

**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:** 4

**Artikel:** Ueberwachung von Telephonanlagen zur Instandhaltung der Uebertragungsgüte [Fortsetzung]

**Autor:** Erikson, P.E. / Mack, R.A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-873874>

### **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:** 30.01.2025

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

dans la partie qui résiste le moins aux attaques de toutes sortes et aux gros efforts mécaniques que nous devons *surtout* appliquer les moyens de préservation, de façon à assurer aux deux parties constitutives du poteau (partie aérienne, partie encastrée)

des durées à peu près égales. De cette façon sera réalisé *un poteau rationnel* et de longue durée.

A. Hugron,

Ingénieur en Chef des Services de la Vérification du Matériel des P. T. T.

## Ueberwachung von Telephonanlagen zur Instandhaltung der Uebertragungsgüte.

Von P. E. Erikson und R. A. Mack, 1924.

(Fortsetzung der Abhandlungen über Telephonverstärker. Uebersetzung A. S.)

### Zusammenfassung.

Obschon die Gesetze der telephonischen Uebertragung seit geraumer Zeit bekannt waren, ist erst mit der Entwicklung der Elektronenröhre und der Erkenntnis von der Eignung derselben als Telephonverstärker die Schranke gefallen, die sich der praktischen und wirtschaftlichen Weiterentwicklung des zwischenörtlichen Telephonverkehrs entgegensetzte. Man spricht heute über sehr lange Strecken, d. h. vom einen Ende eines Kontinentes zum andern, mit einem Grade der Sprechverständigung, wie man sich bisher über Strecken von bloss 50 bis 100 Kilometer, ohne diese technische Neuerung, telephonisch zu verständigen gewohnt war. Fällt die Länge der Stromkreise heute nicht mehr in Betracht, so kann auch dazu geschritten werden, Leitungen über kürzere Strecken durch Verwendung von wesentlich dünneren Drähten elektrisch gemessen zu verlängern, damit zu verbilligen und die Dämpfungsverluste, nicht aber die Verbilligung, durch Verstärkung wieder wettzumachen. Schon sind eine Reihe von grösseren und kleineren Verstärkerstellen den Betrieben angegliedert worden; der Betriebstechniker ist vor neue Aufgaben gestellt.

Abgesehen vom Wesen der Neuerung, das in den Verstärker-ausrüstungen anschaulich verkörpert ist, drängt sich dem Betriebstechniker die Notwendigkeit auf, die für die Sprechverständigung in Betracht fallenden Eigenschaften der übrigen Zentralenausrüstungen und Leitungsnetze zu kennen, das heisst in erster Linie, diese Eigenschaften nach festgesetzten Masseinheiten messen zu können. Es wird sich dabei zeigen, dass die in den Orts- und Fernzentralen vorhandenen Ausrüstungen, ferner die vorhandenen Leitungsanlagen, welche früher meistens nicht nach Richtlinien gebaut wurden, die auf einen Sprechverständigungsgrad hinczielten, wie er heute bei Anwendung von Telephonverstärkern verlangt wird, oft ungenügende Messwerte aufweisen. Bei Neuanlagen müssen ferner von Anfang an Richtlinien befolgt und die als praktisch zulässig erkannten Dämpfungswerte verwirklicht werden, damit die Sprechverständigung nicht nur eines besonderen Stromkreises, sondern aller Stromkreise zum mindesten eines Landesnetzes, einen hohen Gütegrad erreiche. Es muss dann aber auch dafür gesorgt werden, dass der erreichte Gütegrad zu jeder Zeit unveränderlich erhalten bleibt.

Die Verhältnisse in den meisten Telephonbetrieben erheischen heute die Wachsamkeit aller betroffenen Stellen; in diesem Sinne ist die vorliegende Abhandlung über Ueberwachung zur Instandhaltung der Uebertragungsgüte vielleicht geeignet, nützlich beizutragen. Die Abhandlung zerfällt in zwei Teile. Der erste befasst sich mit den allgemeinen Grundlagen einer modernen Telephonnetzüberwachung, deren wirtschaftlichen Rechtfertigung und den allgemeinen Richtlinien ihrer Durchführung. Der zweite Teil gibt die theoretischen Betrachtungen wieder, die zur Entwicklung einer Reihe von Messinstrumenten führte, durch die Uebertragungsverluste in irgendeinem Teil der Telephonanlage leicht gemessen werden können. Dieser Teil enthält ebenso eine kurze Beschreibung dieser Instrumente und ihrer Anwendung.

### Inhaltsangabe und Uebersicht.

#### I. Teil. Allgemeines.

##### I. Die Ortsnetzanlage.

##### A. Innenausrüstung.

- (1) Zentralenausrüstung.
  - (a) Schnurstromkreise.
  - (b) Abfragestromkreis der Telephonistin.
  - (c) Leitungsabschlussapparate.
  - (d) Sicherungen.
- (2) Teilnehmerapparate.

##### B. Aussenanlage des Ortsnetzes.

- (1) Gütegrad der Sprechverständigung: Verlustwerte.
  - (a) Teilnehmerleitungen.
  - (b) Verbindungsstromkreise zwischen Ortszentralen.
  - (c) Fernvermittlungsstromkreise.
  - (d) Dienstleitungsstromkreise.
- (2) Ueberwachung zur Instandhaltung der Uebertragungsgüte.
  - (a) Gleichstromprüfungen.
  - (b) Prüfungen an belasteten Stromkreisen.
  - (c) Uebertragungsmessung (Restdämpfungsmessung).

#### II. Die Fernleitungsanlage. Allgemeines.

##### Einheit in der Kontrolle.

- (1) Messung des Verstärkungsgrades (Gewinn, Entdämpfung).
  - (2) Ausgleichsmessung.
  - (3) Prüfung durch Sprechversuch (Sprechmessung).
  - (4) Uebertragungsmessung (Restdämpfungsmessung).
  - (5) Rufprüfversuch.
- A. Verstärkerstellenüberwachung.
- (1) Batteriemessung.
  - (2) Rufprüfversuch.
  - (3) Mithörprüfversuch.
  - (4) Messung des Verstärkungsgrades (Gewinn, Entdämpfung).
  - (5) Lebensdauer der Vakuumröhren.
- B. Ueberwachung der Verstärkerabschnitte.
- (1) Isolationswiderstands- und Widerstandsmessung.
  - (2) Leitungsimpedanzmessung.
  - (3) Pfeifpunktmessung.
  - (4) Impedanzausgleichsmessung.
  - (5) Restdämpfungsmessung.
    - (a) Direkte Dämpfungsmessung.
    - (b) Dämpfungsmessung über Schleife.

#### II. Teil. Verfahren und Mittel.

##### A. Nicht-lineare Verzerrung.

##### B. Geräusch-Zustände.

- (1) Nebengeräusche an Teilnehmerapparaten.
- (2) Leitungsgeräusch.
  - (a) Induktive Interferenz.
    - (i) 1-A Geräuschmesseinrichtung.
    - (ii) 2-A Geräuschanalysator.
    - (iii) Telephonstörungsfaktormesser.

##### C. Nebensprechen.

- (i) Nebensprechmesseinrichtung.
- (ii) Aenderung des Nebensprechens mit der Frequenz.

##### D. Echo und Ausgleichsvorgänge.

##### E. Frequenzempfindlichkeitskurve.

- (1) Frequenzverzerrung.
- (2) Lautstärkewirkungsgrad.
  - (a) Lautstärkewirkungsgrad des Teilnehmerapparates.
  - (b) Zentralenverluste.
    - (i) 1-B Dämpfungsmesser (und 2-B Oszillator).
  - (c) Leitungsdämpfung.
    - (i) 3-A Streckendämpfungsmesser (und 3-A Oszillator).
    - (ii) 4-A Streckendämpfungsmesser (und 5-A Oszillator).
  - (d) Verstärkergewinn.
    - (i) 2-A Verstärkungsmesser.
    - (ii) 3-A Verstärkungsmesser.
  - (e) Gleichförmigkeit der Leitungsimpedanz.
    - (i) 2-A Unregelmässigkeitsmesser für Impedanzen.
    - (ii) 1-B Leitungsimpedanzbrücke.
    - (iii) 4-B Oszillator.

Anhang 1: Eingrenzung einer Unregelmässigkeit mittelst Impedanz/Frequenzmessung.

Anhang 2: Neue Uebertragungseinheit. T. U.

## I. TEIL. ALLGEMEINES.

Im weitesten Sinne verstehen wir unter Ueberwachung zur Instandhaltung der Uebertragungsgüte nicht bloss die Instandhaltung der Telephonleitungen und Apparate vom physikalischen Standpunkt aus, sondern alle Verfahren und Apparate zum Schutze gegen das Auftreten von Faktoren, welche eine befriedigende Uebertragung der Sprache beeinträchtigen. Der Erbauer von hochklassigen Ausrüstungen, welcher sich mit einer modernen Telephonanlage befasst, arbeitet auf gewisse Normalien hin, und dies ermöglicht der Telephonverwaltung, eine befriedigende Gesprächsübertragung zu liefern. Eine derartige Anlage sollte deshalb, wenn sie richtig installiert worden ist, theoretisch vollkommen sein. Die von den Telephontechnikern gemachten Erfahrungen haben aber allgemein gezeigt, dass bei Anlagen, die nach ihrer Erstellung nahezu vollkommen arbeiten, mit der Zeit eine auf verschiedene Ursachen zurückzuführende Verschlechterung eintritt. Zur Illustration wollen wir eine unbelastete 800 km lange Fernfreileitung betrachten, deren Leiter über die ganze Länge 170 kg per km wiegen mögen. Das Uebertragungsmass (Dämpfung) dieses Stromkreises zwischen den Prüfschränken würde etwa 13 Standardkabelmeilen (S. K. M.) betragen (gemessen bei einer Frequenz von 800 Perioden per Sekunde). Zur weitem Beleuchtung des Beispiels soll angenommen werden, dass die beidseitige Ausdehnung über die Zentralen nach der Teilnehmereinrichtung einen Verlust von insgesamt 16 Standardmeilen ergebe. Das totale Mass beträgt somit 29 Standardmeilen, was als befriedigend gelten kann.

Das Uebertragungsmass der Freileitungslinie setzt normale Zustände voraus, das heisst, hohe Isolation, Ausschluss von äusseren Einflüssen (wie Nebengeräusch infolge Induktion), gute Leitfähigkeit und Freisein von zufälligen oder andern Leitungsnebenschlüssen. Nun ist zu erwarten, dass irgendeiner oder alle der genannten Zustände mit der Zeit ändern, und dass sich nach und nach Verluste bemerkbar machen werden.

Fehlerhafte Isolatoren, Irrtümer im Kreuzen der Leitungsdrähte bei Auswechslungen oder Reparaturen, schlechte Verbindungsstellen oder nachträgliches Einsetzen irgendeines Apparates oder Instrumentes in einem Zwischenpunkt der Leitung — eine oder alle diese Ursachen können zu einer fühlbaren Vergrösserung des Uebertragungsmasses führen. Die auf diese Weise eingeführten Verluste können leicht Werte von 5 bis 10 Standardmeilen erreichen.

