

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
Band: 34 (1943)
Heft: 22

Artikel: Ueber die Qualität der telephonischen Uebertragung
Autor: Keller, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1061774>

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: 16.05.2025

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

men. Es ist bemerkenswert, dass die linearen und die nichtlinearen Verzerrungen in erster Linie bestimmt sind durch die elektro-akustischen Wandler. Dagegen weisen diese im allgemeinen nur sehr kleine Phasenverzerrungen auf. Im Gegensatz dazu können Leitungen und Verstärker ohne Schwierigkeiten mit vernachlässigbar kleinen linearen und nichtlinearen Verzerrungen gebaut werden, es ist aber schwierig, gute Phasengänge zu erzielen. Hier

liegen noch wesentliche Verbesserungsmöglichkeiten.

Wir stehen also noch keineswegs am Ende einer Entwicklung. Die physiologische Akustik und die Fernmeldetechnik haben noch sehr viele ungelöste Probleme vor sich, und Physiologen und Fernmeldetechniker werden fortfahren, sich auch in Zukunft gegenseitig zu unterstützen und zu helfen im Interesse des allgemeinen Fortschrittes.

Ueber die Qualität der telephonischen Uebertragung

Vortrag, gehalten an der 2. Tagung für elektrische Nachrichtentechnik am 4. September 1943 in Bern,
von H. Keller, Bern

621.395.813

Die natürliche Wiedergabe der menschlichen Stimme erfordert die getreue Wiedergabe eines Frequenzbandes von 80...12000 Hz. Allgemein beschränkt man sich auf die Wiedergabe des Hauptsprachgebietes, das von 200...2800 Hz reicht, und für die gesamte zwischen Mund und Ohr eingeschaltete Fernsprechanlage wird eine 100fache Schalldruckverminderung zugelassen, entsprechend einer Dämpfung von 4,6 Neper. Die Mittel, die den Frequenzgang verbessern und die Verzerrung verringern, bewirken im allgemeinen, namentlich auf den Leitungen, eine erhöhte Dämpfung, und da die Verstärkung im vorhandenen Zweidrahtbetrieb aus physikalischen Gründen begrenzt ist, muss zwischen Dämpfung und Frequenzgang ein wirtschaftlich tragbarer Kompromiss geschlossen werden.

Auf die Qualität der Uebertragung wirken besonders auch die Telephonschädlinge, z. B. Störungen durch Nebensprechen, Raumgeräusche, Mikrophongeräusche, Knack- und Wählgeräusche von Zentralen, Bahnstörungen, Gleichrichtergeräusche und Brummspannungen, Pfeiftöne durch Rückkopplung, Maschinengeräusche und dergleichen. Gegen alle diese Schädlinge wird systematisch und mit Energie angekämpft. Die Güte eines Telefonsystems wird nach der Verständlichkeit und Natürlichkeit der übertragenen Sprache bewertet. Eine Erhöhung der Raum- und Leitungsgeräusche samt Klirrfaktor wirkt praktisch auf die Verständlichkeit wie eine Bandbeschränkung.

Zum Schluss wird ein Ueberblick über die Verstärkertechnik gegeben.

Die Versuche, die während des Vortrags vorgeführt wurden, werden kurz skizziert.

Bei der telephonischen Uebertragung kommt zu dem rein akustischen Vorgang der sprachlichen Verständigung ein elektroakustisches Verbindungsglied. Die Telephonanlage übernimmt vom schallübertragenden Medium, der Luft, am einen Ort einen Teil der Schallenergie des sprechenden Partners, verwandelt sie in elektrische Energie und gibt sie an weit entferntem Ort wiederum als Schall ab, direkt vor dem Ohr des zweiten Teilnehmers. Die Qualität der telephonischen Uebertragung wäre offenbar dann vollkommen, wenn der Hörende in jedem Fall den Eindruck hätte, der Sprechende stehe direkt vor ihm. Mit dieser lapidaren Erklärung ist aber das ganze Problem der Qualität aufgeworfen und ich will versuchen, kurz die hauptsächlichsten Qualitätseigenschaften näher zu betrachten.

