



Die Deutsche Arbeitsfront

**Das Grundwissen
des Telegraphenbau-
handwerkers**

Teil IV

Herausgeber: Der Reichsorganisationsleiter der NSDAP.

Das Grundwissen des Telegraphenbau- handwerkers

Teil IV

2. Auflage

Nr. 405

Verantwortlich:

Amt für Berufserziehung und Betriebsführung der Deutschen Arbeitsfront

Bearbeitet von:

Sachamt Energie-Verkehr-Verwaltung, Abteilung Berufserziehung
in Zusammenarbeit: Amt für Berufserziehung und Betriebsführung

Zu beziehen durch:

Lehrmittelzentrale der Deutschen Arbeitsfront, Berlin-Zehlendorf, Teltower Damm 87/91

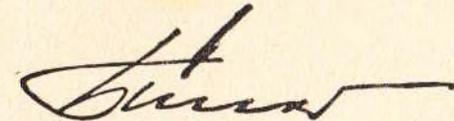
Vorwort

Mit dem Teil IV des „Grundwissens des Telegraphenbauhandwerkers“ beschließen wir die Darstellung des fachlichen Wissens dieser wichtigen Facharbeitergruppe der Deutschen Reichspost. Die Durcharbeitung dieses Heftes stellt hohe Anforderungen an den Lernenden, ganz gleich, ob es sich um den langerfahrenen Praktiker oder um den vor der Telegraphenbauhandwerkerprüfung stehenden Telegraphenbauarbeiter handelt. Nur wer die Teile I bis III mit Erfolg in Lehrgemeinschaften durchgearbeitet hat, wird sich in einer Aufbautameradschaft den Inhalt des IV. Teiles aneignen können. Aber auch an den Lehrenden werden erhöhte Anforderungen gestellt. Er wird sich eng an die Stoffeinteilung halten müssen und besonders darauf achten, daß nur dann der nächste Abschnitt bearbeitet werden darf, wenn der vorhergehende wirklich „sitzt“. Er wird viel Geduld und Energie ansetzen müssen, um das Verständnis für die Zeichnungen und die technischen Grundformeln zu erzielen.

Ich danke den Bearbeitern des vorliegenden IV. Teils, Postamt-
mann **W i l b e r g**, und den Telegrapheninspektoren **L o r e n z** und
K u n i n g, sämtlich Berlin, recht herzlich für die Mitarbeit an dem
vorliegenden Heft, ebenso der Abteilung Berufserziehung des Fach-
amtes für die sehr umfangreichen Vor- und Nacharbeiten, die ge-
rade der Teil IV erforderlich machte.

Möge das mit viel Fleiß und Liebe erstellte Heft ein treuer Be-
gleiter unserer Arbeitskameraden vom Telegraphenbau werden.

Heil Hitler!



Leiter des Fachamtes Energie—Verkehr—Verwaltung.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Die Ortsverbindungsleitungen.	
1. OI im Verkehr zwischen Hauptämtern	7
2. OB- und ZB-Ämter	9
3. OI im Verkehr zwischen ZB-Ämtern	9
a) Abfrageverkehr	9
b) Dienstleitungsverkehr	11
4. OI bei Wählämtern	12
a) die Knotenämter	14
b) Teilämter	16
5. Fernverbindungen	17
a) das Meldeamt	19
b) die Herstellung der Fernverbindung	19
c) das Durchgangsfernamt	20
d) das Ueberweisungsfernamt.	21
e) die Verstärkerämter	21
f) beschleunigter Fernverkehr	22
g) die Fernwahl	22
h) Schnellverkehr	23
Einführung in die Wählamtstechnik	24
1. Die Nummernscheibe	25
2. Die Wähler	28
a) die Drehwähler	29
b) die Hebdrehwähler	31
c) die Relais	38
3. Der Aufbau einer W-Verbindung	42
a) Zweck des Vorwählers	42
b) die Gruppewähler	44
c) der Aufbau einer Wählverbindung in Berlin	45

Anschlüsse aber setzen meist ausgedehnte Anschlußbereiche und damit verhältnismäßig lange und daher teurere Anschlußleitungen voraus.

Denken wir an eine Industriestadt mit einer entsprechenden Anschlußzahl, dann ergibt sich meist schon bei Betrachtung des Stadtgebietes dessen Einteilung in ein Wohn-, ein Geschäfts- und ein Industrieviertel und der Gedanke liegt nahe, statt einer gemeinsamen VSt deren drei einzurichten, die möglichst in den Mittelpunkten der drei Gebiete liegen; die Anschlußleitungen werden dann bedeutend kürzer. Da aber die nun an drei verschiedenen VSt angeschlossenen Teilnehmer alle zu demselben Ortsbereich gehören, müssen Einrichtungen geschaffen werden, die den wechselseitigen Fernspreverkehr aller Teilnehmer miteinander gestatten.

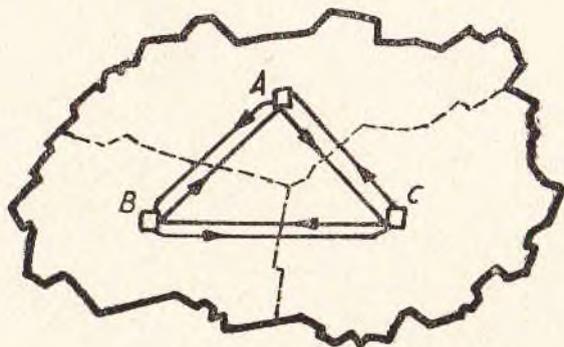


Abb. 1

Zu den Anschlußleitungen treten nun neu hinzu Leitungen zwischen den einzelnen VSt, die sogenannten Ortsverbindungsleitungen (Ol). Wie aus Abb. 1 zu ersehen ist, gehen von der VSt A aus solche ab nach B und C, von B nach A und C sowie von C nach A und B. Wir haben also bei jeder VSt abgehende Ol zu den beiden andern und ankommende von diesen. Der Verkehr in einer Ol läuft demnach nie wechselseitig, sondern stets in einer bestimmten Richtung: es ist „gerichteter“ Verkehr. Die Zahl der Ol, z. B. von A nach B, hängt ab von dem Gleichzeitigkeitsverkehr in der Hauptverkehrsstunde, ebenso die von B nach A usw. Die Ol liegen auf der abgehenden Seite auf Vielfachklinken an den Plätzen, an denen die Anrufzeichen der Teilnehmer liegen und

enden im andern Amt (ankommend) nicht an Klinken, sondern in einer Schnur mit Stöpsel (Einschnurbetrieb) an besonderen Plätzen, die nur dem Verkehr in den ankommenden Ol dienen.

2. OB- und ZB-Betrieb

Die Bezeichnungen OB und ZB beziehen sich auf die Versorgung der Sprechstellen mit Mikrophonspeifstrom; erfolgt diese durch eine am Ort der Sprechstelle untergebrachte Batterie (meist nur ein Trockenelement), dann nennen wir die Batterie Ortsbatterie (OB) und das Amt OB-Amt, den Sprechapparat OB-Apparat. Der Teilnehmer ruft das Amt mit Wechselstrom durch Drehen der Kurbel des in den Apparat eingebauten Induktors.

Erhalten die Sprechstellenmikrophone den Strom aus einer beim Amt aufgestellten für alle gemeinsamen Batterie, dann wird diese Zentralbatterie (ZB) genannt und man kürzt ab: ZB-Amt, ZB-Apparat usw.

Auch bei einem mit Vielfachumschaltern OB 02 und 13 ausgerüsteten Amt sind für die Amtsmikrophone, die Teilnehmeranschließen und die Schlußzeicheneinrichtung der Ol gemeinsame Batterien vorgesehen und trotz technischer Unterschiede wickelt sich bei derartigen OB-Amttern der Ol-Verkehr in gleicher Weise ab, wie zwischen ZB-Amttern. Da die obengenannten Vielfachumschalter OB im Bereich der OVP keine oder zum mindestens doch keine wesentliche Rolle mehr spielen, wollen wir uns nachstehend auf den Ol-Verkehr zwischen ZB-Amttern beschränken.

3. Ol im Verkehr zwischen ZB-Amttern

a) Abfrageverkehr.

Abb. 2 zeigt ein Ortsnetz mit neun Vermittlungsstellen, die nach den Himmelsrichtungen bezeichnet sind. Ein Teilnehmer der VSt „Nordost“ will am Fernsprecher mit einem Teilnehmer der VSt „Südwest“ sprechen. Die von der VSt „Nordost“ ausgehenden Linien deuten Bündel abgehender Ol zu den übrigen VSt an.

Der Teilnehmer hebt den Handapparat vom Apparat und schließt dabei über einen Kontakt des Hakenumschalters den Gleichstromkreis für das Mikrophon. Gleichzeitig spricht in der VSt das Anrufrelais an und bringt die Anruf Lampe der Anschlußleitung zum Auf-

leuchten. Die den Teilnehmeranruf beantwortende Beamtin bezeichnet man als die A-Beamtin. Die Arbeitsplätze, an denen die Abfrageklinken der Anschlussleitungen liegen, sind A-Plätze, sie bilden zusammen das A-Umt. Die Beamtin an den Plätzen für ankommende Verbindungsleitungen ist die B-Beamtin, die Plätze sind B-Plätze, der Amtsteil, in dem die ankommenden DI enden, ist das B-Umt. Die A-Beamtin wählt den Abfragestößel eines freien Schnurpaares, führt ihn in die zur leuchtenden Anruflampe gehörende Abfrageklinken ein und meldet sich (fragt ab) nach Um-

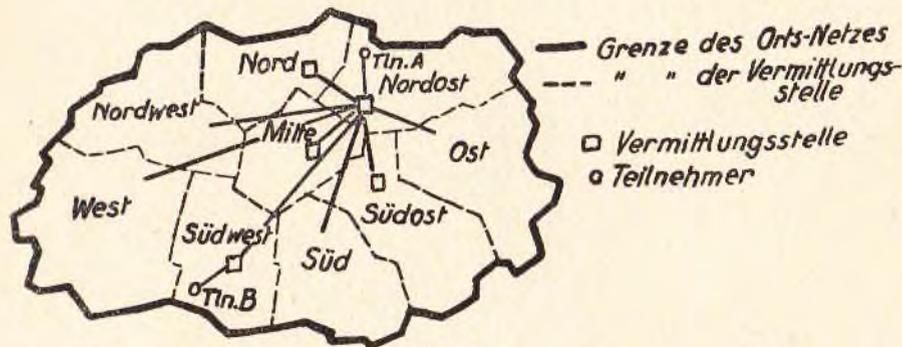


Abb. 2

legen des zugehörigen Sprechumschalters in die Abfragestellung. Der Teilnehmer nennt Amt und Nummer des gewünschten Teilnehmers, die Beamtin ermittelt durch Knackkontrolle eine freie abgehende DI zum fernen Amt, im angenommenen Fall also zur VSt „Südwest“, führt den zum Abfragestößel gehörenden Verbindungsstößel in die als frei festgestellte Vielfachklinken der DI ein und schaltet ihren Sprechfas durch Umlegen des Sprechumschalters in die Durchsprechstellung ab. Ihre eigentliche Tätigkeit ist damit bis zum Augenblick der Trennung beendet, ihr ist aber die Überwachung der Verbindung bis zur Trennung übertragen.

Beim Stößeln der DI im A-Umt leuchtet im B-Umt bei dem zur belegten DI gehörenden Stößel eine Lampe auf, die B-Beamtin schaltet sich durch Umlegen des zugeordneten Sprechumschalters in die DI ein. Im A-Umt erlischt die bis dahin leuchtende SL_2 und gibt damit der A-Beamtin das Zeichen für die Meldung der B-Beamtin. Diese nimmt inzwischen vom A-Teilnehmer die Nr.

des gewünschten Anschlusses entgegen, prüft die verlangte Leitung im Vielfachfeld auf Freisein (durch Knackkontrolle), verbindet, wenn frei, durch Einführen des Stößels der DI in die Vielfachklinken und legt den Sprechumschalter in Ruhelage. Im A-Umt leuchtet SL_2 wieder. Der verlangte B-Anschluß erhält in Pausen solange Rufstrom (selbsttätig), bis sich der Teilnehmer durch Abheben meldet. Dann erlischt SL_2 im Schnurpaar am A-Platz für die Gesprächsdauer. Beide Teilnehmer sprechen und hängen dann die Handapparate an (legen sie auf). Auch das Schlusszeichen des B-

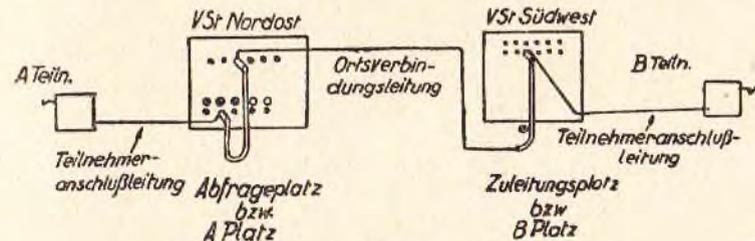


Abb. 3

Teilnehmers erscheint nicht im B-Umt, sondern im A-Umt. Beim Aufleuchten beider SL trennt die A-Beamtin nach Zählung des Gesprächs und gibt damit selbsttätig Trennzeichen zum B-Umt; auch die B-Beamtin trennt.

b) Dienstleitungsverkehr.

Wenn zwischen zwei VSt in Großstädten sehr starker Sprechverkehr besteht, wenn also zwischen beiden aus diesem Grunde in gleicher Richtung eine größere Zahl von DI erforderlich ist (30 bis 40) dann kann der Dienstleitungsverkehr dem Abfrageverkehr gegenüber Zeitgewinn bedeuten. Es sei hier nur der Grundgedanke erörtert.

Da die DI gruppenweise im A-Umt in Vielfachschaltung an allen Plätzen auf Klinken liegen, muß die A-Beamtin die freie Leitung durch Knackkontrolle ermitteln; das ist bei größerer Leitungszahl in der Hauptverkehrszeit meist sehr zeitraubend. Am B-Platz des fernen Amtes dagegen enden die Leitungen übersichtlich an Stößeln und die B-Beamtin kann mit einem Blick übersehen, welche DI frei ist. Man ordnet daher einem Bündel von 30 bis 40 Leitungen eine Dienstleitung zu, die im B-Umt am Hörer der B-

Beamtin endet und im A-Umt an den A-Plätzen auf vielfachgeschalteten Diensttasten liegt, mit denen die A-Beamtin ihr Sprechgerät an die Dienstleitung schalten kann, um von der B-Beamtin sofort die Nummer einer freien Ol zu erfahren, die sie dann zur Verbindung benutzt. Der A-Teilnehmer sagt beim Abfragen der A-Beamtin A m t u n d N u m m e r des gewünschten Teilnehmers an, die Beamtin drückt die der Dienstleitung zugeordnete Diensttaste und sagt der B-Beamtin die verlangte Anschlußnummer an, diese prüft und verbindet. Da die B-Beamtin im Dienstleitungsverkehr nicht in die Ol eintreten kann, sind einige zusätzliche Signale erforderlich (Besetzt- und Bekehrtzeichen), auf die hier aber nicht näher eingegangen werden soll.

Der grundlegende Unterschied zwischen Abfrage- und Dienstleitungsverkehr in den Ol besteht darin, daß die A-Beamtin beim Abfrageverkehr unter einer größeren Zahl von Ol eine freie durch Knackkontrolle herausfinden muß, während sie im Dienstleitungsverkehr die Ol mit der B-Beamtin vereinbart.

4. Die Ol bei Wählämtern

Wir haben uns vorstehend eingehender, wenn auch nicht erschöpfend, mit dem Verkehr über Ol bei Handämtern befaßt, um ein Bild davon zu geben, wie vielseitig die Aufgaben sind, die beim Wählbetrieb bei der Herstellung von Ortsverbindungen und der Auslösung von Signalen bis zur Trennung zu lösen sind.

Die dazu nötigen Apparate (Nummernscheibe, Wähler und Relais) sollen im nächsten Abschnitt besprochen werden. Wir wollen hier, unbeschwert von Apparat- und Schaltungstechnik, den Aufbau einer Ortsverbindung über Wählämter (W-Nemter) betrachten.

In einem Ort nach Abb. 4 sind 50 000 Anschlußleitungen auf neun VStW zu verteilen. Jede VStW kann 10 000 aufnehmen, sie wird zunächst mit 5000 bis 6000 belegt sein. Der VStW werden aber vom Beginn an die Anschlußnummern 10 000 bis 19 999 zugeteilt. VStW 2 nimmt auf die Anschlüsse 20 000 bis 29 999,

VStW 3 nimmt auf die Anschlüsse 30 000 bis 39 999,

VStW 4 nimmt auf die Anschlüsse 40 000 bis 49 999 usw. bis VStW 9, zu der die Anschlußnummern 90 000 bis 99 999 gehören. Die Anschlußnummern 0 bis 09 999 werden möglichst nicht an Teilnehmer vergeben. (Die 0 als erste Zahl ist die Ursache vieler

Verbindungen.) Jeder Anschluß im Ortsbereich wird also durch eine fünfstellige Zahl bestimmt. Von jeder der neun VStW führt ein Bündel abgehender Ol zu jeder der acht andern VSt, in Abb. 4 durch eine gerade Linie angedeutet. Es würde sich also, wenn sie alle in der Abbildung wiedergegeben werden, ein dichtes Netz von abgehenden und ankommenden Ol ergeben. Wir lassen es daher bei der Andeutung der vom Amt 2 zu 1, 3, . . . 9 verlaufenden Bündel.

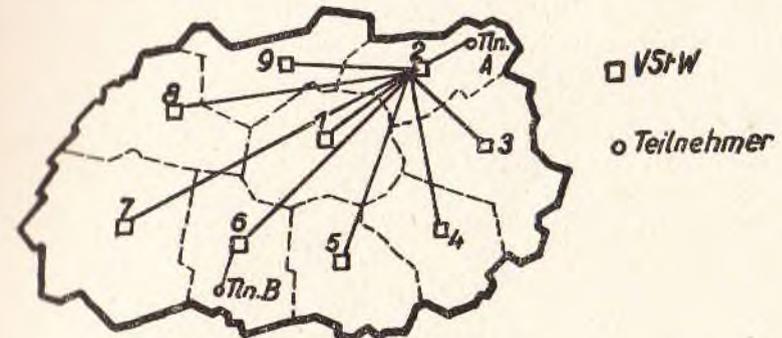


Abb. 4

Die Wählverbindung.

Der Teilnehmer 23 285 will eine Verbindung mit dem Anschluß 64 317 herstellen. Er „wählt“ mit der seinem Apparat zugeordneten Nummernscheibe die Zahl 6 und sechs Stromstöße wirken beim Ablauf der Nummernscheibe auf einen elektromagnetisch betriebenen Schalter bei der VSt 2, der mit seinen Kontaktarmen, an denen die Anschlußleitung (Al) 23 285 liegt, zehn Kontaktreihen bestreichen kann. Neun von diesen stehen mit den Bündeln abgehender Ol in Verbindung, die zehnte dient besonderen Zwecken. Dieser Schalter hat sich nun auf den sechsten Schritt eingestellt und dort enden die Ol zum Amt 6. Wie nun eine A-Beamtin aus einem Bündel gleichwertiger Ol durch Knackkontrolle eine freie Leitung herausfindet, so wird beim Aufbau einer W-Verbindung durch das Zusammenspiel von Relais aus einer Anzahl zum Amt 6 führender Ol eine freie ausgewählt und belegt. Nunmehr ist der A-Teilnehmer über die Al, den festgelegten Schalter und die Ol zum Amt 6 durchgeschaltet und liegt dort erneut auf einem solchen Schalter, den er durch Wahl der Zahl 4 auf eine freie Leitung zum vierten

Anschlußtausend beim Amt 6 einstellt; wieder trifft die Leitung auf einen gleichen Schalter, der die Wahl einer der zehn Hundertgruppen des vierten Tausends ermöglicht. Durch Wahl der 3 wird im dritten Hundert ein Schalter erreicht, der 100 Kontakte bestreicht, an denen die Anschlußleitungen 64 300 bis 64 399 liegen. Durch aufeinanderfolgende Wahl der Zahlen 1 und 7 wird der Schalter auf den Kontakt 17 eingestellt. Nunmehr ist die Ortsverbindung 23 285 bis 64 317 hergestellt. Der Anruf des B-Teilnehmers erfolgt selbsttätig, ebenso das Prüfen, Belegen und Sperren (gegen Doppelbelegung) der Anschlußleitungen (A), OI und der Schalter (Wähler) und die Zählung und Trennung bei GesprächsSchluß.

Sind in einem Ortsbereich mehr als 100 000 Teilnehmeranschlüsse vorhanden, dann ist die sechsstufige Wahl erforderlich; alle Teilnehmer erhalten sechsteilige Anschlußnummern (000 000 bis 999 999), wir haben das Millionsystem. Die Anschlußnummern 000 000 bis 999 999 werden aus dem bereits angeführten Grund nicht an Teilnehmer vergeben. In einer Großstadt könnten dann bis zu 90 VSt für je 10 000 Anschlüsse eingerichtet werden.

Als der Fernsprechverkehr in Berlin noch über Handämter abgewickelt wurde, waren zu diesem Zweck mehr als 60 VSt vorhanden, von denen jede einzelne mit allen anderen durch ein Bündel abgehender OI verbunden sein mußte. Der ganze Ortsbereich war also von einem dichten Netz zahlreicher und zum Teil sehr langer OI durchzogen.

Die Einführung des W-Betriebes hat in dieser Beziehung wesentliche Erleichterung und wirtschaftliche Vorteile neben Uebersichtlichkeit und Verbesserung der Verständigung mit sich gebracht, und zwar durch Einfügung der Knotenämter.

a) Die Knotenämter.

Wir haben in Abb. 4 einen Ortsbereich dargestellt, der in neun Amtsbereiche unterteilt ist. In ähnlicher Weise gliedern wir eine Großstadt zunächst in Bezirke, deren Zahl 2 bis 9 betragen kann. Jeder von diesen umfaßt bis zu zehn VStW, von denen jede bis zu 10 000 Anschlüsse aufnehmen kann. Dem Bezirk 1 werden die Anschlußnummern 100 000 bis 199 999 zugeteilt, Bezirk 2 umfaßt 200 000 bis 299 999 usw. bis Bezirk 9, dem die Anschlüsse Nr. 900 000 bis 999 999 zugeordnet sind.