Des ferneren sind in den Zentralen eine ganze Anzahl Punkte vorhanden, in denen zufällig Verluste entstehen können. Schlechte Sicherungskontakte (Feder-, Messerkontakte), schadhafte Spulen, Fehler in den Drahtverbindungen ergaben Verluste, die im Durchschnitt 2 Standardmeilen und mehr, in einzelnen Fällen sogar 10—15 Standardmeilen betragen.

Setzt man für Freileitungen die auf zufällige Ereignisse zurückzuführenden Verluste mit 7 Standardmeilen in Rechnung und die auf Fehler in den beidseitigen Endanschlüssen zurückzuführenden auf 4 Standardmeilen (gestützt auf den oben zitierten Durchschnitt von 2 Standardmeilen), so muss man

zu den ursprünglichen 29 Meilen weitere 11 Standardmeilen hinzufügen, um das endgültige Uebertragungsmass (Gesamtdämpfung) zu erhalten. Mit andern Worten: die ursprüngliche Zahl erhöht sich um mehr als ein Drittel und steigt nun auf 40 Standardmeilen an. Dies muss, wie dem Telephontechniker bekannt ist, in dieser Grössenordnung als eine unwirtschaftliche Gesprächsübertragung betrachtet werden.

Auf die Faktoren, welche zu einem so anormalen Zustand beitragen, wird in dieser Abhandlung noch näher eingegangen, doch wird es zuvor nützlich sein, zu zeigen, was diese Verluste vom wirtschaftlichen Standpunkt aus bedeuten können. Gewöhnlich werden Verluste, denen man im kaufmännischen Leben begegnet, durch einen gewissen Geldwert ausgedrückt. Obschon die Anwendung dieses Verfahrens im vorliegenden Falle schwierig ist, lässt sich doch an einem Beispiel eine ungefähre Idee von der Grösse der in Betracht fallenden Geldsummen geben:

Wenn zur Kompensation der Verluste, die in einer richtig entworfenen Anlage auftreten, der Wirkungsgrad eines Teiles derselben verbessert wird, so können die Kosten einer solchen Verbesserung als ein Mass für den Geldwert der in diesem Teil vorhandenen Verluste gelten.

Wollte man z. B. in der nicht sehr bedeutenden Londoner Zentrale Willesden, welche ungefähr 11,6 Kilometer vom Fernamt (Trunk Exchange) entfernt ist, die Dämpfung im Endanschluss (Fernvermittlung plus Teilnehmer) um 1 Meile Standardkabel reduzieren, so würde dies einzig in den Fernvermittlungsleitungen einen Mehraufwand von nahezu 165,000 Schweizerfranken bedingen. Da im Londoner Ortsnetz 100 Zentralen verschiedener Grösse vorhanden sind, so würde eine allgemeine Reduktion des Verlustes um 1 Meile ganz beträchtliche Kapitalien erfordern.

Es muss erwähnt werden, dass der Kapitalbedarf nicht den vollen Gegenwert der Verluste darstellt, die zwischen den Teilnehmerapparaten und dem Teilnehmerende der Fernvermittlungsleitungen auftreten. Das obige Beispiel gilt nur für die Verluste in den Anlagen, die während der Vermittlung der Fernverbindungen auftreten.

Ein weiteres Beispiel zeigt den Geldwert der Verluste, welche in zwei wichtigen Punkten einer Ortsanlage, nämlich den Schnurstromkreisen einer „A“-Position und denjenigen einer „B“-Position vorkommen, und gibt an, welche Ausgaben nötig sind zur Kompensation von Verlusten, die durch die Durchführung von Netzüberwachungsversuchen beseitigt werden können.

Die unten angegebenen Zahlen stützen sich auf die gegenwärtigen Erfahrungen über Verluste in „A“- und „B“-Schnurstromkreisen, welche mit Hilfe eines einfachen Uebertragungsmessgerätes (Dämpfungsmesser), wie solche im Nachstehenden erwähnt werden, nachgewiesen werden können. Prüfungen in verschiedenen modernen Telephonanlagen zeigten, dass nahezu 10 % aller „A“- und „B“-Schnurstromkreise anormale Verluste aufweisen. Ferner ergab die Messung, dass der durchschnittliche anormale Verlust solcher Schnurstromkreise 4 Meilen Standardkabel beträgt.

Betrachtet man eine normale Telephonverbindung, die die Benützung mindestens zweier Schnurstromkreise (Mehrzentralenanlagen) in sich schliesst, so folgt aus den obigen Angaben, dass der durchschnittliche Verlust, vorausgesetzt, dass Zweischnurstromkreise vorhanden sind, auf  $2 \times 4 \times \frac{10}{100} = 0,8$  S. K. M. ansteigt.

Die Schätzung des Geldwertes dieses Verlustes setzt ein umfangreiches wirtschaftliches Studium voraus. Untersuchungen, die an einer grossen Telephonanlage gemacht wurden, zeigten indessen, dass ein durchschnittlicher Verlust von 0,8 S. K. M. in einer Durchschnittsverbindung einen jährlichen Verlust von ungefähr 0,34 Schweizerfranken für jede Teilnehmerstation bedeutet.

Nimmt man für das Vereinigte Königreich rund 1,000,000 Teilnehmerstationen an, so ergibt sich ein Jahresverlust von ungefähr 340,000 Schweizerfranken. Werden Zins, Entwertung und Unterhalt mit 12,5 % des investierten Kapitals eingesetzt, so entspricht diesem jährlichen Verlust ein Kapital von 2,800,000 Schweizerfranken.

Wenn man bedenkt, dass dieses Beispiel sich bloss auf zwei Punkte der Anlage bezieht, so kann die Ersparnis, die sich aus einer in allen Punkten durchgeführten Netzüberwachung ergibt, gut eingeschätzt werden.

Treten wir nun auf die Ueberwachung moderner Telephonanlagen ein. Zur Veranschaulichung kann eine Telephonanlage in irgendeinem fortgeschrittenen Lande gewählt werden, da die allgemeinen Prinzipien für Bau und Projektierung überall dieselben sind. Wir haben jedoch in weitgehendem Masse die amerikanische Praxis als Grundlage genommen, und zwar hauptsächlich aus folgenden zwei Gründen:

- a) Die Entwicklung der Telephonie ist in Amerika am weitesten fortgeschritten;
- b) wir hatten dort Gelegenheit, die Netzüberwachung eingehend zu studieren.

Wir haben soeben kurz auf die anormalen Uebertragungsverluste hingewiesen, die in einer Telephonanlage auftreten und die deren Wirkungsgrad mehr oder weniger verschlechtern können. Bevor diese Verluste und ihre Ursachen näher besprochen werden, wird es sich empfehlen, den Normalzustand zu betrachten, das heisst den Grad der Uebertragung, den eine gutgebaute Anlage ergibt.

Die Besprechung dieses ausgedehnten Gebietes, welches in der Tat alle mit einer Telephonanlage in Beziehung stehenden Ausrüstungen umfasst, dürfte durch eine Zweiteilung erleichtert werden.

I. Die Ortsnetzanlage.

II. Die Fernleitungsanlage.

Da es zu weit führen würde, wenn wir jeden Apparat und jeden Stromkreis der Anlage einzeln betrachten wollten, beschränken wir unsere Untersuchung auf einige typische Beispiele. Die Prinzipien sind im wesentlichen dieselben für ähnliche Teile der Gesamtanlage.

I. Die Ortsnetzanlage.

Die Behandlung dieses Teiles einer Telephonanlage erheischt — soweit sich derselbe von der Fernleitungsanlage unterscheidet — die Aufzählung der

Einrichtungen, die wir unter diesen Titel rechnen müssen. Unter einer Ortsnetzanlage, wie sie vom Standpunkte der Netzüberwachung aus zu betrachten ist, versteht man die Ausrüstungen für den Fernverkehr, den Vermittlungsdienst und den Ortsverkehr. Die Verluste in den Fernschranken, den „A“- und „B“-Schnurstromkreisen und den beigeordneten Apparaten (Abfragestromkreise usw.) werden hierin als typische Beispiele behandelt und ebenso die Verluste in den Stromkreisen der Umschaltvorrichtungen bei Teilnehmern.

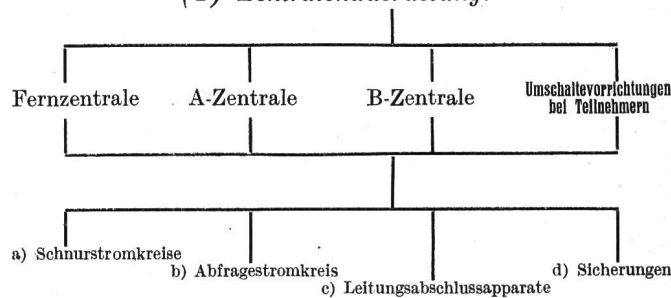
Obschon wir hier nur die Netzüberwachung für handbetriebene Schrankausrüstungen besprechen werden, ist diese nichtsdestoweniger auch für Maschinenschaltausrüstungen wichtig. Der Raum erlaubt eine Beschreibung der Anwendung auf die letzteren nicht; da aber die Prinzipien für beide Arten von Anlagen im wesentlichen dieselben sind, erachten wir eine Betrachtung der manuellen Ausrüstungen als ausreichend.

Wo die Betriebsverhältnisse es erheischen, sind die Telephonverstärkerausrüstungen manchmal in den Fernamtsgebäuden untergebracht. Diese Art von Ausrüstungen wird gewöhnlich nicht zur Zentralenausrüstung gerechnet, und da sie spezielle Ueberwachungsversuche erfordert, so werden diese im Abschnitt „Fernleitungen“ beschrieben. Die Leitungen zwischen den Ortszentralen und diejenigen nach den Teilnehmereinrichtungen sind jedoch in unserer Betrachtung der Ortsnetzanlage einbezogen.

Es wird nicht bezweckt, hier die Betriebseigenschaften der vorhandenen Ausrüstungen zu beschreiben, da diese den Telephontechnikern bekannt sind; doch sollen der Deutlichkeit halber die Hauptpunkte, deren Uebertragungsmerkmale wir betrachten wollen, nochmals in zwei Untergruppen geteilt werden: A. Innenausrüstung, B. Aussenanlage des Ortsnetzes.

A. Innenausrüstung.

(1) Zentralenausrüstung.



(2) Teilnehmerapparate (einschliesslich Sicherungen).

