# Eine Trägerfrequenzanlage für 300 Kanäle

Autor(en): **Wagner, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins : gemeinsames Publikationsorgan des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins (SEV) und des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE)**

Band (Jahr): **55 (1964)**

Heft 23

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-916788

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

**Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

eins zu geben; wir mussten uns begnügen, das Wichtigste darzustellen. Es lag uns am Herzen, Ihnen die Situation bei der Gründung aufzuzeigen und die unglaublich einfachen Verhältnisse der in den Kinderschuhen steckenden Elektrotechnik. Auch wollten wir Ihnen die Initiative, Tüchtigkeit, Zuverlässigkeit und Uneigennützigkeit der Gründer, die mit bescheidensten Mitteln einen Verein organisierten, der in fast all seinen wichtigsten Bestandteilen und Funktionen noch heute so besteht, wie sie ihn geformt haben, vor Augen führen.

Die enge Zusammenarbeit mit den Behörden war stets unser Bestreben und dürfte auch gelungen sein. Im letzten Bulletin hat uns Herr Bundesrat Dr. *Willy Spühler* seine Anerkennung und den Dank für unsere Arbeit ausgesprochen. Wir möchten unserseits für das Verständnis und das Wohlwollen herzlich danken, das er und sein Departement unserem Wirken stets entgegenbringen. Wir sind überzeugt, dass die gute Zusammenarbeit auch in Zukunft andauern wird.

Wohl ist die Arbeit durch die unerhörte Ausdehnung der Technik auf allen Gebieten des Lebens vervielfacht worden. Aber immer wieder stellen sich zahlreiche Fachleute für diese Arbeit im Verein zur Verfügung. So lange wir auf sie zählen können, wird es auch uns möglich sein, unsere Aufgaben zu erfüllen. Es ist unser Wunsch zum Jubiläum, dass der SEV wie bisher zum Nutzen seiner Mitglieder, der Elektroindustrie und der Elektrizitätswirtschaft sowie zum Wohle unseres lieben Vaterlandes wirken könne.

**Adresse des Autors:**
*E. Binkert*, Präsident des SEV, Direktor des Elektrizitätswerkes der Stadt Bern, Sulgeneckstrasse 18, 3000 Bern.

# Eine Trägerfrequenzanlage für 300 Kanäle

Von *A. Wagner*, Backnang

621.395.44 : 621.396.43

*Eine von Telefunken entwickelte Trägerfrequenz-Fernsprechanlage für 300 Kanäle zum Betrieb auf Kleinkoaxialkabeln arbeitet mit neuartigen vollelektronischen Reglern. Nur in den oberirdischen Stationen im Abstand von rund 100 km erfolgt die Regelung mit Pilotfrequenzen. Alle unterirdischen Verstärker werden in sehr einfacher Weise durch den von der Kabeltemperatur abhängigen Fernspeisestrom gesteuert. Die Besonderheiten dieser Anlage werden eingehend beschrieben.*

*Une installation de téléphonie à fréquences porteuses, mise au point par Telefunken pour 300 canaux à petits câbles coaxiaux, fonctionne avec des régulateurs complètement électroniques d'un nouveau genre. Le réglage par fréquences pilotes n'intervient qu'à des distances de 100 km, dans les stations au-dessus du sol. Tous les amplificateurs souterrains sont commandés très simplement par le courant de télé-alimentation, qui dépend de la température des câbles. L'auteur décrit en détail les particularités de cette installation.*

## 1. Einleitung

Der in den vergangenen Jahren, unter anderem auch als Folge der Teilnehmer-Fernwahl, stark angestiegene Fernsprech-Weitverkehr forderte von den dafür zuständigen Verwaltungen die Bereitstellung immer stärkerer Bündel von Sprechwegen. Auf symmetrischen Leitungen werden durch Mehrfachausnützung mit Trägerfrequenzgeräten im allgemeinen 12, 60 oder 120 Sprachkanäle übertragen. Die Übertragungskapazität von Koaxialkabeln, wie sie nun seit über 20 Jahren in Betrieb sind, ist es sehr viel höher. Für die Mehrfachausnützung solcher Kabel sind Trägerfrequenzanlagen für 960 bis 2700 Kanäle üblich. Zwischen den Anlagen für 120 Kanäle und denen für 960 Kanäle bestand bisher eine auffallende Lücke, die dadurch gegeben war, dass symmetrische Kabelleitungen für die Übertragung höherer Frequenzen wegen des Nebensprechens nicht verwendet werden, und dass die bisher üblichen Koaxialkabel erst bei weitgehender Ausnützung der durch das Kabel gegebenen Übertragungsmöglichkeiten, d. h. bei Belegung mit grossen Kanalzahlen ihre volle Wirtschaftlichkeit erreichen. Durch die Entwicklung von Koaxialpaaren mit kleinerem Durchmesser, den sog. Kleinkoaxialpaaren kann nun auch der Frequenzbereich bis etwa 4 MHz (960 Kanäle) mit guter Wirtschaftlichkeit ausgenützt werden. Zunächst werden die Kleinkoaxialpaare mit Trägerfrequenzanlagen für 300 Kanäle betrieben. Ihre Belegung mit 960 Kanälen ist für die Zukunft vorgesehen.

Eine erste solche Trägerfrequenzanlage, die von Telefunken entwickelt wurde, ist seit Sommer 1963 im Netz der Deutschen Bundesbahn im Betrieb. Weitere Verbindungen in Deutschland sind beauftragt bzw. geplant. Diese Trägerfrequenzanlage (V 300) entspricht in ihrem Aufbau und in ihren Eigenschaften den Empfehlungen des CCITT. Es wurden jedoch dafür neue technische Verfahren entwickelt, die von herkömmlichen abweichen und wesentliche Vorteile bieten. Über diese soll im weiteren Verlauf vorzugsweise und ausführlicher berichtet werden.

Trägerfrequenz-Endstellengeräte für kleinere Kanalzahlen enthalten in einem Gestell alle Einrichtungen bis zum Anschluss an die Fernleitung oder an die Richtfunkgeräte, d. h. vor allem Umsetzer, Verstärker und Trägererzeugungseinrichtung. Für den Betrieb auf Richtfunkverbindungen werden bestimmte Einrichtungen z. B. Verstärker und Regler nicht benötigt. Dies wird bei der Bestückung des Gestelles oder Schrankes berücksichtigt.