Im Bezirk 3 erhält z. B. die VSt 5 die Anschlüsse 350 000 bis 359 999 usw. Außerdem befindet sich in jedem Bezirk ein Amt, das keine Anschlußleitung aufnimmt, von dem aus aber OI in vom Verkehr bestimmter Zahl zu allen im eigenen Bezirk liegenden VSt führen. Das ist das Knotenamt (Verkehrsknoten des Bezirks für den aus den übrigen Bezirken ankommenden Sprechverkehr).

Nach dem Einbau dieser Knotenämter, deren Zahl der der Bezirke entspricht, sind für jede der (angenommenen) 60 VStW nicht mehr abgehende OI-Bündel zu den 59 anderen erforderlich, sondern nur noch solche zu den wenigen Knotenämtern der fremden Bezirke. Der Vorteil einer solchen Vereinfachung liegt auf der Hand.

Will der Teilnehmer 34 15 96 eine Verbindung mit dem Anschluß 75 83 64 herstellen, so verbindet er seine A1 durch Wahl der Zahl 7 direkt mit dem Knotenamt des Bezirks 7. (Die abgehende

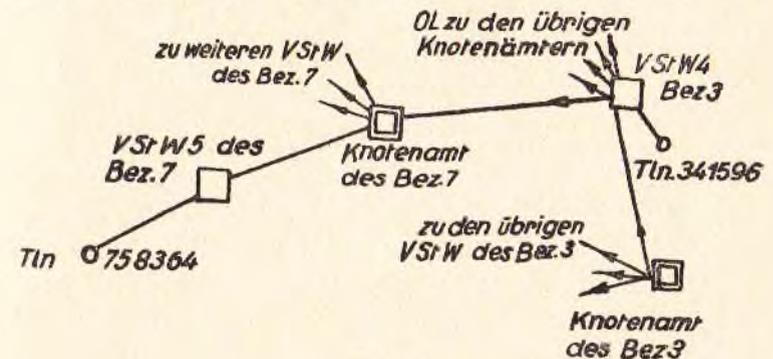


Abb. 5

Verbindung berührt also das Knotenamt 3 nicht!) Dann wird das Amt 5 des 7. Bezirks gewählt und darauf durch Wahl der 8 und 3 das achte Tausend und in diesem das dritte Hundert, dann wird durch die Wahl von 6 und 4 der Anschluß 64 in diesem dritten Hundert erreicht und belegt.

Der Wählbetrieb bietet noch einen weiteren Vorteil gegenüber dem Handamtsbetrieb; er gestattet mit einfachen Mitteln eine Unterteilung der Ämter. Angenommen, in einem Ortsbereich nach Abb. 6 (100 000-System, fünfstufige Wahl) erhält das Amt 7 durch Eingemeindung oder besondere Entwicklung einen Zuwachs von vielleicht 1000 bis 1500 Anschlüssen, die außerhalb des bisherigen

Anschlußbereichs liegen, so müßten diese durch ungewöhnlich lange Anschlußleitungen der VStW 7 zugeführt werden. Der hohe Widerstand dieser Ω wirkt sich dann u. U. ungünstig auf den von der ZB der VSt zu liefernden Mikrophonspeisestrom und auf die Wählstromstöße (Impulse) aus.

b) Teilämter.

Die Einrichtung der W-Aemter gibt uns in solchem Falle die Möglichkeit, erhebliche Leitungslängen zu sparen und die vorstehend angeführten Anzutraglichkeiten zu vermeiden, und zwar durch

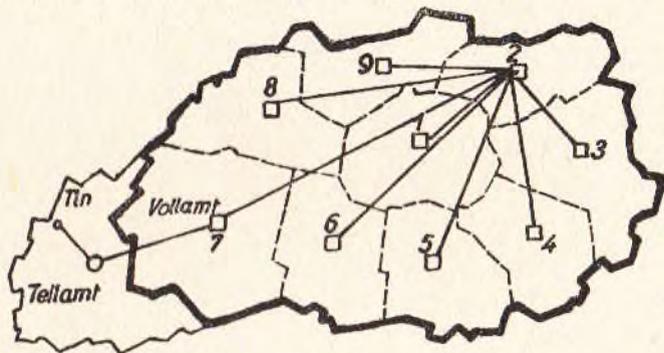


Abb. 6

die Einrichtung eines sogenannten Teilamtes, einer VStW, die einen Teil der zur VStW 7 gehörigen Anschlüsse aufnimmt.

Ist z. B. die VStW 7 mit 5000 Anschlüssen belegt, dann weist man dem an günstiger Stelle des Zuwachsgebietes eingerichteten Teilamt die Anschlusnummern 6000 bis 7999 zu und schaltet die in diesem Gebiet liegenden Anschlüsse durch die nunmehr bedeutend kürzeren Anschlußleitungen auf das Teilamt. Dieses muß nun allerdings eine Anzahl Ω zum W-Amt 7 erhalten; trotzdem aber ergibt sich ein erheblicher Gewinn an Kabeladerlängen aus der Tatsache, daß statt 2000 langer Ω nur etwa 140 bis 160 Ω erforderlich sind. (Die Zahl der Ω wird gewöhnlich auf 7 bis 8 vSt der Ω bemessen.)

Will ein Teilnehmer des Ortsbereichs einen Anschluß des 6. oder 7. Tausends der VStW 7, die man dem Teilamt gegenüber als Vollamt bezeichnet, dann stellt er durch die Wahl den beim

Vollamt befindlichen Schalter (Wähler) auf den Kontakt 6 oder 7 ein. Von diesen beiden aber führt je ein Bündel Ω zum Teilamt. Es wird selbsttätig eine freie Leitung ausgewählt, belegt und gesperrt und die nun folgende Wahl der Hunderter, Zehner und Einer wirkt auf die beim Teilamt untergebrachten Wähler in der bereits besprochenen Weise.

Die wesentlichsten Vorteile der W-Aemter gegenüber den Handämtern sind in wirtschaftlicher Beziehung:

1. Geringerer Raumbedarf infolge Wegfalls der Arbeitsplätze,
2. Personalsparnis und
3. Ersparnis von Kabeladern im Ω -Netz und Vereinfachung des Netzes;

in bezug auf den Fernsprechverkehr:

4. dauernde Betriebsbereitschaft, auch kleinster VStW in ländlichen Bezirken, bei Tag und Nacht,
5. Vermeidung jeder Wartezeit auch in den Stunden starken Verkehrs,
6. schnellerer Aufbau der Verbindung und sofortige Trennung bei GesprächsSchluß und
7. die Vermeidung von Fehlverbindungen durch die Ausschaltung von Sprech- und Hörfehlern (beim Abfragen im Handamt).

In beiden Beziehungen wirkt sich günstig aus

8. die leichte Unterteilbarkeit der Anschlußbereiche durch Schaffung von Teilämtern.

5. Fernverbindungen

Nachdem wir vorstehend die Ortsverbindungen und deren Aufbau betrachtet haben, wenden wir uns den Fernverbindungen zu.

Die Fernleitungen.

In jedem Orte Deutschlands kann jeder Anschlußinhaber oder Benutzer einer „Öffentlichen Fernsprechstelle“ nicht nur Verbindung mit der zugehörigen VSt erhalten, sondern auch mit einem Fernamt. Die Fernämter der verschiedenen Ortsnetze sind durch Fernleitungen (Fl) miteinander verbunden, die also im Fernleitungsnetz den Ω der Ortsnetze entsprechen. Ein Unterschied aber besteht zwischen Ω und Fl zunächst insofern, als die letztgenannten

nicht nur gerichtetem, sondern auch wechselseitigem Verkehr dienen; sie liegen deshalb in beiden Endfernämtern auf Anrufzeichen und Abfragekline. Die Fl unterscheiden sich von den Ml ferner durch ihre größere Länge und, zur Verringerung ihres Widerstandes, größeren Leiterquerschnitt. Sie erfordern daher die Aufwendung erheblicher Kosten für ihre Herstellung, Unterhaltung und Amortisation, abgesehen von den Aufwendungen für einwandfreie Verständigung über die langen Leitungen. Die Fl müssen daher, um die Wirtschaftlichkeit des Fernverkehrs zu gewährleisten, möglichst ohne Unterbrechung zur Abwicklung von Gesprächen benutzt werden und ihre Zahl zwischen zwei Fernämtern ist daher so bemessen, daß jede Fl täglich im Durchschnitt mit mindestens 70 bis 80 Gesprächen belastet ist. Der Teilnehmer kann daher im Regelverkehr nicht damit rechnen, sofort die gewünschte Fernverbindung zu erhalten. Er muß ein Ferngespräch zunächst beim Fernamt anmelden, die An-

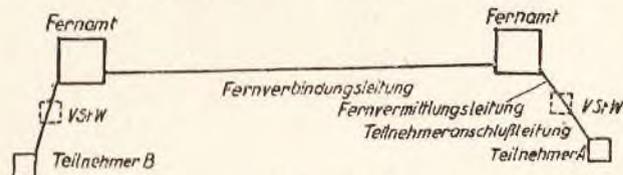


Abb. 7*)

meldung wird dort auf einem Gesprächsblatt vermerkt, und er wird zur Ausführung des Ferngesprächs vom Fernamt angerufen, wenn er nach Abwicklung der vorliegenden Anmeldungen für die von ihm gewünschte Fernverbindung an der Reihe ist.

Will z. B. ein Berliner Teilnehmer ein F-Gespräch mit einem Anschlußinhaber in Köln führen, dann wählt der die Nummer 00 und bringt dadurch den schon erwähnten Schalter in der VStW zunächst auf den 10. Schritt, den wir bei Besprechung einer Ortsverbindung besonderen Zwecken vorbehalten haben. Dieser 10. Kontakt ist wieder zehnfach unterteilt und durch Wahl der 2. Null werden die Schalterarme auf den 10. Kontakt eingestellt, von dem aus Leitungen direkt zum Fl führen. Das Fl wird also durch nur zweistufige Wahl erreicht. Die Leitungen enden beim Fernamt an einem Arbeitsplatz des sogenannten Meldeamtes; die dorthin führenden Leitungen heißen Meldeleitungen (Ml).

*) Statt Fernverbindungsleitung ist zu lesen „Fernleitung“.

Im Handamtsverkehr verbindet die M-Beamtin den das Fernamt fordernden Teilnehmer in der bereits bekannten Weise mit einer der im Vielfachfeld der abgehenden Ml auf Vielfachklingen liegenden Ml.

a) Das Meldeamt.

Das Meldeamt hat den Zweck, die Beamtinnen an den eigentlichen Fernplätzen von der mit der Anmeldung von F-Gesprächen verbundenen Schreibarbeit zu entlasten. Die Beamtin am Meldeplatz nimmt vom Teilnehmer die Anmeldung des Ferngesprächs nach Bestimmungsamt und der dortigen Anschlussnummer entgegen und füllt ein „Gesprächsblatt“ dem Vordruck entsprechend aus. Dieses wird dann der Hauptverteilstelle und von dort (falls erforderlich über die Leitstelle, die den Weg, über den das Gespräch zu leiten ist, auf dem Blatt vermerkt) der Saalverteilstelle zugeführt, die es dann dem Fernplatz zuleitet, an dem die in Frage kommende Fernleitung endet. Zur Beförderung der Gesprächsblätter vom Meldeamt bis zum Fernplatz sind bei größeren F-Ämtern mechanische Beförderungsmittel, wie Seilposten, laufende Bänder oder Rohrposten, vorhanden. Die Fernbeamtin ordnet den Gesprächszettel in die Reihe der bereits vorliegenden ein, wobei auch die Art des Gesprächs (z. B. ob dringend oder gewöhnlich) zu berücksichtigen ist.

b) Die Herstellung der Fernverbindung.

Ist das Gespräch zur Ausführung an der Reihe, dann fordert die F-Beamtin in der Fl vom fernen Endamt den verlangten Anschluß und schaltet dann ihr Sprechgerät durch Tastendruck an eine von sechs Wählleitungen, die über Tastensätze in der Tischplatte des F-Platzes geführt sind und wählt mit Hilfe einer Nummernscheibe den Anschluß, von dem aus das Gespräch angemeldet wurde. Nachdem sie sich dann durch Rückfrage nach beiden Seiten hin davon überzeugt hat, daß die richtigen Anschlüsse zum Gespräch bereit stehen, fordert sie zum Gesprächsbeginn auf und verbindet beide Teilnehmer durch Druck einer Taste miteinander. Sie vermerkt die Meldung des fernen Teilnehmers nach Stunde und Minute auf dem Gesprächsblatt, ebenfalls die Nummer der benutzten Fl und schaltet ihr Sprechgerät ab, nachdem sie sich überzeugt hat, daß das F-Gespräch ordnungsmäßig in Gang gekommen ist. Sie überzeugt sich dann von Zeit zu Zeit durch Umlegen eines Umschalters vom unge störten Ablauf des Gesprächs. Legt der Teilnehmer, der es

angemeldet hat, den Handapparat auf, dann leuchtet am Fernplatz die SL_2 auf. SL_1 wird vom fernen Amt durch Wechselstrom betätigt. Die F-Beamtin trennt die Verbindung und vermerkt auf dem Gesprächsblatt die Zeit des Gesprächschlusses und die fälligen Gebühren nach Zone, Gesprächsgattung und -dauer.

Ist der Teilnehmer an eine VStHand angeschlossen, dann stößt die F-Beamtin in einer Vielfachkline eine freie Ortsverbindungsleitung zu dem in Frage kommenden Handamt. Diese Leitungen enden beim Handamt an dem sogenannten Vorschaltplatz in Schnüren und Stöpseln. Das Aufleuchten einer dem Stöpsel zugeordneten Lampe veranlaßt die Vorschaltplatzbeamtin zum Einreten in die Leitung; die F-Beamtin fordert den Anschluß des Teilnehmers und die Vo-Beamtin im Handamt verbindet mit einer besonderen im Vielfachfeld des Vo-Platzes liegenden zur Anschlußleitung gehörenden Klinken, die nur der Verbindung zu Ferngesprächen dient. Bei Benutzung dieser Klinken ist während der Dauer des Ferngesprächs die verbundene Anschlußleitung von allen dem Ortsverkehr dienenden Teilen der technischen Einrichtung des Handamtes abgetrennt, um jede Störung des Ferngesprächs beim Ortsamt auszuschließen. Auf Schlußzeichen von Fernamt trennt die Vo-Beamtin im Handamt.

c) Durchgangsfernamt.

Nicht immer ist ein Fernamt in der Lage, ein Ferngespräch in der Zusammenarbeit mit nur einem andern Fernamt durchzuführen. In vielen Fällen muß ein weiteres Fernamt veranlaßt

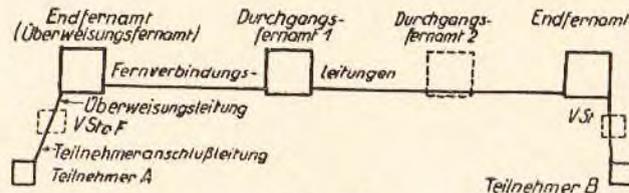


Abb. 8*)

werden, zur Abwicklung des Gesprächs zwei bei ihm endende Fl zu diesem Zweck zusammenzuschalten, u. U. muß sogar noch ein weiteres F-Amt zum gleichen Zweck herangezogen werden. Man

*) Statt Fernverbindungsleitungen ist zu lesen „Fernleitungen“.

bezeichnet dann die beiden Ämter, bei denen die Fl mit M verbunden werden, für die bestehende Fernverbindung als Endämter, die, bei denen zwei Fl zum Gespräch zusammengeschaltet werden, als Durchgangsämter. Ein Durchgangsamt ist also kein Fernamt besonderer Bauart, sondern ist Endamt wie jedes andere für seinen ankommenden und abgehenden Fernverkehr. Durchgangsamt ist es nur für die Verbindungen, für die es auf Anfordern anderer Fernämter zwei der bei ihm sonst endenden Fl zu einer durchgehenden zusammenschaltet.

d) Das Ueberweisungsfernamt.

Kleinere Ortsneze erhalten, besonders wenn sie in der Nähe größerer liegen, meist keine eigenen Einrichtungen für den Fernverkehr. Sie sind dann durch besondere Verbindungsleitungen, die Ueberweisungsleitungen (Uel), mit dem nächsten Fernamt (bzw. Meldeamt) verbunden. Die VStW eines solchen Ortes ohne Fernamt bezeichnet man dann als VStWoF, das Fernamt, dem die aus deren Anschlußbereich entfallenden Ferngespräche „überwiesen“ werden, als Ueberweisungsfernamt (UeF).

e) Die Verstärkerämter.

Die Sprechverständigung über lange Fernleitungen wird nicht nur durch deren hohen Ohmschen Widerstand ungünstig beeinflusst; sie leidet, da es sich bei den Sprechströmen um Wechselströme handelt, besonders unter den Wirkungen von Induktivität und Kapazität. Besonders die hohe Kapazität der Kabeladern gegeneinander bewirkte, daß vor etwa drei Jahrzehnten noch Sprechverkehr über Fernkabel nur auf verhältnismäßig kurze Entfernung möglich war, weil die Kabeladern eine zu hohe Dämpfung haben. Unter Dämpfung versteht man bei den Fernsprechleitungen das Verhältnis der am Anfang einer Leitung in diese hineingegebene Energie zu der ihr am Ende entnommenen.

Die Entwicklung der „Röhrentechnik“ im und nach dem Weltkrieg gab der Fernmeldetechnik in der heut wohl jedem von uns durch den Rundfunkempfänger bekannten Verstärkerröhre ein Mittel, diese Dämpfung auch bei langen Leitungen niedrig zu halten, indem man den aus einem Leitungsabschnitt ankommenden geschwächten Wellenzug auf das Gitter einer solchen Verstärkerröhre wirken läßt und aus dem Anodenkreis den wieder auf den Anfangswert verstärkten Wellenzug in der Richtung zum Empfänger weiterleitet. Solche

Verstärker sind in den Fernlinien zu Verstärkerämtern vereinigt, die in Abständen von 75 oder 100 Kilometer eingerichtet werden. Auch bei den Fernämtern selbst sind vielfach solche Verstärker untergebracht.

f) Beschleunigter Fernverkehr.

Das Bestreben, den Teilnehmer von der Wartezeit zwischen Anmeldung und Ausführung eines Ferngesprächs zu entlasten, hat den „beschleunigten Fernleitungsverkehr“ entstehen lassen. Bei diesem wird die Verbindung unmittelbar im Anschluß an die Gesprächsanmeldung hergestellt, so daß der anmeldende Teilnehmer mit dem Hörer am Ohr die Meldung des verlangten Teilnehmers abwarten kann. Voraussetzung für diese Art der Fernverbindung ist natürlich das Vorhandensein einer genügenden Zahl von FI zwischen den beteiligten Fernämtern. Vielfach ist der beschleunigte Verkehr auf die Zeiten schwachen Fernverkehrs beschränkt, während in den Hauptverkehrsstunden der Regelverkehr (mit Wartezeit) durchgeführt wird.

g) Die Fernwahl.

Der heutige Stand der Wählamts technik ermöglicht es, daß der Inhaber eines Wählanschlusses eine andere Wählprechstelle in einem entfernten Ort über die FI direkt wählen kann. Er kann sich also eine Fernwählverbindung ohne Mitwirkung der beiden Endfernämter selbst herstellen. Die FI tritt dabei an die Stelle einer SI im Ortsverkehr. Bei Einrichtung der Fernwahl müssen natürlich zwischen den in Frage kommenden Orten Fernleitungen in genügender Zahl vorhanden sein, deren elektrische Eigenschaften den Anforderungen der Fernwahl entsprechen. Sie werden Fernwählleitungen (FWL) genannt.

Genügen die gewöhnlichen Einrichtungen der VStW zur Übermittlung der Wählimpulse über die FWL, dann nennt man das Gleichstromfernwahl.

Bei längeren FWL, bei denen die Gleichstromimpulse nicht mehr zur Betätigung der Wähler im fernen Amt ausreichen, benutzt man Wechselstrom von 50 Hz zur Impulsbildung.

Bei noch längeren FWL wird die Verstärkung der Wählimpulse nötig und man bildet sie in diesem Falle durch Wechselstrom von

mittlerer Sprachfrequenz (500 Hz). Die Fernwahl unter Benutzung von Wechselstrom heißt Wechselstromfernwahl.

h) Schnellverkehr.

Der Schnellverkehr wird nur in Bezirken eingerichtet, in denen zwischen mehreren benachbarten Orten starke Verkehrsbeziehungen bestehen, wie z. B. im rheinisch-westfälischen und oberschlesischen Industriebezirk.

Das Schnellverkehrsnetz umfaßt in der Regel die zu einem Überweisungsfernamt gehörenden Orte. In möglichst Nähe des Überweisungsfernamtes wird das Schnellamt eingerichtet; dieses ist mit den zugehörigen VStWoF, die Seitenämter genannt werden, durch Seitenamtsleitungen (SI) verbunden.

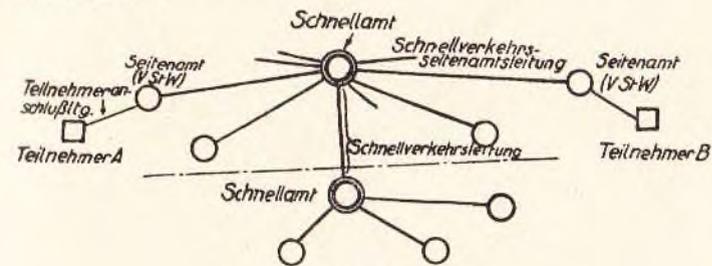


Abb. 9

Wünscht ein Teilnehmer ein Ferngespräch mit einem zum gleichen Schnellverkehrsnetz gehörenden Teilnehmer zu führen, dann wählt er die Rufnummer des Schnellamtes, ist dann mit diesem über eine SI verbunden und wird nach Anmeldung des Gesprächs sofort über eine andere SI mit dem anderen Seitenamt verbunden, das den gewünschten Anschluß bringt.

Eine etwa erforderliche Ausdehnung des Schnellverkehrs wird ermöglicht, wenn zwei benachbarte Schnellämter zu diesem Zweck unter sich wieder durch Schnellverkehrsleitungen verbunden werden.