(a) und (b) Schnurstromkreise und Abfragestromkreise der Telephonistin. All die erwähnten Einrichtungen bilden Bestandteile von Stromkreisen und führen in die Ortsnetzanlage Verluste ein, die wir als „normale Uebertragungsverluste“ bezeichnen können. Aus verschiedenen Ursachen, zum Beispiel Irrtümer in den Drahtverbindungen der Apparate, Fehler während des Betriebes (Kurzschlüsse von Wicklungen oder Mängel an den Apparaten) stellen sich Verluste ein, die, wenn sie nicht beseitigt werden, den wirksamen Betrieb des Stromkreises empfindlich stören. Die gewöhnliche Ueberwachung einer Ortsnetzanlage ergibt kein Mittel zur Aufhebung all



dieser Verluste; es ist daher nötig, für Instrumente zu sorgen, mit denen rasch und betriebsmässig alle Teile der Ausrüstung gemessen werden können, die erfahrungsgemäss Störungen unterworfen sind.

werden die Uebertragungsverluste irgendeines der angeführten Stromkreise veränderlich sein. Doch ist es nach einer genügend grossen Zahl von Versuchsdaten möglich gewesen, einen durchschnittlichen Mittelwert aufzustellen und ebenso einen Grenzwert, wobei man sich den letzteren als mit dem Punkt zusammenfallend denkt, über den hinaus anormale Verluste vermutet werden dürfen.

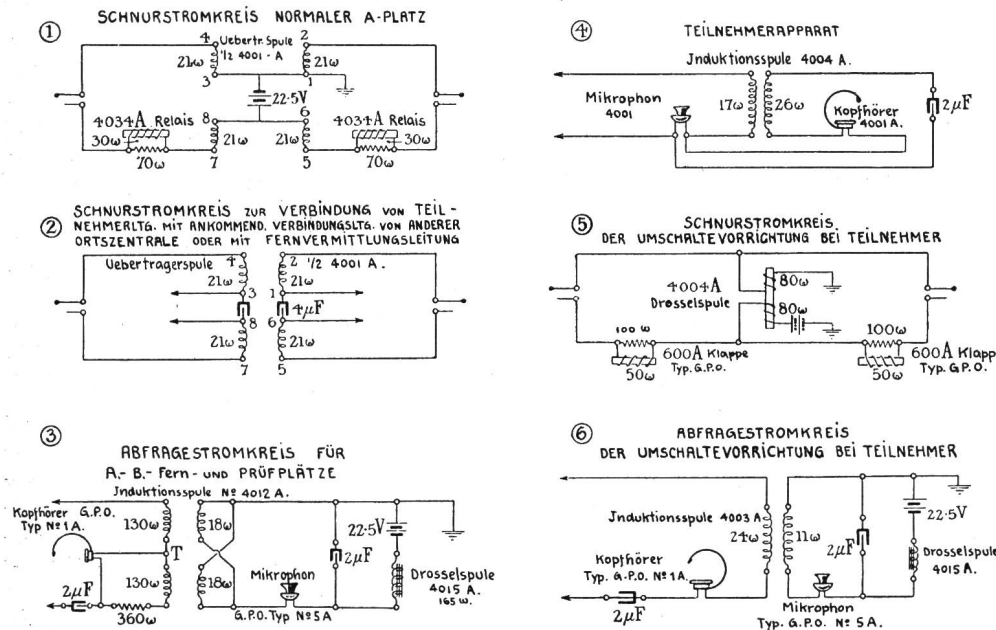


Fig. 1.

Angesichts der grossen Zahl der vorhandenen Bestandteile wird es vielleicht ratsam sein, einige typische Fälle auszuwählen, die normale Uebertragungsverluste ergeben, und an ihnen die Wirkungen zu beleuchten, die die oben genannten Mängel auf die Anlage als Ganzes ausüben.

Figur 1 zeigt in schematischer Darstellung einige in Handbetrieben verwendete typische Schnurstromkreise für Fern- und Ortschränke, sowie Abfragegarnituren. Unter normalen Betriebsverhältnissen

Die erste Kolonne zeigt den Durchschnittsverlust, die zweite den Grenzwert und die dritte die anormalen Verluste, deren Ursachen in der mit „Bemerkungen“ bezeichneten Kolonne eingetragen sind.

Die in Tabelle I angegebenen Beispiele sind die Ergebnisse wirklicher Messungen und zeigen mit aller Deutlichkeit die Wichtigkeit und Notwendigkeit einer sorgfältigen Ueberwachung von Stromkreisen dieser Art. Es stehen nun Prüfapparate zur Verfügung, welche die betriebsmässige Vornahme von Versuchen zur Eingrenzung und Behebung von zufällig auftretenden Defekten ermöglichen.

(c) Leitungsabschlussapparate. Die Wichtigkeit des richtigen Abschliessens eines induktiv belasteten Kabels in Ortsnetzanlagen wurde schon frühzeitig erkannt. Die Impedanz eines belasteten Kabel-

Tabelle I.

Entspr. Nr. in Fig. 1	Stromkreisbezeichnung	Verlust in Standardkabelmeilen			Bemerkungen (Ursache des anormalen Verlustwertes)
		Mittelwert	Grenzwert	Anormaler Wert	
1	Schnurstromkreis normaler A-Platz .	1,4	2,0	5,4	Nicht induktive Relaiswindung unterbrochen.
2	Schnurstromkreis zur Verbindung von Teilnehmerleitung mit ankommender Verbindungsleitung von anderer Ortszentrale oder mit Fernvermittlungsleitung . . . . .	0,7	1,4	11,5	4 Mf. Kondensator unterbrochen.
3	Abfragestromkreis . . . . .	3,5	4,8	5,0	350 Ohm Widerstand kurzgeschlossen
4	Teilnehmerapparat * . . . . .	4,0	4,5	{8,9 8,7	17 Ohm Wicklung verkehrt. 26 Ohm Wicklung verkehrt.
5	Schnurstromkreis der Umschaltvorrichtung beim Teilnehmer . . . . .	1,2	1,5	4,1	Nicht induktive Relaiswicklung unterbrochen.
6	Abfragestromkreis der Umschaltvorrichtung beim Teilnehmer . . . . .	1,2	1,5	7,3	Wicklungen der Induktionsspule verwechselt.

\* Verlust beim Sprechen.

Bemerkung: 1, 2, 3, 5 und 6 sind als Nebenschlussverluste gemessen.

stromkreises ist um einen so bedeutenden Betrag grösser als diejenige unbelasteter Stromkreise, an die das belastete Kabel während des Betriebes angeschlossen ist, dass an den Verbindungsstellen Uebergangsverluste auftreten, wenn keine besonderen Vorsichtsmassnahmen getroffen werden.

Deshalb werden zwischen die beiden Leitungsarten Uebertragerspulen eingeschaltet, die in ihren Primär- und Sekundärwicklungen passende Impedanzwerte aufweisen, mit dem Ergebnis, dass die Verluste an den Stoßstellen bedeutend vermindert werden. Es folgt daraus, dass, wenn irrtümlicherweise eine Uebertragerspule mit unrichtigem Impedanzverhältnis eingeschaltet wird, dieser Verlust bedeutend erhöht werden kann.

Zur Veranschaulichung möge ein Kabelstromkreis dienen, der in Abständen von 2,6 km durch Spulen mit einer Impedanz von 175 Millihenry belastet ist. Dieses Kabel soll in einer unbelasteten Schleife aus 9 kg Draht von 2,4 km Länge abschliessen. Mit dem richtigen Uebertragungsspulentyp wird der Gesamtbetrag des Uebergangsverlustes ungefähr 0,7 Meilen Standardkabel ausmachen. Nehmen wir nun an, es werde eine gewöhnliche Uebertragerspule mit einem einheitlichen Impedanzverhältnis (1 : 1) im Stromkreise verwendet. Die Gesamtverluste steigen darauf auf 1,8 S. K. M. an, wodurch der Verlust im Stromkreis um 1,1 S. K. M. vermehrt wird.

Nehmen wir nun den Fall eines belasteten Kabelstromkreises, welcher für Fernverkehr mit Telephonverstärkern bestimmt ist. Wenn das Kabel, was häufig vorkommt, über eine Uebertragerspule in eine Verstärkerstation eintreten soll, so ist (in einem 2-Drahtbetrieb) eine Spule mit ähnlichen Charakteristiken auf der entsprechenden Seite der „Ausgleichsleitung“ des Stromkreises einzuschalten, um den notwendigen Gleichgewichtszustand herzustellen. Die Leitungs-Spule und die Ausgleichs- oder Nachbildungs-Leitungsspule müssen innerhalb sehr enger Grenzen die gleichen elektrischen Kenngrößen besitzen, andernfalls der durch die Verstärker erhaltene Gewinn ernsthaft beeinflusst wird.

(d) Sicherungen. Bezüglich der Sicherungsapparate, insbesondere der in einer Telephonzentrale vorhandenen, hat die Erfahrung gezeigt, dass Störungen auf allzu grosse Kontaktwiderstände zwischen den Feinsicherungskontaktflächen und den Kontaktfedern und ebenso zwischen den Federn und ihrem Bolzensatz zurückzuführen sind. Störungen dieser Art äussern sich gewöhnlich in Form von Leitungsgeräuschen, welche der Uebertragung schaden, doch können sie auch einen direkten Uebertragungsverlust verursachen, welcher wirtschaftlich beseitigt werden kann.

Die Wicklung der Hitzdrahtspule, welche zur Leitung in Reihe liegt, besitzt einen Widerstand von 3 bis 4 Ohm. Ein schlechter Kontakt kann ihn aber um 1 oder mehr Ohm erhöhen. Ein Verlust aus dieser Ursache sollte natürlich verhindert werden.

### (2) Teilnehmerapparate.

Da diesem Teil der Ortsleitungsanlage neuerdings ausserordentliche Beachtung geschenkt wird, darf angenommen werden, dass die fortschreitende Ent-

wicklung einfache und billige Mittel bringen werde, mit denen der Wirkungsgrad der Teilnehmerschleifen und Fernhörer nach deren Inbetriebsetzung nachgeprüft werden kann.

### B. Aussenanlage des Ortsnetzes.

Die Stromkreise, die die Teilnehmer mit ihrem Ortsamt (gewöhnlich als „Teilnehmerschleifen“ bezeichnet), sowie diejenigen, die die verschiedenen Aemter einer modernen Telephonanlage untereinander verbinden, verlaufen gewöhnlich in bleibendeckten Kabeln (Luft- oder unterirdische Kabel).

Wo Länge und Wichtigkeit der Verbindungskabelstromkreise es erfordern, kann ihre Uebertragungswirkung durch Belasten verbessert werden.

#### (1) Gütegrad der Sprechverständigung: Verlustwerte.

Bevor die allgemeinen Gesichtspunkte der Ueberwachung dieses Teiles der Ortsnetzanlage diskutiert werden, sollen kurz einige Betrachtungen angestellt werden über die normalen Verluste, welche in einer gut entworfenen Anlage berücksichtigt werden müssen. Die zu betrachtenden Stromkreise sind:

- (a) Teilnehmerleitungen (nach den Ortszentralen).
- (b) Verbindungsstromkreise (verbinden die gewöhnlichen Ortszentralen im Mehrzentralensystem).
- (c) Fernvermittlungsstromkreise.
- (d) Dienstleitungsstromkreise.