Die Einrichtungen einer Vielkanal-Trägerfrequenzanlage dagegen sind auf eine grössere Anzahl von Gestellen oder Schränken verteilt. Die für den Betrieb auf Kabeln, nicht jedoch beim Betrieb auf Richtfunkverbindungen, erforderlichen Einrichtungen sind in einem getrennten Gestell untergebracht. Man bezeichnet dann als Endeinrichtung nur die eigentlichen Modulationseinrichtungen mit der Einrichtung zur Trägerversorgung und betrachtet die gemeinsamen Verstärker und Regler als Teil der Streckenausrüstung. Hieraus ergibt sich die folgende Einteilung.

## 2. Endeinrichtungen

### *2.1 Frequenzumsetzung*

Die Bildung der Übertragungsfrequenzlage 60...1300 kHz mit 300 Sprechkreisen und die Rückgewinnung der einzelnen Kanäle erfolgt über die vom CCITT empfohlenen Grundprimär- und Grundsekundärgruppen. Das übertragene Band

33'322-331

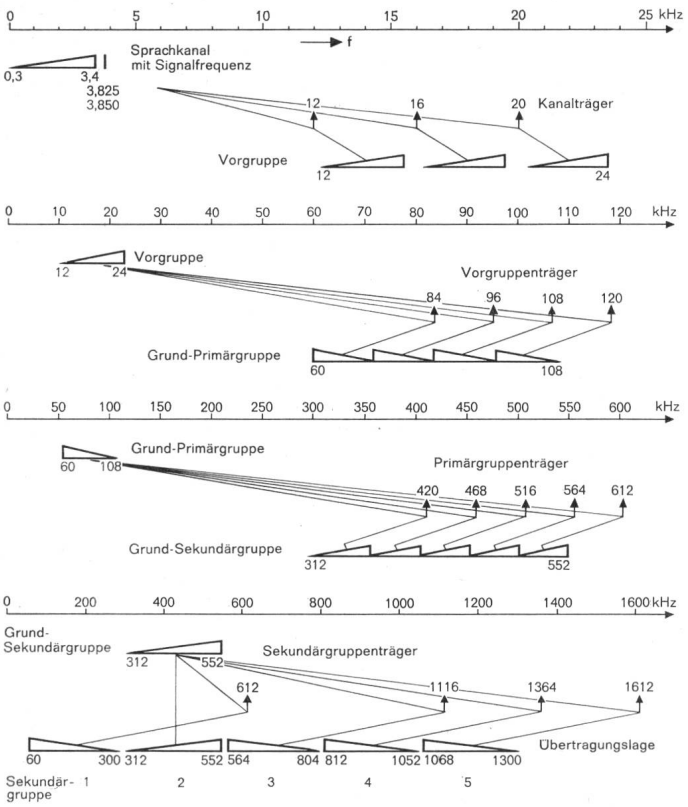



Fig. 1
**Frequenzplan**
*f* Frequenz

besteht aus den Sekundärgruppen 1...5 (Fig. 1). Damit besteht die Möglichkeit zum Durchschalten und Abzweigen von Gruppen von 12, 60 und 120 Kanälen im Trägerfrequenzbereich.

Die Bildung der Grundprimärgruppe erfolgt, wie vielfach üblich, auf dem Wege über eine Vorgruppe von 12...24 kHz. Dies erlaubt dann auch das Durchschalten kleinerer Gruppen mit 3 Kanälen; ein Fall, der besonders in sehr weit verzweigten Netzen vorkommt. Hiefür sind Vorgruppen-Durchschaltefilter entwickelt worden.

### *2.2 Mechanischer Aufbau*

Kanalumsetzer und Primärgruppenumsetzer sind jeweils in getrennten Gestellen untergebracht. Für grössere Ämter mit mehreren V 300-Endstellen sind auch für die Sekundärgruppenumsetzer, gemeinsame Trägererzeugung und gegebenenfalls für Primär- und Sekundärgruppen-Durchschaltefilter getrennte Gestelle vorgesehen. In Ämtern mit nur einer V 300-Endstelle werden die Sekundärgruppenumsetzer, die Einrichtungen zur Trägerversorgung und die Einrichtungen des Leitungsverstärkergestells (siehe unten) in einem Systemgestell zusammengefasst. In einem solchen Amt können Durchschaltefilter auch zusammen mit den Primärgruppenumsetzern in einem Gruppengestell untergebracht werden.

### *2.3 Trägererzeugung*

Die Art der Trägererzeugung in der Anlage V 300 wird auch in anderen neueren Trägerfrequenzanlagen angewandt, weicht jedoch von den bisher und sonst üblichen ab, so dass sie hier kurz beschrieben werden soll (Fig. 2).

Der Steuergenerator ist quarzgesteuert und liefert eine Grundfrequenz von 1488 kHz. Er kann für eine erhöhte Betriebssicherheit doppelt und mit einer Einrichtung zur automatischen Umschaltung vorgesehen werden. Quarze für Frequenzen zwischen etwa 1 und 10 MHz können als Dickenscherschwinger ausgebildet werden und haben als solche eine besondere kleine Temperaturabhängigkeit.

Aus der Grundfrequenz entstehen durch Teilung und Vervielfachung die notwendigen Trägerfrequenzen. Die Teilung erfolgt durch eine Kette von Binärzählern, durch welche die Zahl der Amplituden der Grundfrequenz abgezählt werden. Gegeben durch die Zahl der hintereinander geschalteten Binärzähler und die Schaltung ergibt sich am Ausgang der Anordnung nach einer bestimmten Anzahl von Amplituden ein Impuls. Der zeitliche Abstand dieser Impulse ergibt die neue Frequenz. Bei dieser Art der Teilung sind auch Teilverhältnisse abweichend von $2^{-n}$ möglich, wenn zwischen zwei Teilerstufen in einer Art von Rückkopplung ein zusätzlicher Impuls von einer nachgeschalteten Teilerstufe aufgeschaltet wird.

Für die Vervielfachung werden die Impulse geformt und erhalten dabei eine solche Flankensteilheit, dass die gewünschten Frequenzen mit bestem Wirkungsgrad ausgesiebt werden können.

Für die Erzeugung des Leitungspiloten, der Gruppenpilote und der Signalfrequenz sind getrennte Generatoren vorgesehen.