Da Zischlaute des menschlichen Stimmorgans Frequenzen bis über 12 000 Hz enthalten und die untersten Frequenzen der Männerstimme bis zu

Une transmission parfaite de la voix humaine exige des fréquences de 80 à 12 000 Hz. Avec les fréquences comprises entre 200 à 2800 Hz, on obtient encore une bonne et intelligible transmission de la voix. Pour l'ensemble d'une installation téléphonique intercalée entre la bouche et l'oreille, on admet une réduction de la pression acoustique de 100 fois la pression à l'entrée du système, soit un affaiblissement de 4,6 népers. Les moyens destinés à améliorer la caractéristique de fréquence et à réduire les déformations augmentent généralement l'affaiblissement, surtout dans les lignes. L'amplification appliquée aux systèmes à deux fils étant limitée pour des raisons d'ordre physique, il y a donc lieu d'adopter un compromis acceptable, au point de vue de l'économie du système, entre l'affaiblissement et la caractéristique de fréquence.

La qualité de la transmission dépend également, dans une large mesure, des parasites téléphoniques, tels que les perturbations par diaphonie, bruits de local, bruits dans le microphone, bruits dus aux manipulations dans les centraux, les perturbations provenant des chemins de fer, les bruits résultants de redresseurs, les bourdonnements, les sifflements par réaction, les bruits de machines, etc. On s'efforce de lutter systématiquement et avec énergie contre tous ces parasites. La qualité d'un système téléphonique s'estime d'après l'intelligibilité et la fidélité de reproduction des sons vocaux. Une augmentation des bruits du local et des lignes, y compris le facteur de vibration, agit pratiquement sur l'intelligibilité comme une limitation de bande.

Le conférencier donne, pour terminer, un aperçu de la technique des amplificateurs.

Les expériences faites durant cette conférence sont brièvement expliquées.

80 Hz hinunterreichen, erscheint von vornherein als aussichtslos, höchster Qualität nachzustreben. Diesen Frequenzumfang vermittelt gerade noch die Rundspruchübertragung auf besten Musikleitungen.

Für die telephonische Uebertragung darf man sich auf das Hauptsprachgebiet von 200 bis etwa 2800 Hz beschränken (Fig. 1) und man darf auch für die gesamte zwischen Mund und Ohr eingeschaltete Fernsprechanlage eine hundertfache Schalldruckverminderung zulassen, ohne Gefahr zu laufen, die Uebermittlung von Sprache unzulässig zu beeinträchtigen. Das Verhältnis von 100/1 für den Schalldruck oder für die Spannung entspricht in Dämpfung ausgedrückt 4,6 Neper. Dies ist der höchstzulässige Dämpfungswert für das gesamte Telefonsystem mitsamt der Einsprache und dem Abhören; er wird als Maximalwert der zulässigen Bezugsdämpfung bezeichnet. Unter dem Telefonsystem versteht man dabei die gesamte Fernverbindung, bestehend aus Teilnehmerstation, Teil-

nehmerleitung, Ortszentrale, Bezirkskabelleitungen, Knotenamt, Fernendamt, Fernleitung, Zentralen und Leitungen auf der Gegenseite mitsamt der fernen Teilnehmerstation. Zwischen Schalldruck vor dem Mikrophon des Gebers und Schalldruck am Hörer der empfangenden Station sind also Unterschiede bis zu 4,6 Neper möglich und zulässig.

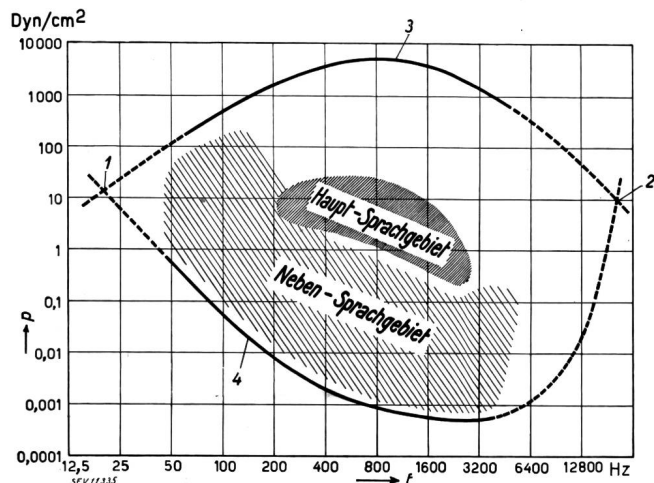


Fig. 1.

Das normale «Hörfeld» nach Wegel
Druckschwankungen p am Trommelfell in Dyn/cm^2 in Funktion der Frequenz f .

