

Zeitschrift: Technische Mitteilungen / Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung = Bulletin technique / Administration des télégraphes et des téléphones suisses = Bollettino tecnico / Amministrazione dei telegrafi e dei telefoni svizzeri

Herausgeber: Schweizerische Telegraphen- und Telephonverwaltung

Band: 4 (1926)

Heft: 2

Artikel: Zweidraht-Zwischenverstärker

Autor: Keller, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-873861>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

6. Unterzentrale Le Mont.

Für den Wähler- und Verbindungsaufbau in den verschiedenen Verkehrsrichtungen gilt das unter „Renens“ Gesagte. Die Zentrale ist nach dem 1000er System für vorläufig 60 Anschlüsse gebaut (Fig. 58). Es besteht auch hier die Möglichkeit, ohne Einfügen weiterer Gruppenwählerstufen die Zentrale leicht bis auf 1000 Anschlüsse zu erweitern. Für die Stromlieferung dienen zwei Batterien (eine als Reserve), die ebenfalls durch einen Quecksilberdampfgleichrichter aufgeladen werden. Den Ruf- und Summerstrom liefert für den Tagesbetrieb eine kleine, an den Drehstrom angeschlossene Umformergruppe. Der Drehstrommotor wird durch einen Zeitschalter morgens ein- und abends ausgeschaltet. Ist die Maschine ausser Betrieb, so wird für die Ruf- und Summerstromlieferung automatisch ein Polwechsler eingeschaltet, der nur arbeitet, wenn ein Gruppen- oder Leitungswähler belegt wird. Fig. 59 zeigt die Ruf- und Signalmaschine und darüber den Sammelrahmen für die optischen und akustischen Signale, mittelst welchen, wie in der Zentrale Renens, vorhandene Störungen in der Unterzentrale selbst und im Hauptamt gemeldet werden.

Die Prüfungseinrichtungen für Teilnehmer und Wähler bestehen aus Prüfschrank und Prüfstation, wie in Renens.

à courant triphasé est intercalé le matin, puis exclu le soir, par un interrupteur-horaire.

A la mise hors service de la machine s'intercale automatiquement, pour la fourniture du courant, un inverseur de pôles qui travaille seulement durant le temps où un sélecteur de groupes ou de lignes est occupé. La figure 59 montre la machine pour les appels et les signaux et, au-dessus, le cadre collecteur des signaux optiques et acoustiques au moyen desquels, comme à la sous-centrale de Renens, les dérangements sont annoncés autant à la sous-centrale qu'à la centrale principale.

Les installations d'essais pour les abonnés et pour les sélecteurs se composent, comme à Renens, d'un pupitre d'essais et d'une station d'essais.

Zweidraht-Zwischenverstärker.

Von Dr. H. Keller, Bern.

In der Abhandlung über Telephonverstärker in Nr. 5, Jahrgang III der T. M. sind die bekannten Schaltungen für Zwischenverstärker eingehend beschrieben worden. Den Einrohr-Verstärkern „Schaltung 21“ sind die Zweirohr-Verstärker „Schaltung 22“ gegenübergestellt. In der erstgenannten Klasse arbeitet 1 Verstärkerelement nach beiden Leitungsseiten, in der letztgenannten ist für jede Gesprächsrichtung 1 Verstärkerelement vorhanden. In der Brückenordnung nach Schaltung 22 muss jede Leitung durch eine Kunstleitung im Gleichgewicht gehalten werden. Für gute, homogene Leitungen gelingt es immer, Nachbildungen zu konstruieren, die technisch genügen. Jedoch ist es unmöglich, exakte Nachbildungen der Leitungen mit verhältnismässig einfachen Anordnungen zu erhalten, da der wellige

Verlauf der Impedanzkurven, welcher durch Reflexionen an Stoßstellen der Leitungen entsteht, in den Nachbildungen nicht berücksichtigt werden kann. (Vergleiche im übrigen Fig. 40 der erwähnten Abhandlung). Je unhomogener die Leitungen sind, desto grösser werden die Reflexionen, und um so grösser fallen die Unterschiede von Leitung und zugehöriger Nachbildung aus. Zweck dieser Abhandlung ist die Gegenüberstellung des allgemein eingeführten Verstärkertypes nach Schaltung 22, mit einem neuen Verstärkerprinzip nach Schaltung 21, welches gegen Reflexionswirkungen wesentlich unempfindlicher ist.

Die Prinzipschaltung der gebräuchlichen Zweidraht-Zwischenverstärker zeigt Figur 1.

Der Verstärkersatz nach Bild 1 besteht aus zwei zusammengesetzten Verstärkereinheiten, von welchen die eine durchgehende Gespräche von rechts nach links, die andere solche von links nach rechts aufnimmt und sie verstärkt weitergibt. Das Prinzip der Kathodenlampen möge hier als bekannt vorausgesetzt werden. F_1 und F_2 sind die beiden angeschlossenen Fernleitungen. Für die Gesprächsrichtung von F_1 auf F_2 arbeitet die Kathodenlampe R_1 , Sprechströme von F_2 her werden durch die Lampe R_2 verstärkt auf die Leitung F_1 übertragen. $AÜ_1$ und $AÜ_2$ sind Ausgleichübertrager, V_1 und V_2 Vorübertrager, N_1 und N_2 Nachübertrager für die Kathodenlampen R_1 und R_2 . SW_1 und SW_2 sind Schwächungswiderstände, die bei ungenügendem Leitungsabgleich dazu dienen, die Verstärkungsziffer des Verstärkers bis zur Pfeiffreiheit herabzu-