Der Schnellverkehr erspart nicht nur den Teilnehmern die Wartezeit, sondern entlastet auch die Fernämter und Fernleitungen in erheblichem Maße.

II. Einführung in die Wählamtstechnik

Die VStW sind ZB-Aemter und der mit einem W-Apparat angeschlossene Teilnehmer leitet wie bei einem ZB-Handamt ein Gespräch durch Abnehmen des Handapparates ein und wie im Handamt betätigt der über den Hakenumschalter der Sprechstelle geschlossene Weg für den Gleichstrom der ZB ein Relais. Die von diesem gesteuerte Anruflampe aber ist entbehrlich, denn eine Beamtin, die auf dieses optische Signal hin die Verbindung mit dem anrufenden Teilnehmer aufnehmen könnte, ist nicht vorhanden, und

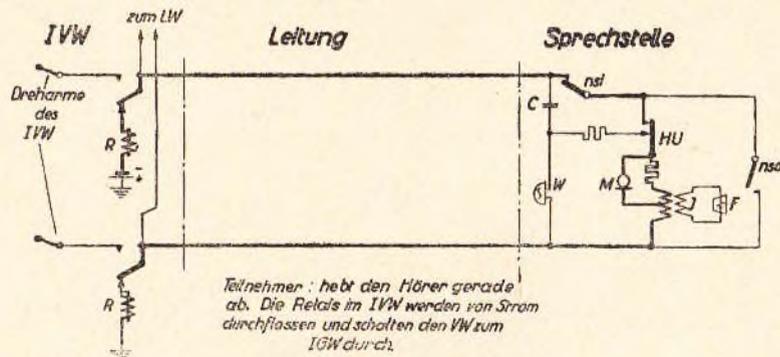


Abb. 1

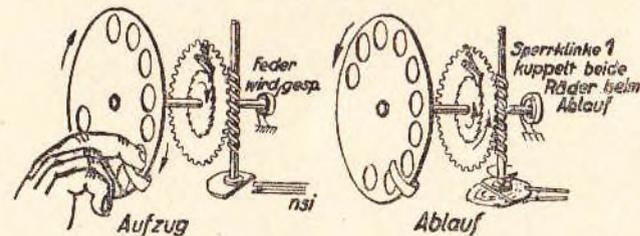
damit entfällt auch für den Teilnehmer die Möglichkeit, diese fernmündlich zum Aufbau der gewünschten Verbindung zu veranlassen. Er muß die Arbeit selbst übernehmen, und zwar durch Abgabe von zwei bis sechs Gruppen telegraphischer Zeichen (Unterbrechungen des vom Amt her über den Sprechapparat fließenden Ruhestromes). Ein geübter Telegraphist könnte das vielleicht durch entsprechende Betätigung des Hakenumschalters erreichen; jeder andere Teilnehmer aber wäre nicht in der Lage, die Stromimpulse

mit der erforderlichen Genauigkeit zu bilden. Deshalb wird jedem W-Apparat die sogenannte Nummernscheibe zugeordnet.

1. Die Nummernscheibe

Die Nummernscheibe ist ein als Stromunterbrecher arbeitender Impulsgeber, der nach einem einfachen Handgriff selbsttätig die erforderliche Impulsreihe erzeugt.

Grundsätzliche Wirkungsweise der Nummernscheibe



Nummernscheibe, Rückseite

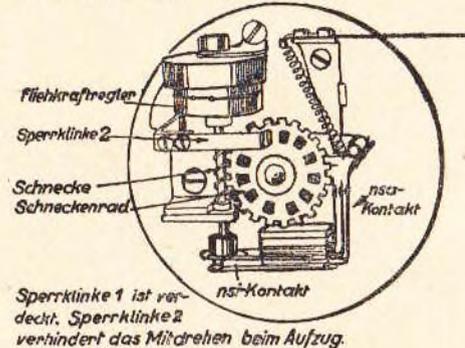
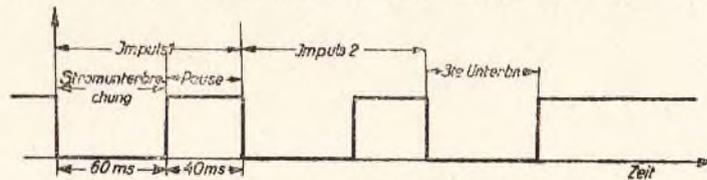


Abb. 2

Die Nummernscheibe trägt auf der Stirnseite eine runde aus ihrer Rubelage in der Uhrzeigerichtung drehbare Platte; diese hat am Rande zehn Vertiefungen, die mit den Ziffern 1 bis 0 gekennzeichnet sind. Ein Fingeranschlag begrenzt die Bewegung der Scheibe.

Um eine Zahl zu wählen, nimmt der Teilnehmer den Handapparat ab und entsperert dadurch die Nummernscheibe. Er steckt nun einen Finger in das mit der zu wählenden Zahl bezeichnete Loch und dreht die Scheibe, bis sein Finger den Anschlag berührt. Durch das Drehen ist eine Feder auf der Rückseite der Nummernscheibe gespannt worden, die nunmehr die Scheibe in die Ruhelage zurückdreht. Der volle Ablauf der von der Deffnung „0“ aus aufgezogenen Scheibe soll eine Sekunde erfordern. Das wird erreicht durch die selbsttätige Kopplung der Scheibe mit einem Schneckenrad und einem Fliehkraftregler. Daraus ist auch zu entnehmen, daß der Rücklauf der Nummernscheibe nicht von Hand beschleunigt oder gebremst werden darf.

Die Achse des Fliehkraftreglers trägt am unteren Ende eine etwa halbkreisförmige Scheibe aus Isolierstoff, die bei jedem Um-



Impulsgebung durch Nummernscheibe
Wahl der Ziffer 3

Abb. 3

lauf einmal zwischen die beiden Federn eines Ruhkontaktes tritt und diesen für kurze Zeit auf trennt. Das ist der Impulskontakt der Nummernscheibe (nsi). Ein anderer Kontakt wird als Arbeitskontakt der Nummernscheibe (nsa) bezeichnet; er schließt sich, sobald die Scheibe aus ihrer Ruhelage herausgedreht wird und öffnet sich wieder nach Rückkehr in die Ruhelage. Er hat die Aufgabe, durch Ueberbrückung aller in der Sprechstelle liegenden Widerstände die Impulse zu verstärken und zugleich den Hörer vor Knackgeräuschen beim Wählvorgang zu schützen.

Die Anzahl der beim Ablauf der NS gebildeten Impulse entspricht stets der gewählten Zahl (0 bis 10). Ein Impuls besteht aus einer Stromunterbrechung mit dem darauf folgenden Stromschluß; er dauert 0,1 Sekunde. Davon entfallen auf die Unterbrechung 0,06 Sekunden (60 Millisekunden = ms) und auf den Stromschluß 0,04 Sekunden = 40 ms.

Die Wahl einer zweistelligen Zahl dauert etwa 4 s, jede weitere Zahl ungefähr 1 s, so daß die sechsstufige Wahl (wie in Berlin) nur 8 s erfordert; das bedeutet, daß etwa 8 s nach dem Abheben des Handapparates durch den anrufenden Teilnehmer der angerufene das erste Rufzeichen erhält. Das wird bei Handvermittlung in der Regel nicht zu erreichen sein.

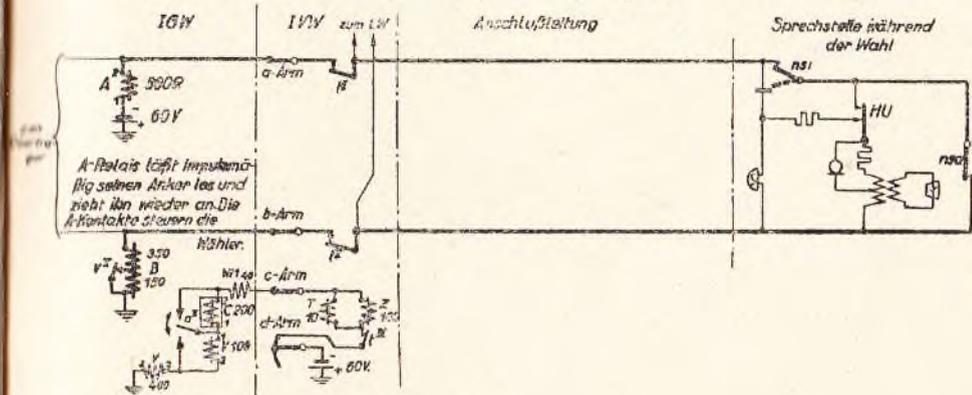


Abb. 4

Beim Wählamt erfolgt der Aufbau der Verbindung durch elektromagnetisch betriebene Schalter, die sogenannten Wähler. Diese werden durch die Impulse gesteuert und verbinden dabei nicht nur die beiden Anschlußleitungen miteinander, sondern sie geben dem A-Teilnehmer zunächst ein Zeichen dafür, daß er mit einem freien Wähler verbunden ist und mit der Wahl beginnen kann (das Amtszeichen, hoher Summertone im Takt des Morse-A, —), prüfen dann die gewählte Leitung auf „Besetzt“, geben dem A-Teilnehmer g. F. durch einen anhaltenden tiefen Summertone das Besetztzeichen, senden, wenn der verlangte Anschluß frei ist, zu diesem Rufwechselstrom und gleichzeitig zum A-Teilnehmer ein Zeichen für den abgehenden Ruf (hoher Summer im Zeitmaß des abgehenden Rufstroms), das sog. „Freizeichen“, wiederholen den Ruf in kurzen Zeitabständen, bis sich der B-Teilnehmer meldet oder der A-Teilnehmer den Handapparat anhängt, sichern die Zählung des Gesprächs und trennen sofort beim Schluß.

Die erwähnten Signale (Ruf und Summer) werden von der Ruf- und Signalmaschine der BStW erzeugt und zur gegebenen

Seit unter Mitwirkung von Relais an die Wähler bzw. Leitungen geschaltet.

2. Die Wähler

Die bei den VStW der DRP eingeführten Wähler sind elektromagnetisch betriebene Schrittschaltwerke; d. h., die beweglichen Teile der Kontakte, hier Kontaktarme genannt, werden nicht wie bei Wählern anderer Bauart gleichmäßig gleitend über die Kontakte hinweggeführt, sondern sie werden schrittweise von einem Kontakt zum andern weitergeschaltet.

Jeder Wähler besteht aus vier Hauptteilen:

1. dem festen Kontaktsatz (der Kontaktbank),
2. den beweglichen Kontaktarmen,
3. dem Antriebsmechanismus und
4. dem Relaisatz.

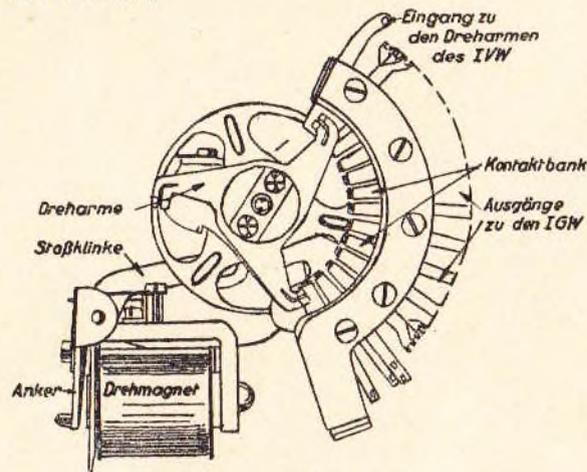


Abb. 5

Der Kontaktsatz ist mit dem Vielfachfeld einer VSt Hand zu vergleichen, die Kontaktarme mit ihren Zuführungen haben die Aufgaben der Stößel und Schnüre zu erfüllen, der Antrieb ersetzt die Hand und der Relaisatz die Sinnesorgane (Auge und Ohr) der Beamtin.

a) Die Drehwähler.

Der Drehwähler bildet die einfachste Form des Wählers. Eine Kontaktreihe umfaßt 10 (11); 15 oder 25 voneinander isolierte Kontakte. Wähler mit Reihen von mehr als 25 Kontakten werden bei Vermittlungsstellen W nicht verwendet. Mehrere solcher Kontaktreihen (3 bis 5) werden dann zu einer Kontaktbank vereinigt. Diese bildet einen Ausschnitt von $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{2}$ des dem Radius entsprechenden Zylinders. Die eigentlichen Kontaktflächen liegen auf der Innen-, die Lötlösen auf der Außenseite des Zylinders.

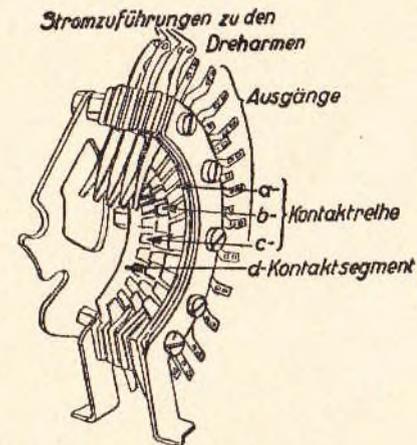


Abb. 6

Die Kontaktarme sind unverschiebbar gegeneinander auf einer gemeinsamen Achse befestigt. Ihre Zahl wird bestimmt durch die Aufgaben des Wählers. Der a-, b- und c-Arm schalten die a-, b- und c-Adler, ein vierter Arm dient mit der zugehörigen Kontaktbank besonderen Zwecken (z. B. der Rückführung des Wählers in die Ruhelage nach dem Trennen der Verbindung), ein fünfter Arm kann nötig sein, wenn die Zahl gleichzeitig auszulösender Schaltungsvorgänge ihn erfordert.

Zur sicheren Kontaktgabe sind die Arme zweiteilig gestaltet, so daß sie die einzelnen Kontaktlamellen auf der Ober- und Unterseite gleichzeitig erfassen. Sie sind aus dem gleichen Grunde an der Kontaktstelle geschliffen, damit wird jeder Kontakt in vier Be-

rührungsstellen aufgelöst. Unsichere Wählerkontakte beeinflussen den Betrieb beim W-Umt noch weit ungünstiger, als schadhafte Verbindungsschnüre den beim Handamt.

Bei den zehn- oder elfteiligen Drehwählern ist die Kontaktreihe auf einem Kreisbogen von 120° untergebracht, bei den 15- und 25-teiligen erstreckt sie sich über 180° . Dementsprechend sind die Kontaktarme dreiarstig bzw. zweiarstig ausgebildet. Damit wird erreicht, daß, wenn ein Kontaktarm den letzten Kontakt seiner Reihe verläßt, er mit der Vollendung dieses Schrittes wieder auf dem

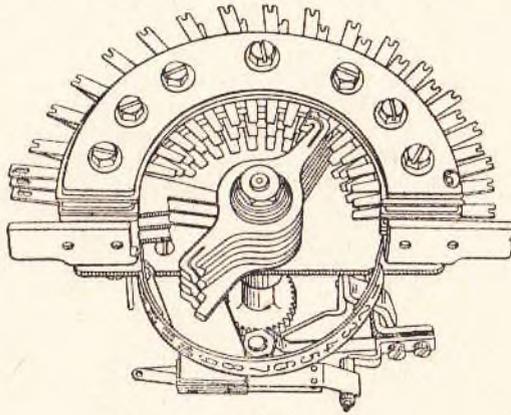


Abb. 7

ersten Kontakt der Reihe steht. Der andernfalls nötige Leerlauf wird also vermieden.

Der Antriebsmechanismus ist schematisch in Abb. 8 dargestellt. Er besteht aus dem Elektromagnet, dessen Anker mit einer Stoßklinke verbunden ist. Bei jedem Ansprechen des Elektromagnets greift diese in ein mit der Wählerachse fest verbundenes Zahnrad ein und bewegt dadurch die Kontaktarme um einen Schritt weiter. Die dazu nötigen Stromstöße werden von einem Relaisunterbrecher geliefert, der dem Wähler eine Schrittgeschwindigkeit von 36 bis 40 je Sekunde verleiht. Der Drehwähler dreht so lange, bis er eine freie Leitung erreicht; dann wird der Relaisunterbrecher selbsttätig abgeschaltet und der Wähler steht.

Schaltungstechnisch ist zu unterscheiden zwischen Drehwählern, die nur aus einer bestimmten Ruhestellung heraus arbeiten und die

daher beim Trennen einer Verbindung wieder in diese zurückkehren müssen (dazu gehören die I Vorwähler und die Steuerschalter) und solchen, die auf dem zuletzt belegten Kontakt stehen bleiben und von diesem aus ihre Wählerarbeit beginnen (II Vorwähler, Dienst- und Mischwähler).

b) Die Hebdrehwähler.

Drehwähler können mit der erforderlichen Betriebssicherheit nur für höchstens 50 Drehschritte gebaut werden. Soll ein Wähler mehr Leitungen aufnehmen, dann können diese nicht mehr wie beim Dreh-

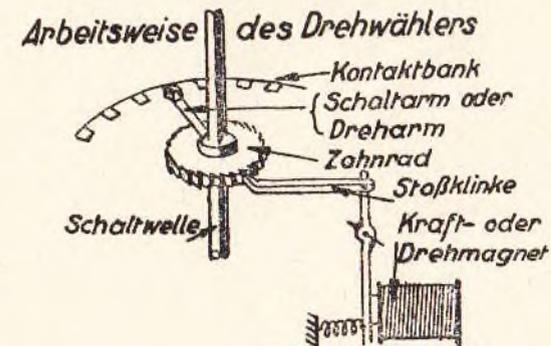
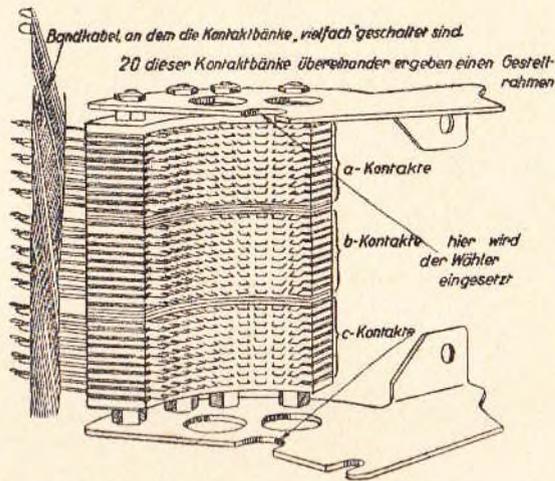


Abb. 8

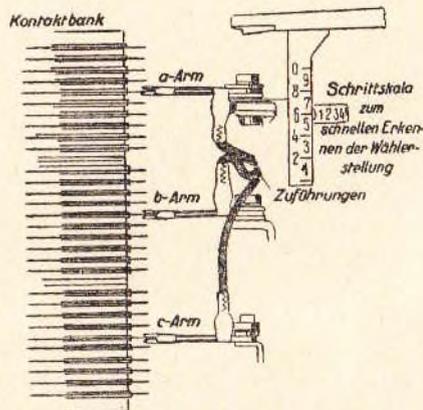
wähler in einer Ebene (Kontaktreihe) untergebracht werden, sondern sie müssen auf mehrere übereinander angeordnete Reihen verteilt werden, und der Kontaktarm muß, um alle Kontakte erreichen zu können, gehoben und gedreht werden können. Deshalb nennt man Wähler dieser Bauart Hebdrehwähler. Die Zahl der Hebschritte kann beliebig groß sein, die DRV aber hat sich in dieser Beziehung für das reine Zehnersystem entschieden und verwendet nur Hebdrehwähler mit 10 Heb- und 10 Drehschritten, die also $10 \cdot 10 = 100$ Leitungen aufnehmen können.

Im mechanischen Aufbau weisen die Hebdrehwähler erhebliche Unterschiede auf, die auf die dauernd fortschreitende Entwicklung besonders hinsichtlich der Raumerparnis zurückzuführen sind. Wir wollen uns in den nachstehenden Ausführungen auf die Wähler neueren Modells (W 27) beschränken.



Kontaktbank eines Hebdrehwählers

Abb. 9



Dreharme und Kontaktbank eines Hebdrehwählers

Abb. 10

Die Kontaktbank des Wählers ist dreifach unterteilt in den a-, b- und c-Teil, der a-, b- und c-Adler einer Leitung entsprechend. Jeder Teil besteht aus zehn übereinander angeordneten Kontaktreihen mit je elf Kontakten (der erste vermittelt g. F. das Befetzzeichen). Die drei Kontaktarme sind an einem E-förmigen Schaltarmträger befestigt, der auf einer feststehenden Welle die erforderlichen Heb- und Drehbewegungen ausführen kann. Die Heb-

Arbeitsweise eines Hebdrehwählers

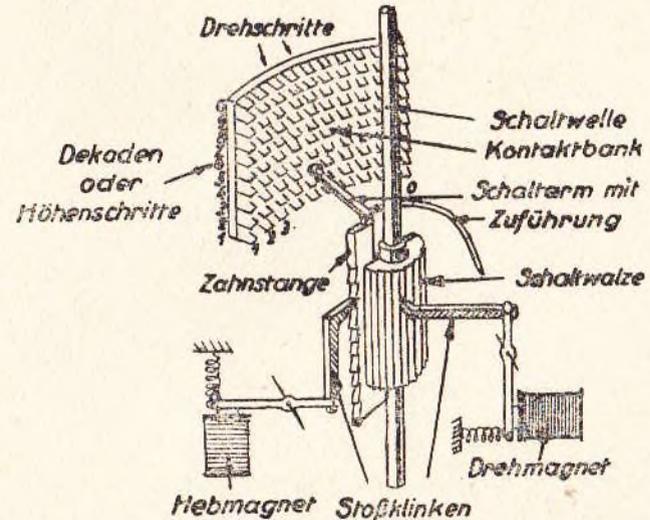


Abb. 11

bewegung regelt der Hebeelektromagnet, dessen Anker mit einer Stoßklinke auf eine senkrecht stehende Zahnstange wirkt, die Drehbewegung des Drehelektromagnet, dessen durch den Anker betätigte Stoßklinke in die Längszähne einer Schaltwalze eingreift. Eine schematische Darstellung der Schaltorgane gibt Abb. 11.

