließt, entsprechen zwei Verteilerstücke beim empfangenden Amte. Von diesen Stücken ist das zweite mit dem Gleichlaufrelais verbunden, dessen Ankerhebel und Ruhekontakt den Stromkreis für den Unterbrecherelektromagneten schließen. Der Empfänger erhält eine Geschwindigkeit, die 1 bis 2 v. H. höher ist als die des Senders; es wird dann wegen des Voreilens der Empfängerbürsten das zweite Stück von der Bürste bestrichen werden, wenn der Zeichen-Korrektionstrom den Ankerhebel des Linienrelais noch gegen den Arbeitskontakt legt. Während dieser Zeit zieht das Gleichlaufrelais seinen Anker an und unterbricht den Stromkreis für den Unterbrechermagneten. Diese Unterbrechung stellt eine Verminderung der Stromstärke dar und verringert die

Schwingungszahl der Zunge. Hierdurch wird erreicht, daß Empfänger und Sender dauernd gleich schnell laufen und auch die Bürsten beider Ämter zur selben Zeit über die einander entsprechenden Stücke gleiten.

Am Geber ist ferner ein Umschalter angeordnet, mit dem der Beamte den Streifensender ausschalten und den Tastenlocher in einen unmittelbaren Sender umwandeln kann. Der Stanzelektromagnet des Lochers gibt dann den Takt für das Arbeiten. Diese Anordnung wird beim Erledigen von Rückfragen benutzt, damit nicht gewartet zu werden braucht, bis der vorliegende gestanzte Streifen durch den Sender gelaufen ist. Um die Rückfragen nicht auf Blätter zu drucken, ist im Empfänger ein Streifen vorgesehen, der durch ein Zeichen vom Geber aus an Stelle des Blattes zum Drucken eingeschaltet wird.

Ferner hat Murray einen Empfangslocher entworfen, der vom gebenden Amt aus neben dem gewöhnlichen Empfänger eingeschaltet werden kann. Dieser Empfangslocher liefert einen gestanzten Streifen, der dem Sendestreifen gleich ist und daher für Durchgangstelegramme unmittelbar zum Weitersenden nach einem dritten Amte benutzt werden kann. Es läßt sich hierdurch ein ähnlicher Betrieb erreichen, wie ihn der Staffelbetrieb mit Weitergebern beim Telegraphen von Baudot darstellt.

Alphabetisches Namen- und Sachregister.

- Abgleichen der künstlichen Leitung 150, 158.
Absatzweise arbeitende Telegraphen 3.
Alphabet von Baudot 5.
Aufbau der künstlichen Leitung 143.
Aufzugsvorrichtung von Baudot 18.
Auslöshebel von Baudot 70.
- Baudot** 4.
Bosscha 200.
Bremsen von Baudot 76.
Brückenschaltung 135, 180.
—, Stromverhältnisse 137, 143, 182, 206.
—, Widerstandsverhältnisse 137, 141, 181.
- Devaux-Charbonnel** 113, 210.
Differentialgalvanoskop 124.
Differentialschaltung 115, 126, 173.
—, Stromverhältnisse 129, 175, 203.
—, Widerstandsverhältnisse 128, 174.
Differenziale Wicklung 116.
Doehn 118.
Doppel-Gegensprechen 200.
Doppelstrombetrieb 6.
Druckvorrichtung von Baudot 71.
- Edison** 200.
Empfänger von Baudot 59.
- Frischen** 116.
- Geber** alter Bauart von Baudot 51.
— neuer " " " 55.
Gegensprechen mit dem Hughesapparat 164.
— — — Klopferapparat 163.
— — — Telegraphen von Baudot 193.
— — — — Siemens & Halske 190.
— — — — Wheatstone 187.
— nach der Brückenschaltung 135.
— — — Differentialschaltung 115.
Geschwindigkeitsregler von Baudot 21, 73.
- Gleichlaufvorrichtung von Baudot 36.
Gleichstrommessungen an Telegraphenleitungen 216.
Godfroy 159.
- Hughesapparat** 164.
- Induktanzspulen** 158.
Induktion 161.
- Kapazität** des ebenen Kondensators 208.
— von Telegraphenleitungen 209.
Kirchhoffsche Sätze 203.
Kombinator von Baudot 66.
Kondensator 149.
Korrektionsmagnet von Baudot 39.
Kurbelrheostat 125.
- Ladung und Entladung** eines Kondensators 209.
- Maron** 135.
Maschinen-Telegraphen 1.
Mehrfach-Telegraphen 1, 3.
Mercadier 2.
Meyer 2, 4.
Murray 222.
- Picard** 2, 114.
Polarisierte Apparate 6.
P.O. Standard-Relais 122.
Prescott 200.
- Querkondensator** 156.
- Relais** mit Flügelanker 118.
Relais von Baudot 45.
Rowland 218.
- Seiteninduktionschutz** 160.
Siemens 116.