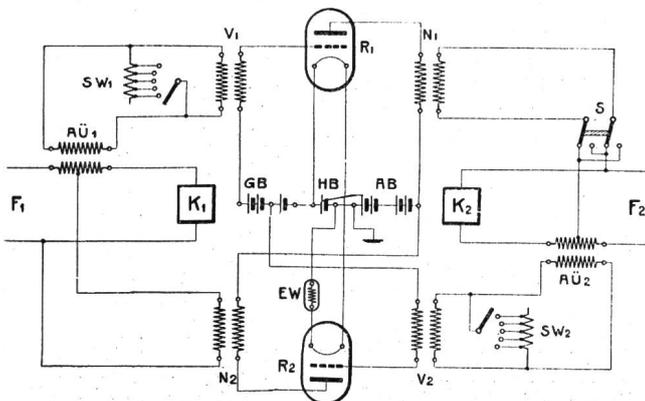


Fig. 1. Zweirohr-Zwischenverstärkerschaltung.

setzen. Für den Betrieb der Lampen sind 3 Batterien erforderlich: Die *Heizbatterie* HB, zur Heizung der Glühkathoden. Der Eisenwiderstand EW dient zur selbsttätigen Regulierung der Heizstromstärke. Die *Gitterbatterie* GB, so bemessen und geschaltet, dass die Gitter der Lampen gegenüber den Heizfäden auf einem bestimmten, negativen Potential gehalten werden. Die *Anodenbatterie* AB verschafft den Anodenplatten der Lampen ihre positive Spannung gegenüber den Heizfäden. Durch den angedeuteten Koppelungswechsler S können die verstärkten Sprechströme mit um 180 Grad verschobener Phase auf die Leitungen gegeben werden. Auf der Leitungsseite der beiden Nachübertrager werden gewöhnlich Siebketten eingeschaltet, welche die hohen Frequenzen in der Nähe der Eigenfrequenz der Pupinkabel abdröseln; ferner finden sich öfters zwischen Verstärker und Leitungen F_1 und F_2 künstliche Leitungsverlängerungen. Diese und andere Zutaten, welche das Prinzip des Verstärkers nicht näher berühren, sind im Bilde 1 der Uebersichtlichkeit halber weggelassen worden. Die Fernleitung F_1 ist über den Ausgleichübertrager $A\ddot{U}_1$ nach rechts hinaus verlängert und durch die sogenannte Leitungsnachbildung K_1 abgeschlossen. Entsprechend gehört zu F_2 ihre künstliche Nachbildung K_2 . Die elektrischen Eigenschaften dieser Kunstleitungen K_1 und K_2 müssen derart sein, dass jede Nachbildung zu ihrer Leitung quasi das Spiegelbild ihres elektrischen Verhaltens ergibt. Leitung und Nachbildung müssen in Grösse und Phase für alle wichtigen Tonfrequenzen den gleichen Wellenwiderstand besitzen, wobei die Leitungsverlängerungen mitberücksichtigt werden müssen.

Wenn beispielsweise ein Sprechstrom von F_1 her ankommt, so fliesst er über die Kunstleitung K_1 und wirkt in folgender Weise auf den Verstärker: Der Uebertrager $A\ddot{U}_1$ überträgt den Sprechstrom auf den Vorübertrager V_1 . Die Sekundär- oder Gitterwicklung von V_1 erhält dadurch eine dem Rhythmus des Sprechstromes folgende Wechselspannung. Diese überlagert sich auf dem Gitter der Lampe R_1 dem negativen Gitterruhepotential. Das durch den Sprechstrom in beschriebener Weise beeinflusste Gitter der Kathodenlampe R_1 steuert ihren Elektronenstrom und gibt den mehrfach verstärkten Sprechstrom über den Nachübertrager N_1 an seine Sekundärwicklung ab. Der verstärkte Strom kommt über den Koppelungswechsler S mit der einen Stromführung direkt auf den einen Draht von F_2 — K_2 , mit der zweiten Zuleitung auf die Mitte der Primärwicklung des Ausgleichübertragers $A\ddot{U}_2$. Sofern nun die Kunstleitung die gleiche Impedanz wie die Fernleitung besitzt, teilt sich der verstärkte Strom in diesen Verzweigungspunkten in zwei gleich grosse Teilströme. Die eine Stromhälfte fliesst durch die Kunstleitung K_2 , ohne einen Nutzeffekt hervorzubringen, die andere ist der verstärkte Strom über die Fernleitung F_2 . Die Sekundärwicklung von $A\ddot{U}_2$ wird auf diese Weise induktiv nicht beeinflusst, da von der Mitte der Primärwicklung nach links und rechts gleiche und entgegengerichtete Ströme fließen. Ist hingegen die Kunstleitung K_2 in ihrem elektrischen Verhalten nicht genau gleich der Fernleitung F_2 nachgebildet, so ändern sich im