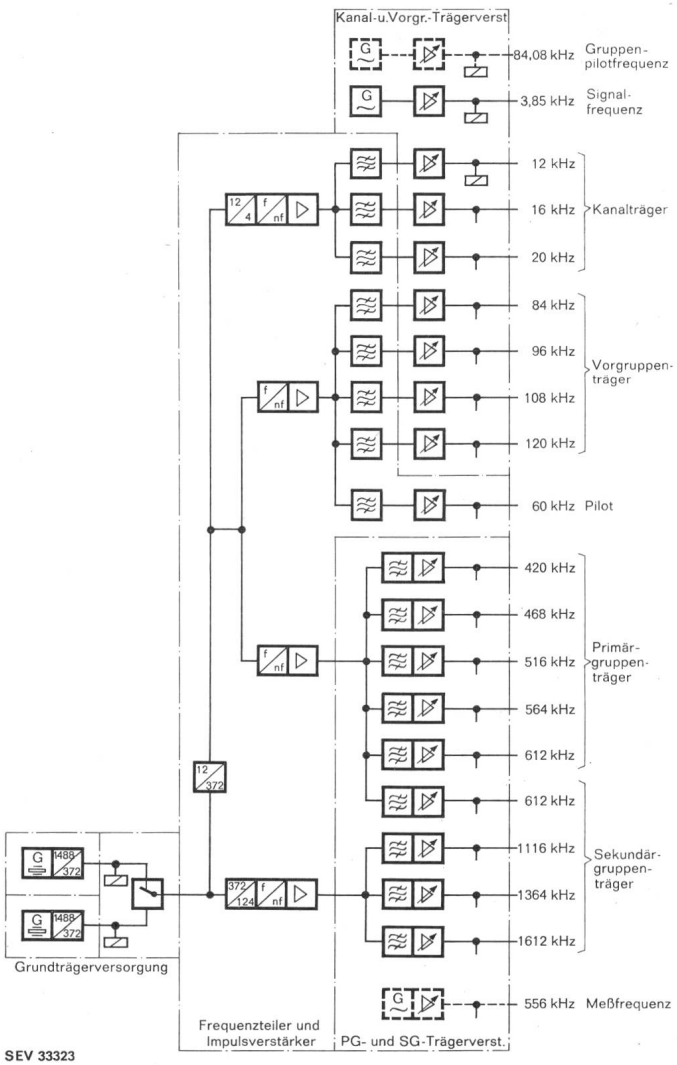



Fig. 2
**Übersichtsstromlauf der Trägererzeugung**

## 3. Streckenausrüstung

### *3.1 Leitungsverstärkergestell*

Das Leitungsverstärkergestell enthält neben dem Sende- und dem Empfangsverstärker mit den zugehörigen Entzerrern die Einrichtungen zur automatischen Regelung und zur Fernspeisung, die beide später ausführlich erläutert werden.

Das 1,5 m hohe Gestell kann zwei Einschubsätze aufnehmen und auf Endämtern als Leitungsverstärker für zwei V 300-Endstellen oder als oberirdischer speisender Zwischenverstärker oder als Abzweigstelle verwendet werden.

### *3.2 Zwischenverstärker*

#### *3.2.1 Verstärkerabstand*

Mit steigender Kanalzahl und damit höheren Übertragungsfrequenzen steigt auch die Zahl der notwendigen Zwischenverstärker bezogen auf die Länge der Verbindung. Die Verstärkerfeldlänge, d. h. der Abstand zwischen zwei Verstärkern ergibt sich aus der Forderung, dass die vom CCITT empfohlenen Höchstwerte der Geräuschleistung nicht überschritten werden dürfen, und ist somit bestimmt durch die Kabeldaten und die Verstärkereigenschaften.

In Trägerfrequenzverbindungen auf symmetrischen Kabeln und mit kleineren Kanalzahlen (12 bis 120) beträgt der Verstärkerabstand 30...18 km. Bei Verbindungen durch dichtbesiedelte Länder sind bei diesen Abständen keine unüberwindlichen Schwierigkeiten für die Festlegung geeigneter Stellen zur Aufstellung der Zwischenverstärker und für die notwendige Energieversorgung zu erwarten.

Bei grösseren Kanalzahlen und damit kürzeren Verstärkerabständen muss ein Teil der Zwischenverstärker über das Fernmeldekabel ferngespeist werden. Es muss dann bei der Festlegung des Verstärkerabstandes auch das Verhältnis von Verstärkerleistung zu aufgenommener Leistung und der sich daraus ergebende Leistungsverlust in der Speiseleitung in Betracht gezogen werden.

Unter Berücksichtigung aller Forderungen und gegebenen Grössen wurde vom CCITT für 300-Kanalanlagen in Verbindung mit Klein-Koaxialkabel 1,2/4,4 ein Verstärkerabstand von rund 6 km festgelegt. Bei einer Kabeltemperatur von + 10 °C ist dann die Felddämpfung für die höchste zu übertragende Frequenz von 1364 kHz (Pilotfrequenz) 4,3 N und der Schleifenwiderstand für den Speisestrom rund 190 Ω.

#### *3.2.2 Fernspeisung*

Bedingt durch die Verluste in der Speiseleitung und die zulässige Speisespannung ist die Zahl der von einer speisenden Stelle ferngespeisten Zwischenverstärker begrenzt. Eine längere Strecke muss daher in mehrere Speiseabschnitte unterteilt und gegebenenfalls müssen im Zuge der Strecke Speiseeinrichtungen eingefügt werden.

Eine Speisestelle kann in jeder Richtung 10 Zwischenverstärker speisen. Ein Speiseabschnitt ist daher maximal 60 km lang. Nach spätestens 21 Feldern, d. h. nach 126 km muss eine weitere Speisestelle vorgesehen werden. Als Speisestelle dient zumindest eine, im allgemeinen jedoch beide Endstellen, in denen die notwendigen Einrichtungen im Leitungsverstärkergestell oder auch im Systemgestell untergebracht sind. Speisestellen im Zuge der Strecke sind in Verbindung mit einem Zwischenverstärker oberirdisch in einem Gebäude untergebracht. Es werden hiefür dieselben

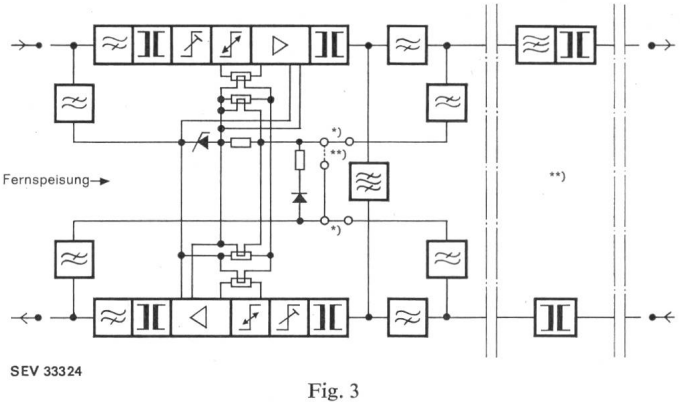



Fig. 3
**Übersichtsstromlauf eines ferngespeisten Zwischenverstärkers**
*) entfällt im letzten Zwischenverstärker eines Fernspeiseabschnitts
**) nur im letzten Zwischenverstärker eines Fernspeiseabschnitts

Leitungsverstärkergestelle wie in den Endstellen verwendet.

