

L. Dv. 702/1

Heft 35 (Entwurf)

Luftnachrichtentruppe

Ausbildung am Gerät

Teil 1

Gerätbeschreibungen

Heft 35

Mehrfachträgerfrequenzanlagen für Freileitungen

März 1941

Der Reichsminister der Luftfahrt
und
Oberbefehlshaber der Luftwaffe
Der Chef des
Nachrichtenverbindungswesens
Nr. 2130/41

Berlin, den 24. März 1941

Die L. Dv. 702: „Luftnachrichtentruppe – Ausbildung
am Gerät

Teil 1: Gerätebeschreibungen

Heft 35: Mehrfachträgerfrequenzanlagen (Ent-
wurf) für Freileitungen“

wird hiermit genehmigt und tritt mit der Herausgabe
in Kraft.

J. A.

Martini

Inhalt

I. Allgemeines

	Seite
A. Anwendungsgebiete	5
B. Mehrfachausnutzung von Leitungen	5
C. Trägerfrequenzeinrichtungen	7
D. Trägerfrequenz-Zwischenverstärker	10
E. Eigenschaften von Freileitungen.....	13
F. Eigenschaften der Trägerfrequenzverbindungen ..	15

II. Die Achte-fach-Fernsprecheinrichtung ME 8

Achte-fach-Trägerfrequenzgerät der AEG

A. Äußerer Aufbau	18
B. Frequenzverteilung und Reichweite.....	20
C. Aufbau und Wirkungsweise der Verbindungseinheit	21
1. Die Endschaltung	21
2. Der Sender	22
3. Der Empfänger	23
4. Der Steuer- und Relaisapparat.....	24
5. Überwachungsfeld und Betriebsüberwachung.	25
6. Stromversorgung, Röhren, Einschaltung des Geräts	27

III. Der Zwischenverstärker für die Achte-fachanlage (ME- Zwischenstelle)

A. Wirkungsweise und Aufbau	29
B. Handhabung und Überwachung	32

IV. Die Fünfzehn-fach-Fernsprecheinrichtung MG 15

Siemens-Trägerfrequenzgerät

A. Grundsätzliche Arbeitsweise der Fünfzehn-fach- anlage	35
B. Aufgaben und Wirkungsweise der Einzelgeräte .	37
1. Die Einrichtungen des Sendeteils.....	37
2. Einrichtung des Empfangsteils	40
3. Selbsttätige Pegelregelung.....	41
4. Trägerfrequenzherzeugung	42

	Seite
C. Äußerer Aufbau der MG-Anlage	43
D. Bedienung und Betrieb	45
1. Einschaltung	45
2. Signalisierung	45
3. Abfrageeinrichtung	46
4. Pegel- und Restdämpfungsmessungen	47
5. Reichweite	48
V. Der Zwischenverstärker für die Fünzfachanlage (MG-Zwischenstelle)	
A. Frequenzumsetzung	48
B. Wirkungsweise	49
C. Aufbau der MG-Zwischenstelle	50
D. Bedienung und Betriebsüberwachung	51
VI. Anlagenverzeichnis (Abbildungen)	53
VII. Im Text enthaltene Abbildungen:	
Abb. 1: Prinzip der Mehrfachausnutzung	7
„ 2: Frequenzbandverteilung	7
„ 3: Sprechkanal	8
„ 4: Trennung von Nieder- und Trägerfrequenz- strömen	9
„ 5: Trägerfrequenz-Zwischenverstärker	11
„ 6: Rückkopplung über Nachbarleitungen	12
„ 10: Verbindung der Kleingestelle	20
„ 12: Überwachungsfeld	25
„ 18: Gruppenwechsel	49

I. Allgemeines

A. Anwendungsgebiete

Trägerfrequenzeinrichtungen für Freileitungen dienen dazu, in oberirdischen Linien die Zahl der Fernsprechverbindungswege ohne Leitungsneubau und entsprechendem Aufwand an Leitungskupfer zu vermehren. Besonders leistungsfähig sind die **Mehrfacheinrichtungen**, mit denen eine größere Zahl von zusätzlichen Verbindungen (8—15) **auf einer Doppelleitung** gebildet werden können. Daneben sind die Einrichtungen von Bedeutung, wo ein dringender oder nur vorübergehender Bedarf an zusätzlichen Sprechwegen vorhanden ist, die Vermehrung der Freileitungen oder die Verlegung eines Fernsprechkabels jedoch zuviel Zeit und Aufwand erfordern würde.

Die Trägerfrequenz-Verbindungswege haben außerdem Eigenschaften, die sie zur Überbrückung großer Entfernungen geeigneter machen, als es bei der gewöhnlichen Art der Sprachübertragung der Fall ist. Die neuere Betriebsweise hat daher einen brauchbaren Fernsprechverkehr über sehr große Entfernungen auch mit Orten ermöglicht, zu denen von den Ausläufern der Fernkabelnetze noch sehr lange Freileitungen führen.

Wie die Beschreibung der neueren Mehrfachsysteme der Firmen S. & H. und AEG (S. 18 u. 35) zeigt, bedingen leistungsfähige Einrichtungen auch einen entsprechenden technischen Aufwand. Andererseits sind die Geräte so vervollkommen worden, daß die laufende Bedienungsarbeit verhältnismäßig gering und einfach durchführbar ist.

B. Mehrfachausnutzung von Leitungen

Fernsprechleitungen übertragen nicht nur die vom Mikrophon ausgehenden Wechselströme mit der Frequenz der Sprachlaute, sondern in vielen Fällen auch höhere Frequenzen noch gut. Besonders günstige Eigenschaften haben in dieser Beziehung die Freileitungen, da der gegenseitige Abstand der Leitungsdrähte groß ist und sich, abgesehen von den zur Befestigung der Drähte dienenden Isolatoren, im Gegensatz zu Kabeln kein fester Isolierstoff zwischen den Leitungen befindet.

Für eine einwandfreie Sprechverständigung genügt es, wenn das **Frequenzband** von 300—2600 oder 2700 Hz gut übertragen wird.

Freileitungen übertragen jedoch ohne Schwierigkeiten Frequenzen bis weit über 100000 Hz. Der **Übertragungsbereich** der Leitungen wird demnach von den Sprechströmen nur zu einem sehr geringen Teil belegt. Der nicht ausgenutzte Frequenzbereich oberhalb des Sprachfrequenzbandes kann bei Verwendung verschiedener Trägerfrequenzen zur Bildung mehrerer zusätzlicher Sprechwege auf einer Leitung ausgenutzt werden.

Hierzu ist es notwendig, die Sprachbänder aus ihrer ursprünglichen Frequenzlage (300—2700 Hz) in höhere Frequenzgebiete zu verschieben (z. B. 6300—8700 Hz).

Eine solche Verschiebung von Sprachfrequenzen wird mit Hilfe entsprechender Trägerfrequenzen durchgeführt, die mit den Sprechströmen moduliert werden. Durch die **Modulation** erscheint das Sprachband als Seitenband der Trägerfrequenz. Bei einem Träger von 6000 Hz belegt das Sprachband den Bereich von 6300—8700 (oberes Seitenband).

Das außerdem entstehende untere Seitenband wird für die Übertragung nicht benötigt und kann daher unterdrückt werden.

Durch Benutzung mehrerer Trägerfrequenzen, beispielsweise von 6000, 9000, 12000, 15000 usw. Hz, können ebensoviel Sprechwege in voneinander getrennt liegenden Frequenzbändern gebildet werden.

Am Ende der Leitung werden die verschiedenen, gemeinsam über die Leitung laufenden Frequenzen durch **Bandfilter**, die aus abgestimmten Schwingungskreisen bestehen, wieder voneinander getrennt. Solche durch Trägerfrequenzen mit Hilfe der Modulation und Frequenztrennung in einer Leitung gebildeten voneinander unabhängigen Verbindungswege heißen **Kanäle**.

Abb. 1 zeigt die Übertragung von 3 Trägerfrequenzgesprächen über eine Fernleitung in den Kanälen 1—3. Von den Fernsprechapparaten F_1, F_2, F_3 , werden die gewöhnlichen Sprechströme den mit verschiedenen Trägerfrequenzen besetzten Modulatoren M_1, M_2, M_3 zugeführt, dadurch in verschiedene Frequenzbänder verwandelt und in die Fernleitung gesandt. Am Ende der Leitung sorgen die Bandfilter B_1, B_2 und B_3 dafür, daß die Ströme der einzelnen Kanäle wieder voneinander getrennt werden, damit sie den zugehörigen Einrichtungen zugeführt werden können, nachdem durch die Demodulatoren D_1, D_2 und D_3 die Rückwandlung der Bänder höherer Frequenz in die ursprüngliche Sprachfrequenz erfolgt ist.

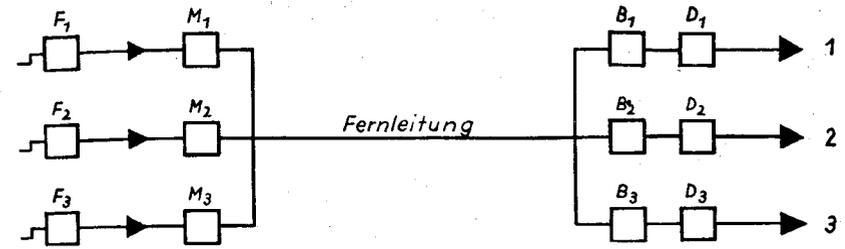


Abb. 1. Prinzip der Mehrfachausnutzung

Bei Benutzung der Träger 6000, 9000 und 12000 Hz würde sich für die einzelnen Kanäle die in Abb. 2 dargestellte Lage der Frequenzbänder ergeben.

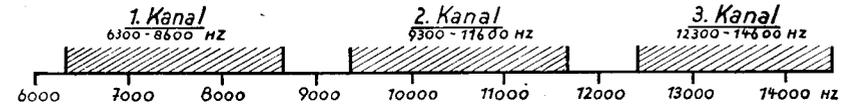


Abb. 2. Frequenzbandverteilung

C. Trägerfrequenzeinrichtungen

Bei der in Abb. 1 dargestellten Anordnung können die Sprechströme nur in der durch den Pfeil gekennzeichneten Richtung übertragen werden. In jeder Sprechverbindung wird jedoch die Übertragung der Sprache in beiden Richtungen verlangt, daher muß die gleiche Anordnung auch für die Gegenrichtung getroffen werden.

Da für die Gegenrichtung dieselbe Leitung benutzt wird, muß jeder Sprechkanal für die verschiedenen Richtungen verschiedene Trägerfrequenzen benutzen. Bei einer 8fachen Leitungsausnutzung würden also insgesamt 16 verschiedene Trägerfrequenzbänder zu übertragen sein.

Jeder Kanal besteht demnach aus 2 frequenzmäßig getrennten Übertragungswegen für die beiden Richtungen.

Für die Zuführung zu den Vermittlungen oder Fernsprechapparaten werden die in den Trägerfrequenzeinrichtungen nach Sprechrichtungen getrennten Wege (**Vierdrahtschaltung**) durch eine **Gabelschaltung** mit Leitungsnachbildung (**Endschaltung**) wieder zu einer Doppelleitung zusammen-

gefaßt. Abb. 3 zeigt die sich hieraus ergebende grundsätzliche Anordnung für einen Sprechkanal.



Abb. 3. Sprechkanal

Die vom Teilnehmer F_1 ausgehenden Sprechströme gelangen über die Gabelschaltung G_1 zum Modulator M , der das für die Richtung F_1-F_2 bestimmte Trägerfrequenzband erzeugt. Bevor dieses auf die Fernleitung gelangt, durchläuft es ein **Sendebandfilter SB**, das die Sendeeinrichtungen für die Frequenzbänder der entgegengesetzten Übertragungsrichtung sperrt.

Ein entsprechend abgestimmtes **Empfangsbandfilter EB** führt die Ströme dem Demodulator D zu, worauf sie über die Gabel G_2 zum Teilnehmer F_2 gelangen.

Umgekehrt gelangt die Sprache von F_2 nach F_1 über gleiche Einrichtungen auf dem durch entsprechende Pfeile gekennzeichneten Wege unter Benutzung einer anderen Trägerfrequenz.

Sollen Kanäle mit Vierdrahtleitungen oder Kanälen anderer Trägerfrequenzlinien fest verbunden werden, so erfolgt die Durchschaltung zweckmäßig vierdrähtig unter Ausschaltung der Gabeln.

Durch die trägerfrequente Mehrfachausnutzung einer Leitung wird ihre normale Verwendung für die Niederfrequenzströme nicht beeinträchtigt.

Es muß nur dafür gesorgt werden, daß an den Endpunkten der Leitung sowohl die niedrigen Sprachfrequenzen wie auch die höheren Trägerfrequenzen nur auf die für sie vorgeschriebenen Wege gelangen können. Hierzu dienen ebenfalls elektrische Filter, die einerseits nur hohe Frequenzen durchlassen, tiefe dagegen nicht (**Hochpaßfilter**) in Verbindung mit umgekehrt wirkenden Filtern, die nur niedrige Frequenzen übertragen (**Tiefpaßfilter**). Ein Hoch- und ein Tiefpaßfilter bilden zusammen eine **elektrische Weiche**, die hohe und tiefe Frequenzen auf getrennte Wege leitet.

Abb. 4 zeigt eine Fernleitung, über die eine Niederfrequenzverbindung N unter Zwischenschaltung von Tiefpaßfiltern T verläuft.

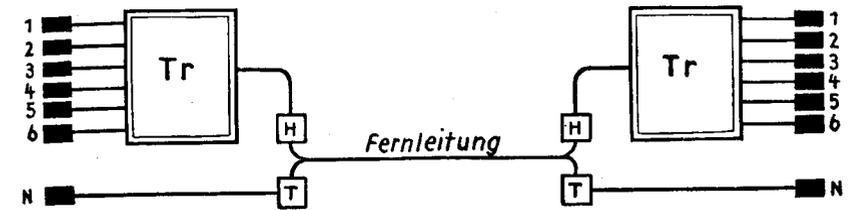


Abb. 4. Trennung von Niederfrequenz- und Trägerfrequenzströmen

Die Trägerfrequenzeinrichtung Tr , die die für 6 zusätzliche Verbindungen 1—6 notwendigen Frequenzkanäle auf der Leitung bilden, ist dagegen über Hochpaßfilter H angeschlossen.

Durch einen in die Sendeeinrichtung hinter dem Modulator geschalteten **Sendeverstärker** werden die Trägerfrequenzströme verstärkt, damit sie große Leitungsstrecken überbrücken können.

Im **Empfangsteil** werden zwischen Empfangsbandfilter und Demodulator die aus der Leitung kommenden schwachen Ströme ebenfalls verstärkt (**Empfangsverstärker**). Infolgedessen kann die **Leitungsämpfung 4—5 Neper** betragen. Diese Werte gelten für die höchste zu übertragende Frequenz, da die Dämpfung der Leitungen mit zunehmender Frequenz ansteigt.

Wenn die höchste von den Trägerfrequenzbändern benutzte Frequenz etwa 60 kHz beträgt, wird die Reichweite der Einrichtungen unter Berücksichtigung feuchter Witterung bis zu 250 km betragen. Bei trockenem Wetter ist der Wert der zu den Empfangseinrichtungen gelangenden Spannungen (**Empfangspegel**) entsprechend größer. Um die bei veränderlicher Witterung hierdurch entstehenden Schwankungen in der Sprachübertragung auszugleichen, wird durch eine **selbsttätige Pegelregelung** dafür gesorgt, daß dem Empfangsverstärker stets gleiche Trägerfrequenzspannungen zugeführt werden.

Je nach dem Aufbau eines Mehrfachsystems erhält entweder jeder Verbindungsweg eine eigene Regeleinrichtung oder es ist eine für sämtliche Kanäle gemeinsame Pegelregelung vorgesehen. Der **Sendepiegel** einer Trägerfrequenzverbindung beträgt etwa + 1,5 Neper. Die Empfangs-

verstärker lassen im allgemeinen **Empfangspegel** von — 3,5 Neper zu, so daß eine Leitungsdämpfung von 5 Neper überbrückt werden kann.

Der **Störpegel** (s. S. 17) verlangt jedoch in vielen Fällen Empfangspegel, die um 1—1,5 Neper höher liegen. Die Leitungsdämpfung darf demnach in solchen Fällen nur 3—3,5 Neper betragen.

Die für die beiden Übertragungsrichtungen der Gesprächsverbindungen notwendigen Frequenzbänder können im Übertragungsbereich der Leitung verschieden gruppiert werden. Entweder faßt man alle der gleichen Übertragungsrichtung dienenden Bänder zu einer sogenannten **Richtungsgruppe** zusammen, oder man legt die beiden zu einer Gesprächsverbindung gehörenden Bänder nebeneinander (**Verbindungsgruppe**).

Für größere Entfernungen ist die Richtungsgruppierung vorzuziehen, weil sie die Verwendung verhältnismäßig einfacher **Zwischenverstärker** zuläßt, mit denen die Reichweite der Trägerfrequenzverbindungen vervielfacht werden kann.

D. Trägerfrequenz-Zwischenverstärker

Überschreitet die Leitungsdämpfung den zwischen zwei Trägerfrequenzeinrichtungen zulässigen Höchstwert, dann müssen in den Leitungsweg Verstärker eingeschaltet werden. Mit Hilfe eines Zwischenverstärkers kann die Reichweite im allgemeinen verdoppelt, mit zwei Verstärkern verdreifacht werden usw.

Mit einem **Fünfeinzelstufen** (z. B. Siemens MG), dessen Reichweite für 3-mm-Draht etwa 100 km beträgt, würden daher mit zwei Verstärkern rd. 300 km überbrückt werden können, mit einer Achteinzelstufenanlage (z. B. AEG, MEK) dagegen bis zu 600 km, da die Reichweite ohne Verstärker etwa 200 km beträgt.

Im Gegensatz zu den Trägerfrequenzendgeräten (Endstellen), die mit Hilfe von Modulations- und Demodulationseinrichtungen und den zugehörigen Filtern die Umkehrung von Sprechströmen in Trägerfrequenzströme und umgekehrt vornehmen, werden die Zwischenverstärker auch als **Zwischenstellen** bezeichnet.

Abb. 5 zeigt den grundsätzlichen Aufbau eines solchen Zwischenverstärkers. Wie in den Endeinrichtungen werden auch in den Zwischenstellen die den verschiedenen Richtungen dienenden Frequenzen auf getrennte

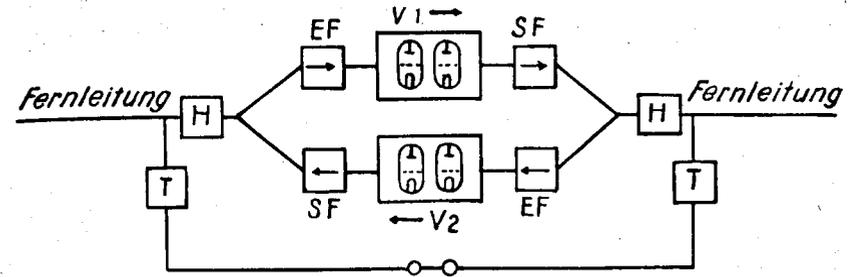


Abb. 5. Trägerfrequenz-Zwischenverstärker

Wege geleitet (Vierdrahtschaltung), die für jede Übertragungsrichtung einen mehrstufigen Verstärker V_1 und V_2 enthalten.

Die Trennung der Frequenzgruppen (Richtungsgruppen) erfolgt an den Ein- und Ausgängen der Zwischenstellen durch Sendes- und Empfangsfilter SF und EF, die auch „**Richtungsweichen**“ genannt werden.

Die beiden Fernleitungsstrecken müssen daher so an den Verstärker geschaltet werden, daß die Filter vor und hinter den Richtungsverstärkern V_1 und V_2 der in der betreffenden Richtung zu übertragenden Frequenzgruppe entsprechen, z. B. V_1 tiefe, V_2 hohe Frequenzen. Bei umgekehrter Anschaltung der Leitungen sperrt der Verstärker beide Richtungen.

Da der Niederfrequenzweg nicht über den Trägerfrequenzverstärker geleitet werden kann, liegen zwischen den Fernleitungen und den Verstärkern noch besondere Weichen, deren Hoch- und Tiefpaßfilter — wie bei den Endstellen — die zur Mehrfachübertragung benutzten Frequenzen von den tieferen Frequenzen trennen.