- 1 Untere Hörgrenze 3 Schmerzgrenze
2 Obere Hörgrenze 4 Hörschwellkurve

Der Nullpunkt der Bezugsdämpfung ist durch den Fernsprech-Hauptteichkreis gegeben, den jede Telephonverwaltung besitzen muss. Die Bezugsdämpfung 0 Neper für das Senden entspricht $27 \text{ mV}/\mu\text{B}$ und für das Empfangen $16 \mu\text{B}/\text{V}$. Einfach ausgedrückt entspricht der Bezugsdämpfung 0 Neper ein Abstand von 10 cm vom Sprechenden Mund zum aufnehmenden Ohr in einem schalltoten Raum, der angenähert auf freiem Feld bei frischer Schneedecke vorhanden ist. Wenn wir die Abstrahlung vom Mund aus als Kugelwelle ansehen, so ändert sich der Schalldruck umgekehrt proportional der Distanz. Mit der Vergrößerung der Distanz auf 10 m von Mund zu Ohr sinkt somit der Schalldruck auf $1/100$ und wir erhalten die Bezugsdämpfung 4,6 Neper. Beim Telephon können wir aber mit dieser Bezugsdämpfung ganze Kontinente überbrücken.

Für jede Fernverbindung haben wir daher Sorge zu tragen, dass ihre Bezugsdämpfung keinesfalls die festgelegte Grenze überschreitet. Die Aufteilung der 4,6 Neper ist ungefähr folgende: Die Teilnehmerstation ergibt bei der Einsprache über eine mittlere Teilnehmerleitung bis zur Ortszentrale mit den speisenden Aggregaten eine Bezugsdämpfung von etwa 1,3 Neper, die Teilnehmerstation beim Hören mit mittlerer Teilnehmerleitung, gemessen von der Ortszentrale aus, ca. 0,3 Neper. Das gibt total für die Teilnehmerstationen rund 1,6 Neper. Es verbleiben somit für den gesamten Leitungszug von der Ortszentrale des Sprechenden, über Bezirkskabel, Knotenamt, Fernendamt, Fernleitung, Zentralen und Leitungen am fernen Ende bis zur

Ortszentrale nur noch 3 Neper Restdämpfung. Den Fernleitungen werden gewöhnlich 0,8...1,2 Neper zugesprochen, ganz unbekümmert, ob die Leitung 100 oder ein paar 1000 km lang ist. Es verbleiben rund 2 Neper, also beidseitig je 1 Neper für die Zubringerleitungen vom Lokalamt bis zum Fernendamt. Die Bezirksleitungen erreichen Dämpfungen bis 0,7 Neper, so dass schlussendlich allen Zentralen zusammengerechnet nur noch einige Zehntels-Neper zugestanden werden können. Man mag daraus ersehen, dass grosse Ueberschreitungen der Dämpfungswerte der Einzelteile unmöglich zugelassen werden können. Ein guter Telephonbetrieb ist nur dann gesichert, wenn Gewähr besteht, dass die Bezugsdämpfungen der Stationen und die Restdämpfungen der Leitungsstücke, samt ihren verbindenden Zentralen, innerhalb der vorgeschriebenen Werte liegen. Mikrophone und Hörer verlangen also die gleich gute Wartung wie die Leitungen und ihre Verstärker. Es wäre sinnlos, bei Leitungen und Zentralen Zehntels-Neper spalten zu wollen, wenn bei den Mikrophenen und Hörern ganze Neper nicht bemerkt würden.

(Als erste Vorführung demonstrierte der Referent die Frequenzbereiche des Telephons. Die Schallplatte gab zuerst einen gleitenden Ton von 150...3600 Hz; sie bestrich somit den ganzen Telephonbereich. Es folgten zwei Töne 300 und 2000 Hz als begrenzende Frequenzen bei Schnurverstärkerbetrieb. Weiter kamen zwei Töne 300 und 2600 Hz, die die Grenzen von sehr guten Fernleitungen bilden, und schliesslich 200 und 3400 Hz, die den Frequenzbereich markieren für modernste Leitungen in Vierdraht- und Trägerschaltung.)