Die Übertragung der Speiseleistung für die Zwischenverstärker über das Fernmeldekabel ist grundsätzlich mit Gleich- oder Wechselstrom möglich. Bei Gleichstromspeisung der Zwischenverstärker entfallen in diesen die bei Wechselstromspeisung notwendigen Transformatoren, Gleichrichter und Siebmittel mit den darin auftretenden Verlusten. Gleichstromgespeiste Verstärker sind daher in der Anschaffung billiger und im Betrieb wirtschaftlicher als wechselstromgespeiste. Der etwas höhere Aufwand für Schutzeinrichtungen gegen Induktionsspannungen bei Gleichstromspeisung ist bei Berücksichtigung des insgesamt einfacheren Aufbaues unbedeutend. Die Fernspeisung erfolgt über die Innenleiter der beiden Koaxialpaare. Von der Speisestelle her gesehen werden maximal 10 Verstärkersätze in Serie gespeist. Innerhalb jedes Verstärkersatzes liegen die zwei Verstärker — einer für jede Richtung — parallel an einer Serienschaltung von Zener-Dioden, die die Speisespannung jedes Verstärkers konstant halten (Fig. 3).

#### *3.2.3 Mechanischer Aufbau*

Die speisenden oberirdischen Zwischenverstärker entsprechen, wie bereits erwähnt, den Leitungsverstärkern, wie sie in Verbindung mit den Endstelleneinrichtungen verwandt werden. Sie sind in Schrankgestelle eingebaut.

Die ferngespeisten Zwischenverstärker sind in einem Gussgehäuse untergebracht, das an eine normale Kabelmuffe angeflanscht ist (Fig. 4). Zum Öffnen des wasserdichten Gehäuses muss nur eine Schraube gelöst werden.

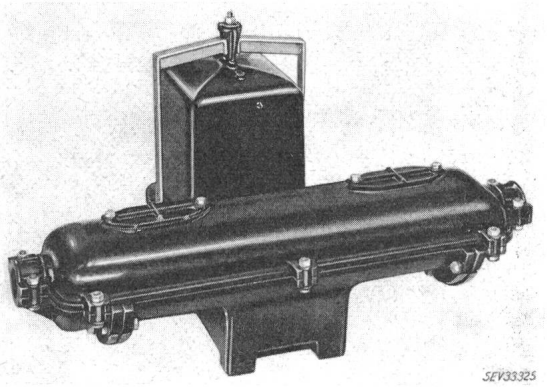



Fig. 4
**Verstärkermuffe**

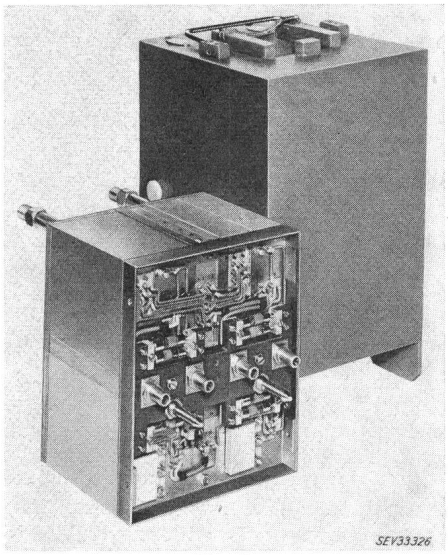



Fig. 5
**Verstärkerblock**

Innerhalb des Gussgehäuses ist der Verstärkersatz für eine Verbindung mit Rücksicht auf Berührungssicherheit (hohe Speisespannung gegen Erde) in ein Kunststoffgehäuse eingebaut (Fig. 5). Die Verbindung zwischen diesem sog. Verstärkerblock und dem Kabel erfolgt über Steckverbindungen. Ein Verstärkerblock kann daher leicht und schnell ausgetauscht werden. Die Verstärkersätze sind für alle Zwischenverstärker gleich. Zusätzliche Einrichtungen (vor allem Impulssperrfilter), die nur im letzten Zwischenverstärker eines Speiseabschnittes benötigt werden, können ebenfalls als steckbare Einheit zwischen Verstärkersatz und Kabel eingefügt werden. Platz hiefür ist im Verstärkerblock vorgesehen.

Auf den ersten Strecken sind die Verstärker in leicht zugänglichen Betonschächten untergebracht; es ist möglich, sie in Zukunft einzugraben.

### *3.3 Regelung*

Bei Änderungen der Kabeltemperatur um ± 10 °C ändert sich die Dämpfung eines Verstärkerfeldes um rund ± 0,09 N. Um die einzelnen Verstärker nicht zu überfordern, wäre es notwendig, etwa jeden zweiten Verstärker zu regeln. Die Regelung zahlreicher Zwischenverstärker in Abhängigkeit von einer Pilotfrequenz ist u. a. sehr aufwendig, und grösserer Aufwand bedeutet auch immer mehr Möglichkeiten für einen Ausfall.

Ein bekanntes Verfahren, das von Telefunken ebenfalls angewandt wird, verwendet daher die Pilotregelung nur in etwa jedem 5. Zwischenverstärker, während die übrigen Zwischenverstärker auf einfachere Weise durch die Umgebungstemperatur gesteuert werden. Dabei setzt man voraus, dass die Temperatur des Kabels innerhalb einer Feldlänge etwa dieselbe sei wie in der Umgebung des Verstärkers, und auch dass der Verstärker dieselbe Temperatur habe wie seine Umgebung. Ein Temperaturfühler im Verstärkergehäuse bestimmt den Verstärkungsgrad. Es wird dabei nicht berücksichtigt, dass einzelne Abschnitte des Kabels, z. B. wegen unterschiedlicher Bodenbeschaffenheit, oder weil das Kabel über eine längere Brücke oder einen Damm läuft, sehr unterschiedliche Temperaturen annehmen können. Wenn solche temperaturgeregelten Verstärker mit Rücksicht auf leichte Zugänglichkeit in Schächten untergebracht werden sollen, so müssen diese gegen Lufttemperatur und Sonneneinstrahlung sorgfältig isoliert werden. Das Öffnen eines Schachtes oder das Ausgraben einer Verstärkermuffe — beide können mehrere Verstärkerblöcke enthalten — beeinflusst die Regelung.

Das für die Trägerfrequenzanlage V 300 neu entwickelte Regelverfahren vermeidet diese Schwierigkeiten und enthält einige neuartige Einzelheiten. Pilotgeregelt sind nur die speisenden Stationen, d. h. die Endstellen und etwa jeder 20. Zwischenverstärker. Die ferngespeisten Zwischenverstärker werden mit Hilfe des Speisestromes gesteuert (Fig. 6).