(a) Teilnehmerleitungen. Die Wahl der Leiter dieser Klasse von Stromkreisen richtet sich schlechterdings nach dem begrenzenden Schleifenwiderstand für jedes Ortsnetz, wie er durch ein grundlegendes Studium des Leitungsplanes bestimmt wird. Verschiedene Längen der Teilnehmerschleifen erheischen verschiedene Stärken der Kabeladern, doch hat es sich allgemein als wirtschaftlich erwiesen, die Stärken der Leiter zu normalisieren. Gewöhnlich gelangen drei Dicken zur Verwendung, nämlich:

Englische Normen (British Standard) Nenngewicht pro Leiterkilometer	Amerikan. Normen (American Wire Gauge) (B & S) Drahtbezeichnung	Durchmesser in mm
5,67 kg	Nr. 19	0,91
2,83 kg	Nr. 22	0,64
1,84 kg	Nr. 24	0,51

Für kurze Teilnehmerschleifen in überfüllten Stadtgebieten wurde die Verwendung einer weitem, noch leichtern Adersorte in Betracht gezogen, nämlich Nr. 27 B und S oder 0,91 kg/km Leiter (0,36 mm). In einigen Fällen hat es sich als wirtschaftlich erwiesen, zwei Arten von Leitern in ein und derselben Teilnehmerschleife zu verwenden. In Anbetracht der Stromkreisdichte in der Nähe der Zentralen und der sich daraus ergebenden Rohrüberfüllung wurde die dünnere Sorte gewöhnlich am Zentralenende der Schleife angebracht.

Der Umfang eines Ortsnetzgebietes oder das natürliche Wachstum eines Gemeinwesens kann es mit sich bringen, dass einige wenige Schleifen den bei der grundlegenden Prüfung ermittelten Grenzwiderstand überschreiten. In diesem Falle müssen besondere Massnahmen in Betracht gezogen werden, zum Bei-

spiel die Verwendung von Hilfsbatterien bei den Teilnehmern, die Parallelschaltung von Paaren, wo Reserven verfügbar sind usw.

Um eine ungefähre Idee von der Grösse der normalen Verluste in Teilnehmerleitungen zu geben, kann gesagt werden, dass ein Aequivalent von 4 bis 5,5 S. K. M. als guter praktischer Wert betrachtet werden kann. Der Verlust stellt, wie gesagt, den mittleren Wert dar für die Sende- und Empfangsverluste in einem Stromkreis, welcher eine Zentralbatterieeinrichtung und eine Teilnehmerschleife mit Widerstand = 0 benützt.

Diese Teilnehmerleitungsverluste können auf den Widerstand der Teilnehmerschleife bezogen werden, und zwar nach folgender Tabelle:

Tabelle 2.

Verwendeter Kabeltyp			Teilnehmerleitungsverluste	
Leitertyp	Kapazität zwischen Leitern		4 Standardkabelmeilen	5,5 Standardkabelmeilen
	pro engl. Meile = 1,6 km	pro km		
5,67 kg (0,91 mm)	0,085	0,053	170 Ohm	240 Ohm
2,83 „ (0,64 „)	0,083	0,050	190 „	280 „
1,84 „ (0,51 „)	0,078	0,048	220 „	325 „

Die Frage der Belastung von Teilnehmerschleifen zur Verbesserung der Uebertragung ist ebenfalls in Betracht gezogen worden. Die durch dieses Mittel erreichbare Verbesserung ist nicht sehr gross, und zwar hauptsächlich deshalb nicht, weil die Impedanz sowohl des Teilnehmerapparates als auch der Uebertragerspule eine positive Reaktanz aufweist. Zudem wird durch diese Methode kein Gewinn im Speisestrom erzielt, welcher einen wesentlichen Teil des Verlustes in langen Teilnehmerschleifen ausmacht.

(b) Verbindungsstromkreise zwischen Ortszentralen. Verbindungsstromkreise sind in kleinerer Zahl vorhanden und im allgemeinen länger als Teilnehmerschleifen und rechtfertigen deshalb wirtschaftlich eine höhere Konstruktionsstufe. Es werden dazu Kabelleiter bis zu 11,3 kg Gewicht per km benützt, während sonst fast allgemein 5,67 kg Leiter verwendet werden. Unter gewissen Umständen werden belastete 2,83 kg Leiter benützt, wie weiter unten gesagt wird.

Der zulässige Uebertragungsverlust in Verbindungsstromkreisen einer gut entworfenen Ortsanlage liegt zwischen 7 und 10 S. K. M. und sollte die letztgenannte Zahl nicht überschreiten. Diese Werte sind jedoch nicht als absolute Zahlen zu betrachten, da sie noch von anderen Faktoren abhängen; hauptsächlich vom Grenzwiderstand der Teilnehmerschleife und den für die Anlage gewählten Uebertragungsnormalien.

Es hat sich als wirtschaftlich erwiesen, für Verbindungsstromkreise mit langen 5,67 kg/km und 2,83 kg/km Leitern Belastung vorzusehen. Durch passende Transformatoren können die Uebergangsverluste am Zentralenende wesentlich vermindert werden.

(c) Fernvermittlungsstromkreise. Genau genommen ist dieser Stromkreis ein Teil der Fernanlage und es ist deshalb wichtig, dass die Uebertragungsverluste hier auf einen so geringen Wert herabgesetzt

werden, als dies vom wirtschaftlichen Standpunkt aus noch möglich ist.

Die als wünschbar erachteten Uebertragungsnormalien sind derart, dass das Verlustäquivalent des Stromkreises zwischen 1,5 bis 3 S. K. M. zu liegen kommt. Wo der Stromkreis genügend lang ausfällt, kann er belastet werden, wobei die Bedingungen im wesentlichen die gleichen sind wie für lange Verbindungsstromkreise.

(d) Dienstleitungsstromkreise. Eine gute Uebertragung über Dienstleitungen ist für die Aufrechterhaltung der Betriebsgüte von Wichtigkeit. Die Telephonistinnen, welche diese Stromkreise benützen, sind ja im Hören sehr geübt; es kann aber doch vorkommen, dass infolge der verminderten Wirksamkeit der Leitung z. B. eine falsche Nummer weitergegeben wird. Wiederholungen und Zeitverluste zum Nachteil des Dienstes sind die Folge davon.

In starkbesetzten Stunden kommt es häufig vor, dass 4, bisweilen sogar 6 „A“-Telephonistinnen gleichzeitig in eine Dienstleitung eintreten. Im ersten Fall beträgt der zusätzliche Uebertragungsverlust ungefähr 9 S. K. M., im zweiten werden dem Verlust in der Dienstleitung ungefähr 12 S. K. M. hinzugefügt.

Das totale Aequivalent irgendeiner Dienstleitung von Telephonistin zu Telephonistin sollte 20 S. K. M. nicht überschreiten. Die Erfahrung hat gezeigt, dass bei Einhaltung dieser Regel nur wenige Störungen auftreten, dass sie sich aber rasch vermehren, sobald dieser Wert überschritten wird.

(2) Ueberwachung zur Instandhaltung der Uebertragungsgüte.

Die Instandhaltung der Verbindungs- und Teilnehmerleitungen zum Zwecke einer guten Uebertragung unterscheidet sich von derjenigen von Fernleitungen nur im Grad.

(a) Gleichstromprüfungen. Ueberall, wo ein Kabel installiert worden ist, ist es üblich, den Isolations- und den Gleichstromwiderstand zu prüfen, um so Angaben über den Zustand der Stromkreise zu erhalten. Die Ergebnisse dieser Prüfungen und Einzelheiten über Stärke der Leiter, Anzahl der Paare usw. werden in Karten eingetragen, welche zu Vergleichszwecken in den Aemtern aufbewahrt werden.

Zur weiteren Verfolgung der obigen Ergebnisse werden periodische Prüfungen vorgenommen. Die Isolationsprüfung dient insbesondere als Gradmesser für den Allgemeinzustand des Kabels. Die Abweichungen, die sich aus den aufeinanderfolgenden Prüfungen ergeben, ermöglichen es, beginnende Störungen zu ermitteln und zu korrigieren, bevor das Kabel für den Betrieb wertlos wird.

(b) Prüfungen an belasteten Stromkreisen. Ausserdem ist es zweckmässig, von Zeit zu Zeit den Zustand der Belastungsspulen (Pupinspulen) nachzuprüfen. Ein Mittel hierfür ist die an späterer Stelle beschriebene Leitungsimpedanzbrücke.

(c) Uebertragungsmessung (Restdämpfungsmessung). Die Uebertragungsäquivalente eines Verbindungsstromkreises können am besten vom Hauptverteiler aus geprüft werden. Der Nr. 1 B-Dämpfungsmesser, welcher an späterer Stelle beschrieben wird,



ist ein rasches und ziemlich genaues Mittel zur Vor- nahme dieser Prüfung. Wird grössere Genauigkeit gewünscht, so können die Messungen mit einem Nr. 3 A-Strecken-Dämpfungsmesser ausgeführt werden. Die erstere Methode erfordert eine „Schaltung in Schleife“ des Stromkreises und folglich eine „Dreischritt-Prüfung“, um richtige Werte für die einzelnen Stromkreise zu erhalten.

## II. Die Fernleitungsanlage.

### Allgemeines.

Die erste Telephonleitung war nichts anderes als die beste damalige Telegraphenleitung, welche aus einem einfachen Eisendraht mit einer Erdrückleitung bestand. Es zeigte sich bald, dass dieser Leitungstyp für den Telephonbetrieb nicht passte, was teils den Störungen aus der Erdverbindung, teils den geringen Uebertragungseigenschaften des Eisendrahtes zuzuschreiben war.

Die Einführung des zweidrähtigen Kupferstromkreises beseitigte in hohem Masse beide Mängel. Zeitgenössische Forscher zeigten den Weg zur Beseitigung der gegenseitigen Interferenzen, wenn mehrere Telephonstromkreise auf der gleichen Stangenlinie angebracht waren. Die verschiedenen Methoden zur Vertauschung der Telephondrähte wurden nicht allein als Mittel zur Verhinderung des Nebensprechens zwischen Telephonstromkreisen, sondern auch als Mittel zur Verminderung der Interferenzen durch benachbarte Telegraphen- oder Kraftleitungen ausgebildet.

In den letzten Jahren hat der Bau von Hochspannungs-Kraftleitungen zu Industrie- und Eisenbahnzwecken weitere Vorsichtsmassnahmen zur Sicherung der Verbindungsstromkreise gegen äussere Störungen notwendig gemacht. Der erfolgreiche Betrieb des Phantomstromkreises wird einzig durch sorgfältige Aufrechterhaltung des Leitungsgleichgewichtszustandes und passende Kreuzung der Drähte ermöglicht.

Die Notwendigkeit vergrösserter Induktanz in Telephonstromkreisen zur Verbesserung der Uebertragung führte zur Anwendung der Belastungsspule auf Telephonfreileitungen. Dadurch erhöhte sich der Sprechbereich dieser Stromkreisklasse auf 3600 Kilometer (New York—Denver), während die längste unbelastete Freileitung jener Zeit (1912) bloss ungefähr 1800 Kilometer lang war.