gleichen Verhältnis die Grössen der Teilströme in der Primärwicklung von $A\ddot{U}_2$. Der Differenzstrom erregt die Sekundärwicklung, stört weiter den Vorübertrager V_2 und gelangt durch die Lampe R_2 noch verstärkt auf die Mitte zwischen F_1 und K_1 . Wenn auch dort die Kunstleitung K_1 nicht genau mit der Fernleitung F_1 übereinstimmt, geht die Störung neuerdings über V_1 nach F_2 zurück. Es tritt Selbsterregung ein und der Verstärker pfeift in einer Tonhöhe, die der meist gestörten Frequenzlage entspricht. Eine Sprechverständigung ist in diesem Zustande ausgeschlossen. Durch die Nebenschlüsse SW_1 und SW_2 muss dann der Verstärkungsgrad so weit herabgesetzt werden, bis Pfeiffreiheit eintritt. Im allgemeinen rechnet man damit, dass für alle Frequenzen die Uebereinstimmung von Freileitung und zugehöriger Kunstleitung bis auf 10 % maximaler Abweichung erreicht sein muss, um die Verstärker mit vollem Wirkungsgrad betreiben zu können.

Die Nachbildungen werden auf Grund der gemessenen Impedanzwerte der Leitungen rechnerisch durch Messungen oder durch Ausprobieren erhalten. Durch Unregelmässigkeiten längs der Leitungen, wie Zusammenschaltung verschiedenartiger Leitungstücke (Freileitungen, Kabel, Krarupkabel, Pupinkabel) oder durch Unhomogenitäten in den Fernkabeln selbst (unregelmässige Spulenabstände, ungleiche Spuleninduktionen oder Kabelkapazitäten usw.), zeigen die Impedanzwerte der Leitungen für verschiedene Frequenzlagen sprunghafte Abweichungen von den theoretischen Werten. Dieser wellige Verlauf für den reellen und imaginären Teil der für den ganzen Frequenzbereich aufgetragenen Impedanzkurven (siehe Beispiele) wird hervorgerufen durch komplizierte Reflexionen der Sprechströme an den betreffenden Fehler- oder Stoßstellen der Leitungen. Diese sprunghaften Abweichungen im Verlauf der Impedanz können in den Kunstleitungen nicht nachgebildet werden. Man muss sich begnügen, künstliche Leitungsgebilde zu finden, die den mittleren Verlauf der Impedanzwerte für den Frequenzbereich 300—2000 Perioden ergeben. Daraus resultiert ohne weiteres, dass die Nachbildungen nie vollkommen den wirklichen Leitungen entsprechen. Man trachtet darnach, die Schwankungen nach Möglichkeit klein zu halten. In bezug auf Regelmässigkeit der Fernkabel werden daher auch grosse Ansprüche gemacht. Ferner werden öfters künstliche Leitungsverlängerungen zwischen Verstärker und Fernleitungen eingesetzt, die unter anderem bezwecken, die welligen Frequenzkurven der Impedanzen abzufachen; man erreicht dann dadurch bessere Uebereinstimmung von Kunstleitung und wirklicher Leitung. Der gute Wirkungsgrad für diesen Verstärkertyp hängt somit in erster Linie von guten Leitungen und guten Nachbildungen ab.

Der Einrohr-Zwischenverstärker, der hier beschrieben werden soll, besteht in einer Transformatorenschaltung, bei welcher durch Koppelung der Fernleitungen mit Hilfe mehrfacher Verkettung von Spulen die Neigung zur Selbsterregung wesentlich vermindert wird. Durch die Koppelung der Fernleitungen treten die Reflexionsströme von einer Leitung auf die andere über. Die Unregelmässigkeiten

im elektrischen Verhalten der Leitungen werden so gewissermassen beiden Leitungsseiten gemeinsam. Die Folge ist, dass Unregelmässigkeiten in den Scheinwiderstandskurven der angeschlossenen Fernleitungen die Arbeitsweise des Verstärkers weniger beeinflussen als bei Verstärkern mit Kunstleitungen nach Schaltung 22. Figur 2 veranschaulicht das Prinzipschema.

Der Verstärker besitzt drei Spulen I, II, III, mit den Wicklungen a^1, a^2, a^3 und a^4 in I, b^1, b^2, b^3 und b^4 in II und c^1, c^2, c^3 und c^4 in III, einem Vorübertrager VÜ mit vier Primärwicklungen a, b, c, d und der Sekundär- oder Gitterwicklung g, einer Kathodenlampe KL mit ihren drei Elektroden Anode A, Gitter G, Glühkathode K, den zugehörigen Stromquellen, bestehend aus der Anodenbatterie AB, der Heizbatterie HB, der Gitterbatterie GB, einem Eisenwiderstand EW zur automatischen Regulierung der Heizstromstärke und dem Nachübertrager NÜ mit drei Wicklungen 1, 2, 3.

Die Schaltung ist so gewählt, dass die ankommenden, unverstärkten Sprechströme nach Passieren bestimmter Wicklungen der Spulen I, II und III die vier Primärwicklungen des Vorübertragers im gleichen Sinne wirksam induktiv beeinflussen, so dass die Sekundärwicklung g des Vorübertragers und damit auch das Gitter der Kathodenlampe die nötige induzierte Spannung erhält. Der verstärkte Strom der Lampe gelangt durch den Nachübertrager so auf die Primärwicklungen des Vorübertragers zurück, dass er letzteren in zwei gleich grossen Teilströmen von entgegengesetzter Richtung induktiv unwirksam durchfließt. Der verstärkte Strom gelangt nachher über Wicklungen der Spulen I, II und III auf die beiden angeschlossenen Fernleitungen.