#### *3.3.1 Stromgesteuerte Regelung ferngespeister Verstärker*

Setzt man zunächst eine konstante Speisespannungsquelle für die ferngespeisten Zwischenverstärker voraus, so ist der Speisestrom allein abhängig vom Widerstand des Kabels. Der Gleichstromwiderstand der Verstärker geht dabei nicht ein, da deren Versorgungsspannung — wie bereits erwähnt — an Zener-Dioden abgegriffen wird. Kabelwiderstand und Kabeldämpfung sind in gleicher Weise von der Kabeltemperatur abhängig. Der Speisestrom ist daher ein Mass für die Kabeldämpfung.

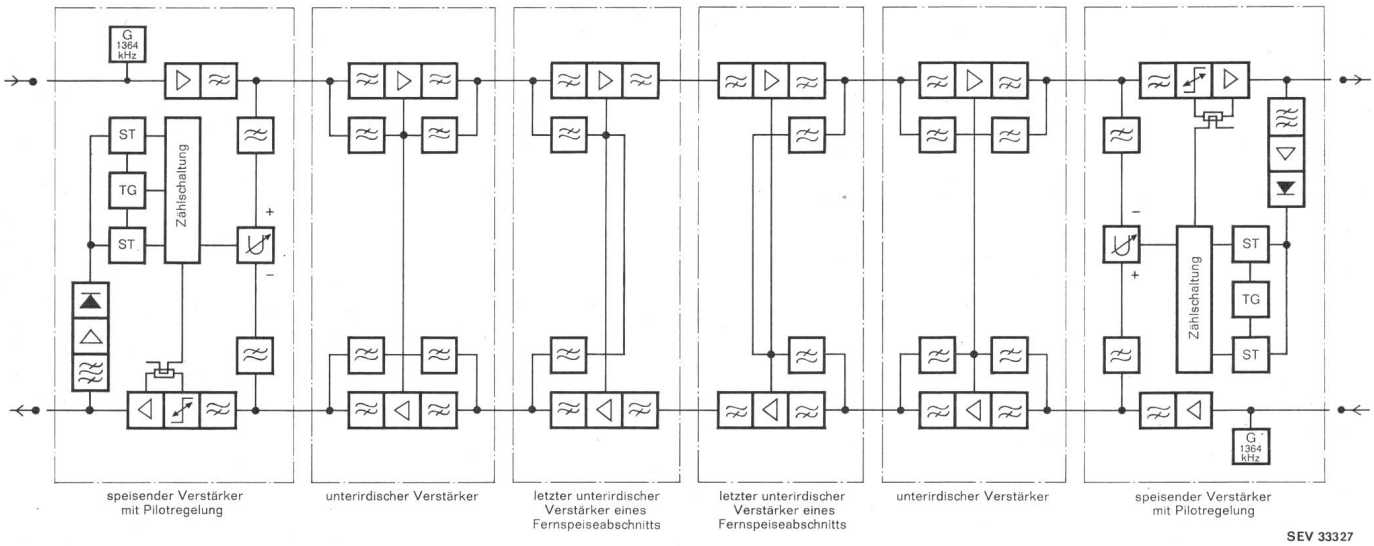



Fig. 6
**Prinzip der Pegelregelung**

Ein Teil des Speisestromes wird in jedem Verstärker abgezweigt und dient zur Steuerung von indirekt geheizten Thermistoren im Gegenkopplungszweig der Verstärker und damit zur Einstellung des Verstärkungsgrades und zur Entzerrung (Fig. 3). Durch eine Kaskadenschaltung zweier Thermistoren wird dabei zugleich die Regelkennlinie den Erfordernissen entsprechend umgekehrt und versteilert. Die Schaltung bewirkt ferner eine Temperaturkompensation, so dass der Regelvorgang trotz Verwendung temperaturabhängiger Elemente unabhängig von der Umgebungstemperatur des Verstärkers bleibt.

Die Regelung ist vollelektronisch, d. h. sie arbeitet ohne mechanisch bewegte Teile wie z. B. Relaiskontakte, Stellmotoren oder Drehschalter. Durch die gleichstromgesteuerte Regelung der ferngespeisten Zwischenverstärker allein durch die Änderung des Speisestromes bei Änderung der Kabeltemperatur und mit konstanter Speisespannung am Eingang des Fernspeisekreises werden nur Dämpfungsänderungen ausgeregelt, die beide Übertragungsrichtungen in einem Kabel im gleichen Masse beeinflussen. Es ist daher auch ohne weiteres zulässig, dass durch einen Steuerkreis die Verstärker beider Richtungen eingestellt werden. Der Aufwand für diese Regelung ist vergleichsweise so gering, dass jeder ferngespeiste Zwischenverstärker damit ausgerüstet werden kann.

*3.3.2 Pilotregelung oberirdischer Stationen*

Die stromgesteuerte Regelung der unterirdischen Zwischenverstärker bewirkt den Ausgleich eines sehr grossen Teiles der gesamten Dämpfungsänderungen einer Verbindung. Verbleibende Reste der Dämpfungsänderungen werden mit Hilfe der Pilotfrequenz (1364 kHz) in den oberirdischen Leitungsverstärkern ausgeregelt. Diese Regelung berücksichtigt die unvermeidlichen Toleranzen in den Kabel- und Verstärkerdaten und auch die Änderungen der Kabeldämpfung im Abschnitt zwischen zwei Speiseabschnitten, da hier eine Kabellänge von rund 6 km Länge von der Speisestromregelung nicht erfasst wird.

In den oberirdischen Leitungsverstärkern überwachen Pilotempfänger die ankommende Pilotfrequenz und steuern die Regler und Entzerrer der Verstärker im selben Gestell (Fig. 6). Sie bewirken ferner durch eine Änderung der Speisespannung in geringen Grenzen ($\approx \pm 1$ %) auch eine zusätzliche Regelung der ferngespeisten Zwischenverstärker. (In den ersten Erläuterungen war die Speisespannung als konstant angenommen worden.)

Auf Grund eingehender theoretischer Überlegungen, die die Praxis bestätigt hat, wurden die günstigsten Anteile gleichstrom- und pilotgesteuerter Regelung festgelegt und die Schaltungen entsprechend dimensioniert. Der durch die Pilotfrequenz geregelte Restausgleich ($< 20$ % der gesamten Änderung) verteilt sich zu etwa 2/5 auf die ferngespeisten Zwischenverstärker und zu etwa 3/5 auf die Verstärker in den speisenden Stationen.