Wenn Trägerfrequenzverbindungen mit verhältnismäßig hohen Frequenzen von 50—150 kHz arbeiten, können für die in die Trägerfrequenzleitung einzuschaltenden Zwischenverstärker durch andere am gleichen Gestänge verlaufende Leitungen Schwierigkeiten entstehen.

Es kann nämlich schon eine verhältnismäßig kleine **Kopplung** zwischen den Trägerleitungen vor und hinter dem Verstärker mit einer durchlaufenden Nachbarleitung als **Rückkopplung** zwischen Verstärkereingang und -ausgang wirken, wenn die hohe Leistung der Verstärker voll ausgenutzt werden soll.

Um die dadurch entstehenden Nachteile mit Sicherheit zu vermeiden, müßten an den Zwischenstellen Tiefpaßfilter T in die in Frage kommenden

Nachbarleitungen eingebaut werden, die den Rückkopplungsweg für die höheren Frequenzen sperren, wie es Abb. 6 zeigt.

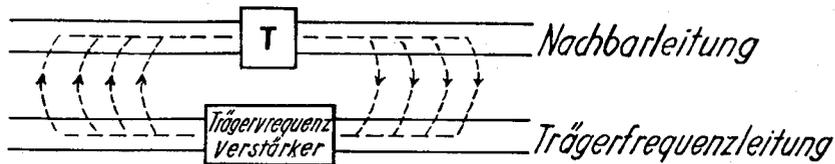


Abb. 6. Rückkopplung über Nachbarleitungen

Ein anderer Weg, der die Rückkopplungswirkung ohne Maßnahmen an den Nachbarleitungen ausschaltet, ist die Verwendung einer **Frequenzumsetzung** in den Verstärkern. Dadurch erscheinen die dem Verstärkereingang zugeführten Frequenzen am Ausgang des Verstärkers in einem anderen Frequenzgebiet.

Eine Rückkopplung dieser Frequenzen auf den für das ursprüngliche Frequenzband eingerichteten Verstärkereingang bleibt wirkungslos.

Enthält eine Trägerfrequenzstrecke mehrere Verstärker, so wird die in dem ersten Verstärker vorgenommene Umsehung in dem folgenden Verstärker zweckmäßig in umgekehrtem Sinne durchgeführt, so daß die Umsetzungen von zwei aufeinanderfolgenden Verstärkern sich aufheben, die Frequenzgruppen also wieder die Frequenzlage haben, in der sie von den Endstellen ausgesandt worden sind.

Mit Rücksicht auf die Rückkopplung müssen die beiden Zuführungsleitungen von der Freileitungslinie zum Verstärker wenigstens 5 m voneinander entfernt geführt werden. Als Abzweigpunkte der Zuführungen von der Hauptlinie werden daher zweckmäßig zwei aufeinanderfolgende Stangen gewählt.

Stößt die getrennte Führung auf Schwierigkeiten, dann kann die eine Zuführung als Freileitung, die andere in einem Luftkabel (s. a. S. 15) am gleichen Gestänge untergebracht werden.

Das gleiche gilt für die Einrichtungen eines aus zwei Endstellen bestehenden **Zwischenamtes** in einer Trägerfrequenzleitung.

In langen Verbindungen mit mehreren Zwischenverstärkern genügt die Pegelregelung durch die Endstellen nicht immer. Für diese Zwecke werden daher die Zwischenverstärker ebenfalls mit einer selbsttätigen Pegelregelung ausgerüstet.

E. Eigenschaften von Freileitungen

Eine Freileitung aus 3-mm-Bronze- oder -Kupferdraht hat für gewöhnliche Sprechströme bei einer Länge von 100 km eine Dämpfung von rd. 0,5 Neper. Für eine Frequenz von 60000 Hz (60 kHz) beträgt die Dämpfung dieser Strecke bereits fast 1,5 Neper, bei 150 kHz 2—2,2 Neper. Da die Dämpfung bei feuchtem Wetter erheblich steigt (s. S. 9), müssen für den Trägerfrequenzbetrieb folgende Richtwerte für je 100 km Leitungslänge zugrunde gelegt werden:

100 km Freileitung 3 mm haben bei Regenwetter:

	für 10	30	60	100	150 kHz
eine Dämpfung von:	0,8	1,4	2,2	3,1	4,0 Neper.

Eisendrahtleitungen und Kupferleitungen, die Eisendrahtstrecken enthalten, sind für die Trägerfrequenzübertragung nicht brauchbar.

Die **normale Bauweise** von Freileitungslinien berücksichtigt vor allem die Anforderung, die die Übertragung niedrigerer Frequenzen an die Leitungen stellt.

Die bei der Mehrfachausnutzung benutzten Hochfrequenzströme stellen an die Gleichmäßigkeit der elektrischen Eigenschaften und damit auch an die Fehlerfreiheit der Leitungen erhöhte Anforderungen.

Da die gegenseitige Beeinflussung mehrerer auf dem gleichen Gestänge untergebrachter Leitungen bei hohen Frequenzen wesentlich größer ist als bei Niederfrequenz, können für die Trägerfrequenzübertragung in einer Leitung schon Schwierigkeiten entstehen, wenn Nachbarleitungen nachteilige Eigenschaften haben.

Um mehrere am gleichen Gestänge verlaufende Doppelleitungen in der üblichen Weise ohne gegenseitige Störungen betreiben zu können, werden in bestimmten Abständen **Leitungskreuzungen** eingebaut. Dadurch wird die notwendige elektrische Entkopplung benachbarter Leitungen erzielt und das Übersprechen von einem Stromkreis zum anderen verhindert.

Gerade diese auf den Niederfrequenzbetrieb abgestellten Maßnahmen erzeugen leicht ungleichmäßige Übertragungsbedingungen für höhere Frequenzen.

Sollen solche Leitungen für das Trägerfrequenz-Fernsprechen benutzt werden, müssen daher zunächst die Übertragungseigenschaften innerhalb des in Frage kommenden Frequenzbereichs durch entsprechende Messungen überprüft werden.

Bei einwandfreiem baulichen Zustand der Leitungen können die erwähnten Nachteile, die insbesondere in Dämpfungserhöhungen für bestimmte Frequenzen bestehen, dadurch vermindert werden, daß die Niederfrequenz-entkopplung für Hochfrequenz ergänzt wird.

Das geschieht dadurch, daß die Leitungskreuzungen, die für Niederfrequenz nur etwa alle 5 km eingebaut zu werden brauchen, in Abständen von 200 bis 400 m vorgesehen werden.

Wesentlich einfacher und übersichtlicher liegen die Verhältnisse bei Leitungen, die sich außerhalb des unmittelbaren Einflußbereiches anderer Leitungen befinden. Das ist z. B. der Fall, wenn eine Trägerfrequenzleitung allein am Gestänge verläuft. Diese Möglichkeit wird jedoch nur in Sonderfällen gegeben sein. Vielfach wird es aber durchführbar sein, den Abstand zwischen der Trägerfrequenzleitung und anderen Leitungen dadurch zu vergrößern, daß bei Verwendung von Querträgern der Platz neben der Trägerleitung unbelegt bleibt. Werden die Niederfrequenzleitungen auf einem besonderen Querträger untergebracht, so wäre entsprechend zwischen diesem und den Stützen der Trägerstromleitung wenigstens **das Doppelte des Normalabstandes** einzuhalten.

Eine solche getrennte Anordnung der Trägerfrequenzleitungen ist auch für die Betriebssicherheit insofern von Vorteil, als die Leitung durch Mängel oder unvorsichtiges Arbeiten an den Nachbarleitungen weniger leicht in Mitleidenschaft gezogen werden kann, beim Befahren der Strecke dagegen leichter auf einwandfreien Zustand hin beobachtet werden kann.

Sollen zwei am gleichen Gestänge untergebrachte Leitungen gleichzeitig mehrfach ausgenutzt werden, so müssen in beiden Leitungen voneinander abweichende Frequenzbänder benutzt werden¹⁾.

Je weiter die Mehrfachausnutzung einer Leitung getrieben wird, desto höhere Frequenzen müssen benutzt werden.

Sie liegen dann z. T. im Gebiet der langen Wellen, die von Funkfernern verwendet werden. Da die Freileitungsdrähte als Antennen wirken, muß durch völlige Übereinstimmung der elektrischen Eigenschaften der Einzel-

¹⁾ Eine Ausnahme bilden Geräte, die nur 1—2 zusätzliche Verbindungen schaffen und daher mit verhältnismäßig niedrigen Frequenzen (5—15 kHz) arbeiten.

drähte der Doppelleitung (**Leitungssymmetrie**) dafür gesorgt werden, daß die Trägerfrequenzkanäle möglichst wenig durch Funk und auch andere Außenstörungen (z. B. durch Starkstromleitungen) beeinträchtigt werden. Voraussetzung hierfür ist ein gleichmäßiger Aufbau und ein fehlerfreier Zustand der Leitungen, der sich mit Hilfe von Widerstands- und Isolationsmessungen an beiden Drähten verhältnismäßig leicht prüfen läßt.

Die zur Ausschaltung des Einflusses von Nachbarleitungen erwähnten Leitungskreuzungen in verhältnismäßig kurzen Abständen wirken in ähnlicher Weise auch gegen Außenstörungen.

In Linien, deren Aufbau eine **Entkopplung** gegenüber Nachbarleitungen erübrigt, hängt es neben der Bauweise der Leitung noch von anderen Umständen ab, ob und in welchem Umfange Kreuzungen zweckmäßig oder notwendig sind.

In die Freileitungen eingeschaltete Kabelstrecken erhöhen die Leitungsdämpfung u. U. erheblich, weil für höhere Frequenzen die **Kabeldämpfung** selbst recht groß ist und außerdem die Wellenwiderstände von Freileitung und Kabel stark voneinander abweichen.

Dadurch entsteht infolge der mangelnden Anpassung eine zusätzliche Dämpfung, wenn nicht an den Übergangstellen besondere Anpassungsschaltungen eingefügt werden. Bei sehr kurzen Kabelstücken, deren Länge unter $\frac{1}{10}$ der kürzesten benutzten Wellenlänge liegt, wirkt sich der Anpassungsfehler nur noch unwesentlich aus.

Die Wellenlänge ergibt sich aus der höchsten Frequenz und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit, die in papierisolierten Kabeln etwa 200000 km/sec beträgt. Die Wellenlänge ist danach z. B. für 150 kHz rd. 1300 m, für 60 kHz rd. 3300 m.

Bespulte und Krarupkabel sind für höhere Frequenzen undurchlässig und dürfen daher in Trägerfrequenzleitungen nicht eingeschaltet werden. (Für FFK mit Spulen und kurze Krarupkabelstücken gilt Fußnote 1 Seite 14.)

F. Eigenschaften der Trägerfrequenzverbindungen

Durch die Trägerfrequenz-Übertragung werden nicht nur mehrere Verbindungswege auf einer Doppelleitung geschaffen, sondern die Eigenschaften des einzelnen Verbindungsweges gegenüber der Niederfrequenz-Zweidrahtschaltung für Weitverbindungen erheblich verbessert.

Dadurch daß in jedem Verbindungsweg für die beiden Übertragungsrichtungen verschiedene Frequenzen dienen, haben die Trägerfrequenz-

Kanäle die Eigenschaften von Vierdrahtleitungen, die in den Fernsprechkabeln über eine entsprechende Zahl von Zwischenverstärkern einen Weitverkehr über beliebige Entfernungen zulassen. Da Trägerfrequenzeinrichtungen mit der unter 3. erläuterten Wirkungsweise ebenfalls die Einschaltung einer größeren Zahl von Zwischenverstärkern zulassen (s. Punkt 4), ergeben sich grundsätzlich die gleichen Verhältnisse wie bei den hochwertigen Weitverkehrsleitungen im Fernkabelnetz.

In Übereinstimmung mit den Fernkabel-Vierdrahtleitungen wird die Restdämpfung zwischen den Zweidrahtseiten der Gabelschaltungen der einzelnen Kanäle auf 0,8 Neper eingeregelt. Zwischen den Anschlußpunkten für die Doppelleitungen oder Vermittlungseinrichtungen und der Gabelschaltung selbst ist eine Dämpfung von etwa 0,8 Neper in Form einer aus Widerständen zusammengesetzten künstlichen Leitung (Verlängerungsleitung) eingeschaltet.

Wie in den Gabelschaltungen der Vierdrahtkabelleitungen dienen diese Verlängerungsleitungen (Dämpfung) dazu, eine von den anzuschließenden Einrichtungen (Leitung oder Vermittlung) unabhängige Leitungsnachbildung in der Gabelschaltung verwenden zu können.

Für **Durchgangsverbindungen** werden die Kanäle wie Leitungen mit Endverstärkern behandelt. Um den Durchgangsverkehr ohne Dämpfungserhöhung abzuwickeln, müssen daher die für den Endverkehr notwendigen Verlängerungsleitungen von etwa 0,8 Neper in Durchgangsverbindungen auf etwa 0,4 Neper herabgesetzt werden.

Aus diesem Grunde sind die Verlängerungsleitungen im allgemeinen aus zwei Teilen von je 0,4 Neper zusammengesetzt, so daß z. B. der Anschluß eines Fernschrankes 36 (Kostocker Schrank), der die Ausschaltung von 0,4 Neper im Durchgangsverkehr selbsttätig vornimmt, ohne weiteres möglich ist.

Es darf nicht übersehen werden, daß die bekannten Nachteile, die Freileitungen gegenüber Fernsprechkabeln haben, und die vor allem in der wesentlich größeren Störanfälligkeit durch Witterungseinflüsse und andere Beschädigungen und den damit verbundenen Betriebsunterbrechungen oder Erschwerungen zum Ausdruck kommen, durch den Trägerfrequenzbetrieb nicht vermindert werden können.

Jeder Fehler in einer Trägerfrequenzleitung **stört oder unterbricht** aber im Gegensatz zum Niederfrequenzbetrieb **eine große Zahl von Verbindungen.**

Besonders in langen Linien erfordert daher die Betriebssicherheit einen organisatorisch und technisch ausgezeichnet durchgebildeten **Störungs- und Überwachungsdienst**, damit die Zahl der Störungen möglichst gering bleibt und die aufgetretenen Fehler in kürzester Zeit beseitigt werden können.

Auch in zweckmäßig gebauten und in gutem Zustand befindlichen Freileitungen entstehen mehr oder weniger starke Störströme durch äußere elektrische Einwirkungen. Je nach der Frequenz und Stärke dieser Ströme werden hierdurch die Trägerfrequenzkanäle mehr oder weniger durch Geräusche beeinträchtigt. Dabei kann es vorkommen, daß einzelne Kanäle dauernd oder zeitweise unbenutzbar sind.

Wenn die Störungen in einer größeren Zahl von Verbindungen zu stark sind und ihre Ursache nicht in Leitungsfehlern haben, muß der Einfluß der Störungen dadurch verringert werden, daß den Empfangseinrichtungen der End- und Zwischenstellen stärkere Trägerfrequenzströme zugeführt werden. Hierfür muß die Leitungsdämpfung durch entsprechende Verkürzung der Strecken zwischen den End- und Zwischenstellen herabgesetzt werden.

Das kann z. B. dadurch geschehen, daß die Einschaltung der Zwischenverstärker in Abständen von beispielsweise $\frac{2}{3}$ der sich aus der zulässigen Leitungsdämpfung ergebenden Entfernung vorgenommen wird. Bei einer zulässigen Höchstdämpfung von 5 Neper für die höchste benutzte Frequenz würde das eine Herabsetzung der Dämpfung auf etwa 3,5 Neper entsprechen.

Die überbrückbare Höchstdämpfung (z. B. 5 Neper) ergibt sich aus der Leistung der Verstärker in den Sende- und Empfangseinrichtungen. Welche Leitungsdämpfung dagegen im Einzelfall zugelassen werden kann, ist von der Stärke der Störströme (Störpegel) der Leitung abhängig. Die volle Ausnutzung des Höchstwertes ist jedenfalls nur unter besonders günstigen Umständen, z. B. wenn nur niedrige Frequenzen benutzt werden (10 bis 30 kHz), und auch da im allgemeinen nur bei geringen Anforderungen an die Güte der Verbindungen möglich.

Besonders hohe Anforderungen an die Geräuschfreiheit der Verbindungswege stellt die Mehrfachausnutzung eines Sprechweges für **Fernschreibverbindungen** mit Hilfe der Wechselstromtelegrafie. Als Vierdrahtwege sind die Trägerfrequenzverbindungen grundsätzlich für den WT-Betrieb geeignet und können durch Ausschaltung der Gabeln vierdrähtig mit den WT-Einrichtungen verbunden werden.

Jedoch wirken sich auf die Fernschreibübertragung sämtliche Mängel der Übertragungswege besonders stark aus. Geräusche, die einen Sprechver-

fehr nur unwesentlich stören, können den WT-Betrieb bereits in Frage stellen. Besonders auch kurzzeitige Pegelschwankungen und Knackgeräusche, die im Fernsprechverkehr unter Umständen gar nicht beachtet werden, bringen laufend falsche Zeichen oder stören im Vermittlungsbetrieb durch dauerndes falsches Ansprechen der Anrufzeichen.

Kanäle, in denen schon die Sprechverständigung durch Geräuschstörungen beeinträchtigt wird, kommen für einen WT-Betrieb nicht in Frage.

Wenn daher auf einer Trägerfrequenzverbindung eine WT betrieben werden soll, ist hierfür unter den für den Sprechverkehr brauchbaren Kanälen der beste und störungsfreieste auszuwählen.

Bei Schwierigkeiten im Betriebe einer Sechsfach-WT, die auf Störströme zurückzuführen sind, ist es zweckmäßig, zunächst nur eine geringere Zahl von Fernschreibkanälen oder Eintonteleggraphie aufzuschalten. Die Sendepiegel der T-Kanäle können dann entsprechend höher gewählt werden, ohne daß eine Übersteuerung der Trägerfrequenzeinrichtungen eintritt.

Wesentlich unempfindlicher gegenüber den genannten Störungen ist der Feldfernschreiber (Typenbildschreiber), der unter Verzicht auf die Mehrfachausnutzung der Sprechkanäle eine Fernschreibübermittlung auch noch zuläßt, wenn der WT-Betrieb nicht möglich ist.

II. Die Achtefach-Fernsprecheinrichtung ME 8

Achtefach-Trägerfrequenzgerät der AEG

A. Außerer Aufbau

Die Teile des ME-Gerätes sind in Gestellen von 2,37 m Höhe und 0,66 m Breite untergebracht. Ein solches Gestell bietet Raum für 3 Verbindungseinheiten, d. h. für sämtliche Einrichtungen, die für 3 trägerfrequente Gespräche, also für 3 Sprechkanäle an einem Endpunkt der Fernleitung nötig sind. Neben den Trägerfrequenzeinrichtungen selbst enthält das Gestell noch ein Netzgerät, das aus dem Netzwechselstrom vor allem die für den Betrieb der Verstärker und sonstigen Röhrenschaltungen notwendigen Heiz- und Anodenspannungen liefert.

Auch ist Raum für die zur Trennung von Niederfrequenz- und Trägerfrequenzströmen notwendigen Frequenzweichen und die Anschlußleisten für

die Fernleitung sowie die Zuführungsleitungen für die einzelnen Sprechwege vorgesehen.

Da jedes Gestell 3 Verbindungseinheiten aufnimmt, sind für 6 Verbindungen 2 Gestelle, für 8 Verbindungen also 3 Gestelle notwendig.

Jede Verbindungseinheit besteht aus 5 Gerätesätzen (Schienen):

1. Der Endschaltung (Gabelschaltung);
2. dem Sender;
3. dem Empfänger;
4. dem Steuersatz;
5. dem Relaisatz mit Überwachungsfeld.

Die sich hieraus ergebende Bestückung eines Gestelles zeigt Abb. 7.

Eine zweite Gestellform ist das Kleingestell (Tischgestell), das bei gleicher Breite eine Höhe von nur 1 m hat und die Teile einer Verbindungseinheit einschli. des zugehörigen Netzgerätes aufnimmt (Abb. 8).