In der Ruhelage befinden sich die Schaltarme stets außerhalb des Kontaktfeldes. Jeder von ihnen steht je einen Schritt unterhalb des ihm zugeordneten Teils der Kontaktbank und vor der Kontaktreihe.

Die Arbeitsweise der Hebdrehwähler wird bedingt durch ihre Verwendung als Leitungswähler (LW) oder Gruppewähler

(GW). Bei einem LW liegen an den Kontakten (Ausgängen) stets die Anschlußleitungen von 100 Teilnehmern. Jeder LW muß also zur Herstellung einer Verbindung durch Heben und Drehen auf einen ganz bestimmten Kontakt eingestellt werden, d. h. beide Bewegungen müssen von Impulsen abhängig gemacht werden, die der anrufende Teilnehmer (dessen Anschlußstellung an den Kontaktarmen des LW endet) mit Hilfe der Nummernscheibe sendet. Angenommen, erwählt die Nummer 35, dann gibt er zunächst durch die Wahl der Zahl 3 Impulse; diese wirken auf den Hebelelektromagneten, der die Kontaktarme auf den dritten Höhengschritt hebt.

01	02	03	04	05	06	07	08	09	00
91	.	.	.	.	.	.	.	.	90
81	.	.	.	.	.	.	.	.	80
71	.	.	.	.	.	.	.	.	70
61	.	.	.	.	.	.	.	.	60
51	.	.	.	.	.	.	.	.	50
41	.	.	.	.	.	.	.	.	40
31	.	.	.	.	.	.	.	.	30
21	.	.	.	.	.	.	.	.	20
11	12	13	14	15	16	17	18	19	10

Zählweise der Kontakte

Abb. 12

Sie stehen dann vor der Kontaktreihe, in der die Anschlüsse 31 bis 39 und 30 liegen. In der durch das zweite Aufziehen der Nummernscheibe entstehenden Pause wird im Wählerrelaisfass selbsttätig eine Umschaltung vorgenommen, so daß die nun folgenden fünf Impulse auf den Drehmagnet wirken, der die Kontaktarme in fünf Schritten zum fünften Kontakt der Reihe bewirkt. Man nennt eine solche vom Teilnehmer durch die Impulsgebung bestimmte Wahl *erzwungene Wahl*. Ein LW führt also seine Heb- und Drehschritte in erzwungener Wahl aus.

An dieser Stelle sei auf eine besondere Zählart in der Kontaktfolge beim LW hingewiesen. Bei der Nummernscheibe folgt auf die Zahl 9 mit neun Impulsen die 0 mit zehn Impulsen. Im zehnten Höhengschritt liegen daher alle mit 0 beginnenden Num-

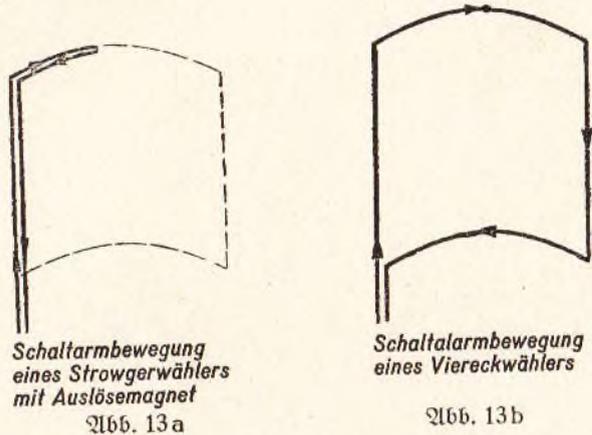
mern, auf dem zehnten Drehschritte alle mit einer 0 endenden. Man erreicht die 11 durch einen Höhengschritt und einen Drehschritt, die 10 durch einen Höhengschritt und zehn Drehschritte, 01 durch zehn Höhengschritte und einen Drehschritt, 00 durch zehn Höheng- und zehn Drehschritte usw. (s. Abb. 12).

In einer BStW mit mehr als 100 (bis 1000) Anschlüssen muß der anrufende Teilnehmer zunächst die Hundertgruppe bestimmen, der der anzurufende Teilnehmer angehört. Er hat also drei Zahlen zu wählen und trifft bei Herstellung einer Verbindung nicht sofort auf einen LW, sondern erst einmal auf einen anderen Hebdrehwähler, den Gruppenwähler (GW). Bei diesem liegen an den zehn Kontakten jeder Kontaktreihe zehn einander völlig gleichwertige Leitungen zu den Schaltarmen von zehn einem bestimmten Anschlußhundert zugehörigen LW, also aus dem ersten Höhengschritt des GW zu zehn LW des ersten Hunderts (100 bis 199), aus dem zweiten zu LW des zweiten Hunderts (200 bis 299) usw. Durch Wahl der ersten Zahl einer dreistelligen Zahl, z. B. der 3 von 345, steuert der rufende Teilnehmer einen Gruppenwähler auf den dritten Höhengschritt und sofort dreht hier der GW selbsttätig ein, wählt unter den zu zehn LW des dritten Hunderts führenden Leitungen eine freie aus und belegt einen LW, diesen zugleich gegen eine weitere Verbindung sperrend; die folgenden Impulsreihen 4 und 5 wirken hebend und drehend auf den LW und stellen diesen auf den Anschluß 45 des dritten Hunderts ein.

Der Unterschied zwischen LW und GW besteht also zunächst darin, daß die Einstellung des LW hebend und drehend durch die von der Sprechstelle gesandten Impulse, also durch erzwungene Wahl, erfolgt, während beim GW dies nur auf die Hebschritte zutrifft; die Drehbewegung dagegen erfolgt in „freier Wahl“, also unbeeinflusst vom Teilnehmer.

Die Hebdrehwähler neuerer Art werden häufig als *Vier Eckwähler* bezeichnet. Beim Eindrehen spannt der Hebdrehwähler eine Feder, die bei der am Schluß eines Gesprächs folgenden Auslösung des Wählers (Rückkehr in die Ruhestellung) das Herausdrehen der Kontaktarme bewirkt. Bei den Hebdrehwählern älterer Bauart beginnt die Auslösung mit dem *Zurückdrehen* der Schaltarme, dann folgt der Fall in die Ruhestellung. Die neueren Wähler dagegen drehen die Schaltarme beim Auslösen zunächst in der ursprünglichen Richtung weiter, bis sie auf den zwölften Drehschritt herabfallen und dann erst unterhalb der Kontaktfäße von der

gespannten Feder zurückgedreht werden. Die Kontaktarme beschreiben dabei ein Viereck und daher rührt die Bezeichnung „Viereckwähler“.



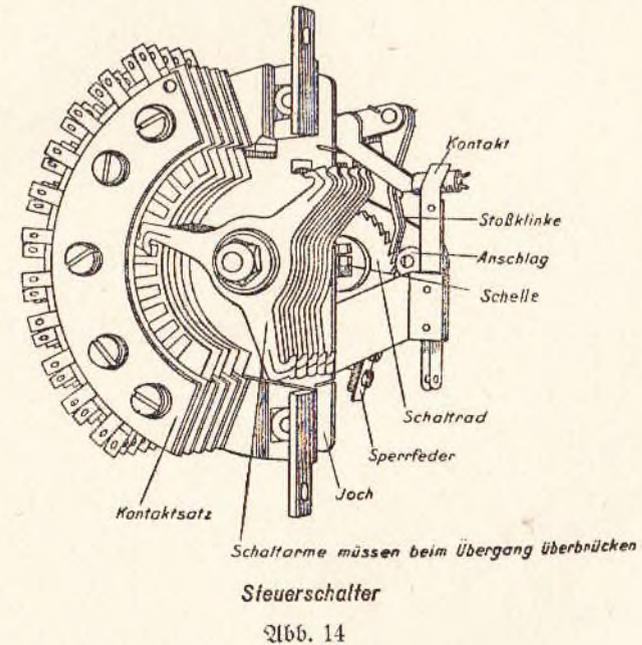
Schaltarmbewegung
eines Strowgerwählers
mit Auslösemagnet
Abb. 13a

Schaltarmbewegung
eines Viereckwählers
Abb. 13b

Wie schon wiederholt erwähnt worden ist, haben die Wähler, besonders die als LW benutzten Hebdrehwähler, außer dem Herstellen der Verbindung noch zahlreiche andere Aufgaben zu erfüllen. Ein LW muß die erste zu ihm gelangende Impulsreihe in Hebschritte verwandeln, er muß dann vom Heben auf Drehen umschalten und nach dem Eindrehen auf den gewählten Schritt die an den Ausgängen liegende Leitung auf „Besetzt“ prüfen; ist sie frei, dann muß sie vom LW belegt und gegen jede weitere Belegung gesperrt werden. Dann wird geprüft, ob nicht etwa der A-Teilnehmer inzwischen angehängt hat und darauf der erste Ruf zur verlangten Sprechstelle gesandt. Wird dieser nicht beantwortet, dann schaltet der LW um auf den Zehn-Sekunden-Ruf und sendet gleichzeitig dem A-Teilnehmer das Freizeichen. Beantwortet der B-Teilnehmer den Ruf durch Abheben des Handapparates, so schaltet der LW Mikrophonspeisestrom an die Anschlussleitung. Nach Beendigung des Gesprächs erfolgt die Auslösung, d. h., sämtliche durch die Verbindung belegten Wähler kehren in ihre Ausgangsstellung zurück. Damit ist die Zahl der vom Wähler zu bewältigenden Aufgaben keineswegs erschöpft. Wir wollen nur noch hinweisen auf die Notwendigkeit der selbsttätigen Signalisierung von Unregelmäßigkeiten und Störungen.

All diesen Anforderungen werden die Wähler gerecht mit Hilfe eines dem einzelnen Wähler oder einer Wählergruppe zugeordneten Relaisfazes. Den umfangreichsten Relaisfaz finden wir beim LW, und außerdem ist diesem noch ein selbsttätiger Schalter mit 55 Kontakten angegliedert, der sogenannte Steuerschalter.

Dieser ist ein Drehwähler mit fünf Schaltarmen und fünf Kontaktreihen mit je elf Kontakten, der aus einer Nullstellung heraus



Schaltarme müssen beim Übergang überbrücken

Steuerschalter

Abb. 14

anspricht und bei der Auslösung in diese zurückkehrt. An den Schaltarmen liegen keine Leitungen; jeder Kontaktkranz besteht aus zwei voneinander isolierten Kontaktreihen, einer oberen und einer unteren, die durch den in der üblichen Weise von beiden Seiten angreifenden Schaltarm leitend miteinander verbunden werden. Der Steuerschalter kann also bei jedem Schritt fünf verschiedene Stromkreise schließen und auf diese Art einen Teil der dem LW obliegenden Aufgaben erfüllen.

c) Die Relais.

Die Relais sind kleine elektromagnetisch betriebene Schalter. Die Relais älterer Bauart sind *Rundrelais*, so genannt nach dem kreisförmigen Querschnitt ihrer Wicklung; bei neuen *WStW* werden nur *Flachrelais* verwendet (die Wicklung zeigt im Querschnitt ein flaches Rechteck). Die Flachrelais nehmen weniger Raum ein als die Rundrelais, sind im Aufbau einfacher und billiger als diese

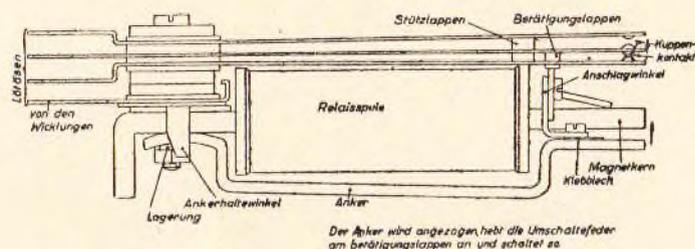


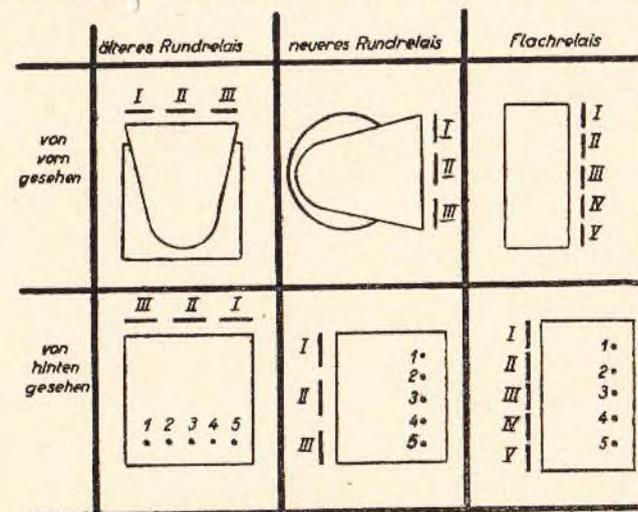
Abb. 15

und gestalten den Betrieb wirtschaftlicher. Abb. 15 zeigt die Bauart und Arbeitsweise eines Flachrelais. Jedes Relais besteht aus drei Hauptteilen:

1. der Wicklung,
2. dem Eisenkreis und
3. dem Kontaktsatz.

Die Wicklung kann ein- oder mehrteilig sein. Sie hat die Aufgabe, den Eisenkreis unter dem Einfluß eines Erregerstromes zu magnetisieren. Besteht die magnetisch wirksame Wicklung aus zwei Teilen, dann ist der Grund meist die symmetrische Verteilung der Selbstinduktion der Wicklung auf den a- und den b-Zweig der Leitung; beide Wicklungshälften wirken dann mit ihrer Summe. Sie werden in besonderen Fällen aber auch so verbunden, daß nur ihre Differenz wirksam wird; dann haben wir die sogenannte Differentialerschaltung. Zur Raumersparnis können, wenn der Wicklungsraum dies zuläßt, Widerstandswicklungen in diesem untergebracht werden. Solche dürfen natürlich keine magnetischen Wirkungen ausüben und müssen deshalb bifilar hergestellt werden. Die Wicklungen enden an der Rückseite der Relais an Lötstiften, die in den Schaltbildern mit arabischen Ziffern bezeichnet sind (s. Abb. 16).

Der Eisenkreis der Fernsprechrelais wird stets möglichst geschlossen gestaltet, um ein möglichst durch Eisen geschlossenes kräftiges Magnetfeld zu erhalten, das nur den Widerstand des Luftspaltes zwischen Kern und Anker zu überwinden hat. Er besteht beim Flachrelais nur aus dem Eisenkern und dem entsprechend geformten Anker (Abb. 15), beim Rundrelais ist der Kern in einem eisernen Joch befestigt, das an der Vorderseite den Anker trägt.



Einbauweise der Relais und Zählweise der Lötstifte und Relaisfedern.

Abb. 16

Die Kontaktsätze bestehen aus Metallfedern, die an der dem Anker zugekehrten Seite die Kontakte tragen und an der Rückseite der Relais in Lötstiften enden. Es werden gegenwärtig nur Doppelsilberkontakte in Halbkugelform eingebaut, die sich als betriebssicher erwiesen haben.

Bis zu drei Kontakte werden auf dem Relais nebeneinander untergebracht, bei noch größerer Zahl werden sie lagenweise in einer weiteren Lage über dieser ersten Reihe angebracht.

Bei den Flachrelais sind zwar fünf Lochreihen zur Befestigung von Kontakten vorgesehen, entsprechend den römischen Zahlen I bis V in Abb. 16, es werden aber stets nur höchstens drei befestigt. Ist

nur ein Kontakt erforderlich, dann wird er an der Stelle III befestigt, zwei Kontakte erhalten ihren Sitz bei II und IV und drei Kontakte werden bei I, III und V befestigt.

Die Relais sind auf der Vorderseite des Ankers mit römischen Zahlen oder großen lateinischen Buchstaben bezeichnet. Die Buchstaben stehen meistens in Beziehung zu ihrem Zweck. A-, B- und C-Relais liegen in der a-, b- oder c-Ader der Leitung, P = Prüfrelais, Z = Zählrelais, R = Rufrelais usw.

In den Schaltbildern sind die Relaiswicklungen nicht mit den zugehörigen Kontakten vereinigt dargestellt, weil dann die Ueber-sicht verloren gehen würde. Man fügt Relais und Kontakte völlig getrennt voneinander in die Verbindungslinien des Schaltbildes ein und bezeichnet die Relais mit den ihnen zugeordneten lateinischen Zahlen oder großen Buchstaben; die an den Enden der Wicklungen stehenden arabischen Ziffern entsprechen den Lötstiften, an denen sie enden (Abb. 16).

Die Kontakte sind so bezeichnet, daß ihre Zugehörigkeit zu einem bestimmten Relais und ihre Lage am Relais ohne weiteres zu ersehen ist; es bedeutet z. B. a III² den Kontakt des A-Relais, der in dessen Mitte als zweiter von unten (von der Wicklung aus gerechnet) liegt, 2 III¹ einen Kontakt des II-Relais, und zwar den, der in der mittleren Gruppe zumunterst liegt.

Die Kontakte müssen nachstehenden Bedingungen entsprechen:

1. Der Kontaktdruck muß so bemessen sein, daß mechanische Erschütterungen keine Unterbrechung verursachen.
2. Die Kontakte dürfen nur geringen Uebergangswiderstand besitzen, um die Schaltvorgänge nicht ungünstig zu beeinflussen.
3. Geöffnete Kontakte müssen gut gegeneinander isoliert sein.
4. Sie müssen vor Staubablagerung geschützt werden (durch ihre Form und Lage und außerdem durch Schutzklappen).

Schaltungstechnisch sind an die Relais folgende Forderungen zu stellen:

1. Sie müssen den Anker sicher anziehen; im allgemeinen wird zwei- bis dreifache Strom- oder Kraftsicherheit verlangt.
2. Sie dürfen ihren Anker erst bei einer bestimmten Stromstärke anziehen. Auf geringere Stromstärke (Fehlstrom) dürfen sie nicht ansprechen.

3. Nach dem Ansprechen müssen sie ihren Anker auch bei ver-ringerter Stromstärke festhalten, bis die „Saltestromstärke“ unterschritten wird;
4. dann ist die „Abfallstromstärke“ erreicht und sie müssen, trotz-dem ihre Wicklung noch vom Strom durchflossen wird, unbedingt und sicher in die Ruhestellung zurückkehren.

Bei dem schnellen Zueinandergreifen von Schaltvorgängen beim Aufbau und Trennen von Verbindungen bei den W-Elementen spielt auch der Zeitpunkt der Relaisbetätigung eine wichtige Rolle. Die Ansprech- und Abfallzeiten vieler Relais müssen daher genau festgelegt werden. Man versteht unter der Ansprechzeit die Zeit, die zwischen dem Stromschluß für die Relaiswicklung und der Betätigung der Kontakte liegt und unter Abfallzeit die, die zwischen der Unterbrechung des Erregerstromes und der Kontaktbewegung ver-geht. Beide werden in Millisekunden (ms) gemessen (1 ms = 0,001 s).

Ein schnellarbeitendes Relais benötigt zur Betätigung 5 bis 10 ms.

Die Wählamtstechnik erfordert für viele Einzelvorgänge ver-zögert abfallende, seltener verzögert ansprechende Relais. Die Ver-zögerungszeiten der Relais sind bei konstanter Spannung von ihren magnetischen und elektrischen und mechanischen Eigenschaften ab-hängig.

Je höher die Belastung mit Kontakten und die Windungszahl (Induktivität) sind, desto größer wird die Anspruchsverzögerung, schwächere Erregung wirkt in der gleichen Richtung. Noch größere Verzögerung wird erreicht, wenn das Relais eine zweite Wicklung erhält, die entgegengesetzt zur ersten erregt wird (Ansprechverzö-gerung durch Differentialschaltung. Auf diese Art kann das An-sprechen bis zu 100 ms verzögert werden. Auch die sogenannte Re-laiskette dient dem gleichen Zweck. Dabei wird durch einen Schalt-vorgang zunächst ein Relais I erregt, dieses bringt über seinen Ar-beitskontakt Relais II, das in gleicher Weise auf Relais III wirkt, und erst dieses oder u. U. ein Relais VI bringt mit seinem Kontakt den verlangten Schaltvorgang.

Abfallverzögerung wird erreicht durch geringe Belastung und schwaches Klebblech. Größere Verzögerung ergibt sich, wenn ein Relais nicht durch Unterbrechung, sondern durch Kurzschluß strom-los gemacht wird; dann erzeugt das verschwindende magnetische

Feld in der kurzgeschlossenen Wicklung einen dem unterbrochenen gleichgerichteten Strom, unter dessen Wirkung das Relais seinen Anker noch kurze Zeit in Arbeitsstellung hält. Abfallverzögerungen bis zu 600 ms ergeben sich, wenn direkt auf den Eisenkern ein starkwandiges Kupferrohr oder eine Wicklung aus starkem blankem Kupferdraht aufgebracht wird, die als dauernde Kurzschlusswicklung wirken.

Verzögerungsrelais sind in den Schaltbildern durch Umrahmung der Wicklung gekennzeichnet.

3. Der Aufbau einer W-Verbindung

a) Der Zweck des Vorwählers (VW).

Bei einer kleinen VStW für 100 Anschlüsse müßten nach dem bisher Gesagten jede der 100 Anschlußleitungen an den Schaltarmen eines als Leitungswähler geschalteten Hebdrehwählers enden, um jedem der 100 Teilnehmer die Möglichkeit zu geben, jederzeit einen der 99 anderen anrufen zu können, und seine Leitung müßte auch an jedem der 100 VW an der seiner Anschlußnummer entsprechenden Stelle im Kontaktfeld liegen. Es müßten also die 100 Anschlußleitungen an den Kontaktbänken der 100 VW vielfach geschaltet sein.

Schon bei einer so kleinen VStW müßten also 100 der teureren Hebdrehwähler vorhanden sein. Eine einfache Ueberlegung aber beweist, daß eine erhebliche Verminderung dieser Zahl möglich ist, denn selbst wenn alle 100 Teilnehmer gleichzeitig sprechen würden, dann wären dafür nur 50 VW erforderlich, denn nur 50 Teilnehmer haben ja mit je einem VW einen anderen zum Gespräch angewählt. Wie schon bei den VSt Hand festgestellt wurde, sprechen an einem mit 150 bis 200 Anrufzeichen belegten A-Platz in der Hauptverkehrsstunde nur etwa 10 v. H. gleichzeitig, so daß die A-Beamtin den Verkehr mit den 18 Schnurpaaren ihres Arbeitsplatzes bewältigen kann. Sie wählt also bei jedem eingehenden Anruf ein freies Schnurpaar zur Herstellung der Verbindung aus.