Der Stromlauf über den Verstärker ist der folgende: Von der Fernleitung L^2 treffe beispielsweise ein Sprechstrom ein, der für den betrachteten Zeitpunkt t in den Drähten von L^2 die mit m bezeichnete Richtung habe. Dieser unverstärkte Wechselstrom fliesst in angegebener Richtung durch die Wicklungen b^4 von II und a^1 von I. Dadurch werden in anderen Wicklungen folgende Ströme induziert: Durch den Strom in a^1 die Ströme in a^2, a^3 und a^4 in Richtung von unten nach oben. Durch den Strom in b^4 die Ströme in b^1, b^2 und b^3 in Richtung von links nach rechts. Die induzierten Ströme in a^2 und b^3 heben sich zum grössten Teil auf, da sie in ihrem Leitungskreis entgegengesetzt verlaufen. Durch je zwei entgegengesetzt gerichtete Pfeile bei b^3 und a^2 ist im Schema darauf hingedeutet.

Es soll vorerst gezeigt werden, dass die induzierten Wicklungen a^3 und a^4 der Spule I den Vorübertrager

VÜ nicht beeinflussen. Der induzierte Strom in a^3 und a^4 fliesst von unten nach oben durch c^3 und c^4 der Spule III und beeinflusst dadurch die Wicklungen c^1 und c^2 . Es fließen von oben nach unten die mit den Pfeilen n angedeuteten Ströme den Punkten x und y entgegen. x und y sind aber miteinander leitend verbunden über b^2 von II, b- und a-Wicklung des Vorübertragers VÜ und b^1 von II. Diese Ströme heben sich gegenseitig auf, wie dies in dem Vorübertrager durch die Pfeile n angedeutet ist. Die in Serie geschalteten Wicklungen c^3 und c^4 wirken somit als Drosselspule. Der unverstärkte Strom durch die Wicklungen a^3, a^4, c^3 und c^4 ist daher klein und im Schema entsprechend angedeutet.

Die induzierten Ströme in b^1 und b^2 der Spule II

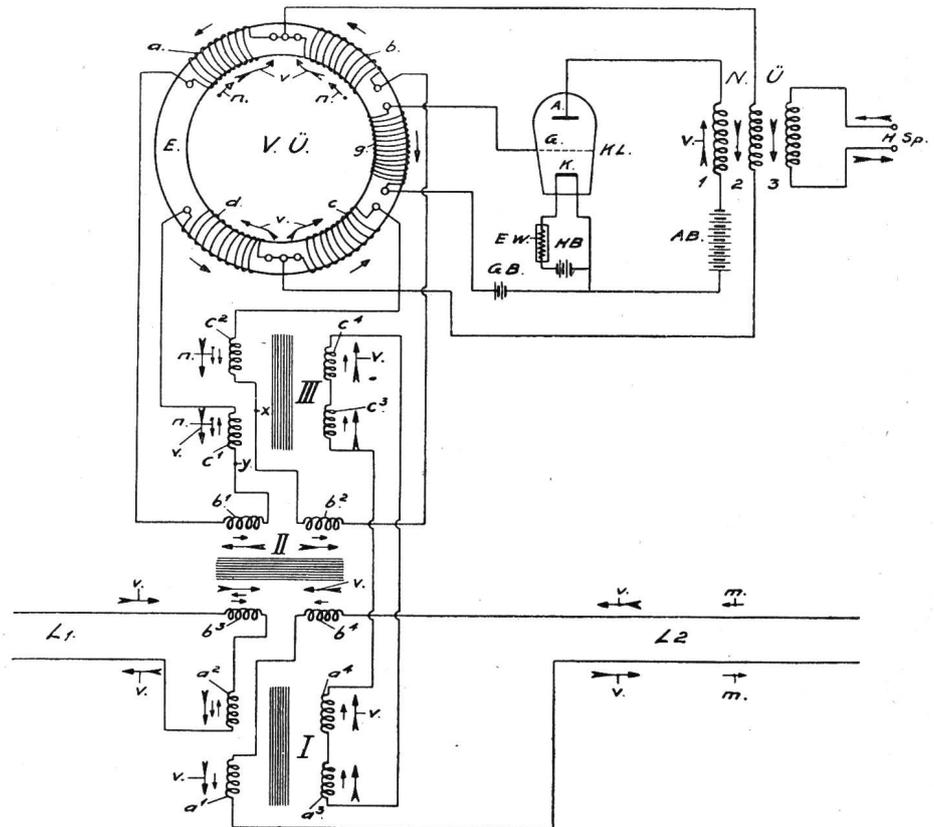


Fig. 2.

beeinflussen die Primärwicklungen des Vorübertragers VÜ in folgender Weise: Der Strom durchfließt von b^2 entgegen dem Uhrzeigersinn die Wicklungen b und a von VÜ, geht von links nach rechts durch b^1 von II, von unten nach oben durch c^1 , durchfließt entgegen dem Uhrzeigersinn die Wicklungen d und c von VÜ und kehrt von oben nach unten durch c^2 fließend nach b^2 zurück. Spule III wird dabei nicht induktiv erregt. Hingegen sind nun die vier Primärwicklungen a, b, c, d des Vorübertragers VÜ in wirksamer induktiver Schaltung und geben dem Eisenkern E durch das Fließen des Primärstromes den magnetischen Fluss. Die Gitterwicklung g wird erregt und steuert das Gitter G der Kathodenlampe KL.