Auch die Regelung in den oberirdischen Stationen erfolgt vollelektronisch nach einem neuartigen Verfahren.

Die Pilotfrequenz 1364 kHz wird am Ausgang des Leitungsverstärkers ausgekoppelt und ihr Pegel, genauer der Wert einer aus ihr gewonnenen Gleichspannung, durch zwei Schmitt-Trigger überwacht. Die Schmitt-Trigger (ST), Transistor-Schaltungen, dienen als Spannungsdiskriminatoren [1] [1]); sie entsprechen grob gesehen etwa einem polarisierten Relais. Bei einer Abweichung des Pilotpegels von seinem Sollwert um eine vorgegebene Grösse nach der einen oder anderen Richtung, hier $\pm$ 0,03 N, spricht der eine oder andere ST an. Das Ansprechen eines der ST bewirkt eine Richtungsvorgabe für eine Zählschaltung und das Ingangsetzen eines Taktgebers. Die Zählschaltung enthält mehrere — im Falle der V 300-Anlage sechs — parallel liegende Serieschaltungen von je einem elektronischen Schalter und einem Widerstand. Die Abstufung der Widerstandswerte entspricht einer geometrischen Reihe. Die elektronischen Schalter sind derart miteinander verbunden, dass beim Anlegen eines Impulses eine Fortschaltung, vorwärts oder rückwärts je nach der Voreinstellung durch einen der ST, erfolgt. Dabei werden parallele Widerstände zu- oder abgeschaltet und der «Stellstrom» durch den in Reihe geschalteten Heizer des Regelthermistors erhöht oder erniedrigt. Bei Verwendung von 6 elektronischen Schaltern wie in der Regelschaltung der V 300-Anlage sind $2^6 = 64$ Regelstufen einstellbar. Jede Regelstufe entspricht einer Verstärkungsänderung von etwa 0,01 N [2]. Verglichen mit mechanischen Geräten entspricht die Regelschaltung einem Stufenpotentiometer, das durch einen Schrittschaltmotor mit zwei Drehrichtungen gesteuert wird.

Der Regelthermistor hat eine gewisse Wärmeträgheit und folgt daher einem Regelbefehl verzögert. Zur Beschleunigung des Regelvorganges bewirkt eine zusätzliche Einrichtung, dass die Änderung des Stellstromes nicht in einer einfachen Stufe erfolgt, sondern dass der Stellstrom zunächst stärker geändert wird als der gewünschten Stufe entspricht und dann nach kurzer Zeit auf die gewünschte Stufe zurückgeht. Die Frequenz des Taktgebers ist der sich durch die Gesamtschaltung ergebenden Zeitkonstante angepasst und beträgt etwa 4 Hz. Es wird dadurch erreicht, dass bei einem grösseren Regelvorgang über mehrere Regelstufen die Regelkurve angenähert stetig verläuft.

Ein plötzlicher grösserer Pegelabfall der Pilotfrequenz, im allgemeinen das vollständige Fehlen der Pilotfrequenz infolge einer Störung oder Unterbrechung, soll keinen Regelvorgang einleiten. Die Pilotfrequenz wird daher von einem weiteren ST geringerer Empfindlichkeit überwacht, der bei einer Pegelabweichung von — 0,35 N anspricht, die Regeleinrichtung abschaltet und einen Alarm auslöst. Dabei behält die Zählschaltung ihre vorherige Einstellung bei (elektronisches Gedächtnis), so dass nach dem Beheben der Störung auf der Verbindung dieselben Pegelverhältnisse wie vorher bestehen.

Der Stellstrom durchfliesst ferner einen in Serie zum Heizer des Regelthermistors geschalteten Widerstand. Die an diesem abfallende Spannung dient zur Steuerung des Spannungsreglers für die Fernspeisung und damit, wie oben beschrieben, zum Restausgleich auch der ferngespeisten Zwischenverstärker.

Das beschriebene Regelverfahren in Verbindung mit der gewählten Dimensionierung ergibt eine bisher nicht erreichte Stabilität auch auf sehr langen Strecken; es gibt damit nicht mehr das Problem der dynamischen Instabilität. Die Einschwingzeit eines Regelabschnittes liegt bei nur wenigen Sekunden. Bei plötzlichen Pegeländerungen bleibt das Überschwingen unter 60 % der Grösse der Pegeländerung.

[1]) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

Der auf den speisenden Stellen angezeigte Wert des Fernspeisestromes gibt zugleich ein Mass für den Verstärkungsgrad der ferngespeisten Verstärker.

### 4. Abzweigtechnik

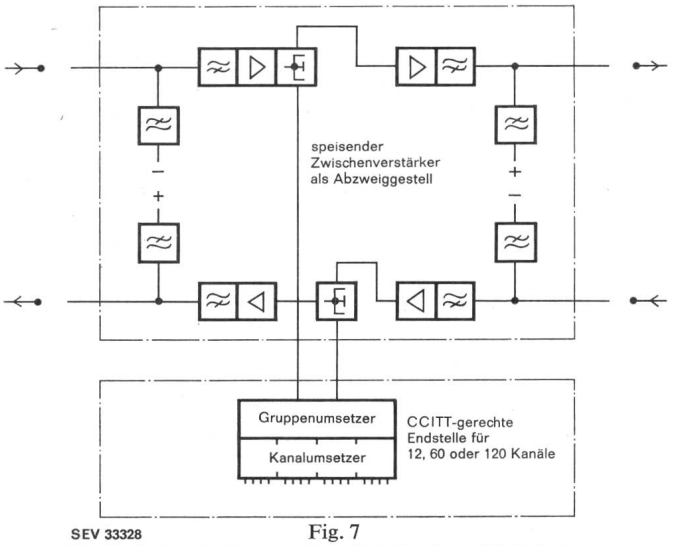
Mit steigender Kanalzahl auf einer Weitverkehrsverbindung steigt das Bedürfnis, an Knotenpunkten mehr oder weniger starke Bündel von Kanälen aus der Hauptstrecke abzuzweigen. Anderseits ist es im allgemeinen wirtschaftlich, mehrere schwächere, über eine längere Strecke parallel laufende Bündel zu einem gemeinsamen stärkeren Bündel zusammenzufassen.