Da bei einem 100-Amt höchstens sieben bis zehn VW gleichzeitig belegt sind, würde diese Anzahl VW genügen, um den Sprechverkehr der 100 Teilnehmer sicherzustellen, wenn unter ihnen bei jedem Anruf ein freier ausgewählt und mit der Anschlußleitung des anrufenden Teilnehmers verbunden werden könnte. Und das ist Zweck

und Aufgabe des Vorwählers (VW); er verbindet, sobald ein Teilnehmer den Handapparat abhebt, dessen Anschlußleitung mit einem freien VW, und zwar völlig selbsttätig und so schnell, daß die Verbindung besteht, ehe der Teilnehmer mit der Wahl beginnt.

Der VW ist ein kleiner Drehwähler mit elf Drehschritten und vier Kontaktfarmen. Jede Anschlußleitung endet an den a- und b-Armen eines VW; je 100 dieser VW sind in zwei Gruppen zu je 50 an einem VW-Gestell untergebracht. Die a-, b- und c-Kontakte der ersten bis zehnten Drehschritte dieser 100 VW sind vielfachgeschaltet und beim 100-Amt direkt mit den Kontaktfarmen der zehn VW verbunden. Der d-Arm bestreicht nicht eine Reihe von Einzelkontakten, sondern eine durchgehende Kontaktbahn, die nur für die Ruhestellung des VW unterbrochen ist; sie dient zur Rückführung des VW in die Ruhestellung nach beendetem Gespräch (Abb. 6).

Hebt ein Teilnehmer zur Einleitung eines Gesprächs seinen Handapparat ab, dann läuft sofort der Vorwähler an; die dazu nötigen Stromstöße werden seinem Drehelektromagneten von einem an jedem VW-Gestell vorhandenen Relaisunterbrecher geliefert. Das Prüfen, Belegen und Sperren eines freien Hebdrehwählers erfolgt stets in der c-Armer. Jeder Hebdrehwähler hat zwei mechanisch betätigte Kontakte; der eine von beiden wird als Kopfkontakt (K) bezeichnet (weil er bei älteren Modellen am oberen Ende des Wählers lag) und öffnet sich, sobald der Wähler einen Hebschritt vollführt, der andere, der Wellenkontakt (W) öffnet, wenn der Wähler den ersten Drehschritt macht. In der Ruhelage sind beide geschlossen. Der geschlossene K-Kontakt legt + (oder auch -) der Amtsbatterie an ein dem Wähler zugehöriges C-Relais (CR).

Der VW arbeitet nun in folgender Weise: An seinem c-Arm liegt ein Relais T mit zwei hintereinandergeschalteten Wicklungen von 525 und 13 Ω an der Batterie des Amtes. Trifft der c-Arm eines prüfenden VW auf einen freien VW, dann sprechen TR und CR an. TR schaltet dabei den Relaisunterbrecher ab und hält dadurch den VW an, CR „belegt“ den VW. Beim Ansprechen schaltet TR im VW seine 525- Ω -Wicklung kurz und bleibt mit nur 13 Ω an der c-Armer liegen.

Ein anderer VW kann dann auf dieser Leitung nicht stehen bleiben, denn die 538 Ω seines TR liegen dann parallel zu diesen 13 Ω und nach den Gesetzen der Stromverzweigung erhält TR des an zweiter Stelle ausprüfenden VW dann nur einen schwachen Fehl-

strom, der es nicht zum Ansprechen erregen kann. Der belegte Wähler ist also gegen Doppelverbindungen gesperrt. Ähnlich verläuft das Prüfen, Belegen usw. auch zwischen Wählern der verschiedenen noch zu besprechenden Wahlstufen bei größeren VStW.

Findet der VW auf den zehn ersten Drehschritten keinen freien LW, dann erhält der Teilnehmer auf dem elften Schritt das Besetzzeichen (anhaltender tiefer Summertone). Hängt der darauf den Handapparat an, dann macht der VW noch einen weiteren Schritt und ist damit wieder in seiner Ruhestellung angelangt. Ist aber ein LW belegt worden, dann erhält der Teilnehmer aus diesem das Amtszeichen und wählt in zweistufiger Wahl den verlangten Anschluß.

b) Die Gruppenwähler.

Umfaßt die VStW 1000 Anschlußleitungen, dann erhält jeder Anschluß eine dreistellige Nummer (000 bis 999) und die Wahl wird in jedem Falle dreistufig. Wir können uns ein solches Amt aufgebaut denken aus zehn der oben erwähnten Hundertgruppen, jede 100 VW und 7 bis 10 LW umfassend.

Ein Teilnehmer, der durch Abheben seinen VW betätigt, wird aber von diesem nicht direkt mit einem LW verbunden, denn er muß doch zunächst bestimmen, welcher Hundertgruppe der belegte LW angehören soll. Der VW verbindet ihn zu diesem Zweck zunächst mit einem Hebdrehwähler, der Gruppenwähler genannt wird. Diese sind zu 15 (Mod. 26) oder 20 (Mod. 27) übereinander an senkrechten Leisten der Gruppenwählergestelle befestigt. Die Kontaktreihen der einzelnen Höhengänge sind bei den Wählern eines Gestellrahmens in der Regel parallel-(vielfach-)geschaltet, so daß alle Gruppenwähler desselben Rahmens auf dem ersten Höhengang die LW des ersten Hunderts, auf dem zweiten die des dritten Hunderts usw. erreichen. Wählt der Teilnehmer z. B. 845, dann heben die acht Impulse beim ersten Ablauf der Nummernscheibe den GW auf den achten Höhengang, der Wähler dreht dann ein und belegt in freier Wahl einen LW des achten Hunderts, der dann durch die folgenden Impulsreihen durch Heben und Drehen in erzwungener Wahl den Anschluß 45 in diesem Hundert belegt.

In einem Ortsbereich mit mehr als 1000 bis zu 10 000 Anschlüssen haben wir die Anschlußnummern 0000 bis 9999, also vierstufige Wahl und die Verbindungen vom VW führen zunächst zu einem I GW, dessen Höhengänge durch die Wahl des Tausends

bestimmt werden und aus denen die Verbindungen zu dem oben erwähnten GW der Hundertwahl führen, der nun die Bezeichnung II GW erhält.

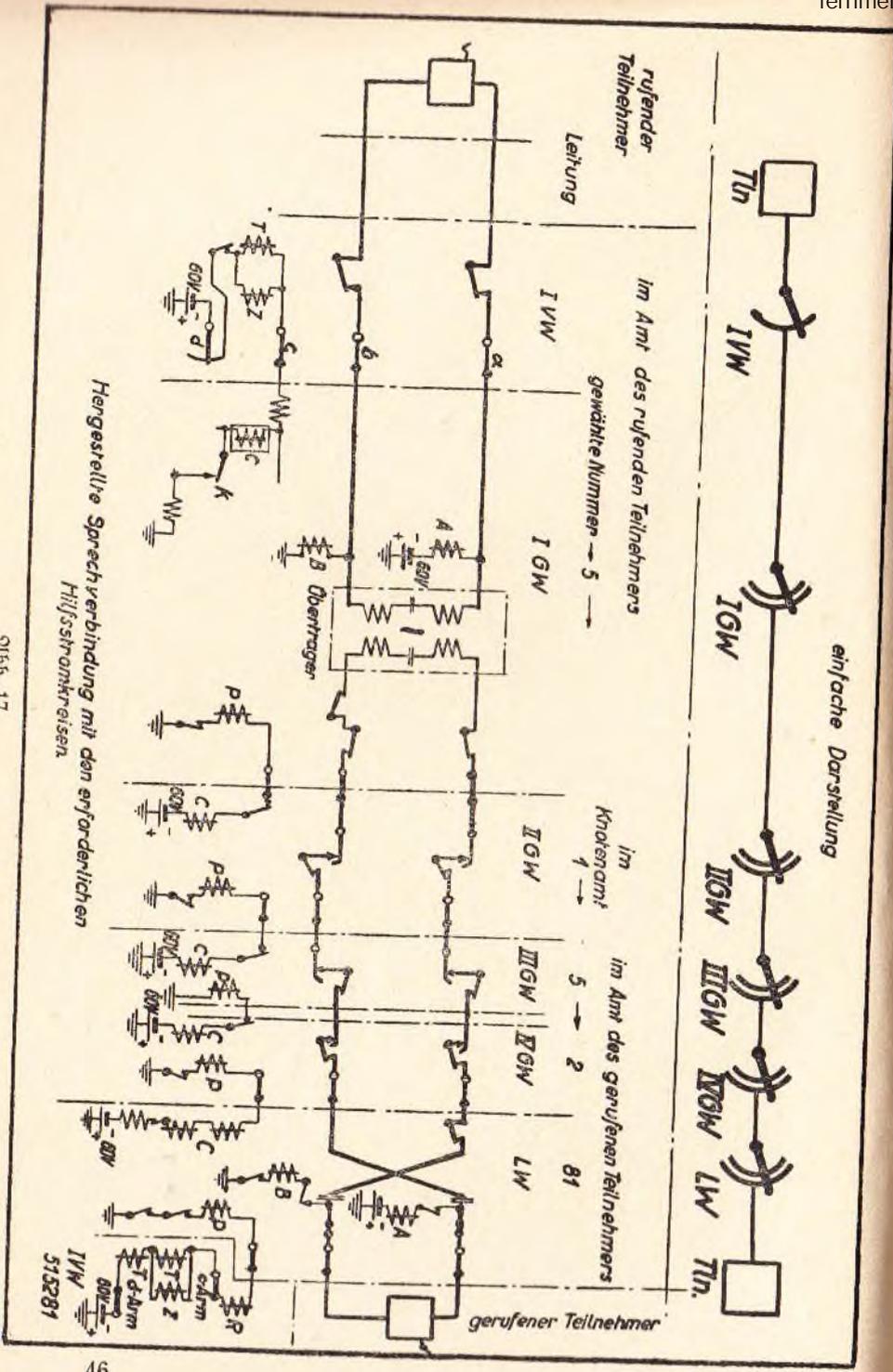
c) Der Aufbau einer Wählerverbindung in Berlin.

Zum Abschluß wollen wir uns mit dem Aufbau einer Wählerverbindung in Berlin beschäftigen. Da Berlin mehr als 100 000 Fernsprechteilnehmer hat, ist eine sechsstufige Wahl erforderlich und bei einer solchen müssen bei einer Regelverbindung vier Gruppenwähler und ein Leitungswähler betätigt werden. Wie schon in dem Abschnitt über Ortsverbindungsleitungen gesagt worden ist, ist Berlin in neun Amtsbezirke eingeteilt. Jeder Amtsbezirk umfaßt ein Knotenamt und bis zu zehn VStW, jede VStW kann 10 000 Anschlüsse aufnehmen.

Abb. 17 zeigt in vereinfachter Darstellung eine sechsstufige Verbindung. Die Drehwähler sind darin in der üblichen Weise durch einen Kontaktarm mit einem einfachen Bogen, die Hebdrehwähler durch einen solchen mit doppeltem Bogen dargestellt.

Angenommen, der Inhaber des Anschlusses 326416 (das wäre der Anschluß Nr. 6416 der VStW 2 des Amtes 3) will ein Gespräch mit dem Teilnehmer Nr. 51 52 81 führen; hebt zu diesem Zweck den Handapparat ab und wird durch seinen Vorwähler mit einem freien I GW verbunden.

Hier ist noch einiges einzufügen über den II Vorwähler (II VW). Wie wir bei der Besprechung des Vorwählers, den wir nunmehr I VW nennen wollen, erwähnt haben, stehen 100 I VW immer sieben bis zehn Wähler der ersten Wahlstufe zur Auswahl zur Verfügung. Sind diese durch andere Teilnehmer der 100-Gruppe besetzt, dann erhält der Teilnehmer auf dem elften Schritt des VW das Besetzzeichen. Er kann sich die gewünschte Verbindung nicht herstellen, obgleich in anderen 100-Gruppen vielleicht noch I GW frei sind, denn diese sind für den I VW nicht erreichbar. Hier greift der II VW helfend ein. Es ist das ein Drehwähler wie der I VW, er hat aber 15 Schritte (Ausgänge) und keine Ruhestellung, arbeitet also stets von dem Kontakt aus weiter, auf dem er gerade steht. Jeder II VW kann über seine Ausgänge 15 I GW erreichen und diese 15 werden nach einem bestimmten Plan aus verschiedenen Gruppen ausgewählt. Von den I VW aus führen beim Vorhandensein II VW nur die ersten drei oder vier Ausgänge direkt zu I GW; die weiteren enden an den Armen von II VW und von



2156. 17

diesen hat jeder die Wahl unter 15 I GW. Dem anrufenden Teilnehmer stehen unter diesen Verhältnissen über die I VW vier I GW direkt und über 6 II VW noch $6 \times 15 = 90$, zusammen also 94 I GW zur Verfügung, unter denen die VW ohne sein Zutun einen freien herausuchen und belegen können. Das ermöglicht sparsame Bemessung der I GW für die einzelnen Gruppen und gute Ausnutzung der vorhandenen.

Der belegte I GW befindet sich stets bei der VStW, an die der anrufende Teilnehmer angeschlossen ist. Aus den rahmenweise parallelgeschalteten Hörschritten führen je zehn Verbindungsleitungen zu den II GW bei den Knotenämtern in den acht fremden Amtsbezirken. Im angenommenen Fall (der anrufende Teilnehmer soll die Nr. 326416 haben) führen die Leitungen aus dem ersten und zweiten Hörschritt zu II GW bei den Knotenämtern 1 und 2, aus dem dritten zu II GW im eigenen Amt und aus dem vierten bis neunten zu solchen bei den entsprechenden Knotenämtern.

Der A-Teilnehmer ist also mit einem I GW verbunden worden, erhält aus diesem Speisestrom für sein Mikrophon und das zum Beginn der Wahl auffordernde Amtszeichen. Er wählt mit der Nummernscheibe die 5 (Abb. 16) und hebt damit den I GW auf den fünften Hörschritt; dort liegen die Leitungen zum Knotenamte 5, unter denen der Wähler in freier Wahl eine unbelegte ausprüft und nun seinerseits belegt und sperrt.

Der A-Teilnehmer wählt nun die 1 und der eine Impuls hebt den II GW beim Knotenamte 5 auf den ersten Schritt; dort liegen zehn Verbindungsleitungen zur VStW 1 des Amtsbezirks 5. Bei dieser enden sie an den Kontaktarmen von III GW. III und IV GW und LW befinden sich bei der VSt des angerufenen Teilnehmers. Durch die Wahl der 5 wird der III GW auf das fünfte Tausend und dann nach Belegung eines IV GW dieser durch Wahl der 2 auf das zweite Hundert des fünften Tausends eingestellt und mit einem freien LW dieser Hundertgruppe verbunden. Heben und Drehen in erzwungener Wahl bringt diesen auf die Kontakte der Anschlußleitung 86.

Die verlangte Verbindung ist aufgebaut. Die Aufgaben des LW sind bereits in großen Zügen erörtert worden. Der B-Teilnehmer erhält Rufstrom aus dem LW, der A-Teilnehmer das Freizeichen. Hebt der B-Teilnehmer auf den Ruf hin den Handapparat ab, dann sendet der LW Mikrophonspeisestrom zur Sprechstelle des B-Teilnehmers. Im Augenblick der Meldung des angerufenen Teilneh-

mers wird die Zählung des Gesprächs sichergestellt (aufgespeichert).

Hängt nach Beendigung des Gespräches der M-Teilnehmer den Handapparat an, dann wird zunächst der I GW ausgelöst, d. h. er wird aus der Arbeits- in die Ruhelage zurückgeführt und nacheinander folgen der II, III und IV GW und der LW. Auch der (vom M-Teilnehmer ausgesprochen) vor dem I GW liegende I BW geht erst nach dem I GW in die Ruhelage, nachdem der zur Anschlußleitung des M-Teilnehmers gehörende Gesprächszähler betätigt worden ist. Alle Wähler stehen für eine neue Verbindung bereit.

Wir wollen unsere Ausführungen zu diesem Thema nicht abschließen, ohne eine Besonderheit in der Beschaltung der I GW zu erwähnen. Die I GW haben, wie alle anderen Hebdrehwähler, zehn Höhengänge, der Ortsbereich Berlin umfaßt aber nur die Knotenämter (Amtsbereiche) 1 bis 9 und nur diese Höhengänge der I GW sind daher mit Leitungen zu II GW belegt. Der 0. (10.) Höhengang ist besonderen Zwecken, besonders den Notrufen vorbehalten. Ein Teilnehmer, der durch Ueberfall oder Feuer in Not gerät und am Fernsprecher Hilfe verlangt, braucht nicht eine sechsstellige Zahl zu wählen, sondern 01 bzw. 02, um mit der Polizei oder Feuerwehr verbunden zu werden.

Auch das Fernamt und Schnellamt werden über den zehnten Höhengang der I GW direkt durch zweistellige Wahl (00 und 09) erreicht, der Teilnehmer-Auftragsdienst über 04.

Auf die zum größten Teil sehr verwickelten Schaltungen kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden. Wir verweisen zur eingehenden Unterrichtung nach dieser Richtung hin auf die Ergänzungshäfte zur Apparatbeschreibung betr. Selbstanschlußämter.

III. Die Rundfunkstörung

Einführung. Um aus einer Rundfunkstörung richtige Schlüsse auf die Störungsursache ziehen und dann durch Beseitigung der Ursache die Störung beheben zu können, muß man mit den Sendevorgängen, dem Aufbau und der Schaltung von Sender und Empfänger wenigstens in den Grundlagen genügend vertraut sein.

I. Die Elektronenröhre

Die Elektronenröhre. Das wichtigste Aufbauelement der Sender und Empfänger ist die Elektronenröhre. Sie besteht aus einem luftleeren Glaskolben (neuerdings auch aus einem Stahlkolben) mit zwei Elektroden, deren Zuführungen in den Fuß der Röhre eingeschmolzen sind. Die Elektroden sind ein als Kathode dienender Heizfaden und ein diesen meist röhrenförmig umgebendes dünnes Blech als Anode.

a) Der Heizfaden.

Der Heizfaden ist so genannt, weil er zum Betrieb der Röhre erhitzt werden muß. Die Erhitzung erfolgt wie bei einer gewöhnlichen Glühlampe durch einen elektrischen Strom, und zwar direkt durch den einer Heizbatterie entnommenen Gleichstrom oder indirekt durch den von einem Transformator gelieferten Wechselstrom.

b) Die Elektronen-Emission.

Hat die Kathode (der Heizfaden) unter dem Einfluß des Heizstromes einen bestimmten Wärmegrad erreicht (dieser ist abhängig von der Art des Kathodenstoffes und schwankt je nach diesem zwischen Weißglut und dunkler Rotglut), dann strahlt er kleinste Teil-

chen negativer Elektrizität aus, die uns bereits aus früheren Abhandlungen bekannten Elektronen.

Das ist ein Vorgang, wie wir ihn ähnlich täglich beim siedenden Wasser beobachten können. Die kleinsten Wasserteilchen, die Moleküle, bewegen sich im Wasser mit bedeutender Geschwindigkeit, die durch Wärmezufuhr gesteigert wird. Bei 100°C ist diese Geschwindigkeit so groß, daß die Moleküle die Wasseroberfläche durchbrechen und als Wasserdampf in der umgebenden Luft sichtbar werden.

Ganz ähnlich ist der Vorgang beim Heizfaden. Auch in ihm werden durch die erzeugte Wärme die Elektronen beschleunigt, bis ihre Geschwindigkeit so groß wird, daß sie sich aus dem Atomverband lösen und als Wolke negativer Elektrizität den Heizfaden umgeben. Der Raum um den Heizfaden wird dabei negativ elektrisch aufgeladen; den Vorgang bezeichnet man als *Raumladung*. Die Elektronen bleiben aber an die Kathode gebunden und fallen wieder auf diese zurück, wenn ihre Bewegungsenergie verbraucht ist. Die negative Raumladung wirkt abstoßend auf neuheraustretende Elektronen und erschwert die Emission.

Die Anode und der Anodenstrom.

Als Anode bezeichnet man stets die am positiven Pol liegende bzw. die Eintrittsstelle des positiven Stromes bei einem Stromverbraucher. Die Anode der Röhre besteht aus einem dünnen Blech, das die Kathode in geringem Abstand umgibt. Wird nun eine Batterie, die Anodenbatterie, so angeschaltet, daß sie mit ihrem $+$ -Pol an der Anode, mit $-$ an der Kathode liegt, dann wirkt die Anode anziehend auf die Elektronen und diese stürzen mit großer Geschwindigkeit vom Heizfaden zur Anode. Je höher die (positive) Spannung der Anode ist, desto größer wird die Zahl der zur Anode eilenden Elektronen; der *Elektronenstrom* wächst also mit der Anodenspannung. Er fließt von dem Heizfaden zur Anode, von dort durch die Anodenbatterie, bei dieser am Pluspol ein- und am Minuspol austretend und gelangt von dort wieder zur Kathode, dem Heizfaden, zurück, von dort den Kreislauf wieder beginnend.

Der Anodenstrom ist also ein Gleichstrom, der aber im Innern der Röhre nicht durch einen Leiter fließt, sondern durch einen luftleeren Raum und der als *negativer Strom* der von uns als *Stromrichtung* angenommenen positiven Richtung entgegenfließt.