Es ergeben sich vollständig analoge Stromläufe bei Voraussetzung ankommender Sprechströme auf der Leitung L_1 , da die Leitungen L_1 und L_2 vollkommen gleichartig an den Verstärker angeschlossen sind.

Der im Rhythmus der ankommenden Sprechströme pulsierende Elektronenstrom der Lampe erregt über die Primärwicklung 1 die Sekundärwicklung 2 des Nachübertragers NÜ. Dieser verstärkte Strom (im Schema durch die Pfeile v angedeutet) teilt sich nun im Vorübertrager VÜ in zwei gleichgrosse Teilströme. Vom unteren Verteilpunkt geht der Teilstrom links über Wicklung d des Vorübertragers, von da über c^1 , b^1 und die Wicklung a zum oberen Verteilpunkt. Teilstrom rechts geht vom unteren Verteilpunkt des Vorübertragers über Wicklungen c, c^2 und b^2 , Wicklung b zum oberen Verteilpunkt.

Bei Verwendung symmetrisch abgeglicherer Spulen I, II und III mit gutem Wirkungsgrad ist es möglich, die Teilströme durch den Vorübertrager VÜ in Grösse und Phase gleich zu erhalten. Da die Primärwicklungen a und b, ebenso c und d des Vorübertragers elektrisch aufeinander abgestimmt sind, d. h. gleiche Induktion und gleichen Widerstand besitzen und gleiche Teilströme den Vorübertrager in entgegengesetztem Sinne durchfliessen, erregen die erzeugten, verstärkten Ströme weder die Gitterwicklung g, noch das Gitter der Kathodenlampe. Durch diese besondere Schaltung wird das Eigentönen, die Selbsterregung des Verstärkers, vermieden.

Die verstärkten Ströme, die durch c^1 und c^2 fliessen, werden auf die Wicklungen c^3 und c^4 übertragen. Von hier aus schliesst sich der verstärkte Strom in Richtung der Pfeile v über a^3 und a^4 . Zum Schluss übertragen die Wicklungen a^3 und a^4 der Spule I die verstärkten Ströme auf die Wicklungen a^1 und a^2 , wodurch den Fernleitungen L_1 und L_2 gleichzeitig verstärkte Sprechströme aufgedrückt werden. Da die verstärkten Ströme die Wicklungen b^1 b^2 und b^3 b^4 in entgegengesetztem Sinne durchfliessen, bleibt Spule II von diesen Strömen induktiv unbeeinflusst.

An die Klemmen der dritten Wicklung des Nachübertragers der Kathodenlampe kann für Mithör- oder Mitsprechzwecke eine Telefonsprechgarnitur HSp angeschlossen werden, zur Kontrolle der Arbeitsweise des Verstärkers. Diese Garnitur wirkt so, dass sich der verstärkte Strom von der Primärwicklung 1 des Nachübertragers durch Induktion auch auf die Mithörwicklung 3 überträgt und dass sich andererseits Sprechströme aus der Telefonsprechgarnitur durch das Sprechen über die dritte Wicklung des Nachübertragers so auf die Sekundärwicklung desselben übertragen, dass sie den gleichen Weg durch den Verstärker zu den beiden Fernleitungen einschlagen wie die verstärkten Ströme selbst.

Die oben erwähnte Koppelung der Fernleitungen L_1 und L_2 erfolgt einerseits über die Wicklungen a^1 und a^2 , andererseits über b^3 und b^4 . Bei allzugrossen Impedanzunterschieden beider Fernleitungen, infolge zu grosser Abweichung der Wellenwiderstände (Charakteristik Z), werden trotz der Koppelung beider Leitungen die Belastungen auf L_1 und L_2 verschieden, wodurch in b^3 und b^4 die Ströme verschiedene Stärke erhalten. Dies hat zur Folge, dass durch Induktion des Differenzstromes auf die Wicklungen b^1 und b^2 ein Eigentönen des Verstärkers angeregt wird. In diesen Fällen müssen zwischen Leitung

und Verstärker Leitungsverlängerungen eingefügt werden, die bezwecken, die Scheinwiderstände der angeschlossenen Leitungen derart zu beeinflussen, dass zu beiden Seiten des Verstärkers die Leitungen mit angenähert gleichen, mittleren Wechselstromwerten auf den Verstärker wirken. In den weitaus meisten dieser Fälle genügen als Leitungsverlängerungen Ohm'sche Widerstände für die Leitung mit kleinerer Charakteristik. In anderen Fällen können durch Uebertragerspulen mit einem passenden Uebersetzungsverhältnis die Wellenwiderstände in Ueber-einstimmung gebracht werden. Die exaktere Anpassung der Kurvenform geschieht dann durch Kondensatoren oder andere Leitungsgebilde kleiner Dämpfung. Bei Anschluss verschiedenartiger Leitungen an den Verstärker (z. B. Freileitung und Pupinkabel, mit stark verschiedenen Eigenfrequenzen) empfiehlt sich die Benützung von Siebketten, welche alle Frequenzen über 2400 Perioden abdrosseln.