Papierisierte Telephonkabel waren bereits einige Jahre im Gebrauch, als die Belastungsspule kommerziell entwickelt wurde, doch waren die Entfernungen, über die sie sich erstreckten, vom Standpunkte der Telephonübertragung aus notwendigerweise begrenzt. Heute ist die Belastung von Kabeln für den Fernverkehr in allen Ländern eingeführt, in denen der Betrieb dies rechtfertigt, da die Herstellung abgeglicherer Kabel und Belastungsspulen seit langem als kommerzieller Erfolg erkannt worden ist.

Die letzte Entwicklungsstufe stellt natürlich die Einführung des Telephonverstärkers in Fernleitungsanlagen dar. In ihrer Abhandlung über Telephonverstärker geben die Herren Gherardi und Jewett einen ausgezeichneten Bericht über diesen Gegen-

stand (siehe Technische Mitteilungen Nr. 5, 1. X. 25). In seiner Schrift „The Long Distance Telephone System of the United Kingdom“ bespricht Sir William Noble die Ersparnisse, welche sich aus der Einführung des Telephonverstärkers in das Kabelnetz der Britischen Postverwaltung voraussichtlich ergeben werden. Mr. Gill zeigt in einer Eröffnungsansprache die Lösung des internationalen Telephonproblems, die sich grösstenteils auf eine wohldurchdachte Anwendung des Telephonverstärkers stützt. Es sei auch die hervorragende Schrift „Telephonische Uebertragung über lange Kabelleitungen“, von A. B. Clark, erwähnt (siehe Technische Mitteilungen Nr. 6, 1. XII. 1925).

Bei einer grossen Telephonanlage stellt das äussere Leitungsnetz weitaus den grössten Teil des investierten Kapitals dar, und es ist deshalb nicht verwunderlich, wenn alle Anstrengungen gemacht werden, um das Aeusserste aus ihm herauszuholen.

Dieser kurze Ueberblick über die Entwicklung der Fernleitungsübertragung gibt unseres Erachtens eine richtige Idee von der Notwendigkeit von Hilfsmitteln, die angewendet werden müssen, um den immer weitgehenderen Anforderungen in bezug auf die Aufrechterhaltung eines einwandfreien Uebertragungsbetriebes zu genügen. Es hat sich gezeigt, dass immer grössere Entfernungen überbrückt werden, was logischerweise die Schaffung eines weitverstreuten, für den Betrieb der komplizierten Anlage verantwortlichen Stabes bedingt.

In einem ein ganzes Land umfassenden Telephonnetz, wie es beispielsweise die Fernleitungen der Vereinigten Staaten oder Grossbritanniens darstellen, sind alle Industrie- und Handelszentren durch wichtige Telephonleitungen angeschlossen. Weitaus die meisten dieser Leitungen sind heute als Freileitungen ausgeführt, obgleich Fernleitungskabel mit ihrer grösseren Betriebssicherheit sich rasch überall einbürgern, wo wirtschaftliche Erwägungen zu ihren Gunsten sprechen.

Das Gewicht der Kupferdrähte oberirdischer Leitungen setzt den Entfernungen, über welche wirtschaftlich telephonierte werden kann, eine Grenze.

Die Grenzen sind in Tabelle 3 angegeben, der ein Aequivalent von 15 Meilen (zwischen den Prüfschranken) zugrunde liegt.

Tabelle 3. Nicht belastete Freileitungen.

Gewicht des Kupferleiters bei Freileitungen		Durchmesser des Leiters mm	Höchstzulässiger Abstand zwischen den Prüfschranken bei einem Aequivalent von 15 S. K. M. km
l b/Meile	kg/km		
800	226,8	5,68	1160
600	170,1	4,92	920
400	113,4	4,02	660
300	85,0	3,48	525
200	56,7	2,84	370
100	28,3	2,01	210

Es ist zu erwähnen, dass die in Frage stehenden Leitungen unbelastet sind. In den Vereinigten Staaten wurde festgestellt, dass das grösste Leitergewicht einer Freileitung, welches sich wirtschaftlich



durch Belastung noch verbessern lässt, 49,6 kg/km beträgt. Das Problem der Aufrechterhaltung einer genügend hohen Isolation bei schwereren oberirdischen Leitungsdrähten begrenzte die Belastung auf Drahtgrößen unterhalb der soeben erwähnten.

Weiter wurde festgestellt, dass, wenn Verstärker in belasteten Freileitungen eingerichtet sind, sich zu allen Zeiten einige Schwierigkeiten ergeben für die Aufrechterhaltung eines befriedigenden Gleichgewichtszustandes zwischen der belasteten Leitung und der Ausgleichsleitung.

Die Belastung eines Stromkreises vermindert ferner die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und begrenzt den Frequenzbereich, was hinwiederum die Qualität der Sprache beeinflusst. Es empfiehlt sich daher die Verwendung von Pupinspulen in Freileitungen zu beschränken und den verlangten Uebertragungsgrad einzig mittelst Verstärkern zu erreichen.

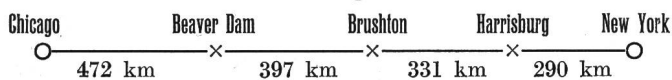
In der Tat wurde die transkontinentale Linie (New York—San Franzisko), welche ursprünglich belastet war und mit Verstärkern betrieben wurde, seither ihrer Belastung „entledigt“; dafür wurde die Zahl der Verstärker erhöht, deren Abstände somit verringert.

Wir können deshalb die Fernleitungsanlagen als Abschnitte hochwertiger Leitungen betrachten, welche zwischen Verstärkerstationen verlaufen, oder solche mit den Endpunkten (Fernzentralen) verbinden.

#### Einheit in der Kontrolle.

Es würde, wie leicht zu ersehen ist, für ein richtiges Arbeiten der Anlage als Ganzes nicht vorteilhaft sein, wenn man sich einzig an die Ueberwachung der einzelnen Teilstrecken (d. h. derjenigen zwischen den Verstärkerstationen) halten wollte. Die Kontrolle des Stromkreises als einer Betriebseinheit und die Verantwortlichkeit für die Aufrechterhaltung eines bestimmten Uebertragungsäquivalentes müssen einer einzigen Stelle übertragen werden.

Es dürfte von Interesse sein, zu zeigen, wie in dieser Beziehung vorgegangen wird; als Beispiel möge eine Teilstrecke der obengenannten transkontinentalen Linie dienen. Diese Linie führt in westlicher Richtung über Chicago, und zwischen den beiden Städten New York und Chicago sind drei Verstärkerstellen vorhanden, welche im nachstehenden Schema durch Kreuze gekennzeichnet sind.



#### (1) Messung des Verstärkungsgrades (Gewinn, Entdämpfung).

Die Kontrollstelle (Chicago) ruft sämtliche Verstärkerstellen auf und ersucht sie, den Verstärkungsgrad zu messen, die Verstärkerrohre auf Weiterverwendung zu prüfen und über die Ergebnisse nach Ablauf von fünf Minuten zu berichten. Die Kontrollstelle erhält darauf die Mitteilungen, wobei Beaver Dam den Anfang macht. Diese Mitteilungen werden nicht aufgezeichnet. Die Verstärkerstelle berichtet bloss, ob alles in Ordnung ist, oder, wenn nicht, welche Art von Störung vorliegt.

#### (2) Ausgleichsmessung.

Die Kontrollstelle ersucht New York, den Stromkreis an der Messstelle mit einem nicht induktiven Widerstand abzuschliessen, der gleich der Impedanz des Stromkreises ist. Brushton wird angewiesen, beide Potentiometer des Verstärkersatzes auf Null zu drehen, während Harrisburg beauftragt wird, eine Impedanz-Unregelmässigkeitsmessung (beschrieben auf Seite 143 als Messung „21“) nach beiden Richtungen vorzunehmen. Ebenso wird der Beaver Dam ersucht, die gleiche Messung durchzuführen, wobei mittlerweile der Stromkreis in Chicago durch eine passende Impedanz abgeschlossen worden ist. Für diese Messungen werden 5 Minuten gewährt, nach deren Ablauf der Beaver Dam Bericht erstattet. Brushton wird darauf ersucht, den Stromkreis normal zu schalten, und die Messungsergebnisse von Harrisburg zu verlangen. New York, Brushton und Chicago führen alsdann ihrerseits Impedanz-Unregelmässigkeitsmessungen durch, für die ebenfalls 5 Minuten gewährt werden. Zum Schluss wird der Normalzustand des Stromkreises wiederhergestellt, und die Ergebnisse der letztgenannten Prüfung werden der Kontrollstelle mitgeteilt.

#### (3) Prüfung durch Sprechversuch (Gesprächsmessung).

Zwischen Chicago und New York wird eine durchgehende Gesprächsmessung vorgenommen, wobei an beiden Enden normale Teilnehmerstationen verwendet werden.

#### (4) Uebertragungsmessung (Restdämpfungsmessung).

Unter Benützung einer Frequenz von 1000 Perioden per Sekunde wird das Uebertragungsäquivalent (Dämpfungäquivalent) des Stromkreises zwischen Chicago und New York gemessen. Die Verstärker der Zwischenstellen werden auf ihren bestimmten Verstärkungsgrad eingestellt, und der Stromkreis wird „durchgehend“ gemessen, indem ein an späterer Stelle beschriebener Dämpfungsmesser benützt wird.

#### (5) Rufprüfversuch.

Die letzte der zwischen New York und Chicago vorzunehmenden Prüfungen ist eine Rufprüfung. Sie wird in beiden Richtungen durchgeführt, damit man sich davon überzeugen kann, dass die Rufapparate richtig arbeiten.

Der Dämpfungsverlust in jedem Leitungsabschnitt ist eine feste Grösse, deren Betrag durch rein wirtschaftliche Rücksichten bestimmt wird. Als Gesamtheit sind diese Verluste ziemlich beträchtlich, wenn mehrere Abschnitte für lange Verbindungen in Reihenschaltung verwendet werden. Der Zweck der Verstärker besteht natürlich darin, diese Verluste zu vermindern und den Uebertragungsstromkreis auf ein Restdämpfungsäquivalent hinunterzubringen, welches die betriebsmässige Auswechslung von Gesprächen gestattet.

In seiner Eröffnungsansprache hat Herr Gill trefflich den Zustand geschildert, welcher sich einstellt, wenn die mit Verstärkern erreichbaren Gewinne nicht auf bestimmten Werten gehalten werden. Da das von ihm gegebene Beispiel eine be-

deutende Tragweite für die Uebertragungsüberwachung langer Linien besitzt, so soll es in extenso wiedergegeben werden:

„Wenn Verstärker in Betrieb sind, so müssen die abzugebenden Gewinne konstant gehalten werden, ansonst sich ernste Schwierigkeiten für die Gesprächsabwicklung ergeben.