Die Zusammenschaltung der zu einer Mehrfachanlage vereinigten Kleingestelle erfolgt über ein Zusatzkleingestell (**Zusatzgerät**), das neben einer Pegelmeßeinrichtung, die für alle Verbindungseinheiten gemeinsamen beiden Frequenzweichen enthält (Abb. 9). Die Leitungsweiche (W_6) dient zur Trennung von Niederfrequenz- und Trägerfrequenzströmen, während die andere (W_{36}) als Richtungsweiche die Aufgabe hat, die für die beiden Übertragungsrichtungen benutzten Frequenzgruppen zu trennen und auf die vorgeschriebenen Wege zu leiten. Die Pegelmeßeinrichtung ist herausnehmbar, so daß sie auch für Messungen an anderer Stelle benutzt werden kann.

Zur Vereinfachung des Aufbaues der Anlage werden die einzelnen Kleingestelle untereinander und mit dem Zusatzgestell durch Steckerfabel verbunden. Das Zusatzgestell enthält im oberen Teil ein Verbindungsfeld, über das sämtliche Leitungsverbindungen laufen (Abb. 10). Für die Fernleitung und die Niederfrequenzverbindung sind Anschlußklemmen vorhanden.

Zur Verbindung der Eingänge der 8 Sprechkanäle mit den Vermittlungseinrichtungen und den Träger- und Niederfrequenzzuführungskabeln zu den einzelnen Verbindungseinheiten sind Steckerleisten vorhanden. Außerdem sind für die 8 Sprechverbindungen noch Trennbügel vorgesehen, damit in Störungsfällen sowohl der Trägerfrequenzweg als auch der Anschluß der Vermittlung unabhängig voneinander geprüft werden können und die hierzu nötigen Meßgeräte, z. B. der Pegelsender und -empfänger, angeschlossen werden können.

Die Sprechwege laufen über das Verbindungsfeld nur in der zum An-
schließen von Doppelleitungen und Vermittlungen nötigen Zweidraht-
schaltung. Kanäle, die in Vierdrahtschaltung weitergeführt werden sollen,
z. B. Vierdrahtdurchschaltung zu Kanälen anderer Trägerfrequenzlinien,
oder für die Wechselstromtelegrafie, werden mit Hilfe einer in den einzelnen
Kleingestellten vorhandenen Kurzschlusssteckerleiste entsprechend umgeschaltet.
Da das Verbindungsfeld des Zusatzgestelles nur in der Zweidrahtschaltung
liegt, sind für die Vierdrahtzuführungen Anschlußklemmen in den Klein-
gestellen für die einzelnen Verbindungseinheiten vorhanden.

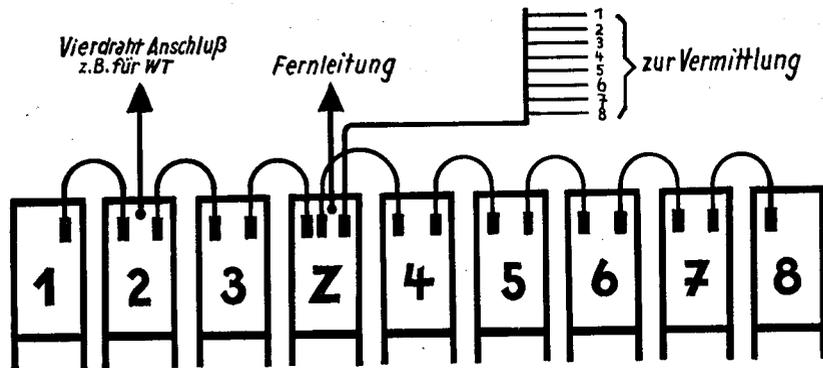


Abb. 10. Verbindung der Kleingestelle

Abb. 10 zeigt die Zusammenschaltung von 8 Kleingestellten 1—8 zu einer
Achtfachanlage mit Hilfe des Zusatzgestelles Z, an das die Fernleitung und
die Zuführungen zur Vermittlung angeschlossen werden. Im Beispiel der
Abbildung ist für den Kanal 2 eine Vierdrahtschaltung vorgesehen.

B. Frequenzverteilung und Reichweite

Da das ME-System sich aus mehreren voneinander unabhängigen Ver-
bindungseinheiten zusammensetzt, werden jeweils nur soviel Verbindungs-
einheiten zu einer Mehrfacheinrichtung vereinigt, als Verbindungswege be-
nötigt werden. Das System kann bis zu 8 Verbindungen erweitert werden.

Es wird die Richtungsgruppierung der Frequenzen angewendet (s. S. 10).
Die Trägerfrequenzen 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 und 27 kHz dienen der einen,
36, 39, 42, 45, 48, 51, 54 und 57 kHz der anderen Übertragungsrichtung.

Sende- und Empfangsteile einer Verbindungseinheit sind für die hiernach
der gleichen Verbindung dienenden Frequenzen eingerichtet. Z. B. benutzt
Verbindung 1 die Frequenzen 6 und 36 kHz, Verbindung 2 entsprechend
9 und 39 kHz usw.

Da die Frequenzen, die an einem Ende der Verbindung als Sendefre-
quenzen dienen, am entgegengesetzten Ende von den Empfangseinrichtungen
aufgenommen werden müssen, dort also Empfangsfrequenzen sind, unter-
scheidet man zwischen Verbindungseinheiten A und B.

Die Verbindungseinheiten A senden mit tiefen, empfangen dagegen
mit hohen Frequenzen. Die Verbindungseinheiten B arbeiten umgekehrt.
Die Verbindungseinheit A mit dem Kanal 1 (A₁) benutzt danach für die
Senderichtung den Träger 6 kHz, während der Empfänger für 36 kHz
eingerrichtet ist. Am andern Ende der Verbindung wird für den Kanal die
entsprechende B-Einheit (B₁) benötigt, die umgekehrt mit dem Träger
6 kHz empfängt und mit 36 kHz sendet.

Jede Trägerfrequenzendstelle setzt sich daher aus gleichartigen Verbin-
dungseinheiten zusammen, z. B. aus Verbindungseinheiten der Art A.
Die Gegenstelle am anderen Ende der mehrfach ausgenutzten Leitung muß
dann entsprechend B-Einheiten enthalten.

Die Reichweite einer ME-8-Anlage auf 3-mm-Leitungen beträgt bei
störungsarmen Leitungen bis über 250 km, in anderen Fällen 175—200 km.
Wenn auf die mit den höchsten Frequenzen arbeitenden Kanäle verzichtet
wird, können entsprechend größere Reichweiten erzielt werden. Um etwa
die Hälfte der Sprechwege auch noch bei Rauhreif verwenden zu können,
dürften die Entfernungen nicht über 120 km gewählt werden.

C. Aufbau und Wirkungsweise der Verbindungseinheit

Das Zusammenwirken der Teilgeräte entspricht grundsätzlich der in Abb. 3
wiedergegebenen Anordnung. Die Einzelgeräte und ihre Aufgaben zeigt
Abb. 11.

1. Die Endschaltung

Die Endschaltung besteht aus der Gabelschaltung G mit der notwendigen
Leitungsnachbildung N, die die zweidrahtige Zuführung zu den Fernsprech-
einrichtungen (Vermittlung) in die beiden Übertragungsrichtungen trennt.
Hierdurch entstehen getrennte Wege für die Sende- und die Empfangs-

richtung (Vierdrahtschaltung). In diesen Wegen enthält die Endschaltung Endverstärker V und Niederfrequenzfilter NF. Das Niederfrequenzfilter beschränkt die Sprechströme auf das Band von 300—2600 Hz, ein zugeordneter Entzerrer sorgt dafür, daß alle Frequenzen innerhalb dieses Bandes gleichmäßig übertragen werden.

Die in der Zweidrahtseite der Gabel liegende Verlängerungsleitung (künstliche Leitung) VL von 0,8 Neper Dämpfung ermöglicht es, verschiedenartige Einrichtungen (Leitungen, Vermittlungen) anzuschließen, ohne daß sich deren elektrische Eigenschaften auf die feste Nachbildung N wesentlich auswirken.

Zwischen den Eingangsklemmen 1 und 2 der an den Enden einer Fernleitung liegenden Trägerfrequenzgeräte besteht bei richtiger Einregelung der Endverstärker eine Dämpfung (Restdämpfung) von 0,8 Neper. Die Verstärkung der Endverstärker wird mit Hilfe der zwischen den Röhren angeordneten Steckwiderstände für die Senderichtung (S_1) und für die Empfangsrichtung (S_2) eingestellt.

Für Durchgangsschaltungen, das sind Verbindungen eines Trägerfrequenzkanals mit Fernleitungen, kann die halbe Verlängerungsleitung von 0,4 Neper überbrückt werden. Werden Kanäle verschiedener Trägerfrequenzstrecken zu einem langen Sprechweg zusammengeschaltet, so wird an den Übergangspunkten von einer Endschaltung zur anderen stets in beiden Endschaltungen 0,4 Neper der Verlängerungsleitung überbrückt. Eine so zusammengesetzte Verbindung hat dann die gleiche Gesamtdämpfung wie ein einzelner Kanal zwischen den Eingangsklemmen seiner Endschaltungen.

Um eine Trägerfrequenzverbindung mit Vierdrahtleitungen oder Kanälen anderer Trägerfrequenzverbindungen unmittelbar zusammenschalten zu können, können die Sendee- und Empfangsleitungen (S und E) der betreffenden Drahtverbindungen in der Endschaltung getrennt herausgeführt werden.

2. Der Sender

Der Sender hat die Aufgabe, die abgehenden Sprechströme mit Hilfe einer geeigneten Trägerfrequenz in eine höhere Frequenzlage zu verschieben. Die Trägerfrequenz wird vom Schwingungserzeuger Tr in einer Röhrenschaltung erzeugt und dem Modulator M zugeführt. Die von der Sendeseite der Endschaltung kommenden Sprechströme durchlaufen die Gleichrichterschaltung des Modulators und verlassen sie in Form von Seitenbändern der zugeführten Trägerfrequenz.

Die Trägerfrequenz selbst wird vom Modulator unterdrückt. Anschließend sorgt das zweiteilige Sendebandfilter SB dafür, daß nur ein Seitenband der gewünschten Breite auf die Leitung gelangt. Es wird das obere Seitenband der Trägerfrequenz übertragen.

Der zwischen die Sendebandfilter geschaltete Sendeverstärker SV gibt den modulierten Trägerströmen die Stärke, die notwendig ist, um Leitungsdämpfungen von 5—6 Neper gut zu überbrücken. Die Verbindung zur Fernleitung läuft über die Ausgangsklemmen 21 und 22 des Senders den entsprechenden Zweig der Richtungsweiche und das Hochpaßfilter H der Leitungsweiche.

Die Schaltung der Richtungsweiche, die die Sendee- und Empfangsfrequenzgruppen voneinander trennt, richtet sich nach der Art der Endstelle.

Bei einer Endstelle A, deren Verbindungseinheiten für das Ausenden der Frequenzen von 6—30 kHz eingerichtet sind, müssen die Sendeausgänge mit dem Tiefpaßfilter T verbunden sein. Über das Hochpaßfilter laufen dann die Empfangswege.

In einer Endstelle B muß umgekehrt das Tiefpaßfilter im Empfangs- und das Hochpaßfilter im Sendeweg liegen, da dort die höhere Frequenzgruppe ausgesendet wird.

3. Der Empfänger

Die Empfangsschaltung nimmt über das Hochpaßfilter der Leitungsweiche den in Frage kommenden Zweig der Richtungsweiche und die Eingangsklemmen 19 und 20 das für die Sprachübertragung in der entgegengesetzten Richtung dienende Frequenzband derselben Verbindung auf.

Das Empfangsbandfilter EB trennt dieses Band von den übrigen über die Leitung laufenden Frequenzbänder und führt es darauf dem Empfangsverstärker EV zu. Dann werden die Trägerströme in dem Modulator D in Niederfrequenzsprechströme zurückverwandelt.

Da die Trägerfrequenz selbst vom Sender nicht auf die Leitung übertragen wird, aber für die Demodulation ebenfalls nötig ist, wird im Empfänger vom Röhrengenerator Tr die gleiche Frequenz nochmals erzeugt, die am entgegengesetzten Ende des Kanals für die Modulation benutzt wird. Die Sprechströme, die so ihre ursprüngliche Form wiedererhalten haben, gelangen dann zur Empfangsseite der Endschaltung.

Zwischen das Empfangsbandfilter und den Verstärker ist die Pegelregelung PR eingeschaltet, die die Schwankungen der Leitungsdämpfung durch einen veränderlichen Widerstand selbsttätig ausgleicht. Die Wirkungsweise der Pegelregelung ist unter 4. (Steuerfah) beschrieben.

4. Der Steuer- und Relaisfah

Der Steuerfah enthält die Einrichtungen, die für die selbsttätige Pegelregelung und die Übertragung des Rufstromes gebraucht werden.

Die Wirkungsweise der Pegelregelung ist folgende:

In einem Röhrengenerator St wird eine Steuerfrequenz von 2900 Hz erzeugt, die zusammen mit den Sprechströmen dem Modulator des Senders zugeführt wird. Um Schwankungen der Steuerfrequenzspannung auszu-schließen, wird dem Generator die Anodenspannung über einen Stabilisator (Glimmröhre) zugeführt. Die Bandfilter sind so eingerichtet, daß diese Frequenz noch mit übertragen wird. Am entgegengesetzten Leitungsende wird diese Frequenz nach der Modulation über einen Steuerfrequenzfilter StF dem Steuerfrequenzverstärker StV zugeleitet. In die Sprechwege der Endschaltung kann die Steuerfrequenz nicht eindringen, da das Niederfrequenzfilter NF für Frequenzen über 2600 Hz undurchlässig ist.

Die Steuerfrequenz wird vom Sender mit gleichbleibender Stärke auf die Leitung gegeben. Ist die Leitungsdämpfung konstant, so wird auch die Steuerfrequenz hinter dem Verstärker StV gleichmäßige Stärke haben. Verändert sich dagegen die Dämpfung, so wirken sich solche Schwankungen in einem Ansteigen oder Schwächerwerden des Steuerfrequenzstromes aus. Hinter dem Verstärker wird dieser Strom in einem Gleichrichter G1 gleichgerichtet und darauf den Relais G und E im Relaisfah zugeführt. Die Relais sprechen, je nachdem der Strom über oder unter dem vorgeschriebenen Wert liegt, verschieden an und schalten über ihre Kontakte einen kleinen Elektromotor so ein, daß er den mit ihm verbundenen Regelwiderstand PR in der einen oder anderen Richtung dreht. Dieser Widerstand liegt hinter dem Bandfilter des Empfängers EB und vergrößert oder verkleinert die zum Empfangsverstärker EV gelangenden Ströme. Ist die Leitungsdämpfung zu hoch geworden, schaltet der Motor selbsttätig den Widerstand aus; sinkt die Leitungsdämpfung dagegen, wird durch entgegengesetzte Drehbewegung des Motors Widerstand zugeschaltet. Auf diese Weise wird erreicht, daß die Steuerströme und damit auch die Sprechströme trotz der Dämpfungsschwankungen gleichbleibende Stärke behalten. Da jedem

Dämpfungswert eine bestimmte Stellung des Regelwiderstandes entspricht, ist der Pegelregler PR mit einer Skala versehen, die die jeweils vorhandene Leitungsdämpfung anzeigt.

Die Rufstromübertragung beruht darauf, daß während der Rufstromsendung die Stärke des Steuerstroms wesentlich erhöht wird. Durch den ankommenden stärkeren Steuerstrom spricht im Relaisfah neben den Relais G und E noch das Rufimpulsrelais J an, das über das Relais F aus einer Rufstromquelle an den Eingang der Endschaltung Rufstrom schickt, der in den angeschlossenen Fernsprecheinrichtungen das zugehörige Ruforgan betätigt.

In umgekehrter Richtung ankommender Rufstrom gelangt auf dem gleichen Wege zum Relais A. Hierdurch wird für die Dauer des Rufes im Steuerfrequenzgenerator St ein Widerstand ausgeschaltet, wodurch stärkerer Steuerstrom zum Modulator fließt. Während des Rufvorganges wird der Pegelregler durch ein besonderes Relais G abgeschaltet.

Von den im Relaisfah untergebrachten Relais sind hier nur die für die Übertragungsvorgänge wichtigen erwähnt.

5. Überwachungsfeld und Betriebsüberwachung

Die für die laufende Betriebsüberwachung notwendigen Teile enthält das Überwachungsfeld neben dem Relaisfah. Auf der linken Seite des Überwachungsfeldes (Abb. 12) befindet sich ein Kippshalter, durch den die

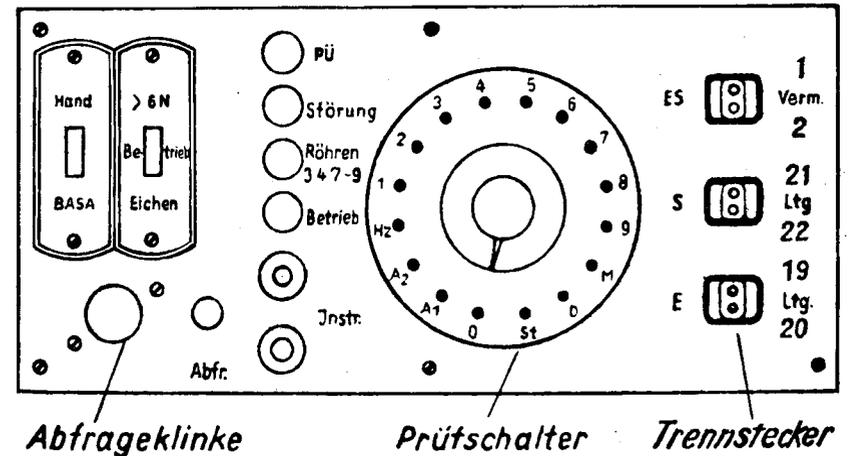


Abb. 12. Überwachungsfeld

Eingangsschaltung der benutzten Verbindungseinheit der angeschlossenen Fernsprecheinrichtung angepaßt wird. Ist der Verbindungsweg auf einer Handvermittlung oder einen Endapparat geschaltet, dann muß der Schalter in Stellung „Hand“ stehen. (Die andere Stellung dient zum Anschluß an Wähleinrichtungen bestimmter Bauart.)

Der danebenliegende Kippschalter ist dem **Regelregler** zugeordnet (s. S. 24).

Unter den Schaltern befindet sich die **Abfrageleuchte** für den zugehörigen Handapparat und die Abfrageleuchte „Abfr.“, mit der man sich in die Verbindung einschalten kann.

4 Signallampen dienen zur selbsttätigen Anzeige des Betriebszustandes der Verbindung. Es bedeutet das Leuchten der

- roten Lampe PÜ = Regelüberwachung,
- roten " = Störung,
- weißen " = Röhren 3, 4, 7, 8, 9 (s. unter Punkt 6),
zum Teil nicht betriebsfähig,
- grünen " = ordnungsmäßiger Betrieb.

Um die Ursache einer eingetretenen Störung feststellen (s. S. 28) oder eine Prüfung der wichtigsten elektrischen Werte und der Röhren vornehmen zu können, wird das zum Gerät gehörende Drehspulinstrument AEG Typ R an die unter den Signallampen befindlichen Buchsen „Instr.“ angeschlossen.

Mit Hilfe des **Prüfswitchers** im rechten Teil des Überwachungsfeldes können dann folgende Betriebswerte geprüft werden:

- In Schalterstellung 0 Nullstellung,
- " " A₁ nichtstabilisierte Anodenspannung,
- " " A₂ stabilisierte Anodenspannung,
- " " Hz Heizspannung,
- " " 1—9 Anodenstrom der Röhren 1—9,
- " " M Trägerfrequenzspannung im Sender,
- " " D Trägerfrequenzspannung im Empfänger,
- " " St Steuerfrequenzspannung.

Bei vorschriftsmäßigen Werten steht der Zeiger des Instruments in dem grünen Bereich, für Stellung St auf der roten Marke.

Steht in Stellung 1—9 der Zeiger weit unterhalb des grünen Bereichs, so ist die betreffende Röhre auszuwechseln. Liegt der Ausschlag für die

Heizspannung außerhalb des Bereichs, dann ist die Netzspannung zu hoch oder zu niedrig und wenn möglich nachzuregulieren. Weicht die Steuerspannung von dem vorgeschriebenen Wert ab (rote Marke), so wird sie durch Verstellen des Reglers St im Steuerfaß mit dem Schraubenzieher nachgeregelt.

Diese Betriebsprüfung ist möglichst täglich vorzunehmen, nachdem die Röhren wenigstens 10 Minuten eingeschaltet waren.