- Siemens & Halske 190.
Spannungsmesser von Hartmann und Braun 155.
Staffelbetrieb von Baudot 107.
Stark 200.
Stearns 156.
Stromverlauf im Kreise mit Widerstand und Selbstinduktivität 217.
— in Telegraphenleitungen 210.
Stromverzögerung 9.
- Telegraph von Baudot 4.
— — Murray 222.
— — Rowland 218.
— — Siemens & Halske 190.
— — Wheatstone 187.
Thomson 210.
- Übersetzer von Baudot 59.
Übertragung für den Gegensprechbetrieb 195.
— von Baudot 97.
Undulator 177.
- Verteiler von Baudot 16.
Verwendung des Telegraphen von Baudot 113.
Vierfachapparat von Baudot 89.
- Weitergeber von Baudot 107.
Wheatstone 187.
Wheatstonesche Brücke 135, 205.
Zweifachapparat von Baudot 12.
-

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Telegraphen- u. Fernsprech-Technik

in Einzeldarstellungen.

Unter Mitwirkung anderer Fachmänner herausgegeben von

Th. Karrass.

- Bd. I. Kraatz, A., Maschinen-Telegraphen.** Mit 158 Abbildungen. Gr. 8°. 1906. *M* 5,—, in Lnwdbd. *M* 5,80.
- Bd. II. Arendt, O., Die elektrische Wellentelegraphie.** Einführung in die Theorie und Praxis. Mit 139 Abbild. im Text und auf 1 Tafel. Gr. 8°. 1907. *M* 6,—, in Lnwdbd. *M* 7,—.
- Bd. III. Dreisbach, H. Die Telegraphen-Meßkunde.** Mit 146 Abb. im Text und 1 Figurentafel. Gr. 8°. 1908. *M* 6,—, in Lnwdbd. *M* 7,—.
- Bd. IV. Karrass, Th.,** Geh. Postrat, Obertelegrapheningenieur, **Geschichte der Telegraphie.** Erster Teil. Mit der photographischen Nachbildung eines eigenhändigen Briefes von Morse sowie mit 618 Abbild. im Text und auf 7 Tafeln. Gr. 8°. 1909. *M* 28,—, in Lnwdbd. *M* 30,—.
- Bd. V. Hersen, C. und R. Hartz, Die Fernsprechtechnik der Gegenwart** (ohne die Selbstanschlußsysteme). Mit 671 Abbild. im Text und auf 1 Tafel. Gr. 8°. 1910. *M* 30,—, in Lnwdbd. *M* 32,—.
- Bd. VI. Berger, K., Das gleichzeitige Telegraphieren und Fernsprechen und das Mehrfachfernsprechen.** Mit 111 Abbildungen. Gr. 8°. 1910. *M* 5,—, in Lnwdbd. *M* 6,—.
- Bd. VII. Breisig, Dr. Fr., Theoretische Telegraphie.** Mit 216 Abbild. Gr. 8°. 1910. *M* 17,50, in Lnwdbd. *M* 19,—.
- Bd. VIII. Winnig, K., Die Grundlagen der Bautechnik für oberirdische Telegraphenlinien.** Mit 261 Abbild. im Text und auf 5 Tafeln. Gr. 8°. 1910. *M* 12,50, in Lnwdbd. *M* 14,—.
- Bd. IX. Knopf, G., Die Stromversorgung der Telegraphen- und Fernsprechanstalten.** Mit 210 Abbildungen und 4 Tafeln. Gr. 8°. 1910. *M* 10,—, in Lnwdbd. *M* 11,—.
- Bd. X. Kruckow, A., Die Selbstanschluß- und Wählereinrichtungen im Fernsprechbetriebe.** Mit 125 Abbild. im Text und auf 5 Tafeln. Gr. 8°. 1911. *M* 10,—, in Lnwdbd. *M* 11,—.

Ausführlicher Prospekt über diese Sammlung mit Inhaltsangaben der einzelnen Bände kostenlos.