Wenn wir annehmen, ein Vierdrahtstromkreis zwischen Rotterdam und Mailand von 500 Meilen (810 km) Länge sei mit 5 Verstärkern ausgerüstet, die mit Gewinnen von 23, 30, 30, 30 und 23 Standardmeilen arbeiten, durchschnittlich also mit 27,2 S.K.M., so brauchen wir bloss zu betrachten, was eintritt, wenn die Gewinne abnehmen, da sie ursprünglich so hoch eingestellt worden waren, als überhaupt zulässig war. Nehmen wir sodann an, die Leitung besitze ohne Verstärker ein reines Äquivalent von 148 S. M., von dem wir den Verstärkergewinn von  $5 \times 27,2 = 136$  abziehen, so verbleibt ein reiner Verlust von 12 S. K. M. Nun nehme der Gewinn in jeder Verstärkerstation aus irgendeinem Grunde um 2 Prozent ab. Dies stellt je 0,54 S. K. M. oder 2,7 S. K. M. für die fünf Stationen dar, und der reine Verlust wird von 12 auf 14,7 S. K. M. erhöht, so dass der Verlust in der Leitung um 23 Prozent steigt. Würde der Gewinn in jedem Verstärker um 7,5 Prozent abnehmen, so würde der totale zusätzliche Verlust 10,1 S. K. M. betragen, und der Endverlust von 12 auf 22,1 S. K. M. ansteigen, was eine Zunahme von 84,5 Prozent bedeutet. In diesem Falle würde der Verlust so gross, dass die Leitung wahrscheinlich betriebsunfähig würde. Ich habe diese Beispiele gewählt, um die Bedeutung der Gleichförmigkeit für den Aufbau, die Ueberwachung und den Betrieb zu zeigen. Die Beispiele sind eher zu tief angesetzt als übertrieben. Es wäre ebenso richtig gewesen, einen Fall mit 20 Verstärkern in Reihenschaltung zu betrachten; zudem wäre der Verstärkergewinn tatsächlich nicht eine bestimmte Zahl für alle Frequenzen“.

Das Problem der Ueberwachung langer Leitungen kann deshalb in zwei Teilen behandelt werden:

A. Verstärkerstellenüberwachung.

B. Verstärkerabschnittüberwachung.

Praktisch werden alle für (A) und (B) verlangten Messungen entweder von der Verstärkerstelle oder von einer Endstation aus durchgeführt. Es wird deshalb von Vorteil sein, kurz die Art dieser Messungen und die praktischen Methoden ihrer Anwendung auf die Anlage als Ganzes zu beschreiben.

#### A. Verstärkerstellenüberwachung.

Um zu allen Zeiten einen wirksamen und zuverlässigen Betrieb gewährleisten zu können, ist es sehr wichtig, dass eine endgültig aufgestellte Ueberwachungsregel eingehalten wird, und dass die verschiedenen Bestandteile, aus denen sich eine Verstärkerstelle zusammensetzt, periodisch gemessen werden.

Zu diesem Zwecke verfügen die Verstärkerstellen immer über Messeinrichtungen mit passenden Volt- und Ampèremetern zur Nachprüfung der normalen Betriebsspannungen und Ströme in den Verstärkerstromkreisen. Die Messeinrichtungen bieten auch die Möglichkeit, den Verstärkungsgrad (Gewinn,

Entdämpfung) zu bestimmen, welchen der Verstärker während des Betriebes abgibt. Ebenso sind besondere Messstromkreise für die Signalapparatur vorhanden, welche von Zeit zu Zeit geprüft werden muss.

Die durchzuführenden Messungen können in folgende 5 Gruppen geteilt werden:

- (1) Tägliche Messungen der Batteriestromkreise zum Nachprüfen der richtigen Werte der Ströme und Potentiale.
- (2) Eine periodische Messung, die Gewähr dafür bieten soll, dass die Ruf- und Schaltrelais der verschiedenen Stromkreise richtig arbeiten.
- (3) Mithören von betriebsmässig ausgewechselten Gesprächen. Solche Prüfungen sollten ebenfalls periodisch in durchgehend verstärkten Stromkreisen vorgenommen werden.
- (4) Eine Messung des Verstärkungsgrades der Verstärker sollte mindestens einmal in der Woche ausgeführt werden, um festzustellen, ob diese den gewünschten Gewinn ergeben. Weitere und ausführlichere Messungen sollten in allen Verstärkereinheiten periodisch vorgenommen werden.
- (5) Die Verstärkerröhren sollten periodisch geprüft werden, damit sie ersetzt werden können, sobald sie irgendwie Zeichen des Alterns zeigen.

#### (1) Batteriemessung.

Die Aenderung im wirklichen Verstärkungsgrad eines Verstärkers hängt von den Batterieschwankungen ab; damit der Verstärkergewinn konstant gehalten werden kann, müssen den Spannungen der drei Batterien bestimmte Grenzen gesetzt werden.

Für die Messung der Batterien in Verstärkerstellen werden in deren Stromlieferungsschalttafeln geeignete Instrumente vorgesehen. Es ist deshalb leicht, die Spannungen der drei Batterien nachzuprüfen, die a) den Strom für die Glühfäden der Verstärker, b) die Anodenspannung der Vakuumröhren und c) die Gitterspannung der Röhren abgeben.

Ausserdem können der Heizstrom, der Raumladestrom und das Gitterpotential mit Instrumenten gemessen werden, welche auf einer besonderen Bucht in einem zweckmässig angeordneten Gestell montiert sind.

Beim neuesten Typ von Vakuumröhren, bei welchem Glühfäden verwendet werden, die mit einer Oxydschicht versehen sind, sollte der Strom während des normalen Betriebes 0,97 Ampère betragen. Dieser Strom darf zwischen 0,94 und 1,0 Ampère schwanken. Fig. 2, welche sich auf eine typische Röhre bezieht, zeigt, dass der Gewinn des Verstärkers vom Heizstrom praktisch unabhängig ist, ausgenommen für Werte, welche ausserhalb der obigen Grenzen liegen.

Die Spannung der Anodenbatterie beträgt normalerweise 130 Volt positiv gegenüber dem negativen Ende des Glühfadens.

Kleine Aenderungen in dieser Spannung beeinflussen den Betrieb des Verstärkers nur wenig. Eine ernstliche Abweichung würde jedoch eine beträchtliche Aenderung des Gewinnes ergeben. Die Grenzen sind deshalb auf 125 Volt minimum und 135 Volt maximum festgelegt.

Das Gitter wird gegenüber dem negativen Ende des Heizdrahtes auf 9 Volt negativ gehalten. Für die Gitterbatterie gilt, dass die Gitterspannung nicht

mehr als  $\pm \frac{1}{2}$  Volt gegenüber dem Mittelwert 9 Volt ändern darf.

Wenn die Gitterspannung unter ihren richtigen Wert fällt, so werden der Gewinn und der Raumladestrom vergrößert, und dies kann von einem Qualitätsverlust begleitet sein.

Die drei aufgezählten Wirkungen können sich addieren, weshalb bei der Aufstellung der Betriebsgrenzen für die Verstärkerstationsbatterien alle drei Fälle gleichzeitig zu berücksichtigen sind. Diese Betrachtungsweise ergibt für die Batterien engere Grenzen als der einzelne Fall erfordern würde. Dies ist der Grund, weshalb die untere Grenze des Heizstromes auf 0,94 Ampère festgesetzt werden musste.

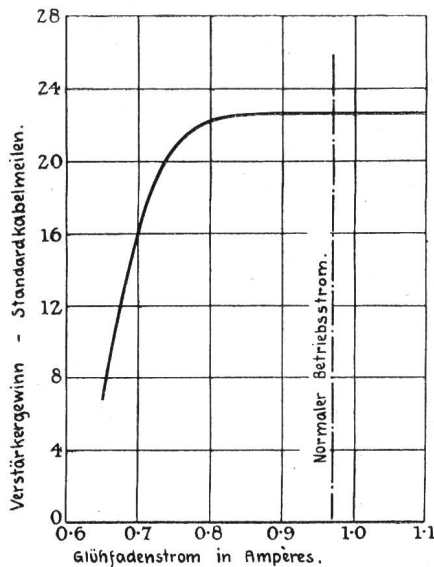


Fig. 2.

Es muss bemerkt werden, dass tatsächlich nur kleine Aenderungen im Gewinn eintreten, solange der Heizstrom nicht unter 0,9 Ampère fällt. Wenn aber der Strom unter 0,85 Ampère sinkt, so nimmt der Gewinn sehr rasch ab.

Die obere Grenze des Heizstromes ist aus verschiedenen Gründen gegeben. Wie aus der Kurve ersichtlich ist, würden die Röhren mit einem höheren Heizstrom gut arbeiten, dafür würde aber ihre Lebensdauer bedeutend verkürzt. Zum Beispiel ist die Lebensdauer bei 1,25 Ampère um ungefähr 80% kürzer. Aus diesem Grunde wird die obere Grenze auf 1 Ampère festgelegt.

### (2) Rufprüfversuche.

Diesen sollte der tatsächliche Betriebszustand zugrunde gelegt werden; die für die entferntgelegene Stelle bestimmten Ausgangssignale sollten also von den Leitungsklinken des Fernplatzes aus gegeben und die von einer entferntgelegenen Stelle herrührenden Signale sollten in ähnlicher Weise wie gewöhnliche Fernrufe empfangen werden.

Der niederfrequente (16 oder 20 Perioden) Signalapparat für den Verstärkerstromkreis ist gewöhnlich so eingerichtet, dass während des Rufens der Telephonverstärker betriebsunfähig gemacht wird. Wird für den Anruf Tonfrequenz verwendet, so kann der Rufstrom, wenn nötig, durch die Verstärkeröhre geleitet werden; in diesem Falle wird er also verstärkt, bevor ihm der Durchgang durch die Ver-

stärkerstation gestattet wird. Bei der Prüfung der niederfrequenten Rufstöße sollte der Verstärkerüberwachungsbeamte während des Rufintervalles den Verstärkerstromkreis abhören, da die Aenderungen des Verstärkerstromkreises, die durch das Arbeiten der Rufrelais hervorgerufen werden, im Hörer vernehmbar sind. Auf diese Weise kann das richtige Arbeiten leicht nachgeprüft werden. Zeigt sich, dass die Rufsignale nicht in richtiger Weise durchgehen, so müssen natürlich die mit der Rufausrüstung verbundenen Relais neu eingestellt werden.

### (3) Mithörprüfversuche.

Hier braucht bloss gesagt zu werden, dass die Ausrüstung, die durch den Verstärkerüberwachungsbeamten benutzt wird, derart sein muss, dass sie während des Betriebes nur einen minimalen Uebertragungsverlust einführt. Es ist deshalb üblich, die Spulen, mittelst denen der Versuch durchgeführt wird, so anzuordnen, dass sie nur einen sehr kleinen Teil der verstärkten Austrittsenergie der Verstärker-einheit aufnehmen.

### (4) Messung des Verstärkungsgrades (Gewinn, Entdämpfung).

Um den vom Verstärker abgegebenen Gewinn zu messen, ist in der modernen Telephonverstärkerstelle ein besonderer Verstärkungsmesser vorgesehen. Gewinne, die zwischen 0—46 Standardkabelmeilen liegen, können mit einer Genauigkeit von  $\frac{1}{4}$  Meile gemessen werden. Eine Beschreibung dieser Messeinrichtung dürfte von Interesse sein und wird deshalb an passender Stelle gegeben.