6. Stromversorgung, Röhren, Einschaltung des Geräts

Die Stromversorgung der in einem Gestell untergebrachten Verbindungseinheiten erfolgt durch das zugehörige Netzgerät. Die Transformatoren sind für Wechselspannungen von 110, 127, 150, 220 und 240 Volt benutzbar. Ein Transformator liefert über Trockengleichrichter die Anodenspannungen, ein anderer 4 Volt Wechselstrom für die Röhrenheizung, außerdem Signalspannung, Spannung für den Ruf und den Regelregelmotor.

Eine Verbindungseinheit ist mit folgenden technischen Röhren bestückt:

- Röhre 1 Typ C 3b = Trägerfrequenzgenerator,
- " 2 " E 2d = Sendeverstärker,
- " 3 " Bi = Endverstärker,
- " 4 " Bi = Endverstärker,
- " 5 " C 3b = Trägerfrequenzgenerator,
- " 6 " E 2d = Empfangsverstärker,
- " 7 " Bi = Steuerfrequenzverstärker,
- " 8 " E 2d = Steuerfrequenzverstärker,
- " 9 " Bi = Steuerfrequenzgenerator.

Die Bi-Röhre ist eine Dreipolröhre, E 2d eine Vierpolröhre, C 3b eine Fünfpolröhre. Sämtliche Röhren sind indirekt geheizt.

Die Netzgeräte sind etwa 1/2 Stunde vor Inbetriebnahme durch den Netzschalter einzuschalten. Danach leuchtet die Glühlampe im Netzgerät. Außerdem müssen die Schalter für die zu benutzenden Verbindungseinheiten auf „Ein“ stehen.

Außerdem ist regelmäßig der Regelregler zu prüfen. Hierzu wird der rechte Kippschalter, der normalerweise auf „Betrieb“ steht, in die Stellung „Eichen“ gedrückt. Die Lampe PÜ darf dann nicht aufleuchten. Andernfalls muß der Einstellknopf „Eichen“ (im Steuerfaß links) so eingestellt werden, daß die Lampe verlöscht.

Feststellung von Störungsursachen

Vorhandenes Lampensignal	Notwendige Prüfung	Ergebnis	Störung
Rote Störungs- Glühlampe im Netz- gerät	Prüfschalterstellung 1, 2, 5, 6, M, D, St	a) Normal b) Bei 1, 2, 5 oder 6 kein Ausschlag c) Bei M, D oder St kein Ausschlag	a) Gegenstation außer Betrieb oder Leitung gestört oder Lei- tungsdämpfung zu hoch. Not- betrieb versuchen b) Entsprechende Nöhre fehlerhaft c) Störung im Gerät
Weisse Lampe Glühlampe	3, 4, 9	Bei 3, 4 oder 9 kein Ausschlag	Entsprechende Nöhre fehlerhaft
Weisse Lampe Rote Störungs- Glühlampe	1-9	a) bei allen Stellungen kein Ausschlag b) Bei 7 oder 8 kein Aus- schlag	a) Anodensicherung durchgebrannt b) Entsprechende Nöhre fehlerhaft
Keine Lampe	Alle Stellungen	Kein Ausschlag	Netzspannung fehlt oder Netz- sicherung durchgebrannt
Glühlampe	Alle Stellungen	Normal	Sicherung „Signalspg.“ durchge- brannt

Steigt die Dämpfung einer Freileitung durch Witterungseinflüsse oder Fehler über 6 Neper, was an der Skala des Regelreglers, Verlöschen der grünen Betriebslampe und Ausleuchten der roten Störungs-
lampe erkennbar ist, so kann ein Notbetrieb mit entsprechend schlechterer Sprachübertragung aufrechterhalten werden. Hierzu wird der rechte Wippschalter im Überwachungsfeld auf Stellung „6 N“ gelegt, wobei die grüne Betriebslampe und die Störungs-
lampe leuchten.

Die Umschaltung auf Notbetrieb muß in beiden zwischen den Endpunkten einer Trägerfrequenzverbindung miteinander arbeitenden Verbindungseinheiten vorgenommen werden.

Auf der rechten Seite des Überwachungsfeldes sind für die Niederfrequenz- und Hochfrequenzzuführungen der Verbindungseinheit Trennstecker untergebracht, mit denen die Endschaltung ES von der Zuführung zur Vermittlung (Anschlußklemmen 1 und 2) und Sender S sowie Empfänger E von der Richtungsweiche und damit von der Fernleitung Ltg (Anschlußklemmen 19, 20 und 21, 22) getrennt werden können.

Bei der vorgeschriebenen Restdämpfung von 0,8 Neper soll die Pfeissicherheit der Verbindungen so groß sein, daß die Verstärkungsregler der Endschaltung S 1 und S 2 um je 3 Stellungen weitergesteckt werden können, ohne daß Pfeifen eintritt.

Nach dieser Prüfung auf Pfeissicherheit, die in größeren Zeitabständen vorzunehmen ist, sind die Regler wieder zurückzustocken. Bei ungenügender Pfeissicherheit muß die Ursache durch Regelmessungen festgestellt werden.

III. Der Zwischenverstärker für die Lichtfachanlage (ME-Zwischenstelle)

A. Wirkungsweise und Aufbau

Mit den ME-8-Einrichtungen können bis zu 8 Trägerfrequenzkanäle auf einer Leitung gebildet werden. Die höchste Frequenz liegt bei 60 kHz. Daraus ergibt sich auf 3-mm-Freileitungen eine Reichweite von rund 200 km. Die Zahl der Zwischenverstärker zwischen den Endstellen einer mehrfach ausgenutzten Strecke wird daher im allgemeinen gering

sein. In solchen Fällen genügt die selbsttätige Pegelregelung durch die Endstellen. Die Zwischenstellen enthalten keine eigenen Regelungseinrichtungen. Die Verstärker arbeiten ohne Frequenzumseher. Hieraus ergibt sich ein einfacher Aufbau der Zwischenverstärkeranlagen. Nachbarleitungen müssen daher unter Umständen mit Tiefpaßfiltern ausgerüstet werden (s. S. 12).

Für die Achtfachanlage liegen die Frequenzgruppen bei 6—30 kHz für die eine und 36—60 kHz für die andere Übertragungsrichtung. Entsprechend sind die Empfangs- und Sendefilter EF und SF der Richtungsweichen W_{k36} (s. Abb. 5) bemessen.

Zur Trennung der Niederfrequenz- und Trägerfrequenzwege vor und hinter den Verstärkern dienen die Hoch- und Tiefpaße H und T der Leitungsweichen W_6 . Jede Übertragungsrichtung enthält einen dreistufigen Verstärker, dessen Endstufe aus 2 Röhren besteht. Die Verstärkung beträgt bis zu 5,5 Neper und wird durch Regler den Empfangspegeln der benutzten Leitungen angepaßt (bei der älteren Ausführungsform durch Umlöten), deren Dämpfung wegen der Frequenzunterschiede zwischen den Richtungsgruppen in den beiden Übertragungsrichtungen verschieden ist. Die durch die frequenzabhängige Leitungsdämpfung bedingten Pegelunterschiede innerhalb einer Richtungsgruppe werden durch einstellbare Entzerrer EA und EB ausgeglichen, die vor die Eingänge der Verstärker für die beiden Übertragungsrichtungen A—B und B—A geschaltet sind. Der Anschluß der beiden Fernleitungstrecken wird dem Verstärker dadurch angepaßt, daß der von einer Endstelle A kommenden Leitung, in der die tiefen Frequenzen (6—30 kHz) ankommen, die Richtungsweiche zugeordnet wird, deren Empfangsfilter für tiefe (Tiefpaß) und deren Sendefilter für hohe Frequenzen eingerichtet ist. Die andere demnach zu einer Endstelle B führende Leitung muß daher entsprechend auf die umgekehrt geschaltete zweite Richtungsweiche auflaufen.

Um Betriebsunterbrechungen durch Störungen in den Verstärkern möglichst zu verkürzen, enthalten die Verstärkergestelle älterer Ausführung je einen Betriebs- und Reserveverstärker für jede Richtung, also insgesamt 4 Verstärker. Jedem Betriebsverstärker ist ein eigenes Netzgerät zugeteilt. Für Störungsfälle ist ein Reservenehanschlußgerät vorhanden.

Bei Ausfall eines Verstärkers, z. B. durch Unbrauchbarwerden einer Röhre, erscheinen nicht nur entsprechende Signale (Marmwecker, Verlöschen der Betriebslampe), sondern gleichzeitig wird durch Relais an Stelle des Be-

triebsverstärkers der Reserveverstärker eingeschaltet, so daß die Verbindungen nur während der Anheizzeit (1 Minute) unterbrochen sind.

Zur Prüfung des gestörten Verstärkers wird im zugehörigen Relaisfeld der Meßschalter des Verstärkers mit dem Instrumentenfeld verbunden. In den 10 Stellungen des Schalters können dann die Anoden-Schirmgitter- und Relaisbetriebsspannungen sowie Anoden- und Schirmgitterströme der Verstärkerrohren gemessen werden. Zur Stromversorgung des zu untersuchenden Verstärkers dient das Reservenehgerät.

Die im Betrieb befindlichen Verstärker sind am Leuchten der roten Warnungslampen unter den Steckerbuchsen in den Relaisfeldern zu erkennen. Die Spannungen der Netzgeräte sind an 9 Buchsen geführt, so daß die Stromversorgung eines der 4 Verstärker auch über ein Steckerkabel vom Reservenehgerät erfolgen kann. Dieses Kabel ist in Störungsfällen in die linke Buchsenreihe des Reservenehgerätes und in eine der mit V_1 bis V_4 bezeichneten Buchsenreihen der zu untersuchenden Verstärker im zugehörigen Relaisfeld einzuführen. Da die rote Warnungslampe nur leuchtet, wenn der betreffende Verstärker unter Strom steht, darf das Steckerkabel nur mit Verstärkern verbunden werden, deren rote Lampe nicht leuchtet.

Störungen eines Netzgerätes sind daher neben dem Weckalarm am Verlöschen der Betriebslampen des Betriebs oder des Reserveverstärkers der betreffenden Übertragungsrichtung zu erkennen. Die Umschaltung auf das Reservenehgerät wird durch Steckerkabel vorgenommen. Das gestörte Gerät wird zur Prüfung zweckmäßig mit einem nicht benutzten Reserveverstärker zusammengeschaltet.

Die linke Buchsenreihe des Netzgerätes führt zu seinen Stromquellen, die rechte zu den Verstärkern. Bei beiden Buchsenreihen sind bei normalem Betrieb durch einen Kurzschlußstecker verbunden. Ist ein Netzgerät schadhaf, so ist der Kurzschlußstecker zu entfernen und das Reservenehgerät über ein Steckerkabel mit den Verstärkerbuchsen zu verbinden.

Eine Zwischenverstärkereinrichtung der beschriebenen Art enthält demnach im wesentlichen folgende in einem Gestell untergebrachten Einzelgeräte:

- 2 Betriebs- und 2 Reserveverstärker,
- 2 Relaisfelder mit Meßschaltern für je 2 Verstärker,
- 2 Betriebs- und 1 Reservenehgerät,
- 1 Instrumentenfeld (Überwachungsfeld), Leitungs- und Richtungsweichen,
- 1 Sicherungsfeld.

Die Verstärker sind mit je 2 E2d-Röhren in den Vorstufen und je 2 Ed-Röhren in der Endstufe bestückt.

Die neuere Ausführungsform der Zwischenstelle (Abb. 13) ist durch Wegfall der Reserveverstärker und Reserveekzgeräte erheblich vereinfacht worden. An Stelle der Reserveverstärker enthalten die Vorstufen der Verstärker je eine Betriebs- und Ersatzröhre. Wird die Betriebsröhre unbrauchbar, so schaltet ein Relais die schadhafte Röhre ab und die Ersatzröhre ein. Jeder Verstärker enthält insgesamt 6 Röhren der Art E2d. Die Höhe des Verstärkergestells beträgt rund 1,5 m. Das Gestell enthält im unteren Teil das Meßanschlußgerät, darüber die Verstärker V_1 und V_2 für die beiden Übertragungsrichtungen. V_1 überträgt die Frequenzen von 6—30 kHz, V_2 36—60 kHz, dann folgt das Relais- und Überwachungsfeld mit dem Meßgerät, weiter 2 Leitungsweichen W_6 auf der Rückseite und 2 Richtungsweichen Wk_{36} auf der Vorderseite und am oberen Rande die Signallampe sowie die Anschlußklemmen für die Fernleitungen und die Niederfrequenzverbindungen. Zwischen den Leitungsweichen befindet sich ein Schaltfeld, über das die Verbindungen zwischen den Weichen und Verstärkern geführt sind. Verstärkungsgrad und Entzerrung werden an dem Verstärker durch Drehschalter eingestellt. Das Meßgerät enthält neben dem Meßschalter besondere Schalter für jeden Verstärker.

Die Drehschalter zum Einstellen der Verstärkung und Entzerrung bestehen aus 24 Stufen. Die Verstärkung kann neben diesen 24 Feinstufen zu je 0,15 Neper noch durch eine Grobstufe um 1 Neper verändert werden. Die Grobstufe wird durch Umlöten einer Drahtbrücke ein- und ausgeschaltet. Die größte Verstärkung beträgt 5,5 Neper.

B. Handhabung und Überwachung¹⁾

Die Fernleitungen F_1 (aus Richtung A kommend) und F_2 (in Richtung zu einer Endstelle B gehend) werden an die Klemme F_1 und F_2 im Anschlußfeld hinten angeklemt. Der Meßanschluß erfolgt an Klemmschrauben auf einer Porzellanleiste im Meßanschlußgerät. Die Gestelle sind für 220 V eingestellt. Beträgt die Spannung nur 110 V, so ist auf der Rückseite des Meßanschlußgerätes an einer Schaltplatte eine Umschaltung vorzunehmen.

Sämtliche Schalter des Meßanschlußgerätes müssen zur Inbetriebnahme auf „Ein“ gestellt werden. Dann leuchten die Meßüberwachungs-glimmlampen und die Lampen der Gleichrichter 1 und 2 auf. Im Überwachungsfeld

¹⁾ Für die Verstärker neuer Ausführungsform.

feld (Abb. 13a) leuchten die beiden Lampen U_a und im Gestellkopf die Alarmlampen auf. Der Wecker kann mit der weißen Taste im Anschlußfeld abgestellt werden. Nach der Anheizzeit von 1 Minute erlöschen die Überwachungslampen. Das Ausleuchten der grünen Betriebslampen zeigt an, daß der Verstärker betriebsbereit ist.

Zur Messung der für den Betrieb gewünschten Werte der Verstärker beider Richtungen sind im Überwachungsfeld ein Drehspulinstrument und ein Meßumschalter eingebaut, mit deren Hilfe folgende Werte geprüft werden können:

1. die Anodenströme der 4 Betriebsröhren des Verstärkers 1,
 2. die dazugehörige Anodenspannung,
 3. die Anodenströme der Betriebsröhren des Verstärkers 2,
 4. die dazugehörige Anodenspannung,
 5. Anodenstrom
 6. Schirmgitterstrom
 7. Anodenspannung
- } des Röhrenprüfsockels,
8. Begeßstellung P_1 für Richtung 1, Begeßstellung P_2 für Richtung 2.

Zu prüfende Röhren werden in den auf der rechten Seite des Überwachungsfeldes befindlichen Röhrensockel eingesetzt. In den Stellungen I_a und I_{sg} des Meßschalters werden Anodenstrom bzw. Schirmgitterstrom getrennt geprüft, wenn der Zeiger im roten Bereich steht, ist die Röhre brauchbar.

Jeder Verstärker wird durch eine Reihe von Signallampen überwacht. Im Betriebszustand leuchtet die grüne Betriebslampe. Die Betriebslampen für die Verstärker beider Richtungen sind rechts und links vom Instrument angebracht. Beim Auftreten einer Störung oder bei Umschaltung auf Ersatzröhren leuchtet die betreffende Störungslampe auf (Abb. 13a). Außerdem erscheint als Hauptsignal die rote Alarmlampe im Gestellkopf mit einem Störungswecker. Wenn durch die Störung der Betrieb nicht unterbrochen wird, bleibt die grüne Lampe eingeschaltet. Die anderen Signallampen zeigen die Ursache der Störungen an. U_a leuchtet beim Ausfall der Anodenspannung, $R^{1/2}$ und $R^{3/4}$ sowie $R^{5/6}$ zeigen den Ausfall der betreffenden Röhren an, während HR_2 und HR_4 die Unterbrechung des Heizstromes der Ersatzröhren überwachen. Der Heizstrom der Ersatzröhren ist auch eingeschaltet, wenn die Betriebsröhren arbeiten. Die beiden Betriebschalter stehen normalerweise in der Mittelstellung. Fällt eine der Betriebsröhren aus, so kommt die entsprechende weiße Lampe als Zeichen, daß das Relais auf die Ersatzröhre umgeschaltet hat. Bevor

Störungen im ME-Zwischenverstärker

Sampehsignal	Ursache	Behebung der Störung
Rote Lampe Ua	Knotenspannung fehlt	Sicherung des betr. Verstärkers austauschen
Weisse Lampe HR ₂ oder HR ₄ und grüne Betriebslampe	Heizstrom der Ersatzröhren R ₂ oder R ₄ fehlt	Röhre R ₂ oder R ₄ austauschen
Weisse Lampe R ¹ / ₂ oder R ³ / ₄ und grüne Betriebslampe	Betriebsröhre R ₁ oder R ₃ ausgefallen. Verstärker hat auf Ersatzröhre umgeschaltet	Röhre R ₁ oder R ₃ austauschen
Rote Lampe R ¹ / ₂ oder R ³ / ₄	Betriebsröhre R ₁ und Ersatzröhre R ₂ oder Betriebsröhre R ₃ und Ersatzröhre R ₄ ausgefallen. Verstärker hat auf Ersatzröhre umgeschaltet	Beide Röhren der betr. Stufe austauschen
Rote Lampe R ₅ oder R ₆ , grüne Betriebslampe	Endröhre R ₅ oder R ₆ unbrauchbar	Schadhafte Endröhre austauschen
Rote Lampen R ₅ und R ₆	Endröhren unbrauchbar	Beide Endröhren austauschen
Keine Lampe	Messspannung fehlt	Messicherung austauschen Stromversorgung einschalten

die schadhafte Röhre ausgewechselt wird, ist der Betriebsschalter auf „Ersatz“ zu stellen. Nach Beseitigung der Störung muß der Betriebsschalter kurzzeitig auf „Auslösung“ gelegt werden, um den Normalzustand wieder herzustellen. Die Taste dient zum Abschalten des Störungsweders.

Zur Einpegelung des Verstärkers wird der Pegelschalter auf die einzupegelnde Richtung p₁ oder p₂ gelegt, der Messschalter ebenfalls in die Stellung p₁ oder p₂ gebracht, worauf das Instrument den jeweiligen Pegel anzeigt. Nun wird an dem betreffenden Verstärker mit Hilfe des Verstärkungsreglers der Normalpegel eingestellt. Der Betriebspegel am Ausgang jedes Verstärkers (Sendepiegel) beträgt normalerweise 1 Neper.

Zuerst wird der Verstärker V₁ eingepgelt, dazu wird die Endstelle A zum Senden des Meßtones eines Pegelsenders auf Kanal 7 veranlaßt. Im Überwachungsfeld müssen dabei Pegelschalter und Messschalter auf p₁ stehen. Im Verstärker V₁ wird der große Knopf (Entzerrung) in Stellung 25 gebracht und der kleine Knopf von Stellung 1 ausgehend so lange gedreht, bis das Instrument auf der Neper-Skala +0 anzeigt, darauf wird Kanal 2 mit dem Meßton belegt und der große Knopf, von Stellung 25 ausgehend, so lange gedreht, bis der Zeigerausschlag wieder +0 Neper beträgt. Der Verstärker 2 wird in der gleichen Weise eingepgelt, wobei die Schalter auf Stellung p₂ stehen müssen. Nach dem Einpegeln sind die Pegelschalter in die Mittelstellung zu bringen.

Da die Stellung 0 des Instruments dem Normalpegel + 1 Neper entspricht, müßte, wenn z. B. mit einem Endpegel von + 1,5 Neper gearbeitet werden soll, das Instrument auf + 0,5 Neper eingeregelt werden.