Wenn bei diesem Verstärker beidseitig Leitungen mit angenähert gleichen mittleren Wechselstromwerten angeschlossen werden (durch passende Leitungsverlängerung auf einer Leitungsseite für ungleichartige Fernleitungen), so können dafür die vorhandenen Unhomogenitäten, und damit die Reflexionen der angeschlossenen Leitungen, ungleich grössere Beträge aufweisen als bei Verstärkern der erstbeschriebenen Art, bei welchen für jede Leitung eine Leitungsnachbildung als Balance notwendig ist. Bei Anschluss an gleichartige Leitungen (Kabelnetz oder Freileitungsnetz) kann der Verstärker ohne weiteres betriebssicher arbeiten und eignet sich daher besonders als Schnurverstärker.

Ein nach Figur 2 aufgebauter Verstärker mit einem mittleren Verstärkungsgrad von $\beta_1 = 2,4$ zeitigte interessante Versuchsergebnisse. Die Sprache über die angeschlossenen Fernleitungen war bei guter Verstärkung klar und deutlich. Zwischen Pupinkabelleitungen oder zwischen Freileitungen konnte die Einschaltung des Verstärkers ohne weitere Anordnungen oder Messungen erfolgen. Betriebsversuche an zusammengesetzten, mit starken Reflexionen behafteten Leitungen lieferten ein Mittel, den Grad der Unempfindlichkeit des Verstärkers gegen Reflexionswirkungen zu erproben. Für die komplizierteren Fälle wurden daher jeweils, vorgängig der Betriebsversuche, die Leitungen im Frequenzbereich von 300 bis 2000 Perioden ausgemessen und die erhaltenen Impedanzwerte, zur Sichtbarmachung der Reflexionswirkungen, als Kurven graphisch aufgetragen. Einige dieser Versuchsergebnisse mögen hier angeführt werden. In den folgenden Skizzen sind die Impedanzkurven der gemessenen Leitungen in üblicher Weise in den reellen und in den imaginären Teil zerlegt gezeichnet, entsprechend der Art der vorgenommenen Messungen. Die Kurven R sind die reellen Widerstandskomponenten, welche für alle Frequenzen in Intervallen von 50 zu 50 Perioden gemessen wurden. Die imaginären Teile sind die Kurven L. Sie sind die äquivalenten Induktionen der zerlegten Impedanzwerte. Sie sind in Milli-Henry aufgetragen. Von der Null-Linie nach unten ($-L$) ist kapazitive Wirkung, nach oben ($+L$) entsprechend induktives Verhalten der Leitung.

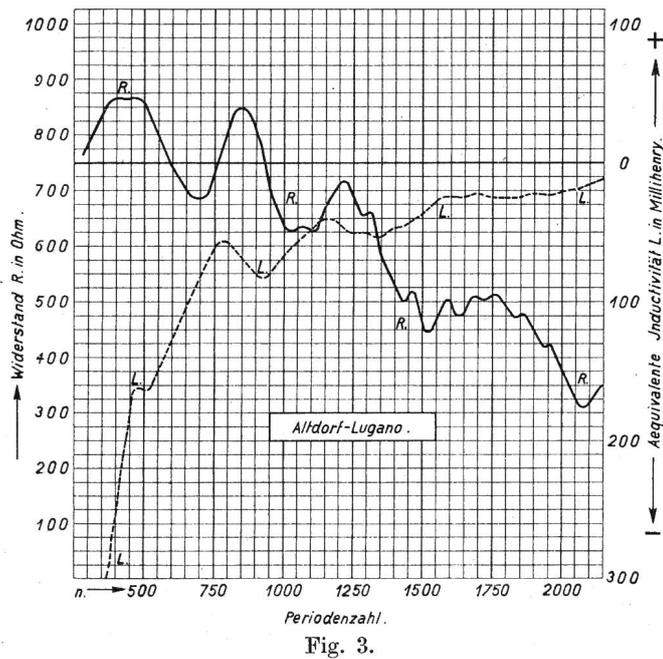


Fig. 3.

Beispiel 1: (Figuren 3 und 4).

Leitung Lugano—Altdorf—Bern, mit Verstärker in Altdorf.

Figur 3 veranschaulicht die Verhältnisse der Südseite Altdorf—Lugano.

Figur 4 liefert die elektrischen Daten der Nordseite Altdorf—Bern.

Diese Verlängerung bestand im wesentlichen aus zwei Kondensatoren und einer Uebertragerspule mit einem Uebersetzungsverhältnis 1 : 1,2. Lautstärke und Deutlichkeit der übermittelten Sprache über diese verstärkte Leitung waren der Güte der normalen Verbindungen Lugano—Bern über das Verstärkeramt Altdorf zum mindesten ebenbürtig.

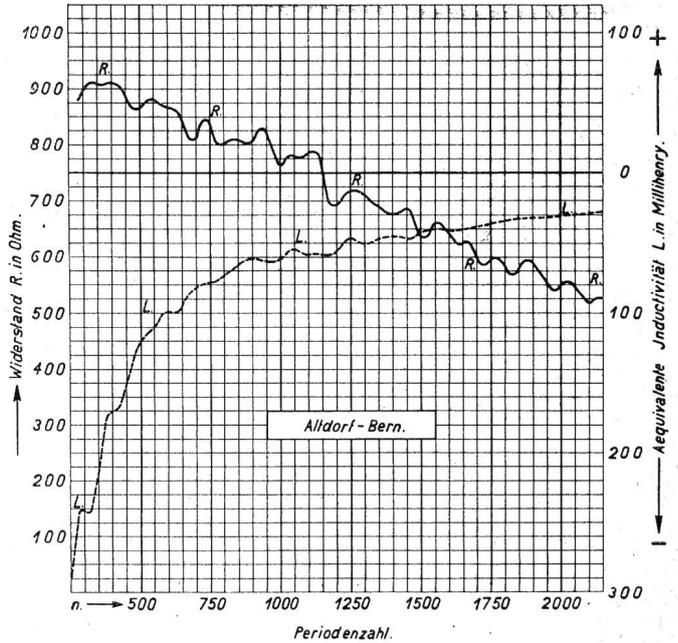


Fig. 4.