Das Übertragungsfrequenzband der V 300-Anlage ist an seinem unteren Ende identisch mit der Grundprimärgruppe (60...108 kHz) und den Sekundärgruppen 1 und 2 (60...552 kHz), d. h. mit normalen Übertragungsfrequenzlagen üblicher Trägerfrequenzanlagen für 12 bzw. 60 und 120 Kanälen. Mit Hilfe einfacher Gabelentkoppler und einer Endstelleneinrichtung dieser Trägerfrequenzanlagen können entsprechende Bündel aus einer Richtung abgezweigt bzw. dieser zugefügt werden (Fig. 7). Bei Verwendung zusätzlicher Sperrfilter mit einem Durchlassbereich oberhalb 312 bzw. 564 kHz können 60 bzw. 120 Kanäle aus beiden Richtungen abgezweigt und umgekehrt diesen wieder zugefügt werden (Fig. 8). In allen diesen Fällen werden die für das Abzweigen und Wiederbelegen notwendigen Einrichtungen an oberirdischen Zwischenverstärkern vorgesehen. Wie schon erwähnt kann das Leitungsverstärkergestell entsprechend bestückt und umgeschaltet werden.

Weitere Abzweigungen und Durchschaltungen sind in bekannter Weise in den verschiedenen Modulationstufen möglich.

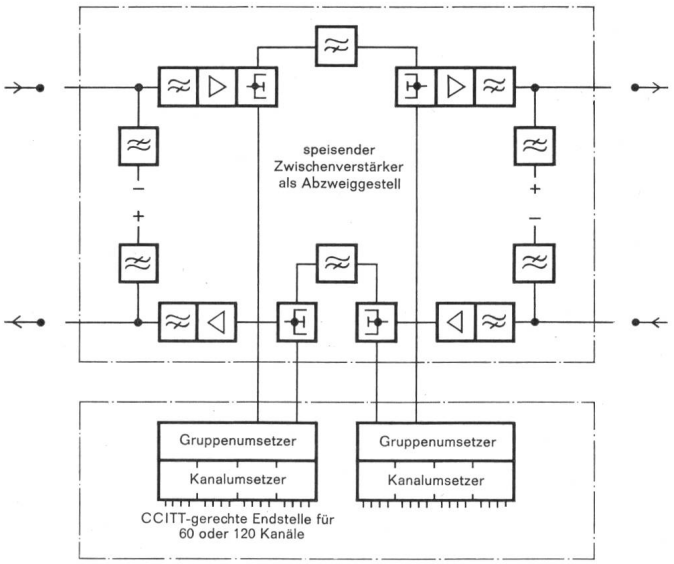
### 5. Energieversorgung

Die Energieversorgung der V 300-Anlage, Endstelleneinrichtung mit Leitungsverstärkern und speisende Zwischenverstärker, kann nach Wunsch für den Anschluss an das Wechselstromnetz 110 bzw. 220 V oder an Batterien mit 24, 48 oder 60 V vorgesehen werden. Mit Rücksicht auf die erwünschte höhere Betriebssicherheit bei Vielkanalanlagen und ermöglicht durch die geringe Leistungsaufnahme moderner volltransistorisierter Trägerfrequenzanlagen wird heute vielfach die Speisung aus Batterien vorgezogen. Der




SEV 33328 Fig. 7

**Übersichtsstromlauf einer Abzweigstelle ohne Wiederbelegung**




SEV 33329 Fig. 8

**Übersichtsstromlauf einer Abzweigstelle mit Wiederbelegung**

grosse Regelbereich der Energieversorgungseinrichtungen in den V 300-Anlagen erlaubt den Betrieb auch an gepufferten Batterien.

### 6. Fehlerortung

Bei einer Vielkanal-Nachrichtenverbindung, die auf der Strecke zahlreiche aktive und passive Elemente enthält und auf der der Abstand zwischen zwei bemannten Stationen im Mittel etwa 100 km beträgt, kann die Möglichkeit einer schnellen Feststellung eines Fehlerortes von wesentlicher Bedeutung sein.

Für die hier beschriebene V 300-Anlage sind Möglichkeiten zur Ortung ausgefallener ferngespeister Zwischenverstärker und zur Feststellung unterbrochener Leitungsabschnitte vorgesehen. Die entsprechenden Messungen erfolgen jeweils an den speisenden Stellen und erfassen einen Fernspeiseabschnitt (Fig. 9).

In jedem der ferngespeisten Zwischenverstärker ist zwischen dem Ausgang des Verstärkers für die eine und dem Eingang des Verstärkers für die andere Richtung auf der der speisenden Stelle abgewandten Seite ein Bandfilter für eine Durchlassfrequenz von 1450 kHz, d. h. oberhalb des Übertragungsbandes, geschaltet. Zur Prüfung der Verstärker werden an den speisenden Stellen Prüfimpulse einer Frequenz von 1450 kHz mit einer Impulsfolgefrequenz von etwa 1 kHz auf die abgehende Leitung gegeben. Diese Impulse gelangen über die genannten Bandfilter in den Zwischenverstärkern zur Gegenrichtung und zurück zur sendenden Stelle und können dort auf einem Bildschirm beobachtet werden. Infolge der verschieden grossen Laufzeit ergibt jeder ausgesandte Impuls im Normalfall ebensoviele zeitlich aufeinander folgende Impulse, wie der Speiseabschnitt Zwischenverstärker enthält (Fig. 10). Im Falle einer Störung innerhalb des Ortungsbereiches ist die Anzahl der empfangenen Impulse kleiner. Der erste fehlende Impuls kennzeichnet den gestörten Verstärker.

Aus der Höhe der angezeigten Impulse kann auf den Verstärkungsgrad der einzelnen Verstärker geschlossen werden.

Impulssperrfilter zwischen den einzelnen Fernspeiseabschnitten verhindern das Weiterlaufen der Prüfimpulse in den nächsten Abschnitt. Diese Prüfung kann während des normalen Betriebes vorgenommen werden.