IV. Die Fünfzehnfach-Fernsprecheinrichtung MG 15

Siemens-Trägerfrequenzgerät

A. Grundsätzliche Arbeitsweise der Fünfzehnfachanlage

Die Übertragungswege für die 15 Sprechverbindungen benutzen auf der Fernleitung den Frequenzbereich von 48—156 kHz. Die derselben Übertragungsrichtung dienenden Frequenzbänder sind zu Richtungsgruppen zusammengefaßt. Der Bereich von 48—93 kHz enthält die 15 nebeneinanderliegenden Frequenzbänder für die eine, der Bereich von 111 bis

156 kHz die Frequenzbänder für die entgegengesetzte Richtung. Da die Sprachfrequenzen von 300—2700 Hz übertragen werden, beträgt die Breite der einzelnen Bänder $2700 - 300 = 2400$ Hz. Je 2 den verschiedenen Gruppen angehörende Frequenzbänder sind zu einem Sprechweg zusammengefaßt.

Dabei bilden das tiefste und das höchste Band, also 48,3 bis 50,7 und 153,3—155,7 kHz die erste Verbindung. Die zweite Verbindung benutzt entsprechend die Frequenzen 51,3—53,7 kHz in der einen und 150,3—152,7 in der anderen Richtung usw. bis zur 15. Verbindung mit den Bändern 90,3—92,7 und 111,3—113,7 kHz.

Eine Besonderheit in der Arbeitsweise der Fünfzehnfacheinrichtung MG besteht darin, daß die Umsetzung der Sprachfrequenzen in die zur Übertragung auf der Fernleitung benutzten Frequenzbereiche nicht durch eine einfache, sondern stufenweise durch mehrfache Modulation vorgenommen wird. Hierdurch wird erreicht, daß die Zwischenräume zwischen den nebeneinanderliegenden Frequenzbändern verhältnismäßig klein sein können, ohne daß die Anforderungen an die Trennschärfe und damit der Aufwand für die Filter sehr hoch werden.

Die stufenweise Modulation wird in einer Vorumsetzung, einer darauffolgenden Bandumsetzung und schließlich einer Gruppenumsetzung durchgeführt.

In der Vorumsetzungsstufe werden die Sprachfrequenzen aller Verbindungen zunächst mit Hilfe einer Trägerfrequenz von 6 kHz durch Modulation in Frequenzbänder von 3,3—5,7 kHz verwandelt. Die oberen Seitenbänder (6,3—8,7 kHz) werden durch entsprechende Filter unterdrückt. Die nächste Modulationsstufe (Bandumsetzung) bewirkt durch Verwendung verschiedener Trägerfrequenzen die frequenzmäßige Trennung der 15 vormodulierten Sprachbänder. Die hierzu benutzten Trägerfrequenzen betragen 21, 24, 27 usw. bis 54 kHz. Die entstehenden Frequenzbänder füllen den Bereich von 15—60 kHz aus. Über die Bandfilter der 15 Bandmodulatoren werden die Frequenzbänder nun zu einer Grundgruppe vereinigt und so dem Gruppenumsetzer GU_1 zugeführt. Dieser erzeugt durch Modulation eines Trägers von 171 kHz über ein Bandfilter den auf der Leitung für die eine Übertragungsrichtung benutzte Frequenzgruppe von 111—156 kHz. Für die Übertragung in der Gegenrichtung muß diese Frequenzgruppe durch eine zweite Gruppenumsetzung GU_2 mit Hilfe des Trägers 204 kHz noch in den für diese Richtung vorgesehenen Frequenzbereich von 48—93 kHz verschoben werden.

Der beschriebenen Sendefrequenzumsetzung durch Modulation in mehreren Stufen entspricht am entgegengesetzten Leitungsende eine gleiche Empfangsfrequenzumsetzung. Bei dieser erfolgt die Demodulation in umgekehrter Stufenfolge unter Benutzung der gleichen Trägerfrequenzen wie auf der Sendeseite.

Abb. 15 zeigt die gesamte Frequenzumsetzung innerhalb einer Fünfzehnfacheinrichtung. Die Zahlen geben die vorhandenen Frequenzen in kHz an. In der Senderichtung laufen die Sprechströme der Kanäle 1—15 z. B. vom Sendeteil der Gabelschaltungen über die Vorumsetzer VU, Bandumsetzer BU und die beiden Gruppenumsetzer GU_1 und GU_2 zur Richtungsweiche RW, die die tieferliegende Frequenzgruppe der Senderichtung (48,3—93,7 kHz) von den höheren Frequenzen der Gegenrichtung (111,3 bis 155,7 kHz) durch entsprechend bemessene Hoch- und Tiefpaßfilter HT trennt.

Im Empfangsteil der gleichen Einrichtung wird nur 1 Gruppenumsetzer benötigt, da die Frequenzgruppe der Gegenrichtung (111,3—155,7 kHz) im Sender am entgegengesetzten Leitungsende ebenfalls nur durch einmalige Gruppenumsetzung entstanden ist.

Zwischen den Trägerfrequenzeinrichtungen und der Fernleitung befindet sich noch die Leitungsweiche LW, die die für die Fünfzehnfachübertragung benötigten Frequenzbereiche von den tieferen Frequenzen (unter 40 kHz) trennt.

In dem Frequenzbereich bis 40 kHz können neben einer Niederfrequenzverbindung mit geeigneten Einrichtungen nochmals 3—4 Trägerfrequenzwege geschaffen werden.

Die Reichweite der Fünfzehnfacheinrichtungen ist infolge des bis fast 160 kHz reichenden Frequenzbereiches nicht sehr groß. Die zulässige Dämpfungsgrenze von 5 Neper wird bei Benutzung einer 3-mm-Leitung und Berücksichtigung der erhöhten Dämpfung bei feuchtem Wetter schon bei einer Entfernung von 100 km fast erreicht. In längeren Strecken müssen Zwischenstellen mit Verstärkern in den Übertragungsweg eingeschaltet werden.

B. Aufgaben und Wirkungsweise der Einzelgeräte

Einen Überblick über das Zusammenwirken der für die trägerfrequente Sprachübertragung notwendigen Einrichtungen gibt Abb. 16.

1. Die Einrichtungen des Sendeteils.

Die von den Fernsprecheinrichtungen (Vermittlung oder Endapparat) kommenden Zuführungsleitungen zu den 15 Trägerfrequenzkanälen enden

in der MG-Anlage an Gabelschaltungen G mit Leitungsnachbildungen N. Durch die Gabelschaltung werden die beiden Sprechrichtungen voneinander getrennt, da in den Mehrfachgeräten die Ströme der beiden Sprechrichtungen verschiedene Wege benutzen (Vierdrahtschaltung s. Abb. 3).

Wird an Stelle der Zweidrahtzuführung F_2 eine Vierdrahtleitung mit einem Sprechkanal in Verbindung gebracht, dann wird die Gabel abgetrennt und die entsprechenden Zweige der Vierdrahtleitung unter Umständen über Verlängerungsleitungen VL_1 und VL_2 unmittelbar an die Sende- (F_2 an) und die Empfangseinrichtung (F_2 ab) gelegt. Die Verlängerungsleitung im Sendeweg setzt den Sendepiegel der Vierdrahtleitung auf den Eingangspiegel des Kanaleingangs ($-1,85$) herab.

Da die Trägerfrequenzkanäle nur Wechselströme des Sprachfrequenzbereichs (300—2700 Hz) übertragen, ist in die Zuführung zur Gabelschaltung ein Tonfrequenz-Rufumseher TRU eingeschaltet. Dieser setzt den z. B. von der Vermittlung ankommenden Rufstrom von 25 Hz in eine Tonfrequenz von 500 Hz um, die von den Sprechkanälen übertragen wird. Die Frequenz von 500 Hz wird in kleinen Maschinen erzeugt und gleichzeitig mit 20 Hz moduliert (Rufmaschine 500/20). Der ankommende gewöhnliche Rufstrom läßt ein Relais ansprechen, das den Tonfrequenz-erzeuger mit dem Kanaleingang verbindet.

Da in **Vierdrahtleitungen** allgemein der Tonfrequenzruf verwendet wird, fällt bei Anschluß solcher Leitungen nicht nur die Gabel, sondern auch der Rufumseher weg.

Am Eingang zu den Sendeeinrichtungen durchlaufen die Sprechströme zunächst einen **Amplitudenbegrenzer Bgr**, der dafür sorgt, daß zu starke Sprechströme, die eine Übersteuerung der folgenden Verstärker und Umseher hervorrufen können, die zulässigen Werte nicht überschreiten.

Zwischen dem Amplitudenbegrenzer und die Vorumseherstufe VU des **Sendefrequenzumsehers SFU** ist ein Niederfrequenzfilter geschaltet, das nur die benötigten Frequenzen von 300—2700 Hz durchläßt, höhere und tiefere Frequenzen dagegen abschneidet.

Im Vorumseher wird der von einem 6-kHz-Trägerfrequenz-erzeuger TrE gelieferte Träger mit dem genannten Sprachband moduliert. Anschließend wird durch ein Bandfilter das auf diese Weise entstandene untere Seitenband von 3,3—5,7 kHz herausgeseiht und der zweiten Modulationsstufe, dem Wandumseher BU, zugeführt. Der ebenfalls vom 6-kHz-

Erzeuger gespeiste Steuerfrequenz-erzeuger StE dient dem selbsttätigen Dämpfungsausgleich (s. unter 3).

Zweck der Wandumseherstufe BU ist es, die nach der Vorumsetzung noch gleichen und daher auf getrennten Wegen laufenden 15 Frequenzbänder durch Benutzung verschiedener Trägerfrequenzen in eine Frequenzgruppe zu verwandeln, die aus 15 nebeneinanderliegenden Einzelbändern besteht. Die für die einzelnen Kanäle hierzu benötigten verschiedenen Träger von 21, 23, 26 usw. bis 54 kHz werden im Wandträger-erzeuger Wand-TrE erzeugt. Jedem Wandumseher BU wird die für die gewünschte Frequenzlage des betreffenden Kanals notwendige Trägerfrequenz zugeführt.

Hinter den Ausgangsfiltern der 15 Sendefrequenzumseher sind dann ebenso viele verschiedene, jedoch benachbart liegende Frequenzbänder im Bereich von 15—60 kHz vorhanden. Durch Parallelschaltung der Ausgänge sämtlicher Sendeeumseher entsteht aus den 15 Bändern eine Frequenzgruppe (Grundgruppe).

Zur Zusammenschaltung der Ausgänge dient ein **Entkoppler EK**. Er besteht aus einer Widerstandschaltung, die dafür sorgt, daß trotz der Parallelschaltung einer großen Zahl verschiedenartiger Bandfilter für alle Bänder gleiche Übertragungsbedingungen bestehen.

Das die Grundgruppe bildende Frequenzband von 15—60 kHz wird in dem nun folgenden **Sendegruppenumseher SGU** zunächst durch einen zweistufigen Verstärker geleitet und anschließend im ersten Gruppenumseher GU_1 mit Hilfe einer Trägerfrequenz von 171 kHz, die der Gruppen-träger-erzeuger GrTrE liefert, in den Bereich von 111—156 kHz (Gruppe B) verschoben. Das ist der Frequenzbereich, der für die eine Übertragungsrichtung auf der Leitung benutzt wird. Für die Gegenrichtung wird die Frequenzgruppe B hinter dem Filter des Umsehers 1 dem zweiten Gruppenumseher GU_2 zugeführt, der den Träger 204 kHz benutzt und so die Gruppe B in die Gruppe A mit der Frequenzlage von 48 bis 93 kHz verwandelt.

Je nachdem, ob die Sendeeinrichtung eine Gruppe A oder B auf die Leitung schiebt, unterscheidet man zwischen A- und B-Einrichtungen. Im Aufbau bestehen keine Unterschiede, da zum Ausfinden der Gruppe B lediglich der Gruppenumseher GU_2 auszuschaftern ist.

Hinter dem Sendegruppenumseher folgt der vierstufige **Sendeverstärker SV**, der die auszufindende Gruppe so verstärkt, daß eine Leitungsdämpfung bis zu 5 Reper überbrückt werden kann.

Die zwischen dem Sendeverstärker und die Fernleitung eingeschaltete **Richtungsweihe RW** besteht aus einem Tiefpaßfilter T, das den Weg für die Frequenzen bis 93 kHz bildet, und dem Hochpaßfilter H für die Frequenzen von 111—156 kHz. In einer A-Einrichtung, die die Frequenzen von 48—93 kHz ausstrahlt, muß das Tiefpaßfilter daher in den vom Sendeverstärker kommenden Leitungsweg eingeschaltet werden, wie es Abb. 6 zeigt. Am entgegengesetzten Leitungsende würde entsprechend eine B-Einrichtung benutzt werden, die die höhergelegene Gruppe B ausstrahlt. Dort muß daher der Gruppenumsetzer GU_2 ausgeschaltet und das Hochpaßfilter H der Richtungsweihe in den Sendeweg gelegt werden. Die außerdem eingeschaltete **Leitungsweihe LW** trennt die für die MG-Einrichtung bestimmten Frequenzen von den tieferen, unter Umständen für andere Zwecke benutzten Frequenzen.

2. Einrichtung des Empfangsteils

Wenn in der A-Einrichtung die tieferen Frequenzen (48—96 kHz) ausgesendet werden, müssen die Empfangseinrichtungen auf die von der Gegenseite kommenden höheren Frequenzen der Gruppe B (111—156 kHz) ansprechen. Diese Frequenzgruppe gelangt über das Filter H der Richtungsweihe RW aus der Fernleitung zunächst zu einem Gruppenentzerrer GE und einem Leitungsentzerrer LE. Diese gleichen die durch Frequenzabhängigkeit der Leitungsdämpfung und die Eigenschaften der Weichenschaltungen bedingten Ungleichmäßigkeiten in der Übertragung der verschiedenen hohen Frequenzen aus. Der Leitungsentzerrer wird durch entsprechende Lötverbindungen der benutzten Leitung angepaßt. Die Wirkung des folgenden Dämpfungsausgleichs DA zur selbsttätigen Regelung mit Hilfe des **Steuerfrequenzempfängers StEm** ist unter 3. beschrieben.

Nach zweistufiger Empfangsverstärkung (EV) beginnt die stufenweise Demodulation der Trägerströme.

Wenn es sich um den Empfang der Frequenzgruppe B handelt, wird im Empfangsgruppenumsetzer EGU der Umsetzer GU_2 umgangen und die Frequenzgruppe über ein für 111—156 kHz durchlässiges Bandfilter so gleich dem Umsetzer GU_1 zugeführt. Wie in der Sendeeinrichtung wird hierzu der Träger 171 kHz benutzt. Auf diese Weihe wird die Gruppe B wieder in die Grundgruppe mit der Frequenzlage von 15—60 kHz überführt. Der Ausgang des Empfangsgruppenumsetzers enthält neben einem

Filter für diesen Frequenzbereich noch einen zweistufigen Verstärker, in dem die 15 Kanäle gemeinsam verstärkt werden, bevor sie über die Verzweigungsschaltung des **Entkopplers EK** auf getrennte Wege geleitet werden. Die endgültige Trennung der einzelnen Kanäle nehmen die Eingangsbandfilter der 15 **Empfangsfrequenzumsetzer EFU** vor, von denen jedes auf ein bestimmtes Frequenzband abgestimmt ist. Mit derselben Trägerfrequenz (21, 24, 27 usw.), die der Bandumsetzer im Sender des betreffenden Sprechwegs benutzt, wird auch die Bandumsetzung (BU) im Empfangsfrequenzumsetzer vorgenommen. Hinter dem zugehörigen Filter, das das nicht benötigte Seitenband unterdrückt, haben sämtliche 15 Frequenzbänder wieder gleiche Frequenzlage (3,3—5,7 kHz). Endlich werden in der letzten Demodulationsstufe VU durch den Träger 6 kHz die Sprechströme in ihren ursprünglichen Frequenzbereich von 300—2700 Hz verlagert.

Um den nötigen Ausgangspegel zu erreichen, ist jedem Sprechweg noch ein Niederfrequenz-Kanalverstärker KV mit Entzerrer zugeordnet. Der Ausgang des Verstärkers kann entweder mit dem abgehenden Zweig einer Vierdrahtleitung (F_2 ab) unter Umständen unter Benutzung einer Verlängerungsleitung VL_1 verbunden werden oder über die Gabel G in einen Zweidrahtweg F_2 zu den Fernsprechvermittlungseinrichtungen geleitet werden. Die über die Sprechwege ankommenden Tonfrequenzströme von 500 Hz werden von der auf diese Frequenz abgestimmten Verstärker- und Gleichrichterschaltung des Rufumsetzers TRU aufgenommen und bestätigen so ein Relais, das gewöhnlichen Rufstrom von 25 Hz z. B. mit Hilfe eines Polwechslers in die Leitung sendet.

3. Selbsttätige Regelung

Zur laufenden Überwachung des Empfangspegels werden im Kanal 14 besondere Steuerfrequenzen übertragen. Diese betätigen im Empfänger am entgegengesetzten Leitungsende eine Regeleinrichtung mit dem Dämpfungsausgleich DA. Hierdurch werden die durch veränderliche Witterung bedingten Schwankungen der Leitungsdämpfung und damit des Empfangspegels selbsttätig ausgeglichen. Vom Steuerfrequenzgeber StE wird der 6-kHz-Träger mit dem Netzstrom von 50 Hz moduliert. Dadurch entstehen die beiden Seitenbänder $6000 + 50$ Hz und $6000 - 50$ Hz. Diese werden zusammen mit dem vormodulierten Frequenzband des Kanals 14 dem Bandumsetzer dieses Kanals zugeführt. Hinter dem Bandumsetzer liegen die beiden Steuerfrequenzen dann in der Grundgruppe

zwischen der höchsten Frequenz des Kanals 14 und der tiefsten des Kanals 15. In dieser Lage kommen die Frequenzen auch in der Gruppe A oder B über die Leitung zum Empfänger. Dort werden hinter dem Empfangsverstärker die Steuerfrequenzen durch den **Steuerfrequenzempfänger StEm** durch eine Überlagerungs-Empfangeinrichtung mit Hilfe einer Zwischenfrequenz ausgeföhrt. Die Zwischenfrequenz beträgt für die A-Einrichtung, in der die B-Gruppe empfangen wird, 111 kHz, für eine B-Einrichtung, deren Empfänger für die A-Gruppe eingerichtet sein muß, 93 kHz. Die Verstärkerröhre des Steuerfrequenzempfängers erzeugt gleichzeitig diese Zwischenfrequenz. Der aus dem Steuerstrom im Gleichrichter GL entstandene Gleichstrom ist dann ein Maß für die Stärke der ankommenden Steuerströme. Das Instrument im Gleichstromkreis der Pegelanzeige ist mit großen Marken versehen, die die zulässigen Pegelabweichungen angeben. Werden die Abweichungen größer, so tritt der ebenfalls im Gleichstromkreis liegende Relaispaß R (Relais P, N und H) in Tätigkeit und steuert über weitere Relais den Motorentrieb M des Dämpfungsausgleichs DA. 2 Motoren MN und MP verändern durch Ein- und Ausschalten von Widerständen den Dämpfungsausgleich DA so lange, bis der Empfangspegel der Steuerfrequenzen am Eingang des Empfangsverstärkers den vorgeschriebenen Wert erreicht hat. Auf diese Weise werden gleichzeitig auch die Eingangspiegel der Frequenzbänder der einzelnen Kanäle auf gleicher Höhe gehalten, so daß sich die Dämpfungsschwankungen der Leitung nicht auf die Sprachübertragung auswirken.

4. Trägerfrequenzzeugung

Für die an den Endpunkten einer fünfzehnfach auszunutzenden Freileitung notwendigen Trägerfrequenzeinrichtungen (Endstellen) sind nach Abb. 6 folgende Trägerfrequenzen nötig:

1. für die Vorumseher 6 kHz,
 2. für die Bandumseher 21, 24, 27, 30, 33, 36, 39, 42, 45, 48, 51 und 54 kHz, insgesamt 12 Frequenzen für 15 Kanäle, da die Frequenzen 27, 30 und 33 kHz für je 2 Bandumseher verwendet werden, wobei für einen Kanal das obere, für den zweiten das untere Seitenband ausgenutzt wird,
 3. für die Sende- und Empfangsgruppenumseher 171 und 204 kHz.
- Die Frequenzen 6, 171 und 204 kHz werden durch rückgekoppelte Röhrenschaltungen erzeugt. Die Bandträger entstehen dagegen aus einer Frequenz

von 3 kHz, deren Wechselstromkurve durch eine übersteuerte Eigendrossel verzerrt wird. Solche gegenüber einer Sinusschwingung stark veränderten Kurvenformen enthalten neben der Grundschwingung — in diesem Falle 3 kHz — noch die ungeraden Vielfachen dieser Frequenz, also 9, 15, 21, 27, 33, 39, 45 und 51 kHz. Durch einen besonderen zweistufigen Vielfachverstärker wird dieses Gemisch von Oberschwingungen verstärkt. Anschließend werden aus dem Frequenzgemisch durch entsprechende Filter die einzelnen als Träger benötigten Frequenzen herausgeföhrt. Mit Hilfe eines zweiten, anders aufgebauten Vielfachverstärkers entstehen auch die geraden Vielfachen der Grundfrequenz, also 6, 12, 18, 24, 30, 36, 42, 48 und 54 kHz.