Die Bezeichnungen positiv und negativ sowie Stromrichtung sind Begriffe, die mit Bezug auf die Elektrizität in einer Zeit festgelegt und angewendet wurden, in der die Forschung hinsichtlich der elektrischen Vorgänge in den Atomen noch nicht bis zu den heutigen Erkenntnissen vorgedrungen war. Wir wissen heute, daß der elektrische Strom nicht in der Bewegung positiver Elektrizitätsteilchen besteht, sondern daß er von negativen Teilchen, den Elektronen herührt. Da es aber in der Praxis völlig gleichbedeutend ist, ob man sagt: der *positive Strom* fließt von Plus nach Minus (von der Anode zur Kathode) oder der *negative Strom* fließt von Minus

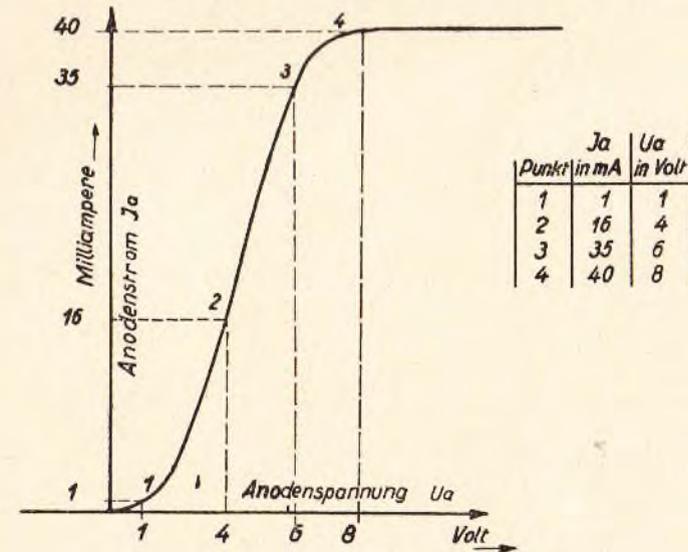


Abb. 1

nach Plus (von der Kathode zur Anode) hat man die seit langem gebräuchliche Annahme der positiven Stromrichtung beibehalten.

Die *Kennlinie* einer Zweipolröhre.

Der Anodenstrom kann auch bei fortgesetzter Steigerung der Anodenspannung nur bis zu einem Höchstwert ansteigen, den man den *Sättigungsstrom* nennt, denn seine Stärke hängt im wesentlichen ab von der Zahl der vom Heizfaden emittierten (ausgestoßenen) Elektronen.

Wir wollen die in Abb. 1 gegebene bildliche (graphische) Darstellung den weiteren Ausführungen zugrunde legen.

Wir zeichnen zwei sich rechtwinklig schneidende Achsen (ein Achsenkreuz). Auf die waagerechte tragen wir vom Schnittpunkt ab nach rechts die wachsende Anodenspannung in Volt ab, auf der senkrechten die Anodenstromstärke in mA. Dann errichten wir in einem Spannungspunkt das Lot, messen die dabei erzielte Anodenstromstärke und legen durch den dieser entsprechenden Punkt auf der Senkrechten eine Waagerechte, die das im Spannungspunkt errichtete Lot schneidet. In Abb. 1 ist das für die Spannungen 1, 4, 6 und 8 Volt ausgeführt. Je mehr Schnittpunkte dieser Art wir bestimmen, desto genauer wird die Form der diese verbindenden Linie. Wir sehen in der Abbildung, daß sie zunächst von 0 ausgehend einen kleinen Bogen beschreibt, dann im „unteren Knick“ ziemlich scharf in eine nach rechts schräg aufwärtsführende Linie übergeht und von 8 V ab hinter dem „oberen Knick“ wieder waagerecht verläuft. Die Kennlinie zeigt, daß in diesem Fall eine Erhöhung der Anodenspannung über 8 V hinaus zwecklos ist, da sie keine Verstärkung des Anodenstromes mehr bewirken kann, weil der Sättigungsstrom erreicht ist.

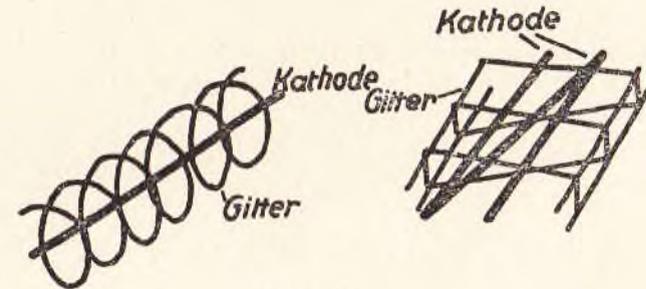
Die Röhre als Gleichrichter.

Legen wir statt der von der Anodenbatterie gelieferten Gleichspannung eine Wechselspannung an die beiden Elektroden der Röhre, dann sendet der durch den Heizstrom erhitzte Heizdraht zwar auch dauernd Elektronen aus, diese können aber nur dann als Anodenstrom zur andern Elektrode gelangen, wenn diese unter dem Einfluß einer positiven Halbwellen des Wechselstromes positive Spannung führt, also Anode wird. Während der negativen Halbwellen ist die Anode Kathode, sendet aber keine Elektronen aus, da sie ja nicht geheizt ist. Ein Anodenstrom fließt also nur, während die positive Halbwellen auf die Anode wirkt; während der negativen ist die Röhre stromlos. Sie wirkt daher wie ein Rückschlagventil in einer Rohrleitung, das einen Gas- oder Wasserstrom nur in einer bestimmten Richtung durch die Röhre fließen läßt. Diese Wirkung der Röhre wird Ventilwirkung genannt. Die Röhre arbeitet als Gleichrichter. Diese Erkenntnis ist für spätere Betrachtungen von Bedeutung.

Das Gitter der Röhre.

Wie haben gesehen, daß der Anodenstrom durch Aenderung der Anodenspannung beeinflusst werden kann. Weit wirksamer nach die-

ser Richtung hin aber ist eine dritte Elektrode, die zwischen dem Heizfaden und der Anode angeordnet ist; da diese den Elektronen Durchlaß bieten muß, wird sie in der Form eines Siebes oder Gitters ausgeführt und hat davon ihren Namen erhalten. Dieses Gitter hat bei neuzeitlichen Röhren nicht mehr die ursprüngliche Gestalt eines durchlochten Bleches, sondern meist eine der in Abb. 2 angedeuteten



Gitterformen

Abb. 2

Formen. Wichtig ist dabei nicht die Form an sich, sondern nur die Erfüllung der Forderung, daß alle Elektronen auf ihrem Weg zur Anode ein gleichmäßig verteiltes käfigartiges Gebilde aus leitendem Stoff passieren müssen. Auch das Gitter ist über einen Kontaktstift und eine in den Röhrenfuß eingeschmolzene Zuleitung von außen zugänglich. Wird dann eine Batterie so zwischen Heizfaden und Gitter geschaltet, daß das Gitter negativ wird oder, wie man sagt, negative Vorspannung erhält, dann wirkt diese negative Gitterspannung abstoßend auf die Elektronen, die ja gleichfalls negativ sind und sperrt ihnen den Weg zur Anode. Bereits eine verhältnismäßig geringe negative Vorspannung genügt, um den Anodenstrom völlig zu unterbinden.

Gittersteuerung und Durchgriff.

Wird die negative Gittervorspannung entsprechend verringert, dann wirkt (greift) die Anodenspannung durch das Gitter hindurch und zieht Elektroden zur Anode; es entsteht also ein Anodenstrom, dessen Stärke jetzt durch die Kraft bestimmt wird, mit der die Anode durch das negative Gitter hindurchgreift: durch den Durchgriff.

Je geringer die negative Vorspannung ist, desto stärker wird der Anodenstrom unter der Wirkung gleichbleibender Anodenspannung.

Umgekehrt kann man den Anodenstrom auch beeinflussen, wenn man bei gleichbleibender Gittervorspannung die Anodenspannung ändert; deren Erhöhung verstärkt den Anodenstrom oder läßt ihn entstehen, wenn er bis dahin durch die Gitterspannung unterdrückt war. Da das Gitter aber dem Heizfaden viel näher liegt als die Anode, ist der Einfluß des Gitters auf die Anodenstromänderung weit größer, als der der Anode, d. h. eine Beeinflussung der Anodenstromstärke, die durch Änderung der Gittervorspannung um wenige Millivolt (0,001 V) erreicht wird, kann im gleichen Ausmaß nur durch eine erheblich größere Änderung der Anodenspannung erzielt werden.

Das Verhältnis der Gitterspannungsänderung in V zur Anodenspannungsänderung in V bei gleichbleibendem Anodenstrom ergibt den *Durchgriff* der Röhre.

$$\text{Durchgriff} = \frac{\text{Gitterspannungsänderung}}{\text{Anodenspannungsänderung}}$$

Muß z. B. bei einer Röhre die Anodenspannung um 1 V erhöht werden, um den durch Erhöhung der Gittervorspannung um 60 mV abgesunkenen Anodenstrom wieder auf seinen ursprünglichen Wert zu bringen, dann ist der Durchgriff

$$D = \frac{60 \text{ mV}}{1 \text{ V}} = \frac{60}{1000 \cdot 1} = 0,06 = 6 \text{ v H.}$$

Wird eine positive Spannung an das Gitter gelegt, dann wirkt dieses anziehend auf die Elektronen, unterstützt also die Wirkung der Anode, stärkt den Anodenstrom und verringert oder verhindert die Raumladung. Bei positiver Gittervorspannung fließen die Elektronen aber nicht restlos zur Anode ab, da ein Teil von ihnen vom Gitter aufgenommen wird; diese fließen dann als *Gitterstrom* über die Gitterbatterie zum Heizfaden zurück. Der Gitterstrom bedeutet einen geringen Verlust für den Anodenstrom.

Die statische Kennlinie der Dreielektrodenröhre.

Um die Kennlinie einer Dreielektrodenröhre bei gleichbleibender Anodenspannung zu erhalten, gehen wir in ähnlicher Weise vor, wie bei der Ermittlung der Kennlinie in Abb. 1. In einem Achsenkreuz tragen wir auf der waagerechten Achse vom Schnittpunkt (Nullpunkt) nach links und rechts die Gitterspannung E_g in $-$ und $+$

Werten ab, auf der senkrechten nach oben die Anodenstromstärke I_a in mA; dann errichten wir für jede Gitterspannung in dem entsprechenden Punkt das Lot, messen den zugehörigen Anodenstrom und legen durch den entsprechenden Punkt der Stromachse die Waagerechte; verbinden wir die auf diese Art erhaltenen Schnittpunkte, dann ergibt sich die *Kennlinie* mit oberem und unterem Knick und der dazwischen liegenden geraden Strecke und gibt uns die Möglichkeit, den jeder Gitterspannung entsprechenden Anodenstrom bei der Anodenspannung von 75 V in einfachster Weise zu ermitteln (Abb. 3). Z. B. ist der Kennlinie zu entnehmen, daß bei 75 V

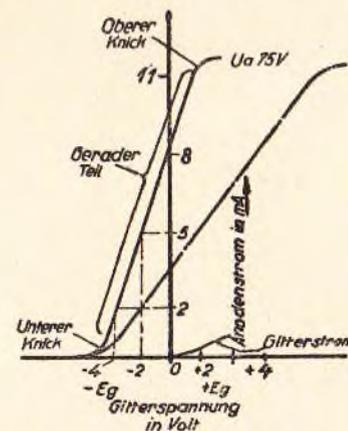


Abb. 3

Anodenspannung und negativer Gitterspannung von 3 V ein Anodenstrom von 3,5 mA, bei positiver Gitterspannung von 2 V ein solcher von 11 mA fließen würde.

Die Steilheit.

Die Kennlinie wird so genannt, weil sie uns die besonderen Eigentümlichkeiten einer Röhrenart kennlich macht. Eine von diesen besonderen Eigenschaften ist die sogenannte *Steilheit*. Dieser Ausdruck bezieht sich auf den geraden Teil der Kennlinie. In Abb. 3 ist strichpunktiert eine Kennlinie eingezeichnet, die sich ergibt, wenn die Gittervorspannung von geringerem Einfluß auf die Stärke des Anodenstromes ist als bei der ausgezogenen. Je größer die Anoden-

stromänderung durch eine bestimmte Gitterspannungsänderung ist, desto steiler steigt die Kennlinie an. Es ist also

$$\text{die Steilheit } S = \frac{\text{Anodenstromänderung}}{\text{Gitterspannungsänderung}}$$

bei gleichbleibendem Anodenstrom.

Auf der geraden Strecke der Kennlinie ändert sich die Anodenstromstärke immer im gleichen Verhältnis wie die Gitterspannung.

Der innere Widerstand der Röhre.

Nach dem Ohmschen Gesetz ist $R = \frac{U}{I}$. Wenn sich in einem Stromkreis die Stromstärke bei gleichbleibender Spannung ändert, dann kann die Ursache dafür nur eine Widerstandsänderung sein, und da die Änderung der Gitterspannung die Ursache der Stromänderung ist, muß sie auch als die der Widerstandsänderung der Röhre gelten. Man kann demnach eine bestimmte Wirkung der Röhre (Verstärkerwirkung) als Ergebnis von Widerstandsänderungen in der Röhre durch die Gitterspannung auffassen und sagen: In der Elektronenröhre haben geringe Änderungen der Gitterspannung erhebliche Änderungen des inneren Widerstandes R_i zur Folge und daraus ergeben sich entsprechende Schwankungen der Anodenstromstärke.

Man kann also R_i der Röhre nur messen oder errechnen bei einer bestimmten gleichbleibenden oder bei abgeschalteter Gitterspannung. Die Berechnung geschieht gewöhnlich nach der Formel:

$$R_i = \frac{\text{Anodenspannungsänderung}}{\text{Anodenstromänderung}}$$

II. Die Röhre als Verstärker

Die Elektronenröhre gibt uns die Möglichkeit, Wechselströme geringer Energie erheblich zu verstärken. Wir legen zu diesem Zweck die Wechselspannung so an das negativ vorgespannte Gitter, daß sowohl die negative als auch die positive Halbwelle sich voll auf die Gitterspannung auswirken können. Der größte Spannungsunterschied der zu verstärkenden Spannung muß also in den Grenzen bleiben, die durch den geraden Teil der Kennlinie gegeben sind. Der Mittelwert der Gitterspannungsänderung liegt daher am besten mit-

ten auf dem geraden Teil der Kennlinie; man bezeichnet ihn als den **Arbeitspunkt** der Verstärkerröhre. Die Gittervorspannung muß daher den Wert haben, den das vom Arbeitspunkt der Kennlinie auf die waagerechte Achse gefällte Lot bezeichnet.

Die positiven Halbwellen der neben der Gleichspannung an das Gitter gelegten Wechselspannung verringern die negative Gittervorspannung und lassen sie schließlich vorübergehend sogar positiv werden, die negativen Halbwellen erhöhen die negative Vorspannung. Die Gittervorspannung wird also im Takt der zugeführten Wechsel-

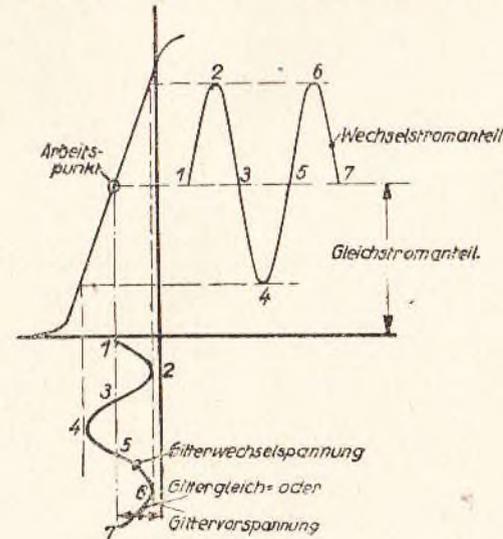


Abb. 4

spannung geändert. Die Energie (Schwingungsweite — Amplitude) der Wechselspannung darf mit ihren Spitzenwerten (Maximalwerten — Scheitelwerten der Halbwellen) nicht in den oberen und unteren Knick der Kennlinie hineintragen, denn in den Knicken ist die Anodenstromänderung nicht mehr verhältnisgleich der Gitterspannungsänderung. Es ergeben sich Verzerrungen, die sich als störende Geräusche auswirken. Die Röhre ist **übersteuert**, im Lautsprecher würden klirrende Geräusche auftreten.

In Abb. 4 erkennen wir die auf das Gitter wirkende Wechselspannung und ihr Zusammenwirken mit der von der Gitterbatterie

gelieferten negativen Gittervorspannung. Die Gitterwechselspannung steigt von 1 bis 2 in positiver Richtung an, verringert also die negative Gitterspannung, der Anodenstrom wächst von 1 bis 2; von 2 bis 3 fällt die positive Wechselspannung, die negative Gitterspannung steigt, der Anodenstrom fällt; von 3 bis 4 wird die Gittervorspannung durch die in negativer Richtung ansteigende Wechselspannung verstärkt, der Anodenstrom fällt weiter bis 4 usw.

Wir erkennen in der Abbildung, daß der Anodenstrom in seiner Frequenz genau der Gitterwechselspannung folgt, in seiner Schwin-

Widerstandsverstärker

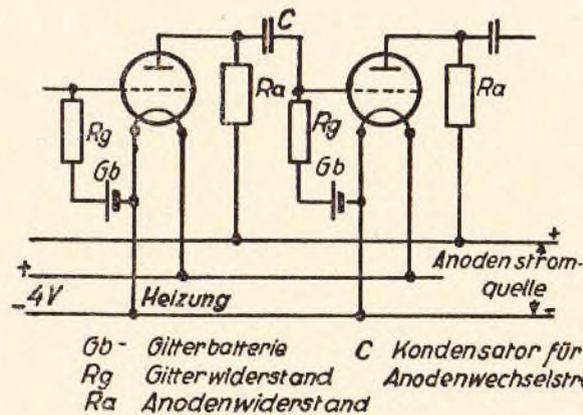


Abb. 5

gungsweite aber dieser gegenüber bedeutend (aber immer im gleichen Verhältnis) verstärkt wird.

Die Verstärkerröhre wirkt wie ein trägheitsloses Relais, das ankommende Schwingungen verzerrungsfrei verstärkt.

Der Anodenstrom besteht aus einem unveränderlichen Gleichstromanteil und einem diesem überlagerten Wechselstromanteil. Letzterer wird Anodenwechselstrom genannt.

Die Niederfrequenzverstärker.

Abb. 5 zeigt den sogenannten Widerstandsverstärker. Der dem auf das Gitter der ersten Röhre wirkenden Wechselstrom

entsprechende verstärkte Anodenstrom wird über den Widerstand R_a der Anodenbatterie zugeführt. Der dem wellenförmigen Charakter des Anodenstromes folgende Spannungsabfall an R_a wirkt auf den Kondensator C , der diese Spannungsschwankungen von seiner zweiten Belegung aus dem Gitter der zweiten Verstärkerröhre als Wechselspannung zuleitet. Auch zwischen Gitter und Gitterbatterie ist ein (hochohmiger) Widerstand R_g eingeschaltet. Er hat den Zweck, negative Ueberspannungen des Gitters, die z. B. durch von der Kathode auf dieses gelangte Elektronen verursacht sein können, abzuleiten. Die Verbindungen sind in Abb. 5 leicht zu ver-

Drossel-Verstärker

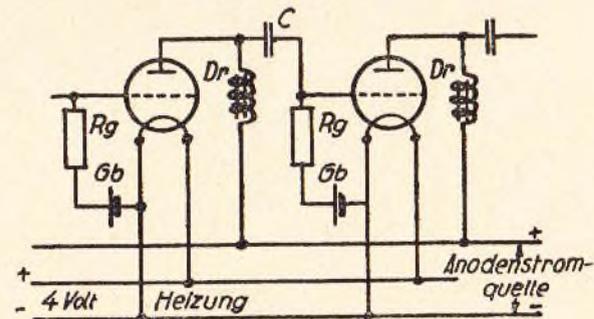


Abb. 6 a

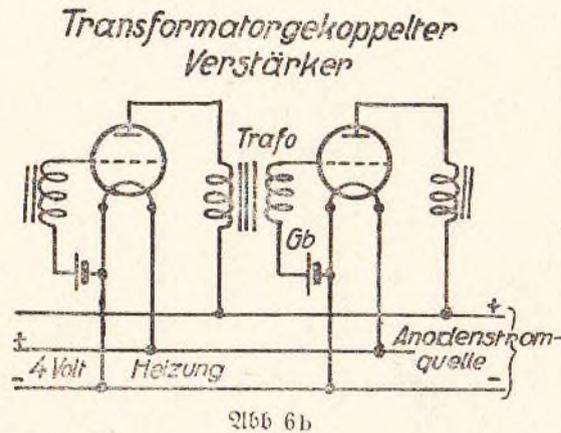
folgen. Der ankommende Wechselstrom wird zwischen Gitterzuführung und Kathode geschaltet.

Der Widerstand R_a ist gleich dem inneren Widerstand der Röhre, festgestellt bei der Gittervorspannung, die durch den Arbeitspunkt der Röhrenkennlinie gegeben ist (Abb. 4).

Dieser Verstärker ist für alle niederfrequenten Wechselströme und Schwingungen gleich gut geeignet. Als Nieder- oder Tonfrequenz bezeichnet man alle Frequenzen, die zur Wiedergabe von Ton und Sprache verwendet werden oder die durch Ton und Sprache entstehen.

Außer der Widerstandskopplung zwischen den einzelnen Verstärkerstufen verwendet man noch die Drossel- und die Transformator-kopplung (Abb. 6a und b). Die Drosselkopp-

lung (Abb. 6a) arbeitet ebenso wie die Widerstandskopplung. An Stelle des Widerstandes R_a haben wir im Anodenstromkreis eine Drosselspule. Der durch den Einfluß der am Gitter liegenden Wechselspannung wellenförmig gestaltete Anodenstrom hat an der Drossel einen der gleichen Wellenlinie folgenden Spannungsabfall zur Folge; die erste Belegung des Kondensators C unterliegt dann stets den gleichen Spannungsschwankungen wie der Verzweigungspunkt D_r-C , und die zweite Belegung erzeugt dabei eine Wechselspannung am Gitter der zweiten Röhre, die sich von der auf das Gitter der ersten Röhre wirkenden nur durch ihre größere Amplitude (Schwingungsweite) unterscheidet.



Die Transformatorkopplung bedarf kaum einer Erklärung. Der wellenförmige Anodengleichstrom der ersten Röhre durchfließt die erste Wicklung des Transformators und erzeugt in der Zweitwicklung eine Wechselspannung, die auf das Gitter der zweiten Röhre wirkt.

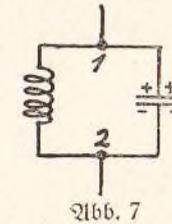
Die Hochfrequenzverstärker.