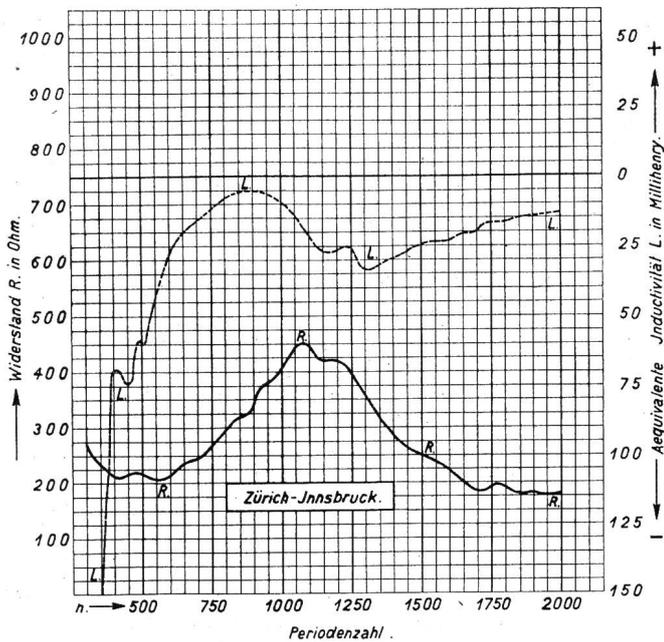


Fig. 5.

Das Teilstück nach Süden ist zusammengesetzt aus unpupinisiertem Kabel, Freileitungsstücken und Pupinkabel. Die Nordseite ist zur Hauptsache Pupinkabel. Der ähnliche Verlauf der Impedanzkurven (Figuren 3 und 4) beider Leitungen wurde dadurch erreicht, dass zwischen Verstärker und Leitung Nord eine Leitungsverlängerung eingeschaltet wurde.

Beispiel 2: (Figuren 5 und 6).
Leitung Wien—Innsbruck—Zürich—Basel—Paris mit erwähntem Verstärker in Zürich und über Verstärkeramt Innsbruck.

Figur 5 gibt die Leitungsverhältnisse der Seite Ost, Zürich—Innsbruck.

Figur 6 ist Seite West, Zürich—Basel—Paris.

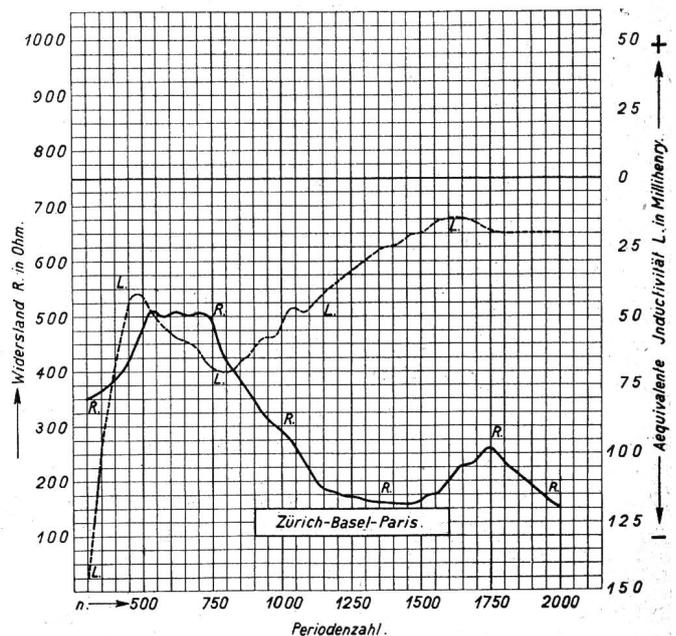


Fig. 6.

Der Verstärker wurde hier im Januar 1925 ausprobiert, anlässlich der Inbetriebsetzung eines normalen Verstärkers der Verwaltung, zur Untersuchung der Betriebsmöglichkeit einer Verbindung Wien—Paris über Zürich. Da in jenem Zeitpunkt die Verstärkerämter Zürich, Bern und Basel noch nicht bestanden und die Fern-Kabelanlagen noch nicht beendet waren, konnte nur die provisorische Einschaltung eines transportablen Verstärkersatzes in Zürich in Frage kommen. Die damalige Leitung, aus Freileitung und Kabel zusammengestückt, liess von vornherein für beide Arten von Verstärkern keine glän-