Die Frequenzen der Träger müssen sehr genau eingehalten werden, da sonst beim Modulationsvorgang auch die Seitenbänder von ihrer vorgeschriebenen Frequenzlage abweichen und die notwendige Übereinstimmung mit den Durchlaßbereichen der Filter verlorengeht. Zur Erzeugung werden in den Rückkopplungsschaltungen daher Quarzresonatoren verwendet. Mit Hilfe solcher Resonatoren, die einen Quarzkristall mit den für die zu erzeugende Frequenz notwendigen Abmessungen enthalten, arbeiten die Gruppenträgererzeuger (171 und 204 kHz). Um die Temperaturabhängigkeit der Quarze auszuschalten, sind sie in einem Thermostaten eingebaut. Die in einem Glasgefäß mit ihren Zuführungselektroden untergebrachten Quarze haben äußerlich die Form der Verstärkerröhren.

Die übrigen Trägererzeuger enthalten keine eigenen Quarze, sondern werden von einem besonderen quarzgesteuerten 60-kHz-Generator beeinflusst. Bei dem 3-kHz-Vielfacherzeuger geschieht das dadurch, daß die 60 kHz mit der Vielfachfrequenz 57 kHz moduliert werden, wodurch eine Seitenbandfrequenz von 3 kHz entsteht. Zur Beeinflussung des 6-kHz-Erzeugers wird dem Vielfachverstärker für die geraden Vielfachen diese Frequenz selbst entnommen.

C. Außerer Aufbau der MG-Anlage

Die Endstelle für eine Fünfzehnfachanlage besteht neben dem notwendigen Zubehör, den Meß- und Schalteinrichtungen, aus folgenden Teilen:

- 15 Gabelschaltungen,
- 15 Tonfrequenz-Mufumseher,
- 15 Kanalverstärker und Amplitudenbegrenzer,

- 15 Frequenzumseher (Sende- und Empfangsumseher),
 - 1 Trägerstromerzeuger 6 kHz,
 - 1 Trägerstromerzeuger 60 kHz,
 - 1 Trägerstromerzeuger 3 kHz,
- 2 Vielfachverstärker,
- 12 Bandträgerfilter,
- 2 Entkoppler,
- 1 Steuerfrequenz erzeuger,
- 1 Steuerfrequenzempfänger,
- 1 Gruppenumseher S (Sendenumseher),
- 1 Gruppenumseher E (Empfangsumseher),
- 1 Sendeverstärker,
- 1 Empfangsverstärker,
- 1 selbsttätiger Dämpfungsausgleich mit Gruppen- und Leitungsentzerrer,
- 2 Gruppenträgererzeuger mit Thermostat,
- 1 Leitungsweiche,
- 1 Richtungsweiche.

Die Kanalverstärker und der 800-Hz-Erzeuger sind mit Röhren der Art „C3d“ bestückt. Die Gruppenumseher der Empfangs- wie auch die Vorstufen des Sendeverstärkers, sämtliche Trägerstromerzeuger, die Vielfachverstärker und der Steuerfrequenzempfänger enthalten „E2fc“-Röhren. Die Endstufe des Sendeverstärkers besteht aus 2 „Eo“-Röhren. Für die Empfangsschaltung der Tonfrequenz-Rufumseher werden „Aa“-Röhren benutzt.

Zur Stromversorgung — insbesondere der Verstärker- und Erzeuger-röhren — dienen Netzanschlußgeräte.

Abb. 17 zeigt die Unterbringung der Einzelteile einer Endstelle in 5 Gestellen, die durch einen Gruppenrahmen zusammengefaßt sind.

- I Netzanschluß und Meßgestell,
- II Frequenzumseher und Trägerstrom-Versorgungsgestell,
- III Frequenzumsehergestell,
- IV Gruppengestell,
- VII Rufumsehergestell. Dieses Gestell enthält zwei Rufmaschinen 500/20 Hz als Betriebs- und Ersatzmaschine.

Mit V und VI werden die Gestelle der bei größeren Entfernungen notwendigen Zwischenverstärker-Einrichtungen (Zwischenstellen) bezeichnet (s. S. 48).

D. Bedienung und Betrieb

1. Einschaltung

Die Netzanschlußgeräte sind für Wechselstrom von 110, 125, 220 oder 240 Volt eingerichtet. Die Gestelle werden durch einen vierstufigen Hauptschalter P („Aus“ — „Netz“ — „1 Minute anheizen“ — „Betrieb“) eingeschaltet. In Stellung „Netz“ können die Leerlaufbetriebsspannungen und die Netzspannung am Spannungsmessfeld geprüft werden. Die Netzspannung darf bei 110/125 V zwischen 95 und 135 V, bei 220/240 V zwischen 185 und 265 V schwanken. Die Anodenspannungen werden erst in Stellung „Betrieb“, die übrigen Spannungen schon in der Stellung „Anheizen“ an die Verbraucher gelegt. Die Kanalverstärker haben in den Schaltfeldern ihrer Gestelle noch besondere Betriebschalter BS. Diese Schalter werden vor Einschaltung durch den Hauptschalter P in Stellung „Betrieb“ gebracht. In Stellung „Anheizen“ des Hauptschalters sind nach 1 Minute folgende Spannungen am Meßfeld zu prüfen:

Heizspannung	H 21 V	— zulässige Abweichung	5%
Heizspannung	± H 21 V	— zulässige Abweichung	5%
Wechselstromsignalspannung	S 21 V	— zulässige Abweichung	20%
Thermostatenspannung	Th 24 V	— zulässige Abweichung	20%
Gleichstromzentralspannung	± Z 24 V	— zulässige Abweichung	20%.

Die Anodenspannung soll bei Stellung „Betrieb“ des Hauptschalters betragen:

$$\pm A 220 \text{ Volt} - \text{zulässige Abweichung } 4\%.$$

Die Röhrenströme (Anoden + Schirmgitterstrom) werden mit dem tragbaren Betriebsinstrument (Rel. Bv. 240/1) über die Klemmen „Strommessung“ an den Anodenmeßbuchsen Ma der Schalt- und Buchsenfelder gemessen.

2. Signalisierung

Das Vorhandensein der Netzspannung wird durch Leuchten der Gestellglimmlampe im Sicherungsfeld des Netzanschluß- und Meßgestells angezeigt. Bei Ausfall einer Betriebsspannung (Hz, Th, A) oder der Signalspannung S, z. B. infolge Durchbrennens der zugehörigen Sicherung, leuchten die entsprechenden Signallampen der an der linken Seite des Gruppenrahmens angebrachten Lichtzeicheneinrichtung auf. Gleichzeitig ertönt der zugehörige

Wecker W. Der Wecker kann durch den Kippswitcher W_s im Meßfeld ausgeschaltet werden. Nach Beseitigung des Fehlers ertönt der Wecker dann wieder und muß durch Zurückschalten in die Stellung W_{e1} „Ein“ abgeschaltet werden. Beim Durchbrennen der NDz-Sicherung S (2A) oder der 1,5A-Sprungicherung ertönt der Wecker als „allgemeines Signal“ ohne Lichtzeichen und kommt erst nach Behebung des Fehlers und Einsetzen einer neuen Sicherung zur Ruhe.

Bei Ausfall von Spannungen in den Frequenzumseher- und Gruppenstellen erscheinen die gleichen Signale und außerdem die Gestellsignallampe G1 des betreffenden Gestells. Bei Ausfall des Heizstromes leuchtet noch die unter der zugehörigen Röhrenstrommeßbuchse Ma befindliche Signallampe. Kurzschlüsse in den Anodenkreisen werden durch Leuchten der im oberen Teil der Gestelle untergebrachten Anodensicherungslampen angezeigt.

Das Leuchten der KL-Lampe zeigt das Laufen der zugehörigen 500/20 Hz-Rufmaschine an. Bei Ausfall der Maschine erlischt KL, Signallampen G1 und H leuchten, außerdem tönt der Wecker.

Wenn der Pegelregler in Stellung „Selbstregelung des rechten Kippswitchers S_1 “ am Pegelanzeiger eine der beiden Endstellungen des Dämpfungsausgleichs erreicht hat, erscheint in der Lichtzeicheneinrichtung das Signal „Pü“, der Wecker, die Gestellsampe G1 und die Marmlampe A1 im Pegelanzeiger. Außerdem leuchtet eine der Lampen TL (Pegel zu tief) oder HL (Pegel zu hoch). In der Stellung „Handregelung“ leuchtet die Lampe SL. Wenn der Pegel um mehr als 0,2 m vom eingestellten Wert abweicht, also der Zeiger des Anzeigeinstrumentes im roten Bereich steht, kommen nach kurzer Zeit die gleichen Signale wie bei Selbstregelung.

3. Abfrageeinrichtung

Der Handapparat wird mit der Abfrageeinrichtung (Gestell III Nr. 13) verbunden. Die Eingangsbuchse der Abfrageeinrichtung B III/201 („P [F₁ an]“) wird, wenn z. B. in Kanal 15 eingetreten oder mitgehört werden soll, mit einer zweiadrigen Schnur mit der Ausgangsbuchse B II/85 des Kanals („FU Empfangsrichtung v. KV“) verbunden. Die Ausgangsbuchse der Abfrageeinrichtung B III/202 („P [F₁ ab]“) wird über eine zweite Verbindungsschnur mit der Eingangsbuchse B II/90 („FU-Senderichtung z. Begr.“) des Kanals 15 verbunden.

4. Pegel- und Restdämpfungsmessungen

Bei Einrichtung neuer Verbindungen und zur laufenden Überwachung des Betriebszustandes der Kanäle (Betriebsmessungen) sind Wechselstrommessungen im Frequenzbereich der für die Sprachübertragung benutzten Nieder- und Hochfrequenz-Wechselströme (Pegel- und Restdämpfungsmessungen) notwendig. Hierfür sind in den Netzanschluß- und Meßstellen folgende Geräte vorgesehen (s. Abb. 7):

800 Hz-Erzeuger mit Eichleitung 600 Ohm.

Niederfrequenz (NF-)Pegelzeiger für Frequenzen von 30—30000 Hz.

Hochfrequenz (HF-)Pegelzeiger für 15—250 kHz mit Eichleitung 150 Ohm.

Die Messung mit diesen Geräten, die auch für die Fehlereingrenzung innerhalb der Einrichtungen wichtig sind, dürfen nur nach den dafür geltenden Vorschriften und Anweisungen durchgeführt werden.

Für die verschiedenen Punkte der Übertragungswege gelten folgende Pegelwerte:

Der **Sendepiegel** an den Eingängen der Frequenzumseher beträgt — 1,8 Neper. — Der als Pegelgenerator benutzte 800 Hz-Sender wird daher auf diesen Sendewert eingestellt.

Der mit dem HF-Pegelzeiger zu messende **Ausgangspiegel** des Sendeverstärkers soll dann + 0,8 Neper an 150 Ohm betragen. Das entspricht einem Sendepiegel von + 1,5 Neper am Leitungsanfang.

Der **HF-Empfangspiegel** hinter dem Empfangsverstärker beträgt — 1,2 Neper an 150 Ohm, wenn der Leitungsentzerrer und ein fester Dämpfungsausgleich auf Grund besonderer Messungen richtig eingestellt sind. Der Niederfrequenzpegel am Ausgang des Kanalverstärkers hat bei richtiger Einregelung den Wert + 1 Neper.

An den Zweidrahteingängen der Gabelschaltungen betragen Sendepegel und Empfangspiegel — 0,4 Neper. (Empfangspiegel mit NF-Pegelanzeiger an 600 Ohm gemessen.)

Die Trägerstromerzeuger werden ebenfalls mit den für den betreffenden Frequenzbereich geeigneten Pegelzeigern den Vorschriften entsprechend auf ihre Sollwerte geprüft werden.

5. Reichweite

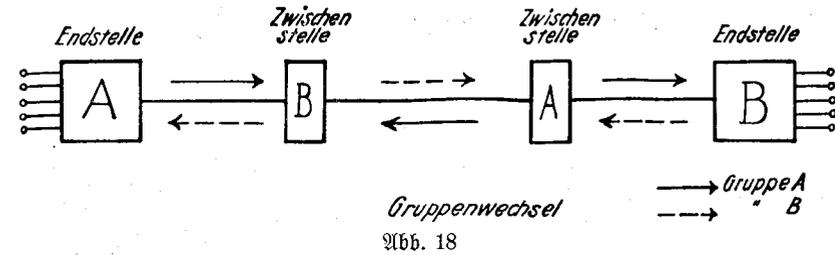
Die Fünfzehnfachgeräte sind so eingerichtet, daß Leitungsdämpfungen bis zu 5 Neper überbrückt werden können. Das würde für eine 3-mm-Leitung einer Strecke von 120 km entsprechen, wenn keine Zwischenkabel eingeschaltet sind. Wegen des Störpegels der Leitungen werden jedoch für einwandfreie Weitverbindungen Leitungslängen von 80—90 km in vielen Fällen nicht überschritten werden dürfen. Wenn darüber hinaus verlangt wird, daß auch bei Rauhref ein Teil der Verbindungen betriebsfähig bleibt, müssen dagegen die Abstände zwischen den End- bzw. Zwischenstellen fast auf die Hälfte, also auf etwa 50 km, verringert werden.

V. Der Zwischenverstärker für die Fünfzehnfachanlage (MG-Zwischenstelle)

A. Frequenzumsetzung

Wegen der hohen Frequenzen, die von der Frequenzgruppe B der MG-Einrichtung benutzt werden (111—155 kHz), enthalten die MG-Zwischenstellen Verstärker mit Frequenzumsetzern. Die Umsetzer wandeln die den Verstärkern zugeführten Frequenzgruppen A (48—93 kHz) in Frequenzgruppen B um oder senden umgekehrt Frequenzgruppen A aus, wenn ihnen Frequenzgruppen B zugeführt werden. Zwischenstellen, die die verstärkten Trägerfrequenzströme mit den Frequenzen der Gruppe B in die Leitung senden, heißen „B-Stellen“. Bei A-Zwischenstellen dagegen sind an den Verstärkerausgängen die A-Gruppen vorhanden. Da die Zwischenstellen somit aus beiden Richtungen gleiche Frequenzen empfangen und nach beiden Richtungen auch gleiche Frequenzen aussenden, müssen in einer Verbindung mit einer Zwischenstelle an den Endpunkten gleiche Endstellen (z. B. Endstellen A) verwendet werden. Bei einer geraden Anzahl von Zwischenstellen, also 2, 4 oder 6, werden — wie in Verbindungen ohne Zwischenstellen — je eine Endstelle A und B benötigt. Abb. 18 zeigt den Frequenzwechsel in einer Verbindung mit zwei Zwischenstellen.

Ausgehend von einer Endstelle A, die die A-Gruppe aussendet, folgt eine B-Zwischenstelle, da diese nach der Umsetzung die Gruppe B weiter sendet,



also für den Empfang von A-Frequenzen eingerichtet ist. Die ausgesandte B-Gruppe muß von der zweiten Zwischenstelle aufgenommen werden. Dafür ist jedoch nur eine A-Stelle geeignet, die dann Frequenzen der A-Gruppe zur Endstelle B sendet. In der Gegenrichtung liegen die Frequenzen zunächst in der B-Gruppe, da sie von einer Endstelle B ausgehen. Die folgende A-Zwischenstelle formt sie in die Gruppe A, die darauffolgende in die Gruppe B um, für deren Empfang die Endstelle A eingerichtet ist.

Wie in den Endstellen, so sind auch in den Zwischenstellen sämtliche Teile enthalten, die nötig sind, um lediglich durch Umlötung von Drahtverbindungen eine A-Stelle in eine B-Stelle oder umgekehrt abändern zu können.

B. Wirkungsweise

Abb. 4 gibt einen Überblick über die Teile, aus denen eine MG-Zwischenstelle zusammengesetzt ist. Die Verbindung der Verstärkereinrichtungen mit den Fernleitungen ist dieselbe wie bei den Endstellen. Die Leitungsweichen LW sorgen für die Trennung der Trägerfrequenzströme von den tieferen Frequenzen, die über die Tiefpaßfilter T die Verstärker umgehen. Der Trägerfrequenzweg geht über die Hochpässe H zu den Richtungsweichen RW, die die Frequenzgruppen A und B und damit die beiden Übertragungsrichtungen voneinander trennen.

Die Filter der Richtungsweiche müssen bei einer B-Stelle, wie sie Abb. 19 zeigt, so geschaltet sein, daß der Tiefpaß im Weg zum Verstärkereingang, der Hochpaß hinter dem Verstärkerausgang liegt, da die B-Stelle in beiden Richtungen die höheren Frequenzen der B-Gruppe aussendet. In einer A-Stelle sind dagegen die Tiefpässe den Ausgängen und entsprechend die Hochpässe den Eingängen zuzuordnen.

Da in den beiden Übertragungsrichtungen I und II stets die gleichen Frequenzumsetzungen vorgenommen werden, sind die Übertragungswege

zwischen den Richtungsweichen vollkommen gleichartig aufgebaut. Die wichtigsten Teile sind die Gruppenumseher GU I und GU II, denen die ankommenden Ströme über die Empfangsverstärker EV I und EV II zugeführt werden und die Sendeverstärker SV I und SV II, die die umgesetzten Gruppenströme so weit verstärken, daß ein weiterer Leitungsabschnitt von rd. 5 Neper Dämpfung überbrückt werden kann. Die Sendeverstärker sind dreistufig, wobei die Endstufe aus zwei Röhren gebildet wird.

Hinter den Sendeverstärkern wird durch die Steuerfrequenzempfänger StEm I und StEm II die von den Endstellen ausgesandten Steuerfrequenzen aufgenommen und nach Verstärkung und Gleichrichtung (Gl) den Relais R zugeführt, die den Motorantrieb M des Dämpfungsausgleichs DA zur selbsttätigen Pegelregelung in derselben Weise steuern wie in den Endstellen. Hierdurch bleiben die Eingangsspannungen der Empfangsverstärker und damit auch die Sendepegel hinter den Sendeverstärkern der Zwischenstellen von den Dämpfungsschwankungen der Fernleitungen unabhängig. Die Demodulationschaltung der Steuerfrequenzempfänger ist gleichzeitig als Mithörschaltung für den Kanal 15 eingerichtet, so daß auf diese Weise Nachrichten von den Endstellen an die Zwischenstellen übermittelt werden können.

Die vor den Dämpfungsausgleich geschalteten Gruppenentzerrer GE gleichen die frequenzabhängigen Eigenschaften der Weichenschaltungen aus. Die Leitungsentzerrer LE werden durch Lötverbindungen nach den Ergebnissen der hierzu notwendigen besonderen Verzerrungsmessungen den benutzten Leitungen angepaßt.

Da sowohl bei den A-Stellen als auch bei den B-Stellen durch die Frequenzumseher stets nur eine Vertauschung von A- und B-Gruppen vorgenommen wird, ist für die Gruppenumseher der Zwischenstellen nur die Trägerfrequenz 204 kHz nötig. Wie in den Endgeräten ist hierfür ein quarzgesteuerter Gruppenträgererzeuger GrTrE vorhanden.

C. Aufbau der MG-Zwischenstelle

Die Zwischenstelle besteht aus einem Nebenschluß und Meßgestell V und einem Gruppengestell VI, die in einem gemeinsamen Rahmengestell zusammengefaßt sind.