Die von den Verstärkern abzugebenden normalen Gewinne sollen, weil anlässlich der Projektierung der Gesamtanlage bestimmt, gegeben sein. Diese Verstärkererträge sollten durch den lokalen Verstärkerüberwachungsbeamten niemals geändert werden, es sei denn, er erhalte diesbezügliche Weisungen aus dem Bureau, das die Kontrolle über den Uebertragungswirkungsgrad der mit Verstärkern betriebenen Fernleitungsstromkreise auszuüben hat. Wöchentlich sollten für die „Ost“- und „West“-Verstärkerstromkreise bei Normalstellung der Potentiometer Messungen gemacht werden.

Die Eichung des Gewinnes sollte bei allen Verstärkern periodisch vorgenommen und zur Nachprüfung der wöchentlichen Gewinnmessungen verwendet werden. Diese Eichmessungen werden gemacht, um Gewähr dafür zu haben, dass die Gewinnfrequenzkurve des Verstärkers korrekt ist, und um das Funktionieren der Filter nachzuprüfen.

Messungen sollten mindestens alle sechs Monate vorgenommen werden und vorzugsweise bei normalen Arbeitsstufen mit folgenden Frequenzen: 200, 1000, 2000, 2500 und 3300 Perioden.

Die wöchentlich mit einer Einzelfrequenz von 1000 Perioden gemachten Messungen, welche durch die Halbjahreszahlen nachgeprüft werden, werden mit den Leitungsausgleichsmessungen zusammen benützt und dienen dazu, Störungen in der Apparatur oder den Vakuumröhren schon zu Beginn festzustellen.

### (5) Lebensdauer der Vakuumröhren.

Um zu prüfen, ob eine Vakuumröhre schadhaft ist oder nicht, sollte eine direkte Messung des Ver-



stärkerer Gewinn mittelst des Präzisionsverstärkungsmessers vorgenommen werden. Es werden Röhren ausser Betrieb gesetzt, sobald die Aenderung im Gewinn zwischen den oben genannten Stromgrenzen grösser ist als eine Standardkabelmeile.

### B. Ueberwachung der Verstärkerabschnitte.

Das richtige Arbeiten des bekannten, für einen gewöhnlichen Zweidrahtstromkreis bestimmten Telephonverstärkertypes hängt vom genauen Ausgleich zwischen dem Leitungsabschnitt und seiner äquivalenten Nachbildung (künstliche Ausgleichsleitung) ab. Solange die Nachbildungsimpedanz die Impedanz der Leitung mit genügender Genauigkeit ausgleicht, ergibt der Verstärker den gewünschten Gewinn. Gut gebaute Nachbildungen können im allgemeinen ihre ursprünglichen Konstanten beibehalten, aber die Leitung ist aus verschiedenen Ursachen Aenderungen unterworfen, welche auf ihre Impedanz einwirken. Aenderungen in der Isolation von Freileitungen oder eine fehlerhafte Belastungsspule in einem Kabel — um zwei Beispiele zu nennen — können die Impedanz der Leitung beeinflussen und so grosse Aenderungen verursachen, dass der Verstärker nicht mit dem gewünschten Wirkungsgrad betrieben werden kann. Es sind zur Auffindung solcher Unregelmässigkeiten Mittel geschaffen worden, auf die kurz eingegangen werden soll.

Die unten beschriebenen Prüfungen beziehen sich insbesondere auf belastete Kabelabschnitte, obschon sie sich im allgemeinen ebensogut auf Freileitungen anwenden lassen. Um den besondern Umständen Rechnung zu tragen, sind die Anforderungen in bezug auf die Isolationsprüfungen notwendigerweise einigen Modifikationen zu unterwerfen.

#### (1) Isolationswiderstands- und Widerstandsmessung.

Ogleich diese Messungen und ihr Zweck den Telephonfachleuten gut bekannt sind, verlangt ihre Bedeutung einen Hinweis auf ihre Anwendung in belasteten Kabel-(Verstärker)abschnitten. Im allgemeinen kann gesagt werden, dass, wenn jederzeit ein hoher Isolationswiderstand aufrecht erhalten wird, die Eingrenzung der Fehler sich bedeutend leichter gestaltet. Ebenso wird eine beständige Wachsamkeit ihre Vorteile besitzen, da selbst eine leichte Abnahme des Isolationswiderstandes ein Warnungssignal bedeutet, welches den Ueberwachungsbeamten zur Untersuchung einer beginnenden Störung veranlasst, bevor der Kabelstromkreis für den Betrieb unbrauchbar wird.

Eine gute Ueberwachung erheischt die Beachtung der folgenden, für beide Prüfungsarten geltenden Regeln:

Die normale Voltmeterausschlagmethode empfiehlt sich, und der Versuch lässt sich zweckmässig vom Prüfschrank in der Verstärker- oder Endstelle aus durchführen.

Der Isolationswiderstand sollte zwischen den Kabeladerpaaren geprüft werden und zwischen jedem Draht eines Paares und der Erde. Diese Prüfung sollte täglich an allen nicht in Betrieb stehenden Paaren und alle vierzehn Tage an allen Kabeladerpaaren, welche sich im Betrieb befinden, durchgeführt werden.

Die Widerstandsmessung sollte einmal in der

Woche an allen nicht im Betriebe stehenden Kabeladerpaaren vorgenommen werden. Diese Messung ist für die Kabeladerpaare, welche in Betrieb sind, nicht erforderlich, kann jedoch, wenn es gewünscht wird, an denselben während der alle vierzehn Tage stattfindenden Isolationsmessung vorgenommen werden.

#### (2) Leitungsimpedanzmessung.

Die einleuchtendste Methode zur Bestimmung des Zustandes eines Leitungsabschnittes ist natürlich die Messung seiner Impedanz innerhalb eines passenden Frequenzbereiches. Die zu diesem Zwecke benötigten Apparate können mit Vorteil die Form einer Wheatstoneschen Wechselstrom-Brücke annehmen, deren Arbeitsweise bekannt ist. Dieses Verfahren ist zwar sehr genau, hat aber den Nachteil, dass es ziemlich viel Zeit in Anspruch nimmt. Um einen Stromkreis über einen Frequenzbereich von 200 bis 3000 Perioden per Sekunde in Stufen von etwa 60 Perioden zu prüfen, wird nahezu eine Stunde benötigt, und wenn eine grosse Anzahl von Stromkreisen auf diese Weise zu prüfen ist, so wird eine beträchtliche Zeit verbraucht.

Es sind schnellere Messungen erdacht worden, welche dem Beamten ermöglichen, den Zustand der Leitung mit einem genügenden Grad von Genauigkeit zu bestimmen. Diese Messungen ersetzen in keiner Weise die Impedanz/Frequenzmessung, welche wertvolle Auskünfte, insbesondere über die Lage der Leitungsunregelmässigkeiten, liefert. Eine dieser Messungen, welche als Pfeifpunktmessung (oder Messung 21) bekannt ist, soll im folgenden beschrieben werden, da sie mehrere Vorteile besitzt.

#### (3) Pfeifpunktmessung (Messung 21).

Wie bekannt, ist der Betrieb eines zwei Elemente enthaltenden Zweidrahtverstärkers einzig dadurch möglich, dass die Leitung in den beiden Richtungen durch eine Nachbildung ausgeglichen wird, welche die Impedanz der Leitung bei allen wesentlichen Sprechfrequenzen ausgleicht.

Wenn der Verstärker einem „21“ oder „2-Weg 1-Element“-Typ angehört, so kann der Grad des Ausgleichs zwischen der Leitung (West) und ihrer Nachbildung (Leitung West) durch den Gewinn ausgedrückt werden, der notwendig ist, um den Verstärker zum Pfeifen zu bringen. Dieser Gewinn ist der tatsächliche, durch eine 21-Einheit im Stromkreis abgegebene effektive Gewinn und ist gleich dem geeichten Gewinn, welcher mittelst eines Verstärkungsmessers gemessen wurde. Wie in Fig. 3 gezeigt wird, ist dieser Gewinn  $g$  gleich dem wirklichen Gewinn des Elementes  $G$  weniger dem Verlust infolge der Zweiteilung der Energie im Ausgangstransformator. Dieser letztere Verlust beträgt  $2 \times 3,2$  Standardkabelmeilen = 6,4 S. K. M. plus dem wirklichen Spulenverlust, so dass die Gesamtsumme ungefähr 7 S. K. M. beträgt. Somit ist  $g = G - 7$ . Bei den gegenwärtig benützten Spulen beträgt der innere Verlust ungefähr 0,6 S. K. M.

Pfeifen tritt ein, wenn der Gewinn  $G$  gleich dem Uebertragungsverlust ist, der sich infolge des unvollkommenen Ausgleiches zwischen der Leitung „Osten“ und der Leitung „Westen“ einstellt, das heisst  $G = T$  oder  $g = T - 7$ .



Daraus folgt eine neue Definition für den Pfeifpunkt, nämlich: Uebertragungsverlust über einen Dreiwicklungstransformator weniger 7 S. K. M.

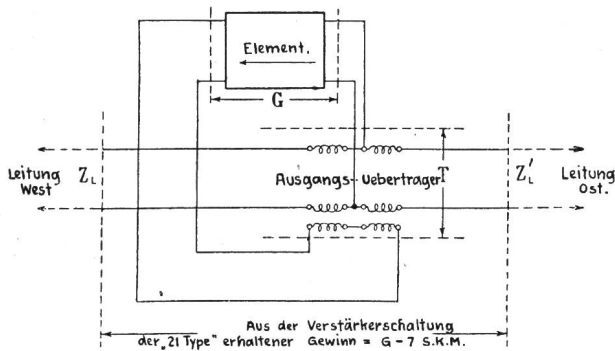


Fig. 3.

Wird dieses Ergebnis auf eine Schaltung des 22-Types angewendet, die für die unten genannte Pfeifpunktmessung eingerichtet ist, so findet man, dass  $T - 7$  gleich der Summe der geeichten Gewinne der beiden Potentiometereinstellungen weniger 7 ist.

Fig. 4 zeigt ein vereinfachtes Schema einer Verstärkerschaltung des 22-Types. Bei der Beschreibung des Verfahrens zur Durchführung der 21-Messung soll auf diese Figur hingewiesen werden.

Um den Ausgleich zu messen, welcher zwischen der Ostleitung und ihrer Nachbildung besteht, wird der Verstärker von der Westleitung abgeschaltet, indem ein Kurzschlussstöpsel in die Klinke „Verstärker Leitung West“ gesteckt und die Westnachbildung durch Einsetzen eines offenen Stöpsels in die Klinke „Verstärker Nachbildungsleitung West“ abgetrennt wird. Es ist nun ersichtlich, dass der Ausgangsübertrager so angeordnet ist, dass er als gewöhnliche Uebertragerspule arbeitet. Auf diese Weise wird die Ausgangsseite des Verstärkers Nr. 2 mit der Eingangsseite des Verstärkers Nr. 1 verbunden, wodurch eine „21-Schaltung“, welche beide Verstärker enthält, gebildet wird. Der Pfeifpunkt wird nun dadurch bestimmt, dass man in der Verstärkergarnitur mithört und den Gewinn durch schrittweises Vorgehen vergrößert, bis Pfeifen eintritt.