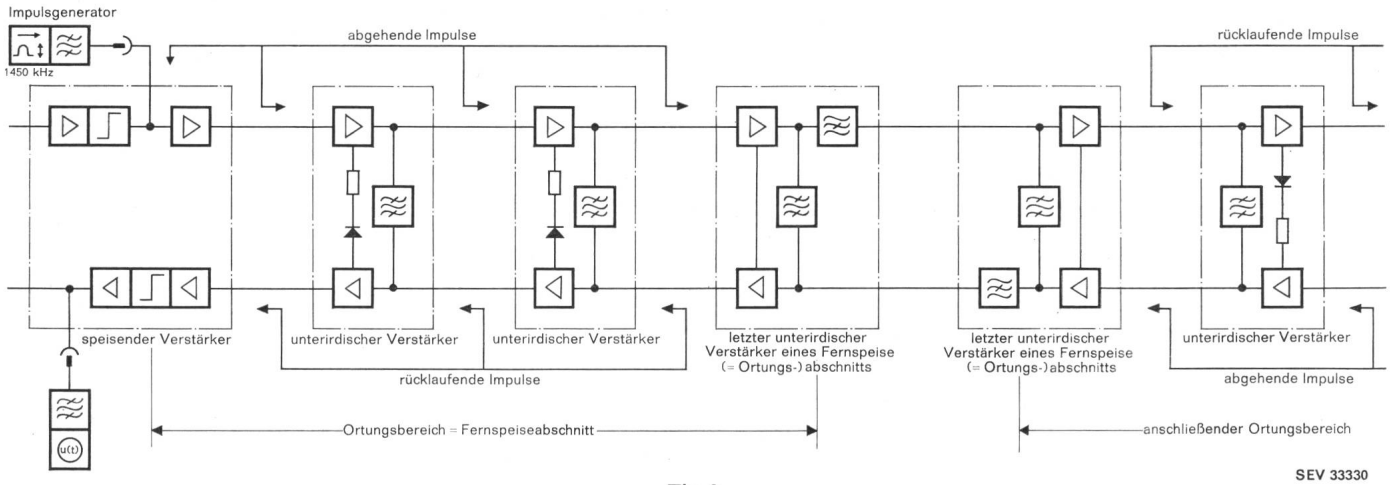



Fig. 9
**Fehlerortung**

Das Impulsortungsverfahren setzt voraus, dass keine Leitungsunterbrechung vorliegt und die Fernspeisung ordnungsgemäss arbeitet. Zur Feststellung des von einer Leitungsunterbrechung betroffenen Abschnitts dient eine Widerstandsmessung. Als Nebenschluss zur Fernspeiseschleife liegen in jedem der ferngespeisten Zwischenverstärker zwischen den beiden Speiseadern eine Diode und ein 100-kΩ-Widerstand in Serie. Die Diode ist so gepolt, dass sie im normalen Betrieb sperrt. Wird im Störungsfall die Speisespannung umgepolt, so führen die parallel liegenden 100-kΩ-Widerstände Strom. Der gemessene Gesamtstrom lässt erkennen, wieviele 100-kΩ-Widerstände in der Speiseschleife parallel liegen, d. h. bis zu welchem Verstärker die Leitung betriebsfähig ist.

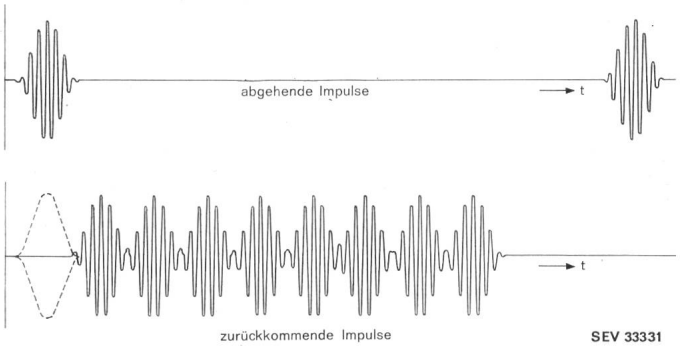



Fig. 10
**Impulsortung**

## 7. Schlussbemerkungen

Die eingangs erwähnte erste V 300-Strecke ist einschliesslich einer vorhergehenden Versuchszeit nunmehr seit rund $1^1/_2$ Jahren in Betrieb. Sie hat in dieser Zeit ohne Störungen und wartungsfrei gearbeitet [3]. Die Erwartungen, die in die Neuerungen, Art der Fernspeisung und Regelung gesetzt wurden, haben sich in jeder Weise erfüllt. Die beschriebene Anlage kann daher mit Recht als echter Fortschritt gewertet werden.

### Literatur


[1] *Korn J.:* Der Schmitt-Trigger als Spannungsdiskriminator mit kleiner Hysterese, Elektronische Rundschau, April 1964.

[2] *Bächle E.:* Eine elektronische Einstellvorrichtung mit Kippschaltungen, NTZ 16. Jahrgang, Heft 7.

[3] *Schulz W.:* Ein Trägerfrequenzsystem mit 300 Fernsprechkanälen auf Kleinkoaxialpaaren in Fernmeldekabeln der Deutschen Bundesbahn, Signal und Draht, 56. Jahrgang (1964), Heft 1.



**Adresse des Autors:**

*A. Wagner,* Dipl.-Ing., Telefunken AG, Fachbereich Anlagen Weitverkehr und Kabeltechnik, D-715 Backnang (Württemberg/Deutschland).


# Der «Silring», eine neuartige Form des Silizium-Gleichrichters


Von *H.-P. Hempel,* Nürnberg



621.314.632


## 1. Die Grundidee

Das Gehäuse des konventionellen Silizium-Gleichrichters (das sog. DO-Gehäuse) ist aus Gehäuseformen entstanden, die man allgemein für hermetisch gekapselte Bauelemente, z. B. auch für Kondensatoren, verwendet. Die Grundform ist ein zylindrischer Metallbecher, dessen obere Öffnung durch einen Glas- oder Porzellanisolator hermetisch verschlossen wird. Durch diesen Isolator sind die Anschlussdrähte hindurchgeführt, die vom Gehäuse isoliert sein sollen.

Beim Silizium-Gleichrichter kommt es nicht allein auf die hermetische Kapselung, sondern auch auf wirksame Abfuhr der am Gleichrichterelement entstehenden Wärme an. Deshalb wird hier, vor allem bei Gleichrichtern für grosse Stromstärken, der Metallbecher möglichst massiv aus Kupfer hergestellt und mit einem Flansch oder Gewindebolzen versehen, mit dessen Hilfe man die Gleichrichterzelle auf einem Kühlkörper befestigen kann. Aus demselben Grunde ist auch stets ein Pol des Gleichrichterelementes unmittelbar mit dem Gehäuseboden verbunden. Fig. 1 zeigt einen Schnitt durch einen typischen Leistungsgleichrichter dieser Bauart.

Bei solcher Gehäusekonstruktion wird der Gleichrichter als Einzelelement betrachtet. Die Möglichkeit, mehrere Gleichrichterzellen zu verschiedenartigen Schaltungen zusammenzufügen, wird nicht von vornherein ins Auge gefasst, obgleich sie naturgemäss für die praktische Anwendung sehr wichtig ist. Sie muss vielmehr nachträglich durch Hilfskonstruktionen geschaffen werden.

Dieser grundsätzliche Mangel der bisherigen Gleichrichtergehäuse wird von einer neuartigen Konstruktion vermieden, die wegen ihrer Form Silizium-Ringgleichrichter (kurz «Silring») genannt wurde. Es handelt sich um eine ringförmige Gleichrichterzelle mit Mittelloch und exzentrisch ein-