Abgesehen von dem Zubehör — wie Sicherungen, Signallampen, Anschlußleisten, Schaltfelder u. a. — enthält eine Zwischenstelle folgende Teile:

- 4 Leitungsweichen (zwei für eine Betriebe- und zwei für eine Ersatzleitung).
- 2 Richtungsweichen.
- 2 Gruppenumseher mit Empfangsverstärkern.
- 1 Trägerfrequenzerzeuger 204 kHz.
- 2 Sendeverstärker.
- 2 Steuerfrequenzempfänger.
- 2 Einrichtungen für selbsttätigen Dämpfungsausgleich mit Pegelanzeiger, Relais, Gruppen- und Leitungsentzerrer.
- 1 Nebenschlußgerät.
- 1 Pegelzeiger 15—250 kHz für Pegelmessungen.
- 1 Spannungsmessfeld.
- 1 Lichtzeicheneinrichtung mit Signalrelais.

Den Aufbau der Zwischenstelle aus den aufgeführten Einzelgeräten zeigt Abb. 20.

Die Vorstufen der Sendeverstärker sind wie in den Endstellen mit Röhren E 2c, die Endstufen mit Ec bestückt. Die Steuerfrequenzempfänger wie auch die Empfangsverstärker und der Trägererzeuger enthalten Röhren E 2c.

D. Bedienung und Betriebsüberwachung

Die Einschaltung der Zwischenstelle durch den Hauptschalter P, die Prüfung der Betriebsspannungen am Spannungsmessfeld und die Messung der Röhrenströme mit dem tragbaren Betriebsinstrument ist in der gleichen Weise wie bei den Endstellen durchzuführen. Abgesehen von den Einrichtungen, die nur bei den Endstellen vorhanden sind, gilt dasselbe für die Signale, die den Ausfall von Spannungen anzeigen.

Die Signalisierung der Pegelregelung auf den Zwischenstellen ist durch eine rote Gestellampe ergänzt, die aufleuchtet, wenn die Pegelregelung durch Umlegen des Rippsschalters MS im Steuerfrequenzempfänger von Stellung „Überwachen“ auf Stellung „Mitören“ außer Betrieb gesetzt wird. Zum Mitören im Kanal 15 dient bei den Zwischenstellen ein hochohmiger Stiefelhörer, der mit der Mitörbuchse der betreffenden Richtung „Hörer I“ und „Hörer II“ verbunden wird.

Zur Prüfung des Gruppenträgererzeugers wird der Eingang des HF-Pegelzeigers mit den Buchsen B VI/69 (204 kHz) des Wechers V/105 im

Gruppenträgerstromerzeuger verbunden. Der hierbei gemessene Spannungspegel soll zwischen $-1,2$ und $-0,6$ Neper liegen.

Der Ausgangspegel des Sendeverstärkers wird in Stellung 10 des 25teiligen Reglers RW 1176 durch Einstellung der festen Eichleitungen VL 1257 und 1258 im Dämpfungsausgleich auf $+0,8$ Neper an 150 Ohm eingeregelt (S. 47).

Der Steuerfrequenzpegel liegt 2 Neper unter dem Seitenbandpegel (Trägerfrequenzpegel) der einzelnen Kanäle und ist so nicht meßbar. Zum Einstellen dieses Pegels auf den End- und Zwischenstellen kann in der sendenden Endstelle der Steuerfrequenzpegel um 2 Neper erhöht werden (im Becher VL 1266 Stecker aus der Buchse „Betrieb“ in die Buchse „Prüfen“ stecken). Der dann an den Ausgängen der Sendeverstärker in der Sendee- und den Zwischenstellen mit dem HF-Pegelzeiger an 150 Ohm gemessene Pegel soll $+0,8$ Neper betragen. Am Ausgang des Empfangsverstärkers der Empfangsendstelle soll der Pegel rd. $-1,2$ Neper sein. Der erhöhte Steuerfrequenzpegel darf nur für die genannten Messungen benutzt werden, während der die Kanäle 1—15 auf der sendenden Endstelle aufzutrennen sind, um Störungen durch Seitenbandfrequenzen eines Kanals auszuschließen.

VI. Anlagenverzeichnis

- Abb. 7: ME-Dreifachgestell.
- „ 8: ME-Kleingestell.
- „ 9: ME-Zusatzgestell.
- „ 11: ME-Verbindungseinheit.
- „ 13: ME-Zwischenstelle.
- „ 13a: Überwachungsfeld der Zwischenstelle.
- „ 14: MG-Anlage.
- „ 15: Frequenzumkehrung in der MG-Endstelle.
- „ 16: Schaltung eines Sprechkanals der MG-Einrichtung.
- „ 17: MG-Endstelle.
- „ 19: Schaltung einer MG-Zwischenstelle.
- „ 20: MG-Zwischenstelle.