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Elektrotechnik in Einzel-Darstellungen

Unter Mitwirkung hervorragender Fachmänner
herausgegeben von **Dr. Gustav Benischke**

Bisher erschienen folgende Bände:

1. **Die Schutzvorrichtungen der Starkstromtechnik** gegen atmosphärische Entladungen von Dr. Gustav Benischke. 2. Aufl. Mit 114 Abbild. 1911. (VIII u. 113 S.) *№* 3,50, geb. *№* 4,20.
2. **Der Parallelbetrieb von Wechselstrommaschinen** von Dr. Gustav Benischke. Mit 43 Abbild. 1902. (4 Bl. u. 55 S.) *№* 1,20, geb. *№* 1,60.
3. **Die Grundgesetze der Wechselstromtechnik** von Dr. Gustav Benischke. 2. erweiterte Aufl. Mit 189 Abbild. 1912. (X u. 231 S.) *№* 5,—, geb. *№* 5,80.
4. **Die vagabundierenden Ströme elektrischer Bahnen** von Dr. Carl Michalke. Mit 34 Abbild. 1904. (VII u. 85 S.) *№* 2,50, geb. *№* 3,—.
5. **Die asynchronen Drehstrommotoren**, ihre Wirkungsweise, Prüfung und Berechnung von Dr. Gustav Benischke. Mit 2 farbigen Tafeln und 112 Abbild. 1904. (VIII u. 172 S.) *№* 5,50, geb. *№* 6,—.
6. **Die elektrischen Bogenlampen**, deren Prinzip, Konstruktion und Anwendung von J. Zeidler. Mit 130 Abbild. und 1 Kurventafel. 1905. (X u. 143 S.) *№* 5,50, geb. *№* 6,—.
7. **Aufnahme und Analyse von Wechselstromkurven** von Dr. Ernst Orlich. Mit 71 Abbild. 1906. (VIII u. 117 S.) *№* 3,50, geb. *№* 4,—.
8. **Lichtstrahlung und Beleuchtung** von Paul Högner. Mit 37 Abbild. und 7 Tafeln. 1906. (IX u. 66 S.) *№* 3,—, geb. *№* 3,50.
9. **Die elektrischen Bahnen** und ihre Betriebsmittel von Dipl.-Ing. Herbert Kyser. Mit 73 Abb. u. 10 Taf. 1907. (VIII u. 135 S.) *№* 5,50, geb. *№* 6,—.
10. **Die Isoliermittel der Elektrotechnik** von Karl Wernicke. Mit 60 Abbildungen und einer Tabelle. 1908. (IX u. 184 S.) *№* 5,50, geb. *№* 6,—.
11. **Die selbsttätige Regulierung der elektrischen Generatoren** von Dr.-Ing. Friedr. Natalis, Oberingenieur. Mit 75 Abbild. u. 4 Tafeln. 1908. (VIII u. 112 S.) *№* 4,—, geb. *№* 4,50.
12. **Das elektrische Bogenlicht** von Ewald Rasch. Physikalisch-technische Grundlagen der Lichtzeugung durch elektrische Entladungsvorgänge. Mit 52 Abbild. 1910. (XXI, 176 S.) *№* 6,—, geb. *№* 7,—.
13. **Elektrotechnische Messungen und Meßinstrumente** von Ingenieur Gustav Wernicke. Mit 92 Abb. 1908. (VIII u. 138 S.) *№* 5,—, geb. *№* 5,60.
14. **Kapazität und Induktivität**, ihre Begriffsbestimmung, Berechnung und Messung von Prof. Dr. Ernst Orlich. Mit 124 Abbild. und 1 Kurventafel. 1909. (VII u. 294 S.) *№* 14,—, geb. *№* 15,—.
15. **Die Transformatoren**, ihre Wirkungsweise, Konstruktion, Prüfung und Berechnung von Dr. Gustav Benischke. Mit 218 Abbild. u. 10 Tafeln. 1909. (X u. 229 S.) *№* 9,—, geb. *№* 10,—.
16. **Die Konstruktionen elektrischer Maschinen** von W. Peineke. Mit 272 Abbild. 1912. (VIII u. 111 S.) *№* 3,60, geb. *№* 4,20.
17. **Berechnung von Wechselstrom-Fernleitungen** von Dr. C. Breitfeld. Mit 15 Abb. u. 2 Tafeln. 1912. (VIII u. 89 S.) *№* 4,—, geb. *№* 4,60.

 *Weitere Bände in Vorbereitung. — Ausführliches Verzeichnis kostenlos.* 