Die Skalenschalter der beiden Potentiometer müssen abwechselnd hinaufgedreht werden, so dass sie nie weniger als eine Stufe auseinander und vorwiegend auf entsprechenden Stufen liegen. Wenn Pfeifen eintritt, so werden die Angaben der beiden Skalen vorgemerkt. Die auf diese Weise gefundenen Ablesungen wurden willkürlich als „positiver Kopplungswechsel“ bezeichnet.

Die Messung wird darauf wiederholt, wobei die in den Verstärker-Leitungs- und Nachbildungsleitungsklinken West befindlichen Stöpsel vertauscht

werden. Die bei dieser Anordnung erzielte Ablesung wird „negativer Kopplungswechsel“ genannt.

Die niedrigere der beiden Ablesungen ist die bessere und wird in allen Fällen benützt.

Wenn der durch die Ungleichheit hervorgerufene Strom nach den Eintrittsklemmen des Dreiwicklungstransformators zurückkehrt, so kann er entweder in Phase mit dem ursprünglichen eintretenden Strom sein oder nicht. Wenn dieser Umkehrstrom direkt in Phase ist, so wird das Gesamtergebn grösser sein, als wenn er nicht in Phase ist. Aus diesem Grunde werden zwei Kopplungswechsel vorgenommen, wovon der eine den Umkehrstrom mit dem ursprünglichen Strom näher in Phase bringt als der andere und deshalb eine niedrigere Pfeifpunktablesung ergibt.

Die zur Festlegung der Pfeifgrenze benützten geeichten Gewinne werden aus den an früherer Stelle genannten wöchentlichen Messungen erhalten.

(4) Impedanzausgleichsmessung.

Bei der Messung „21“ beobachtet man den Pfeifpunkt für die eine, bestimmte Frequenz, bei der die Verstärkeranlage am ehesten pfeift, bei der also die Impedanz-Unregelmässigkeit zwischen der Leitung und ihrer Nachbildung am grössten ist.

Es ist jedoch ein Verfahren entwickelt worden, welches gestattet, den Pfeifpunkt bei irgendeiner gewünschten Frequenz genau zu bestimmen. Dieses Verfahren und die hierfür geltende Messung werden an späterer Stelle beschrieben.

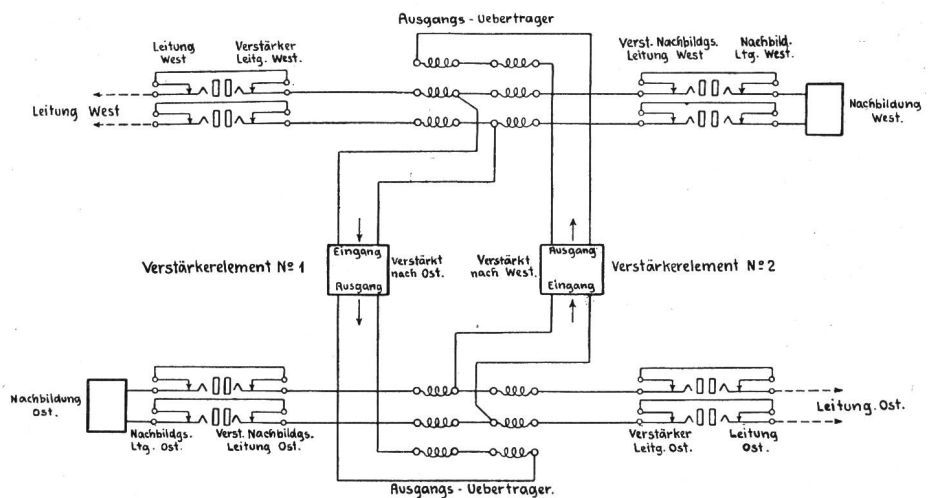


Fig. 4.

(5) Restdämpfungsmessung.

Diese Messungen sollten von Prüfschrank zu Prüfschrank zwischen zwei Enden des Stromkreises gemacht werden, und zwar entweder über eine Schleife oder durch eine direkte Messung (das heisst ohne Benützung einer Umkehrschleife), wie weiter unten beschrieben wird.

(a) Direkte Dämpfungsmessung. Der zu messende Stromkreis sollte beidseitig an die Streckendämpfungsmesser angeschlossen werden. Das mit der Messung betraute Endamt kann dem entfernten Ende über die üblichen Verkehrswege Weisungen erteilen. Die Messungen sollten in beiden Richtungen vorgenommen werden, wobei die eine Stelle sendet,

während die andere empfängt und umgekehrt. In der Empfangsstelle muss die Impedanz des Empfangselementes so eingestellt werden, dass sie der Impedanz der Leitung auf der Empfangsseite entspricht, und ebenso sollte die Impedanz des Sendeelementes der Impedanz auf der Sendeseite der Leitung angepasst werden, damit die Empfangsausrüstung richtig geeicht werden kann, um allfällige Impedanzunterschiede zwischen den beiden Enden der Leitung wahrzunehmen. Eine nähere Beschreibung dieser Messung und der dazu dienenden Apparate wird an späterer Stelle gegeben.

(b) Dämpfungsmessung über Schleife. Wenn im entfernt gelegenen Amt keine Dämpfungsmessausrüstung vorhanden ist, so wird es nötig sein, das entfernte Ende mit einer Hilfsschleife in das Messamt zurückzuführen. Die Messungen sollten in bei-

den Richtungen vorgenommen werden, wobei die Impedanzen der Sende- und Empfangselemente des Messgerätes der Impedanz der zu messenden Leitung angepasst werden müssen.

Die so durchgeführte Messung gibt ein Äquivalent für die ganze, aus zwei Stromkreisen bestehende Schleife; um den Wert für jeden einzelnen Stromkreis zu erhalten, muss man drei Schleifenmessungen über drei Stromkreise ausführen, wobei die Werte für jeden Stromkreis aus diesen drei Messungen errechnet werden können.

Von den beiden beschriebenen Methoden ist die erste vom Prüfungsstandpunkt wie vom Verkehrsstandpunkt aus die weitaus einfachere, und zwar deshalb, weil weniger Messungen gemacht werden müssen und weil einzig der zu messende Stromkreis dem Betriebe entzogen werden muss.

(Fortsetzung folgt.)

## Der Uebergangswiderstand von Erdleitungen.

Von E. Bachmann, Zürich.

Obwohl in den letzten Jahren der grösste Teil der Telegraphen- und Telephonleitungen verdoppelt wurde, hat eine wirksame leitende Verbindung gewisser Anlageteile mit der Erde nichts von ihrer Bedeutung verloren. Neben den in immer grösserer Zahl nötig werdenden Schutzerdungen für Kabelauführungen und deren Luftleitungen bedürfen die Vermittlungsstellen auch bei den neuern Schaltungen zuverlässiger Betriebserdleitungen. In neuester Zeit interessieren sich auch die Inhaber von Radioanlagen sowohl zum Schutz, als auch zum Betrieb derselben für sicher wirkende Erdverbindungen, die in vielen Fällen in Form der in den Häusern vorhandenen Wasserleitungen auch vorgefunden werden.

Nicht immer steht aber eine Wasserleitung zur Verfügung, und es stellt sich dann die Frage, wie der gewünschte Zweck erreicht werden kann, ohne die Kosten mehr als unbedingt nötig zu erhöhen und gleichwohl ein Maximum an Leitfähigkeit zu erzielen. Es dürfte sich daher einigermassen lohnen, die besondern Eigenschaften dieser Teilanlagen, denn es handelt sich ja immer nur um solche, einer etwas eingehenderen Betrachtung zu unterziehen.

In körperlich begrenzten Elektrizitätsleitern ist der Leitungs-Widerstand abhängig vom spezifischen Widerstand, von der Länge und vom Querschnitt des betreffenden Körpers und ergibt sich rechnerisch aus der Beziehung:

$$W = \frac{c \cdot l}{q}$$

worin  $c$  den spezifischen Widerstand,  $l$  die Länge und  $q$  den Querschnitt des Leiters bedeutet. Der Leitungswiderstand fester Körper steht in umgekehrtem Verhältnis zu deren Querschnittsfläche.

Alle Erdverbindungen endigen in einer oder dann in mehreren parallel geschalteten Erdelektroden, die in Form von Röhren, Drähten oder Platten aus Eisen, Kupfer oder Zink eingelegt sind. Diese Elektroden sind umgeben von mehr oder weniger feuchter Erde, von Wasser und oft auch von Kohle. Die Berührungsstelle der gutleitenden Anlageteile mit der

schlechtleitenden Erdmasse setzt dem elektrischen Strom einen Uebergangswiderstand entgegen, der abhängig ist vom spezifischen Widerstand des schlecht leitenden Mediums, von der Form der Elektrode und von deren Abmessungen. Auch die Tiefenlage des Erdleiters ist von Einfluss. Dass der Uebergangswiderstand mit dem spezifischen Widerstand des umgebenden Erdmaterials zunehmen und mit den Abmessungen der Elektrode abnehmen muss, ist ohne weiteres erklärlich. Im Gegensatz zum Leitungswiderstand fester Körper ist es aber nicht eigentlich die Oberfläche, von welcher die Grösse des Uebergangswiderstandes bestimmt wird. Vielmehr müssen hier die linearen Dimensionen des leitenden Körpers in Betracht gezogen werden, die im umgekehrten Verhältnis zur Grösse des Uebergangswiderstandes stehen. Wie bereits erwähnt, unterliegt dieser aber auch einer Beeinflussung durch die Form der Erdelektrode.

Im Nachfolgenden soll der Versuch unternommen werden zu prüfen, welche Formen und Grössen von Erdleitern sich in wirtschaftlicher Hinsicht als am vorteilhaftesten erweisen. Gewiss könnte eine als ungenügend befundene Erdplatte ohne weiteres gegen eine grössere ausgewechselt werden. Dieses Verfahren wäre aber vom Standpunkt der Wirksamkeit, wie der Wirtschaftlichkeit, nicht empfehlenswert.

Die gewünschte Wirkung kann mit geringerem Materialaufwand erreicht werden, wenn Elektroden von geeigneten Formen und Dimensionen zur Anwendung gelangen. Eine nicht zu unterschätzende Wirkung besitzen auch die Zuleitungen zu den Erdplatten, soweit sie in feuchtem Erdreich verlaufen.

Die zur Bestimmung des Erdübergangswiderstandes bestehenden Formeln dürfen wohl nicht ohne weiteres für Vorausberechnungen als massgebend angesehen werden, weil der spezifische Widerstand der Erde je nach den örtlichen Verhältnissen sehr verschieden ist. Dagegen können sie zu einer vergleichswisen Betrachtung sehr wohl herangezogen werden. Sie stützen sich zwar auf den Strom-