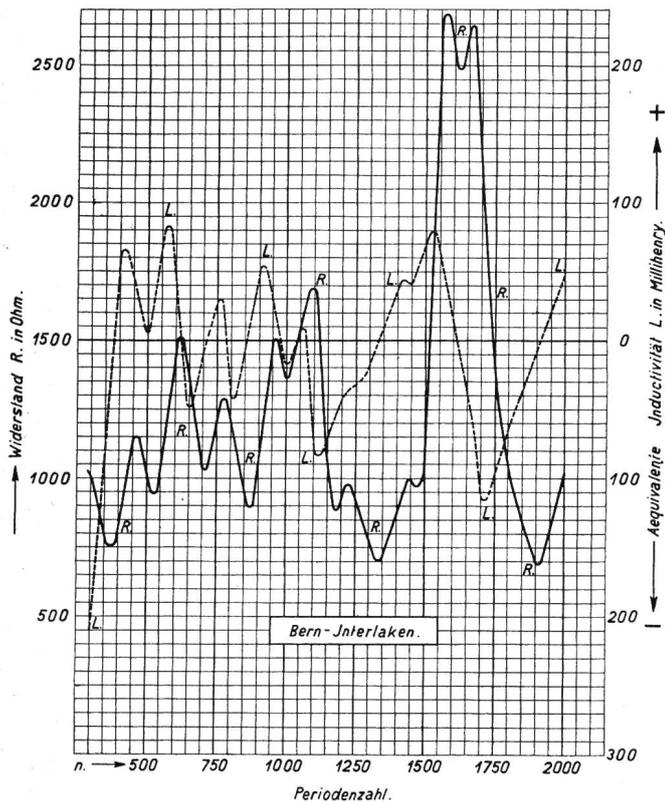


Fig. 7.

zenden Resultate erhoffen, da vor allem die totale Leitungsdämpfung Innsbruck—Paris die Verstärkungsziffer eines einzelnen Verstärkers um mehr als das Doppelte überstieg. Der Impedanzverlauf nach Figur 5 und 6 ist überdies sehr schlecht nachzubilden. Die Leitung eignete sich daher besonders schlecht für Verstärker nach Schaltung 22. Um den letzteren Verstärker pfeiffrei einzurichten, mussten beidseitig desselben, zur Abflachung der Kurven, Leitungsverlängerungen eingefügt werden, was eine Vergrößerung der Leitungsdämpfung von $\beta l = 0,4$ mit sich brachte. Der beschriebene neue Verstärker nach Schaltung 21 arbeitete indessen ohne Leitungsverlängerungen pfeiffrei und ergab nach angestellten Sprechversuchen in Wien und Paris günstigere Sprachübermittlung. Die Sprechverständigung zwischen Wien und Paris war allerdings für beide Arten von Verstärkern mühsam.

Beispiel 3: (Figur 7).

Leitung Zürich—Bern—Interlaken, mit Verstärker in Bern.

Teilstück Nord: Bern—Zürich, reine Pupinkabelleitung.

Teilstück Süd: Bern—Interlaken, sehr unhomogene, aus Pupinkabel und Freileitung zusammengesetzte Leitung.

Figur 7 zeigt das Teilstück Bern—Interlaken, mit einer vorgeschalteten Leitungsverlängerung von $\beta l = 0,3$.

Die sehr starken Reflexionen, die hier ersichtlich sind, werden verursacht einerseits durch die Stossstellen von Kabel und Freileitung, andererseits durch bedeutende Unregelmässigkeiten der Kabelpupinisierung zwischen Bern und Hunzikerbrücke. An die Herstellung einer brauchbaren Nachbildung ist hier nicht zu denken. Die Verstärker für die Linien Zürich—Interlaken im neu eingerichteten Verstärkeramt Bern sind denn auch in Umgehung dieser mangelhaften Kabelstrecke eingerichtet worden.

Der neue Verstärker nach Schaltung 21 über diese ungünstige Leitung nach Figur 7 blieb ohne Eigentönen, befand sich aber nahe der Pfeifgrenze. Die übermittelte Sprache war denn auch weniger deutlich und etwas klingend. Derartige Reflexionen setzen somit auch diesem Verstärker eine Grenze. (Der Impedanzverlauf der Nordseite war normal, so dass sich die Beifügung der entsprechenden Figur wohl erübrigt.)

Zum Schluss mögen Vor- und Nachteile des beschriebenen Verstärkers kurz erwähnt sein. Als Vorteile sind zu nennen:

Wegfall der Leitungsnachbildungen.

Eignung als Schnurverstärker.

Grössere Unempfindlichkeit gegen Reflexionen der angeschlossenen Fernleitungen. Letztere Eigenschaft ermöglicht daher bei passender Ausführung des Vorübertragers höheren Verstärkungsgrad.

Sofortige Betriebsbereitschaft auf Kabel- oder Freileitungsnetzen.

Einfache Bedienung und Wartung.

Der grösste Nachteil, der jedem Einrohr-Verstärker anhaftet, ist der Umstand, dass die verstärkten Ströme des Apparates sich über beide angeschlossene Fernleitungen fortpflanzen. Bei Einschaltung mehrerer solcher Verstärker in eine Leitung wird daher die sogenannte Echowirkung begünstigt. Auf mittleren Fernleitungen, die nur einen oder zwei Verstärker benötigen (diese Fälle bilden übrigens die Mehrzahl), ist ein Echo nicht hörbar. Bei Anschluss an ungleichartige Leitungen wird der Vorteil der Einsparung von Leitungsnachbildungen durch die Notwendigkeit der Einpassung von Leitungsverlängerungen aufgehoben.

Der Apparat ist patentiert in der Schweiz und in England; in Deutschland und in anderen Staaten ist er zur Patentierung angemeldet.