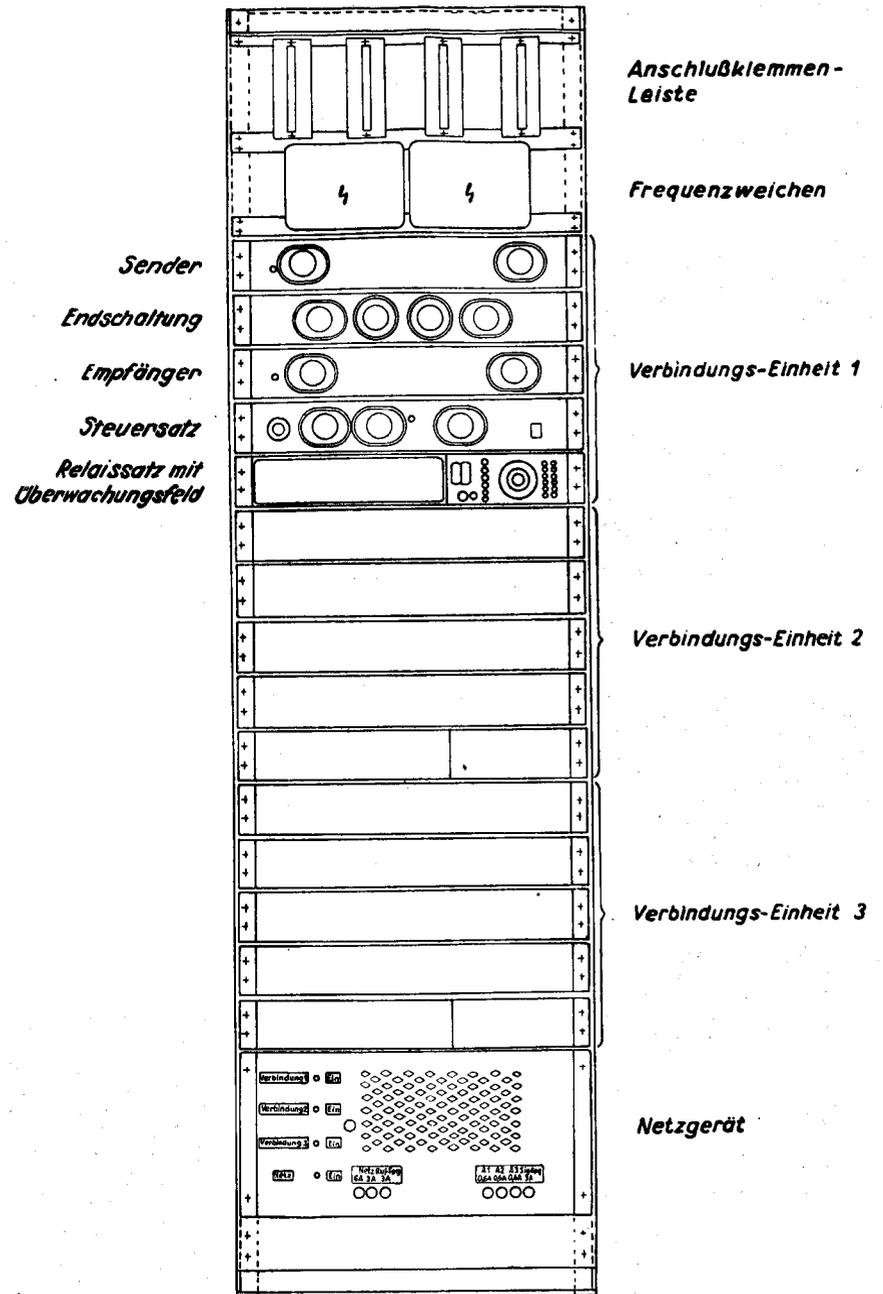


Abb. 7. ME-Dreifachgestell

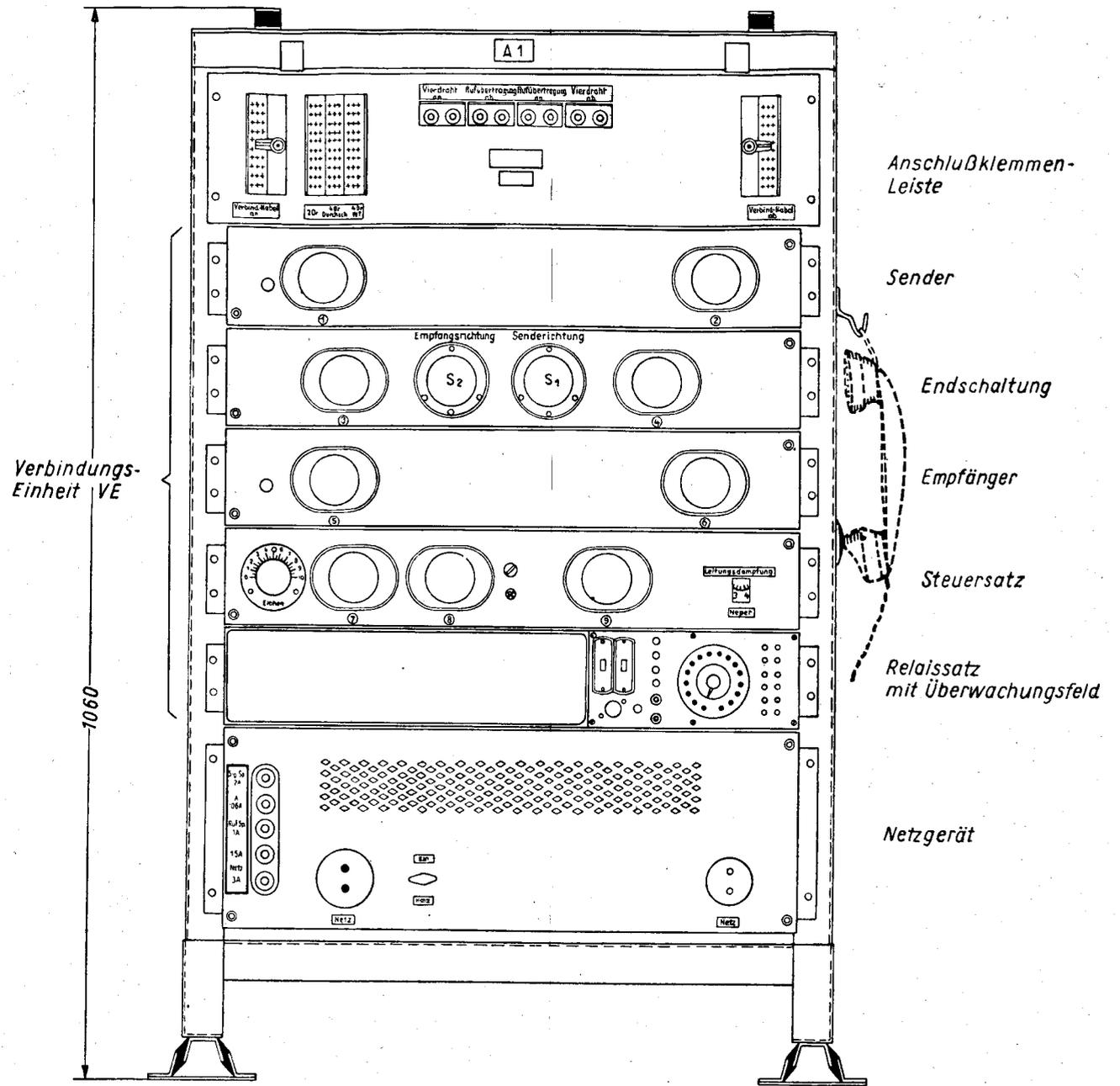


Abb. 8. ME-Gleisgestell

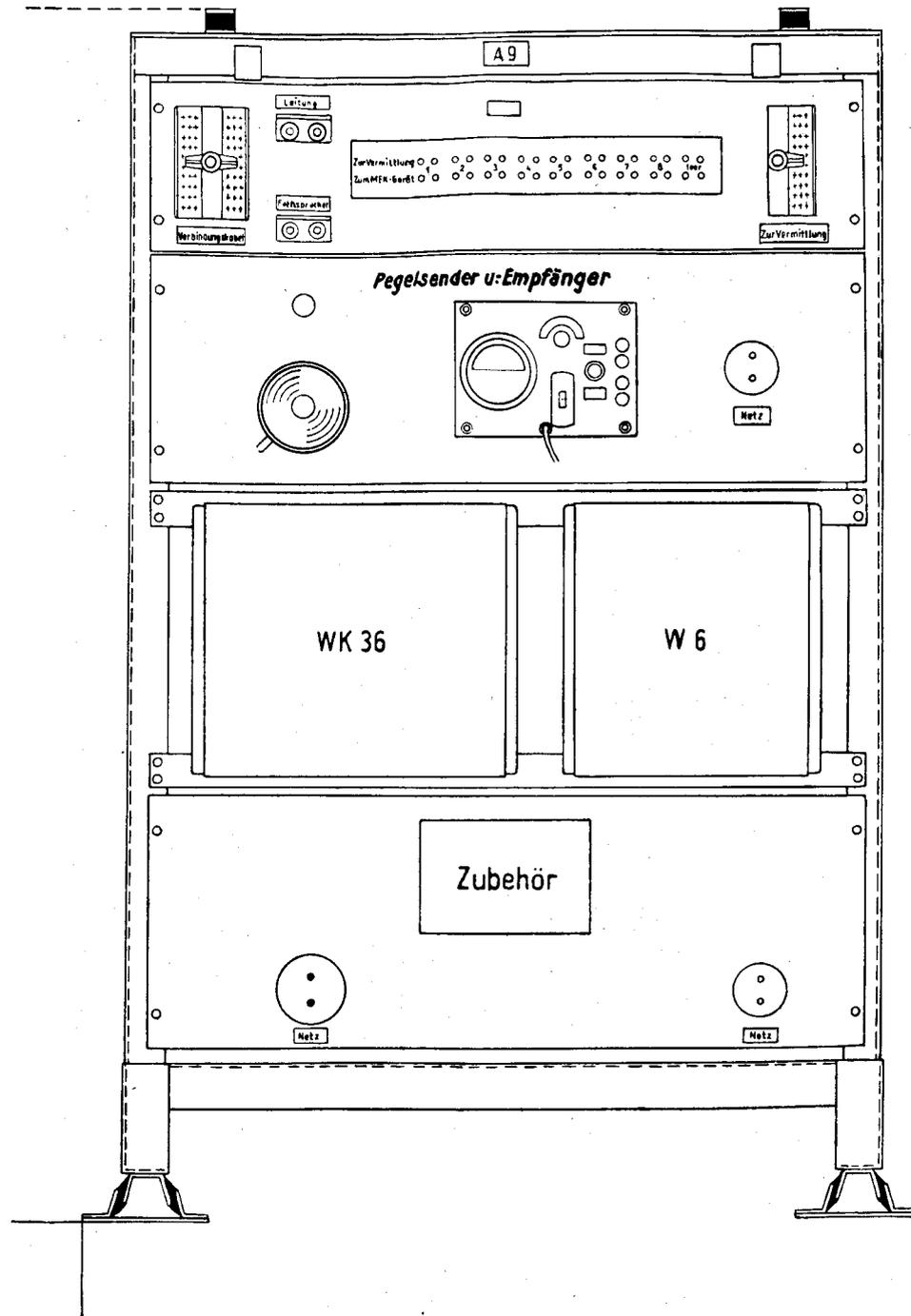


Abb. 9. ME-Zusatzgestell

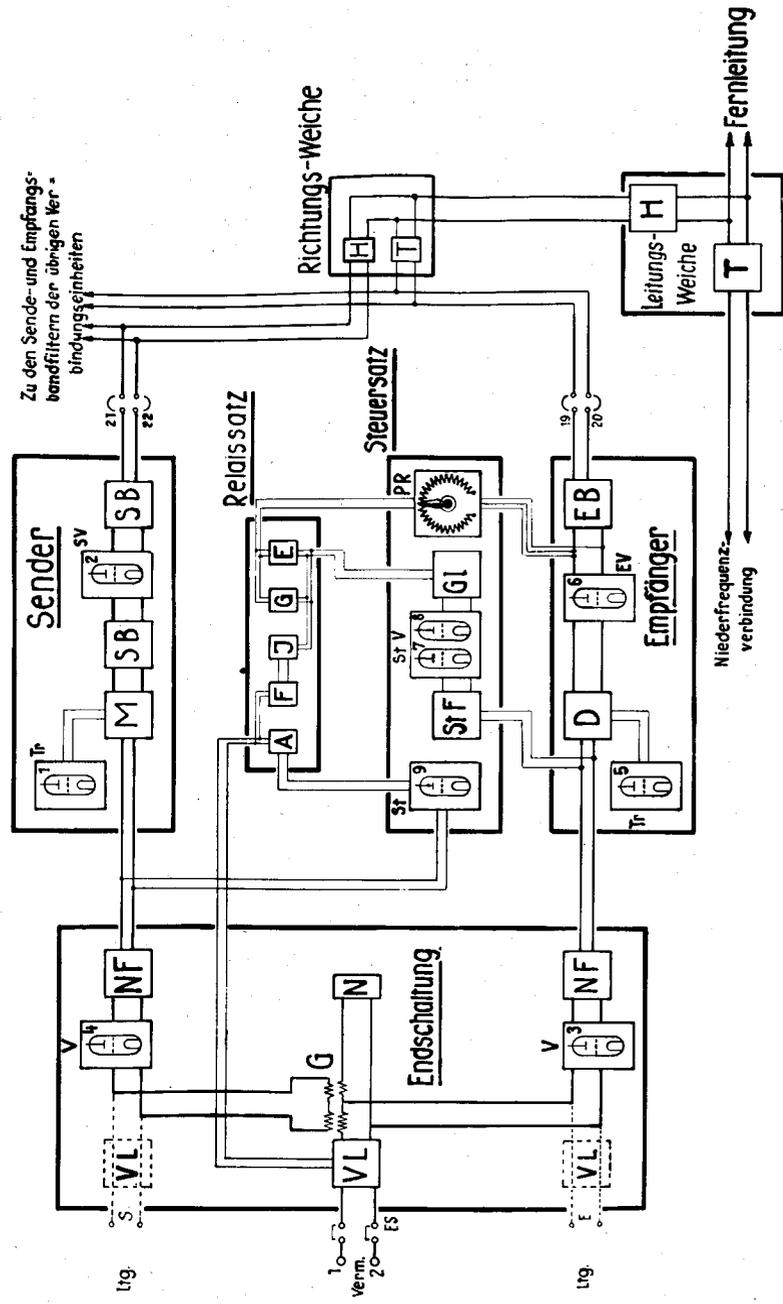


Abb. 11. ME-Verbindungseinheit

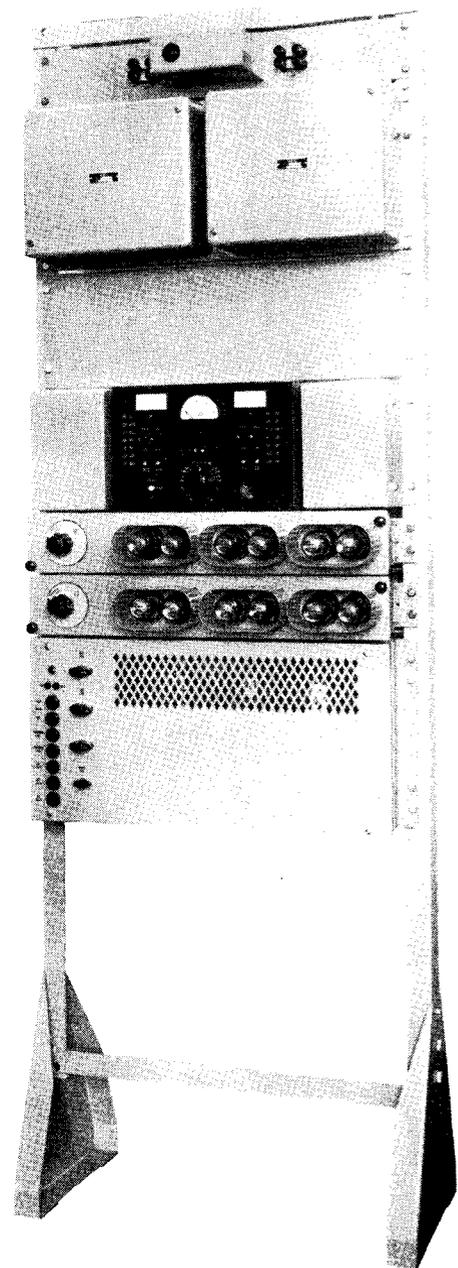


Abb. 13. MF-Zwischenstelle

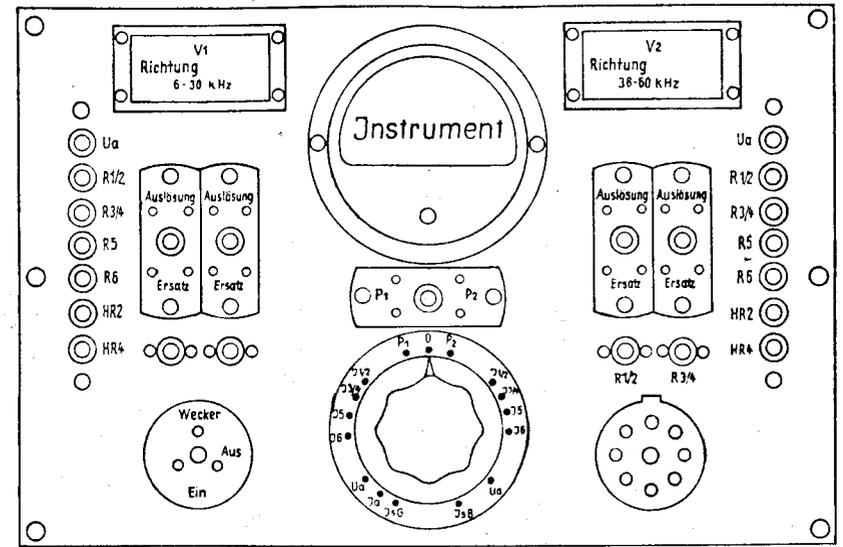


Abb. 13a. Überwachungsfeld der Zwischenstelle

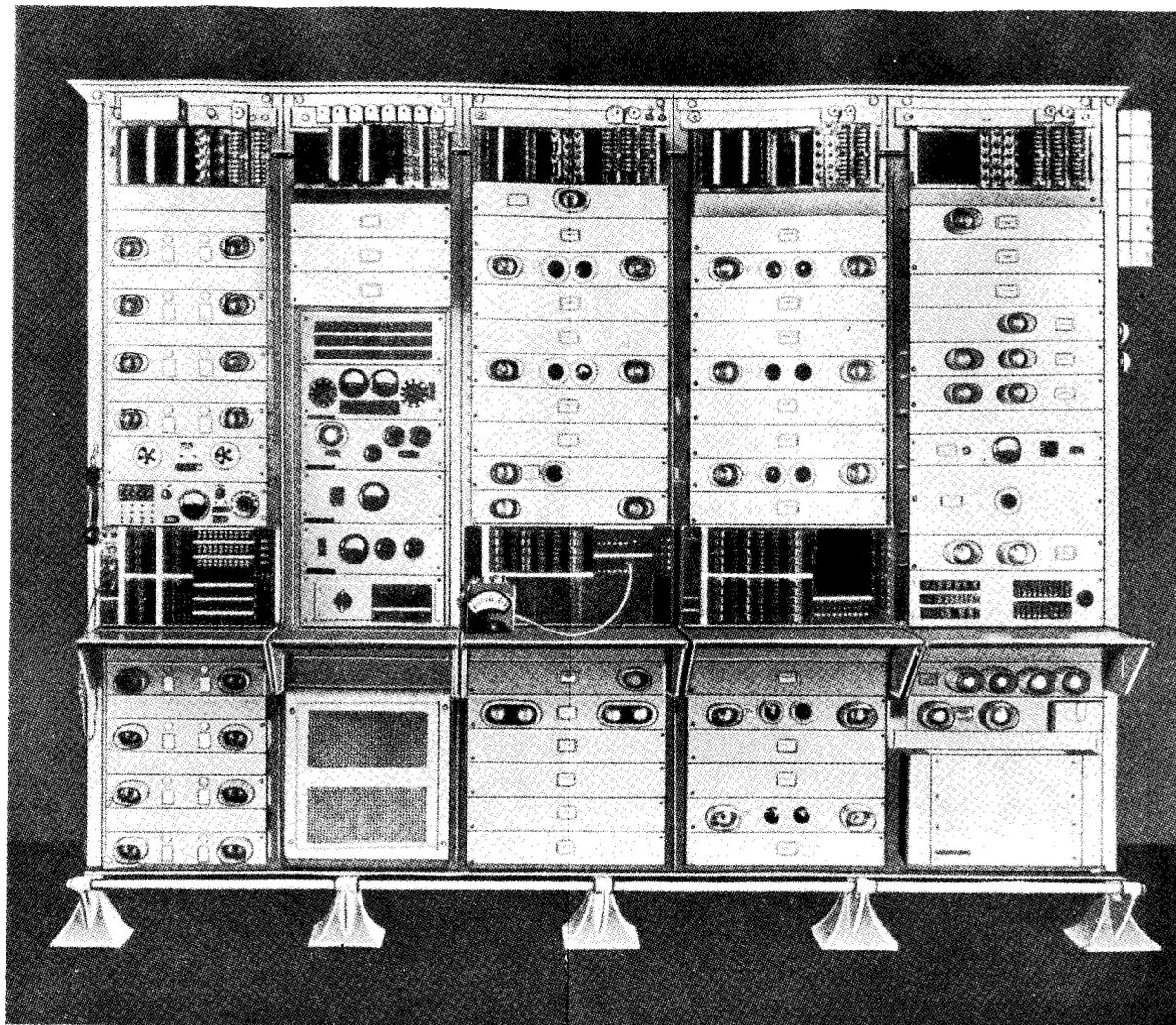


Abb. 14. MG-Anlage

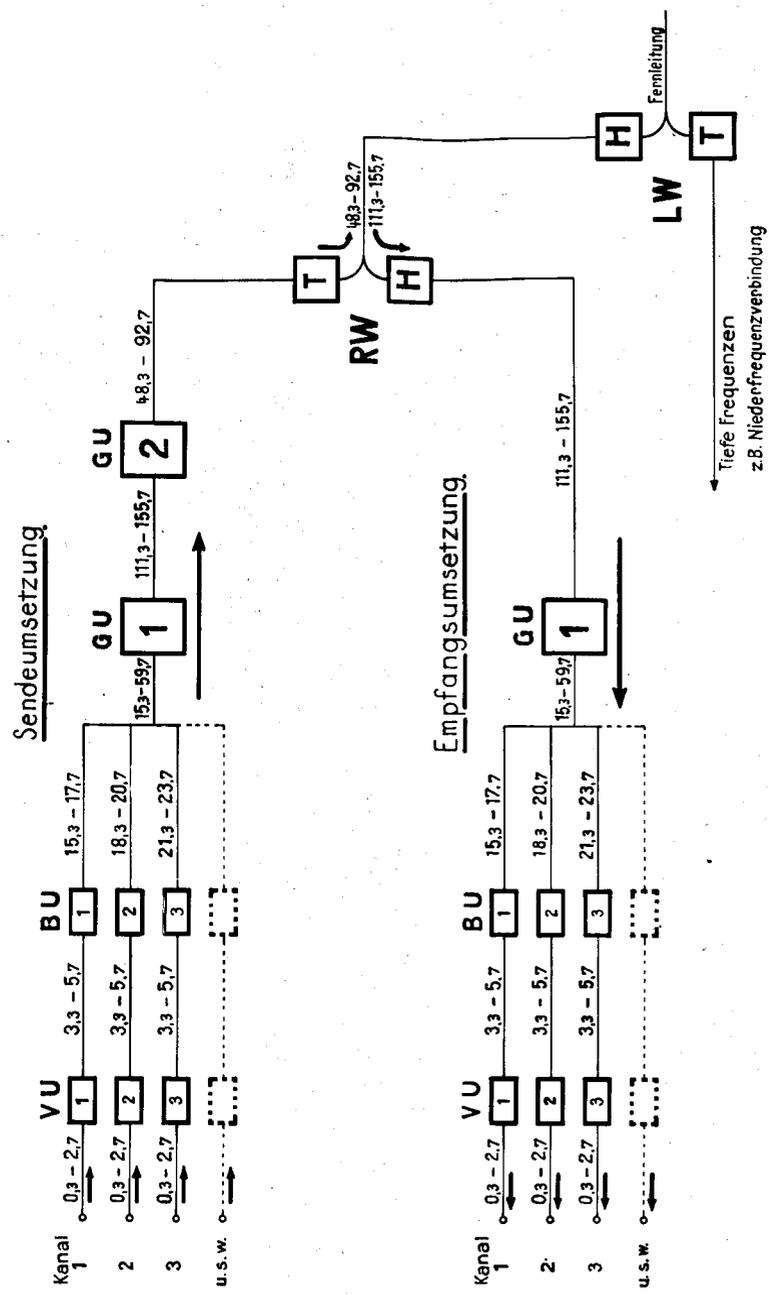
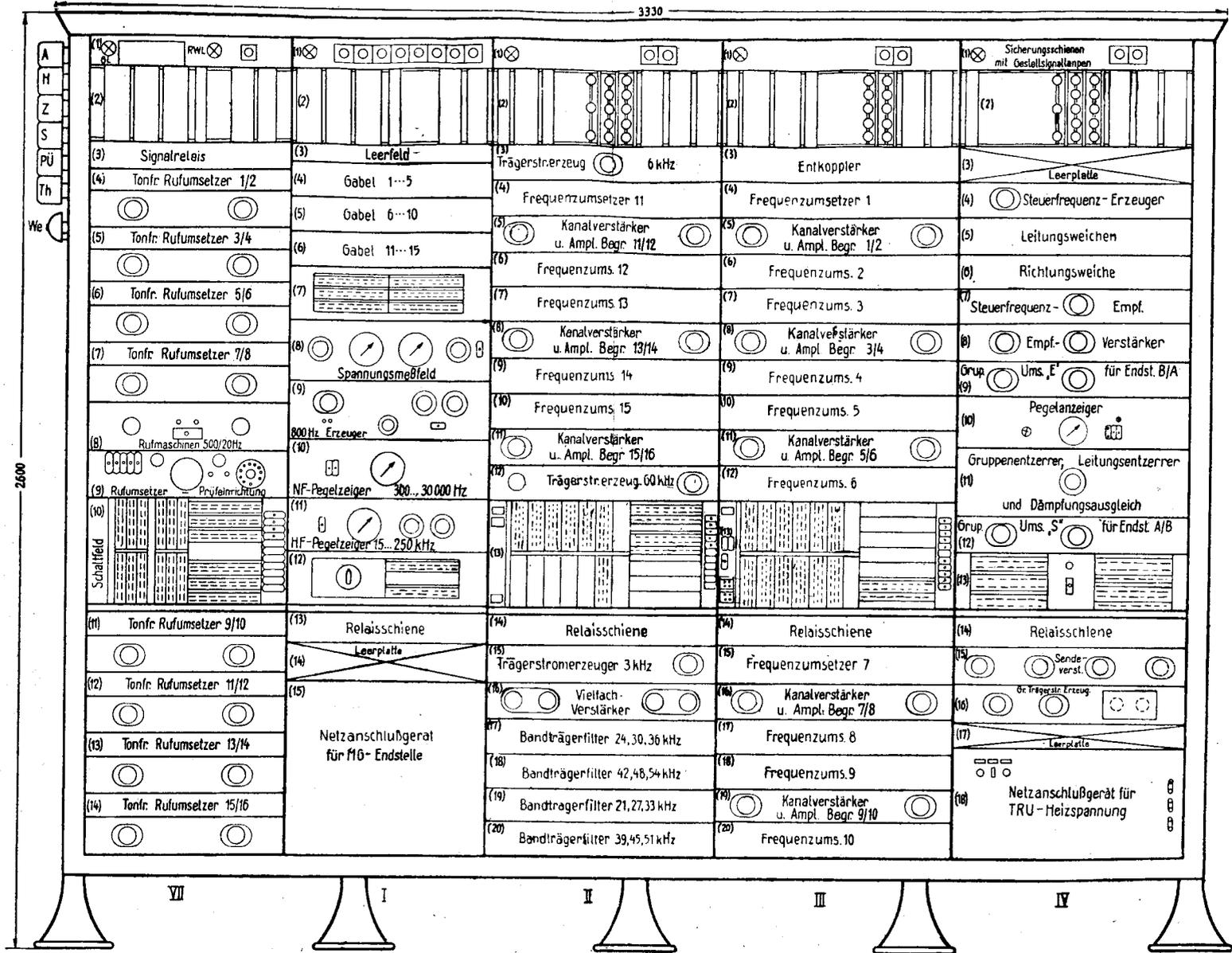


Abb. 15. Frequenzumlegung in der MG-Endstelle



I. Netzanschluß- und Meßgestell
 II. Frequenzumsetzer- und Trägerstrom-
 versorgungsgestell

III. Frequenzumsetzergestell
 IV. Gruppengestell

VII. Rufumsetzergestell

MG-Endstelle

Abb. 17. MG-Endstelle

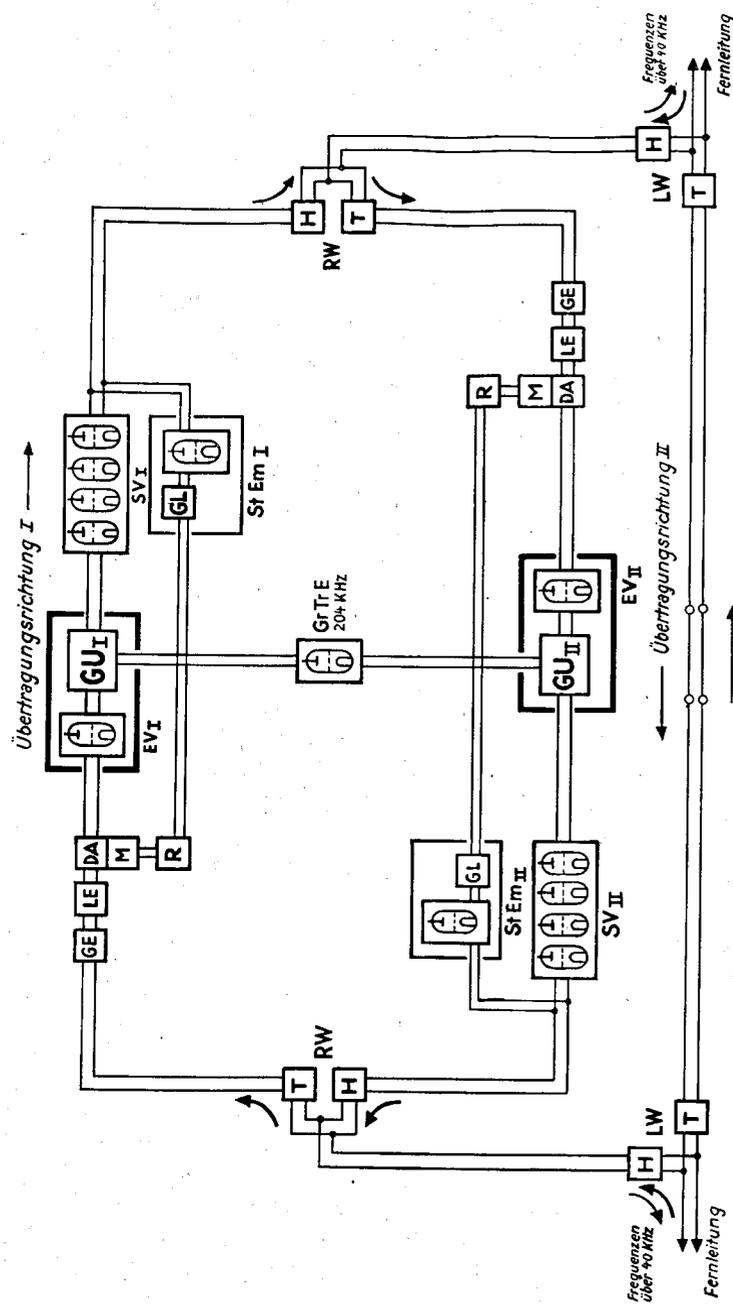


Abb. 19. Schaltung einer MG-3Wippenstelle

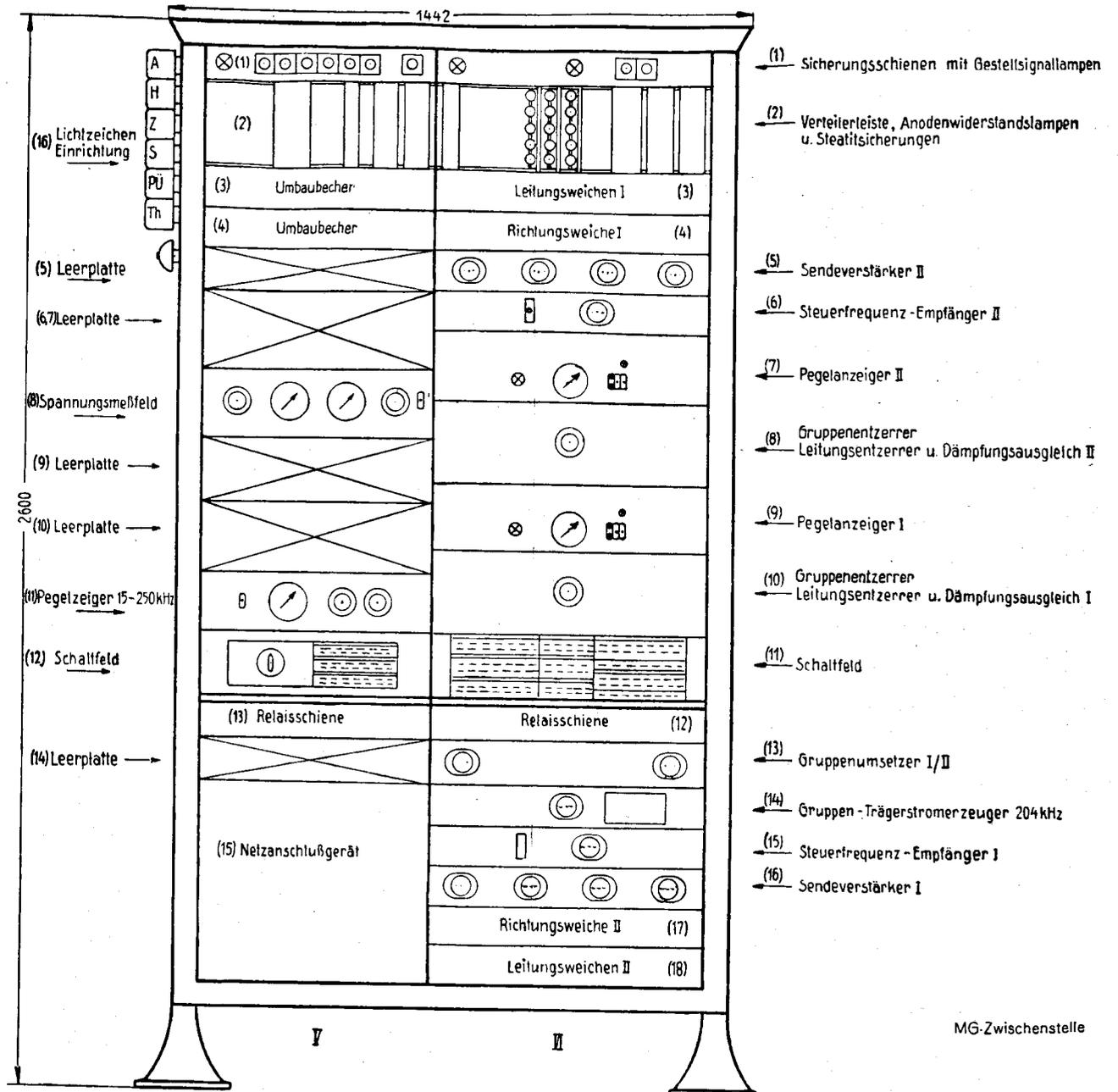


Abb. 20. MG-Zwischenstelle