Die Wechselströme, die beim Empfang von der Antenne dem Rundfunkempfänger zugeleitet werden, sind hochfrequente Wechselströme, die als elektromagnetische Wellen den Raum zwischen Sender und Empfänger durchlaufen haben. Jeder Sender sendet auf einer bestimmten Welle, d. h. er sendet mit einer ganz bestimmten

Frequenz. Nur Hochfrequenz kann sich in Form von elektromagnetischen Wellen ausbreiten. Soll ein bestimmter Sender empfangen werden, dann darf nur seine bestimmte Hochfrequenz in den Hochfrequenzverstärkerstufen zur Wirkung kommen. Hier wird also gegenüber dem Niederfrequenzverstärker nur jeweils eine bestimmte Frequenz verstärkt. Das kann durch die Bildung von Schwingungskreisen erreicht werden.

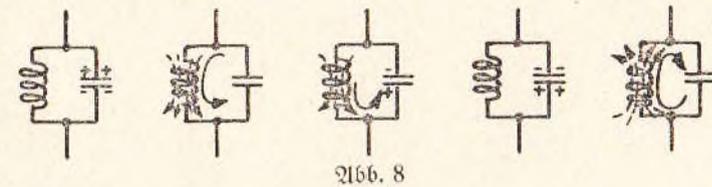
Der Schwingungskreis.

Ein ungeladener Kondensator hat für den Ladestrom im Augenblick der Anschaltung den Widerstand 0, er wirkt also wie ein Kurz-



schluß; bei beendeter Ladung ist der Widerstand theoretisch unendlich groß. Umgekehrt verhält sich eine Spule mit Selbstinduktion; sie wirkt für einen Gleichstrom infolge ihrer Selbstinduktion (Induktivität) bei Stromschluß wie ein hoher Widerstand, der erst nach einer gewissen kurzen Zeit auf den Wert des Ohmschen Widerstandes sinkt.

Schaltet man einen Kondensator und eine Spule parallel wie in Abb. 7 und sendet dann einen kurzen Stromstoß (Stromimpuls) von



1 nach 2, dann fließt dieser bei den geschilderten Widerstandsverhältnissen in den Kondensator und ladet ihn auf. Dann entladet sich dieser über die Spule. Die Dauer des Entladestromes wird bestimmt durch die Induktivität der Spule. (Induktivität s. Teil II

des Grundwissen des FB., S. 33 ff.) Der Entladestrom erzeugt in der Spule ein magnetisches Feld, das bei seinem Aufhören zusammenbricht und nun in der Spule einen Strom induziert, der dem verschwindenden Strom gleichgerichtet ist und nunmehr den Kondensator entgegengesetzt zur vorigen Ladung aufladet. Der Vorgang wiederholt sich in der in Abb. 8 dargestellten Art nun dauernd in stets wechselnder Richtung. Die dem Kreis Kondensator — Spule durch den ersten Impuls mitgeteilte Energie schwingt in diesem hin und her, bis sie durch die Verluste in der Spule und im Kondensator aufgezehrt ist. Die Schwingung muß, wenn sie dauernd aufrecht erhalten werden soll, ebenso wie ein schwingendes Pendel in den rich-

Hochfrequenzverstärker

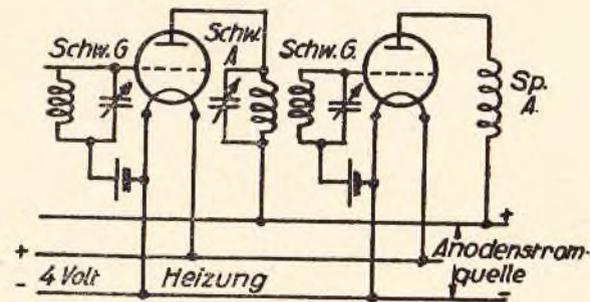


Abb. 9

tigen Zeitpunkten von neuem angeregt (angestoßen) werden. Die Frequenz der Schwingung, die sekundliche Schwingungszahl, hängt ab von der Größe der Kapazität des Kondensators und der Induktivität der Spule. Größere Kapazität verringert die Frequenz. Verringerung der Induktivität wirkt entgegengesetzt.

Verwendet man zum Aufbau eines solchen Schwingungskreises einen Drehkondensator oder eine Spule mit verschiedenen Abgriffen oder mit einem Schleifkontakt oder gar beide nebeneinander, dann kann man den Kreis auf eine bestimmte Frequenz einstellen und diese auch nach Bedürfnis ändern.

Ein solcher Schwingungskreis bildet für einen Wechselstrom von gleicher Frequenz einen unendlich hohen Widerstand. Er versperrt ihm den Weg und wird daher **Sperrkreis** genannt.

Die Schaltung des Hochfrequenzverstärkers und die Abstimmung.

Durch den Einbau je eines Schwingungskreises vor das Gitter und in den Anodenkreis wird bei gleicher Abstimmung beider nur eine Hochfrequenz verstärkt, nämlich die des Senders, auf den eingestellt wurde.

Es ist aber nicht in jedem Fall notwendig, die in der ersten Röhre verstärkte Hochfrequenz dem Gitter der zweiten wieder über einen Schwingungskreis zuzuführen. Sie wird auf dieses häufig durch eine im Anodenkreis liegende Spule induktiv übertragen. In Abbildung 9 sehen wir bei der ersten Röhre Gitter- und Anodenschwingungskreis (Schw G und Schw A), das Gitter der dritten Röhre dagegen über die Kopplungsspule Sp A induktiv an den Anodenkreis der zweiten gekoppelt.

III. Die Dreielektrodenröhre als Gleichrichter

Wird durch Erhöhung der negativen Gittervorspannung der Arbeitspunkt der Röhre bis zum unteren Knick der Kennlinie verschoben, dann werden, wie aus Abb. 10 zu ersehen ist, nur noch die positiven Halbwellen einer ankommenden Frequenz verstärkt, die negativen aber werden unterdrückt.

Die von einem fernen Sender ausgestrahlten hochfrequenten Schwingungen erfüllen in gewissem Sinne nur die Aufgabe eines Leiters, der Wechselströme von Ton- oder Sprachfrequenz von einem Ort zum andern leitet. Beim Sender wird der ausgesandten Hochfrequenz eine durch Sprache oder Ton erzeugte Niederfrequenz aufgeprägt, indem man diese auf das Gitter der Senderröhre wirken läßt. Das Zusammenwirken von Hoch- und Niederfrequenz ergibt eine Hochfrequenz mit veränderlicher Schwingungsweite (Amplitude), wie sie in Abb. 11 schematisch dargestellt ist. Die durch die Scheitelwerte der Hochfrequenz gelegte Linie entspricht der Niederfrequenz, die der Hochfrequenz im Sender aufgeprägt worden ist, und im Empfänger muß aus der modulierten Hochfrequenz die Niederfrequenz wieder ausgesiebt und verstärkt werden.

Abb. 10 läßt uns den an sich schwer verständlichen Vorgang in seinen Grundzügen erkennen. Eine modulierte Hochfrequenz wirkt auf das Gitter einer Röhre im unteren Knick der Kennlinie. Der Anodenstrom wird daher nur von den positiven Halbwellen beein-

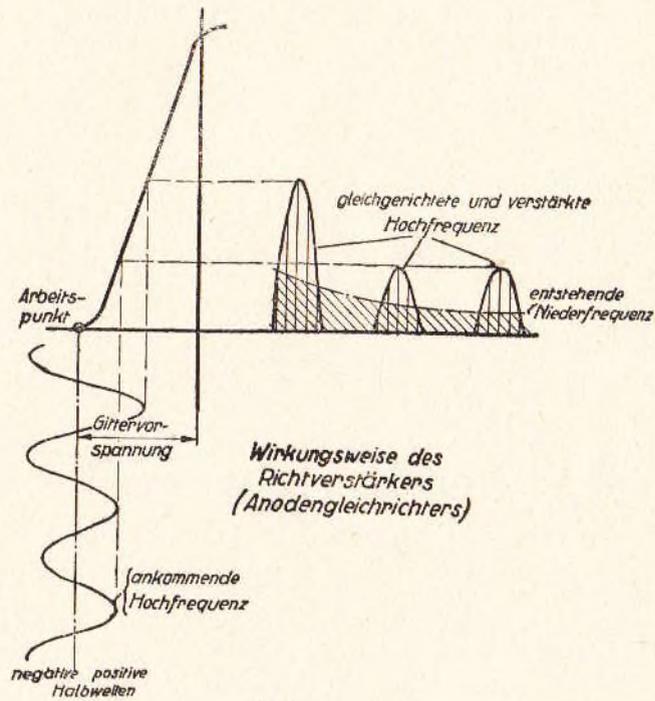


Abb. 10

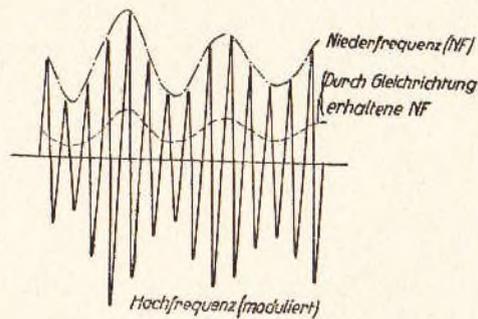


Abb. 11

flusst. Decken wir die unwirksamen negativen Halbwellen der ankommenden Schwingung ab, dann erkennen wir deutlich den Zusammenhang zwischen den positiven Halbwellen verschiedener Energie und ihrem verstärkten Ebenbild im Anodenstrom. Die gleichgerichtete und verstärkte Hochfrequenz schwankt im Anodenkreis um einen Mittelwert, der sich als niederfrequente Schwingung auswirkt, und diese ist die gleiche, mit der die Senderfrequenz moduliert wurde. Sie wirkt auf das Gitter des Niederfrequenzverstärkers und wirkt dann verstärkt auf den im Anodenkreis der letzten Röhre liegenden Lautsprecher. Der beschriebene Gleichrichter wird Richtverstärker oder Anodengleichrichter genannt. In ähnlicher Weise arbeitet der Audiongleichrichter. Die eingehende Erklärung seiner Arbeitsweise setzt aber bei dem Leser Vorkenntnisse voraus, die wir im Rahmen dieser Abhandlung nicht vermitteln können.

Die Rückkopplung.

Einen besonders hohen Verstärkungsgrad kann man erzielen, wenn in den Anodenkreis der Hochfrequenz-Verstärkerröhre eine Spule eingebaut wird, die induktiv auf die Gitterspule zurückwirkt.

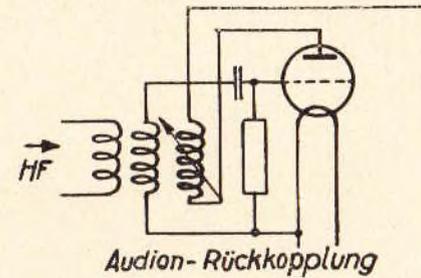


Abb. 12

Dadurch wird ein Teil der bereits verstärkten Hochfrequenz erneut dem Gitter zugeführt. Die Gitterwechselspannungen werden dadurch erhöht und haben einen stärker ausgesteuerten Anodenstrom zur Folge.

Das Rückkopplungspeifen.

Wird die Rückkopplung überzogen, d. h., wird ein zu großer Teil der bereits verstärkten Hochfrequenz dem Gitter zugeleitet, dann

entsteht im Lautsprecher ein Störton, der zwischen tiefem Brummen und hellem Pfeifen schwanken kann.

Erklärung dieser Erscheinung: Die Frequenz des Schwingungskreises in der Hochfrequenzstufe des Empfängers wird wohl niemals haargenau mit der Senderfrequenz übereinstimmen; es wird stets eine geringe Abweichung bestehen. Bei der Rückkopplung wirken

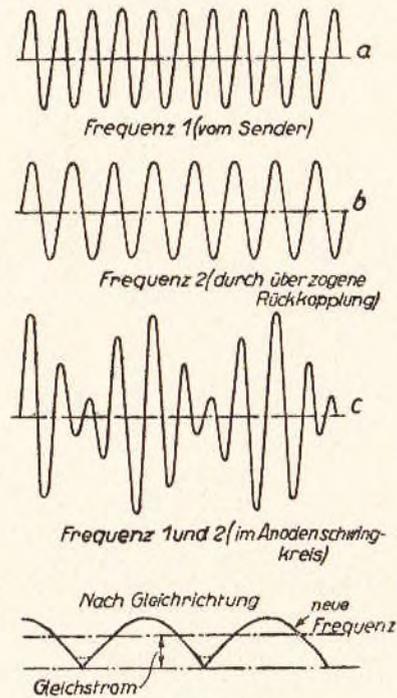


Abb. 13

demnach immer gleichzeitig zwei verschiedene Frequenzen auf das Gitter. Ist die Energie der rückgekoppelten klein gegenüber der ursprünglichen Frequenz, dann wirkt sie nur verstärkend auf diese ein, aber nicht störend. Ist sie aber annähernd ebenso groß oder gar größer, dann werden zwei Frequenzen von der Röhre verstärkt, nämlich die vom Sender empfangene und die aus dem Schwingungskreis entnommene.

Aus Abb. 13 ist zu ersehen, daß beide Hochfrequenzen, die sich überlagern (a und b), eine neue Frequenz bilden. Diese neue Frequenz schwankt im Takt des Unterschiedes der Frequenzen a und b, wie unter c zu erkennen ist.

Eine Frequenz, die sich aus dem Unterschied zweier Frequenzen ergibt, nennt man *Zwischenfrequenz*.

Nach der Gleichrichtung wird diese durch Rückkopplung entstandene Zwischenfrequenz hörbar als hoher oder tiefer Ton, je nachdem, ob die sekundliche Schwingungszahl der Zwischenfrequenz groß oder klein ist.

IV. Die Arten der Empfänger

Die Empfänger werden unterschieden nach ihrer Arbeitsweise als *Geradeempfänger* und *Überlagerungsempfänger*.

Entsprechend der Zahl der vorhandenen Hochfrequenz (HF)-Schwingungskreise bezeichnet man sie als Ein-, Zwei-, Drei- oder Mehrkreisempfänger, nach der Gesamtzahl ihrer Röhren als Ein-, Zwei-, Drei- (usw.) Röhrenempfänger.

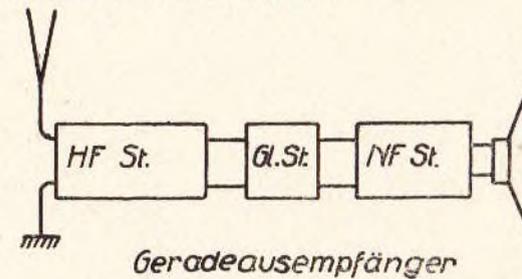


Abb. 14

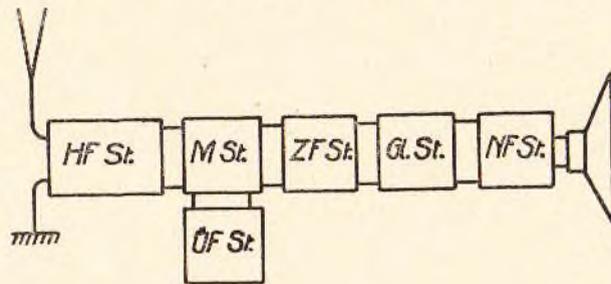
Nach ihrer Stromversorgung nennt man sie Batterie- oder Netzanschlußgeräte und unterscheidet bei den letztgenannten zwischen Gleich-, Wechsel- und Allstromgeräten.

Beispiel: Ein Dreikreis-Vierröhren-Geradeempfänger für Wechselstromanschluß ist ein Empfänger mit drei Hochfrequenz-Schwingungskreisen, der mit vier Röhren arbeitet, an ein Wechselstromnetz angeschlossen ist und die aufgenommene HF-Schwingung

auf geradem Wege gleichrichtet und verstärkt und die erhaltene Niederfrequenz nötigenfalls weiter verstärkt dem Lautsprecher zuführt.

Die einzelnen Verstärkungen werden meist „Stufen“ genannt. Ein Geradeausempfänger kann z. B. 2 HF-Stufen, 1 Gleichrichter- oder Modionstufe und 2 NF-Stufen haben.

Der Überlagerungsempfänger ist aus dem Streben nach größerer Trennschärfe (Selektivität) bei der Abstimmung entstanden. Er enthält einen besonderen Schwingungserzeuger, Überlagerer genannt (s. unter Rückkopplungspfeifen), der bei Einstellung der HF-Kreise in seiner Frequenz zwangsläufig so verändert wird,



Überlagerungsempfänger

Abb. 15

daß die Zwischenfrequenz (ZF) immer die gleiche Hochfrequenz ist. Diese ZF wird in einer Gleichrichterstufe, der Mischstufe, erzeugt. In dieser werden die empfangene und die selbsterzeugte HF gemischt und gleichgerichtet und lassen so die Zwischenfrequenz entstehen (s. Rückkopplungspfeifen und Abb. 13). Es ist aber zu beachten, daß sich in der Mischstufe des Überlagerungsempfängers eine Hochfrequenz und nicht, wie beim Rückkopplungspfeifen, eine Tonfrequenz bildet.

Von der Mischstufe ab arbeitet der Überlagerungsempfänger wie der Geradeausempfänger. Man unterscheidet beim erstgenannten folgende Stufen: Die Hochfrequenzstufen (HFSt), die Überlagerungs(frequenz)stufen (ÜFSt), die Misch- und Gleichrichterstufe (MSt), die Zwischenfrequenzstufen (ZFSt), die Gleichrichterstufe (GLSt) und die Niederfrequenzstufen (NFSt).

Bei Batterieempfängern wird der Heizstrom meist einem Akkumulatortank entnommen, selten primären Elementen. Den Anodenstrom liefert stets eine Anodenbatterie, die auch die Gittervorspannung hergibt.

Die Netzanschlußgeräte werden durch eine Schnur mit gewöhnlichem Stecker in einer Steckdose mit dem Starkstromnetz verbunden. Beim Gleich- und Allstromempfänger werden die Betriebsspannungen einem eingebauten Spannungsteiler entnommen (Widerstand

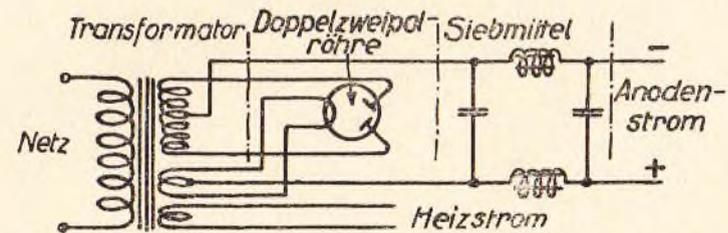


Abb. 16

mit verschiedenen Abgriffen), beim Wechselstromgerät einem Netztransformator. Wechsel- und Allstromgeräte sind noch mit einer Doppelzweipolröhre zum Gleichrichten des Anodenstromes ausgerüstet (s. Zweipolröhre als Gleichrichter).

V. Der Sender

Die hochfrequente Trägerwelle kann im Sender in ähnlicher Weise erzeugt werden, wie wir es bei der Überlagerungsstufe des Zwischenkreiseempfängers kennengelernt haben. (Selbstgesteuerter Sender.) In den meisten Fällen aber benutzt man einen fremden Schwingungserzeuger (fremdgesteuerter Sender), weil bei Fremdsteuerung größere Sicherheit für eine dauernd gleichmäßige Sendefrequenz gegeben ist. Meist dient ein Quarzkristall zur Erzeugung einer völlig gleichmäßigen Frequenz, die dann, wenn nötig vervielfacht und verstärkt, nach der Modulation durch Ton- oder Sprachfrequenzen in die Sendeantenne gelangt, von der sie in Gestalt modulierter Hochfrequenzschwingungen mit Lichtgeschwindigkeit nach allen Seiten hin ausgestrahlt wird.

Die Feldstärke.

Man kann den Sender mit einer starken Lichtquelle vergleichen, die ihr Licht nach allen Seiten hin ausstrahlt; dann entsprechen die Lichtstrahlen (Lichtwellen) den elektromagnetischen Wellen des Senders. Wie die Lichtstärke mit wachsender Entfernung abnimmt, so verhalten sich auch die Rundfunkwellen. Die zu einem beliebigen Empfangsort gelangende Senderenergie bezeichnet man als die Feldstärke des Senders. Man empfängt einen nahen Sender lautstärker und besser als einen entfernten, weil das Feld des nahen Senders stärker ist. Steht zwischen uns und einer Lichtquelle ein undurchsichtiger Körper, dann befinden wir uns in dessen Schatten und sehen die Lichtquelle nicht mehr. Ebenso kann sich eine Empfängerantenne in Wellenschatten befinden und hat dann keinen Empfang. Die Feldstärke des Senders ist an dieser Stelle gleich Null. Man muß dann die Antenne aus den Wellenschatten hinausverlegen.

Ein solcher Schatten bildet sich hinter größeren Metallmassen zwischen Sender und Empfänger, besonders wenn diese unmittelbar vor dem Empfänger liegen, z. B. eiserne Brücken, Eisengerippe in Hochbauten und auch hochliegende Erzadern in Gebirgen.

Empfangsstörungen.

Fremde Störer.

Ein Sender hat die Aufgabe, elektrische Schwingungen zu erzeugen und auszustrahlen, auf die dann der Empfänger anspricht. In der näheren Umgebung der meisten Empfänger aber finden sich Schwingungserzeuger, die gleichfalls elektrische Wellen aussenden und auf diese Weise unbeabsichtigt zu „Störsendern“ werden. Ihre Energie ist zwar meist sehr gering, sie wirken dafür aber häufig aus sehr geringer Entfernung.

Dazu gehören in erster Linie die Diathermiapparate, das sind elektromedizinische Apparate zur Bekämpfung von Krankheitserscheinungen mittels hochfrequenter Wechselströme. Bei ihnen handelt es sich aber nicht um eine bestimmte feststehende Frequenz, sondern um ein ganzes Frequenzbündel oder Frequenzband. Ein solches Gerät wirkt, wenn wir bei unserm Vergleich mit dem Licht bleiben wollen, wie ein in unserer Nähe brennendes unregelmäßig flackerndes Feuer, das uns das schwache regelmäßige leuchtende Licht einer entfernten Lichtquelle (des Senders) nicht mehr wahrnehmen läßt. Etwas

schwächer aber immer noch sehr unangenehm sind die Störwirkungen nichtentstörter Hochfrequenz-Heilgeräte, wie sie Kranke zur Selbstbehandlung vielfach verwenden sowie alle Kontakte oder schadhafte Leitungsschnüre, bei denen sich bei Stromunterbrechungen elektrische Funken bilden. Wir denken dabei an die Schleifringe und Kollektoren von Elektromotoren, sämtliche Schalter, Unterbrecher, Gleichstromwecker, selbsttätige Regler an elektrischen Plätteisen und Heizkissen usw. Sie alle wirken mehr oder weniger stark und weit empfangsstörend auf die in ihrem Bereich liegenden Rundfunkempfänger ein.

Schwunderscheinungen und Luftstörungen.

Die vom Sender ausgehenden elektromagnetischen Wellen (auch elektrodynamische Wellen genannt) gelangen auf verschiedenen Wegen zum Empfänger. Bis zu etwa 50 Kilometer vom Sender wird dessen Frequenz als starke Bodenwelle empfangen; das

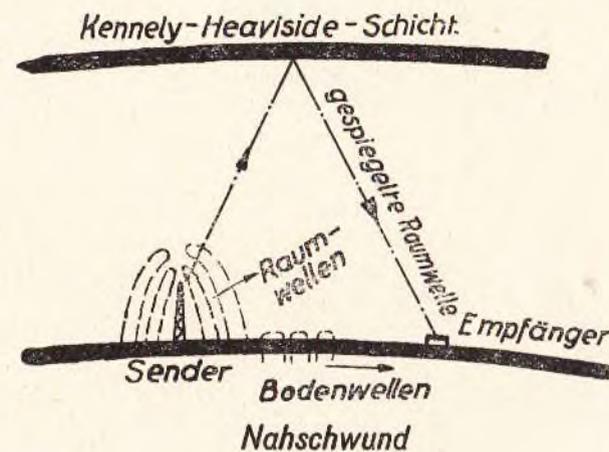
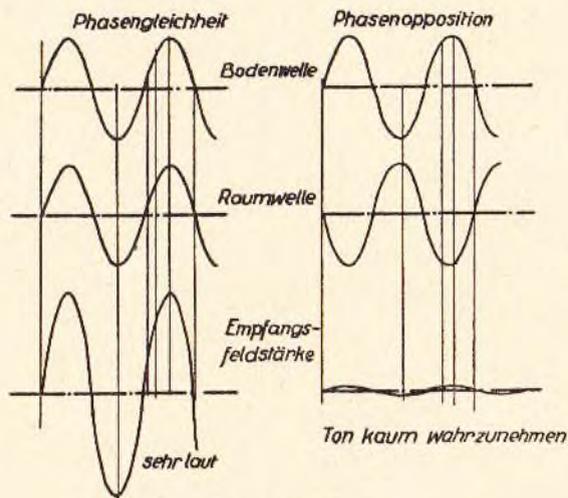


Abb. 17

ist der Teil der Senderenergie, der seinen Weg an und unter der Erdoberfläche nimmt. Der größte Teil aber wird vom Sender als Raumwelle in den Luftraum gestrahlt.

Bis zu 50 Kilometer vom Sender wird dieser stets gut empfangen werden, weil die Bodenwelle bis dahin mit genügender Kraft

wirkt. Zwischen 50 und 100 Kilometer vom Sender kann *N a h - s c h w u n d* auftreten. Um diese Erscheinung erklären zu können, müssen wir uns die Erdkugel mit einer Glocke überdeckt denken, die alle von der Erde ausgehenden Hochfrequenzschwingungen zur Erdoberfläche zurückwirft, wie ein Spiegel die auftreffenden Lichtstrahlen reflektiert. Diese für Raumwellen undurchlässige Schicht hat man *Kennelly-Heaviside-Schicht* (sprich *Häwifid*) genannt. Sie entsteht



Das Fading

Abb. 18

in den dünnen Luftschichten in 30- und mehr Kilometerhöhe über der Erdoberfläche unter dem Einfluß der auftreffenden Sonnenstrahlen. Sie ändert sich in ihrer Lage und Wirkung mit den Tages- und Jahreszeiten; sie steigt scheinbar in der Nacht und sinkt am Tage wieder herab. Ursache dieser Erscheinung ist der unter dem Einfluß der Sonnenstrahlen veränderliche elektrische Zustand der hohen Luftschichten.

Die Raumstrahlen werden von der Heaviside-Schicht gegen die Erdoberfläche zurückgeworfen, wie es in Abb. 17 angedeutet ist. Treffen dann Raumwelle und Bodenwelle an der Empfangsantenne zusammen, dann verstärken sie sich gegenseitig, wenn sie phasengleich

sind, d. h. wenn beide gleichzeitig ihre positiven und negativen Scheitelwerte erreichen. Sind aber beide gegeneinander um eine halbe Wellenlänge verschoben, hat also z. B. die Bodenwelle ihren positiven Scheitelwert immer gerade dann, wenn die Raumwelle ihren negativen Höchstwert hat, dann heben sie sich gegenseitig auf, der Empfang ist sehr leise. Da sich die Heaviside-Schicht dauernd bewegt, scheinen sich am Empfangsort die Augenblickswerte beider Wellen dauernd gegeneinander zu verschieben. Daraus erklärt sich das Anschwellen und Schwinden der Lautstärke beim Empfänger. Besonders stark wird diese Störung, wenn der Sender 50 bis 100 Kilometer vom Empfangsort entfernt ist, denn in diesem Raum sind Boden- und Raumwelle ungefähr gleich stark. Bei einer Entfernung von mehr als 100 Kilometer ist die Bodenwelle so schwach ge-



Abb. 19

worden, daß sie keine nennenswerte Einwirkung auf die Raumwelle mehr hat.

Der *Fernschwund* ist eine ähnliche Erscheinung; er entsteht auch auf ähnliche Weise, wie aus Abb. 19 zu ersehen ist. Die vom Sender in verschiedenem Winkel zur Heaviside-Schicht gelangenden Raumstrahlen werden von dieser auch in entsprechend verschiedenen Winkeln zurückgeworfen. Die im entfernten Ort auf einen Empfänger wirkenden Wellen (Raumwellen) haben vom Sender her verschiedene Wege zurückgelegt und können dann schließlich unter den gleichen unterschiedlichen Verhältnissen auf eine Antenne wirken, wie das in Abb. 18 dargestellt worden ist. Es treten Schwunderscheinungen ein, denn beide haben annähernd dieselbe Stärke, und die Lage zueinander ändert sich infolge der Scheinbewegung der Heaviside-Schicht ständig. Unter diesem Fernschwund leiden aber besonders die Kurzwellenempfänger, denn die Langwellen folgen der Krümmung der Erdoberfläche, während sich die Kurzwellen gradlinig fort-pflanzen.

Außer diesen Schwundererscheinungen treten beim Empfang zeitweise noch andere Störungen auf. Das sind verschiedenartige *Geräusche*, die durch sichtbare und unsichtbare Entladungen in der Atmosphäre hervorgerufen werden, besonders heftig in Zeiten des Witterungswechsels, bei Gewittern und dabei wieder nachts stärker als am Tage. Sie sind in tropischen Gegenden heftiger als in unserer gemäßigten Zone.

Eine Abnahme der Empfangslautstärke ist, wie alle vorgenannten Erscheinungen, auch von der Tages- und Jahreszeit abhängig. So wird z. B. nachts im Winter die Empfangslautstärke größer sein, weil während dieser Tages- und Jahreszeit die Rundfunkwellen in ihrer Ausbreitung am wenigsten beeinträchtigt werden. Sie werden nur wenig gedämpft.

Eine Störung besonderer Art ist der *Lugenburgereffekt*. Das ist eine sogenannte Kreuzmodulation in der Strato- oder Ionosphäre, also in den obersten Luftschichten von 30 bis 600 Kilometerhöhe über dem Erdboden. Man erklärt sich diesen Vorgang ungefähr folgendermaßen: Die elektromagnetische Energie eines sehr starken Rundfunksenders trifft auf die Ionenschicht, die wir als Kennelly-Heaviside-Schicht bezeichnet hatten und diese beginnt in ihren einzelnen unendlich feinen Teilchen im Takt der Modulation des Senders zu schwingen. Treffen nun Rundfunkwellen anderer Sender auf diese Schicht, so werden sie in dem Takte der schwingenden Ionenschicht beeinflusst. So werden die schon modulierten Hochfrequenzen fremder Sender durch diesen Vorgang nochmals mit dem Ton des starken Senders moduliert. Die Folge davon sind Verzerrungen, die den Ton entstellen und die Sprache unverständlich machen.

VI. Störungen, Geräusche in der Empfangsanlage

Etwa 25 vH der dem Rundfunkentstörungsdienst gemeldeten Störungen werden als Schäden oder Fehler im Empfangsgerät des Melders festgestellt. Es ist nicht Sache der DRN, diese Störungen durch den Rundfunkentstörungsdienst beseitigen zu lassen. Sie sollen im Gegenteil von den Fachleuten beseitigt werden, die für diese Arbeiten als Rundfunkhändler und Handwerker eine Genehmigung besitzen. Trotzdem wollen wir noch einige häufig auftretende Fehler im Rahmen einer Störeingrenzung besprechen.

Die Eingrenzung einer Störung.

Nimmt man irgendeine Beeinträchtigung des Empfängers wahr, so ist es wichtig zu wissen, ob die Ursache ein Fehler im Empfänger ist oder ob als solche eine Außenstörung in Frage kommt.

Die Klagen der Rundfunkhörer betreffen meist:

1. Nachlassen der Empfangsgüte,
2. Störgeräusche.

Wenn der Empfang allmählich schlechter geworden ist oder wenn sich der Empfang mehrerer Sender gleichmäßig verschlechtert hat, ist das Nachlassen der Empfangsgüte eine Störung des eigenen Empfangsgerätes. Gewöhnlich sind die Röhren verbraucht. Eine Messung des Emissionsstromes gibt hierüber Aufschluß. In den meisten anderen Fällen wird es sich um langsame oder schnelle Schwundererscheinungen (*Fadings*) oder um einen durch ungünstige örtliche Einflüsse beeinträchtigten Empfang handeln.

Prüfung.

Bei einem gut eingestellten Sender werden während der auftretenden Störung Antenne und Erde vom Gerät getrennt. Wird keine merkbare Verminderung des Störgeräusches verspürt, so liegt auch dieser Fehler im Gerät. Man achte aber immer wieder darauf, daß viele neuere Geräte Netzantennen haben, die sich beim Ziehen des Antennensteckers selbsttätig einschalten und die durch Stecken eines Bananensteckers erst vom Antenneneingang des Empfängers getrennt werden müssen! Die Störgeräusche kommen von außen, wenn sie beim Abschalten von Antenne und Erde verschwinden oder doch wesentlich schwächer werden. Nun prüft man erst die Antenne und Erdung. Die Antennenzuführung oder die Erdleitung können Drahtbrüche haben. Durch Bewegung der Zuführungen treten, falls sie gebrochen sind, beim Empfang Krach- und Knattergeräusche auf, auch sehr starke Empfangsverminderungen und völliges Aussetzen des Empfanges sind zu beobachten. Die Erdleitung muß einen einwandfreien, gut leitenden und möglichst kurzen Weg vom Empfänger zum Grundwasser bieten. Jedes Meter Erdleitung mehr beeinflusst nicht nur den Empfang an sich durch erhöhten Widerstand, sondern bietet auch Störeinflüssen Angriffspunkte auf die gesamte Anlage. Ebenso soll die Antennenzuführung möglichst wenig Winkel bilden. Gute Antenne und Erdung sind Vorbedingungen für störungsfreien

Empfang. Man achte auch auf die isolierte Aufhängung der Antenne und die vor Ableitung geschützte Antennenzuführung.

Sind auch Antenne und Erdung einwandfrei, dann kann die Empfangsbeeinträchtigung nur von einem fremden Störer herrühren. Mit einiger Beobachtungsgabe ist es möglich, diesen oder jenen naheliegenden schwachen Störer festzustellen. In schwierigen Fällen aber benutzt man zur Ermittlung des Störers das Störsuch- und Meßgerät. Eine Beschreibung dieses Gerätes und die Schilderung eines Störsuchganges findet man bei jeder Rundfunkentstörungsstelle.

Störungen im Empfangsgerät.

Die Fehler im Empfänger sind: Nachlassen des Empfanges durch verbrauchte Röhren, Störgeräusche durch Wackelkontakte, Draht-

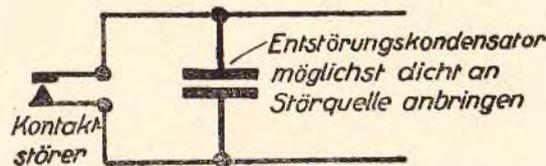


Abb. 20

brüche, Berührungen, Aussehen des Empfanges durch eine durchgebrannte Röhre oder Empfängerficherung, durchgeschlagene Kondensatoren, durchgebrannte Widerstände und mitunter auch durchgebrannte Spulen oder Transformatoren und Klirren des Lautsprechers durch selbsttätiges Lösen ungesicherter Halteschrauben der Membrane oder des Systems oder durch Fremdkörper auf der Membrane.

Das Auffuchen und Beseitigen dieser Fehler soll grundsätzlich dem Fachmann überlassen bleiben. Es wird aus diesem Grunde auch nicht mehr hierüber gesagt, denn unsachmännische Eingriffe gefährden den Apparat und können die Ursache unangenehmer Weiterungen werden.

Die Beseitigung von Störquellen.

Bei einem Kontaktstörer ist es wichtig, die Funken zu unterdrücken, welche die störenden Schwingungen erzeugen. Durch Pa-

rallelschalten eines Kondensators entsprechender Kapazität zur Funkenstrecke ist dies in einfacher Weise möglich. Die beim Öffnen eines Stromkreises entstehende elektrische Energie, die sonst den hohen Widerstand des Luftspaltes an der Unterbrechungsstelle in Gestalt des Öffnungsfunkens überwindet, wird dann vom Kondensator aufgenommen und ladet diesen auf, der Öffnungsfunke wird unterdrückt (Abb. 20).

Häufig wird man mit diesem einfachsten Störstich nicht auskommen, sondern wird ihn der mehr oder weniger verwickelten Schaltung des Störers anpassen müssen. Schon bei den Kleinmotoren, z. B. an Nähmaschinen und in Staubsaugern, muß auf die Symmetrie des gesamten Aufbaues geachtet werden.

Bei manchen unsymmetrisch gebauten Stromquellen ist ausreichende Entstörung sehr schwierig oder überhaupt unmöglich. Die von

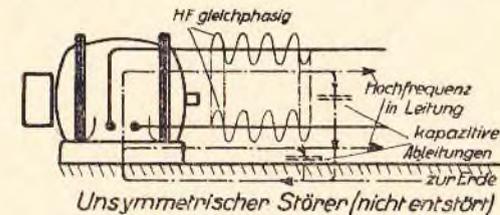
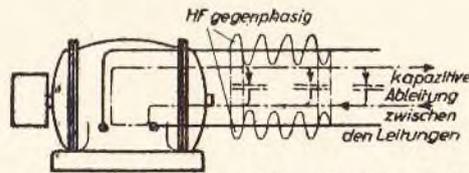


Abb. 21a

den Funken erzeugten Störschwingungen pflanzen sich gleichsinnig (gleichphasig) auf den Zuleitungen fort (in Abb. 21a als schwache Wellenzüge angedeutet) und werden von diesen wie von einer Antenne abgestrahlt. Die Reichweite der Störung auf den Zuführungen wird begrenzt durch deren Kapazität gegen Erde, in Abb. 21a als gestrichelte Kondensatorschaltung dargestellt. Die metallische Oberfläche der Zuleitungen bildet mit der Erde oder Erdleitung einen Kondensator von sehr geringer Kapazität. Der Wechselstromwiderstand eines Kondensators fällt mit wachsender Frequenz. Diese sogenannte kapazitive Kopplung der Zuleitung gegen Erde kann man so auffassen, als seien zwischen Leiter und Erde kleine Kondensatoren geschaltet, die für den niederfrequenten Betriebswechselstrom undurchlässig sind, die Hochfrequenz aber allmählich zur Erde ableiten. Die beiden phasengleichen HF-Schwingungen aber wirken mit ihrer Summe, selbst wenn sie nur einen kurzen Weg durchlaufen, störend auf benachbarte Empfänger.

Ist der Störer symmetrisch geschaltet, d. h., sind die Stromwege von den Funkstellen aus zu beiden Zuführungen hin gleichmäßig mit Kapazität und Induktivität belastet, dann werden sich die Störschwingungen gegensinnig (mit verschobener Phase) über die Zuführungen ausbreiten (Abb. 21b). Hat auf der einen Zuführung die HF ihren positiven Höchstwert, dann ist auf der andern immer der negative Scheitelwert vorhanden. Die zwischen beiden Leitern bestehende kapazitive Kopplung, in Abb. 22 b wieder durch gestrichelte Kondensatoren angedeutet, wirkt nunmehr stark dämpfend auf die HF, und ein zwischen beide geschalteter Kondensator mit angemessener Kapazität würde HF-Schwingungen von den Zuleitungen überhaupt fernhalten. Deshalb ist es ratsam und wirtschaftlich bei der Entstörung, soweit wie irgendmöglich zur Entstörung zunächst die Schaltung des Störers symmetrisch zu gestalten.



Symmetrischer Störer (nicht entört)

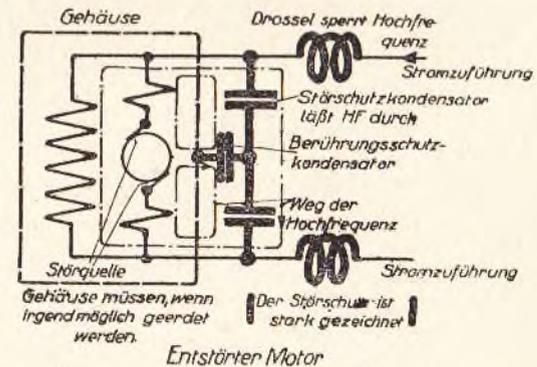
Abb. 21 b

Jede längere Verbindungsleitung zwischen Störquellen und Störsehgerät wirkt wie die Antenne eines Senders, denn auf ihr kommen die störenden Hochfrequenzen noch zur Ausbildung. Bei einer richtigen Entstörung rückt man darum das Störsehgerät praktisch soweit wie irgendmöglich an die Störquelle heran. Wenn auch eine solche Anordnung meist nicht gerade verschönernd wirkt, so erfüllt sie doch an dieser Stelle am besten ihre Aufgabe.

Durch den Störer wird auch das ihn umgebende Metallgehäuse beeinflusst, das von sich aus die für uns nicht spürbare sehr geringe Hochfrequenzenergie abstrahlt. Diese würde aber auf nahe Empfänger ebenso störend wirken, wie die von den Zuführungen ausgehende; das Gehäuse muß daher in den Störseh einbezogen werden.

Es sei abschließend an einem Beispiel die richtige Entstörung eines symmetrisch geschalteten Elektromotors gezeigt (Abb. 22).

Erzeuger der Störfrequenz sind die zwischen den Bürsten und den Komutatorteilen übergehenden Funken. Diese werden verhindert durch dicht am Motor zwischen die Stromzuführungen geschaltete Kondensatoren, die als Funkenlöcher wirken und zugleich die Hochfrequenz vom Eintritt in die Zuführungen abhalten, indem sie ihnen einen bequemen Ausgleich zwischen beiden bieten. Werden trotzdem auch hinter den Kondensatoren noch Störschwingungen von den Zuführungen abgestrahlt, dann werden in beide Zweige unmittelbar hinter die Kondensatoren Drosselspulen eingeschaltet. Diese bieten dem Netzstrom nur geringen Widerstand, sind aber für Hochfrequenz undurchdringlich.



Entstörer Motor

Abb. 22

Der Ableitung der Hochfrequenz vom Motorgehäuse, also zur Verhinderung ihrer Abstrahlung in den umgebenden Raum, dient wieder ein Kondensator, der aber unbedingt symmetrisch zu den übrigen Entstörungsmitteln liegen muß; seine Anschaltung zeigt Abb. 22. Dieser Kondensator darf aber eine bestimmte Kapazität nicht überschreiten. Es könnte sonst bei einer Unterbrechung zwischen einem der Störsehkondensatoren und einer Stromzuführungsleitung von der anderen die Wechselspannung des Kraftstromes am Gehäuse des Störers so stark zur Wirkung kommen, daß ein dieses Gehäuse berührender Mensch gefährdet wird. Man nennt diesen in seiner Kapazität begrenzten Kondensator Berührungsschutzkondensator. (Die Kapazität bestimmt den Widerstand eines Kondensators für Wechselstrom bestimmter Frequenz. Je kleiner Kapazität und Frequenz sind, desto höher ist sein Widerstand.)

Die Hochfrequenz, die beim Funken an den Bürstenauflagen entsteht, fließt über die Hauptstromwicklung in die Stromzuführung. Hier sperrt die Drosselspule (dick gezeichnet, Abb. 22) ihr den Weg. Ueber die beiden gleich großen und hintereinandergeschalteten Kondensatoren aber gelangt sie ungehindert zur anderen Anschlußklemme des Motors und zurück zu ihrem Ausgangspunkt. So ist durch diesen, für die Hochfrequenz geschlossenen Stromkreis eine Abstrahlung verhindert worden, die bei einem für die Hochfrequenz offenen also nicht entstörten Stromkreis sehr unangenehm im Lautsprecher eines nahen Empfängers wahrgenommen wird.

Bei stärkerem einseitigen Funken (d. h. wenn an der einen oder der anderen Bürste des Motors mehr oder stärkere Funken auftreten) wird die Hochfrequenz auch in stärkerem Maße auf das Gehäuse übertragen. Der Stromweg geht in diesem Fall über Bürste—Motoranker zum Motorgehäuse, über den Berührungsschutzkondensator und den einen Störschutzkondensator zurück zur Bürste. Die Stromwege der Hochfrequenz sind strichpunktiert gezeichnet. Sämtliche Gehäuse sollen jetzt nach den VDE-Vorschriften geerdet sein. Für die Entstörung ist dies besonders wichtig, weil dadurch auch unsymmetrische Störungen am besten abgeleitet werden können. (Siehe Abb. 21 a.)