(Als zweite Vorführung wurden die Dämpfungsbereiche demonstriert, die in der telephonischen Uebertragung vorkommen. Die Töne 300, 800 und 3000 Hz wurden in folgenden Abstufungen vorgeführt:

- 300 Hz bei Dämpfung von 0—1—2—3—4,6—0 Neper
800 Hz bei Dämpfung von 0—1—2—3—4,6—0 Neper
3000 Hz bei Dämpfung von 0—1—2—3—4,6—0 Neper)

Mikrophon und Hörer einer Teilnehmerstation wirken auf die Qualität der telephonischen Uebertragung viel bestimmender, als auf den ersten Blick erscheinen dürfte. Vom Mikrophon wird neben der

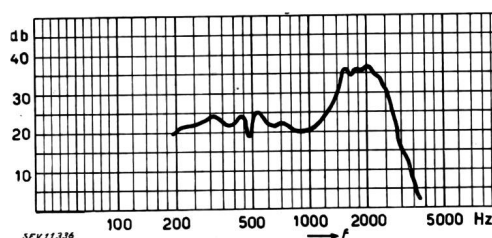
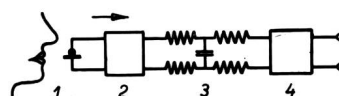


Fig. 2.

Dämpfung des Sendersystems

Mund Mikrophon (1) + Station (2) + Teilnehmerleitung (3) + Zentrale (4).

Energieumwandlung gleichzeitig eine rund tausendfache Leistungsverstärkung gefordert. Nur das Kohlemikrophon kann diese hohe Anforderung erfüllen, allerdings nur mit relativ schlechtem Frequenzgang und mit einem Klirrfaktor von rund 20

und mehr Prozent. Auch der Hörer ist in bezug auf Frequenzgang und Verzerrungen keineswegs ein vollkommener Apparat im elektroakustischen Mass. Es ist daher nicht verwunderlich, dass in neuerer Zeit sozusagen alle Telefonverwaltungen und Telefonfabriken oft ganz im stillen daran arbeiten, diese wichtigen Bausteine der Telephonie zu verbessern. Auch in unseren Laboratorien wird daran gearbeitet und positive Ergebnisse liegen

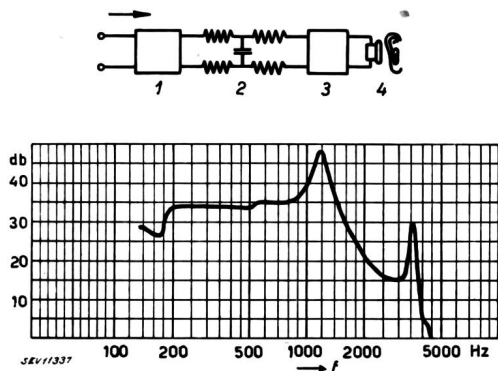


Fig. 3.
Dämpfung des Empfängersystems
Zentrale (1) + Teilnehmerleitung (2) + Station (3)
+ Hörer → Ohr (4).

zum Teil schon vor. Die Hauptschwierigkeit liegt darin, dass bei Verbesserungen des Frequenzganges und bei Verringerung der Verzerrungen die Bezugsdämpfungen der Teilnehmerstation nicht verschlechtert werden. Fig. 2...4 zeigen, dass sich Mikrophon und Hörer gut ergänzen. Das Frequenzband der heutigen Station reicht bis 2500 Hz. Eine Frequenz gilt beim Telefon noch als übertragen, wenn ihre Dämpfung gegenüber der Dämpfung bei 800 Hz nicht mehr als ein Neper grösser ist.

Jede Kette ist so stark wie ihr schwächstes Glied. Es wäre daher zwecklos, ja gerade fehlerhaft gewesen, wenn man vor 20 Jahren beim Beginn des systematischen Ausbaues unseres Fern- und Bezirkskabelnetzes Kabel verlegt hätte, die in ihrem Frequenzumfang bedeutend über dem liegen, was die Teilnehmerstationen zu verarbeiten vermögen.

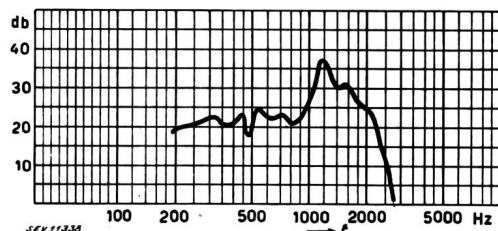


Fig. 4.
Dämpfung des ganzen Uebertragungssystems
Mund → Sender + Empfänger → Ohr.

Die Uebertragungseigenschaften von Kabelleitungen sind bestimmt durch die vier elektrischen Grössen Widerstand, Wechselstromableitung, Kapazität und Induktivität. Sie bestimmen Wellenwiderstand, Dämpfung, Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Grenzfrequenz. Man ist nun im einzelnen Fall mit der induktiven Belastung durch Pupinspulen so-

weit gegangen, das Maximum an Reichweite herauszuholen, ohne dabei die Frequenzbandbreite unzulässig zu beschneiden.

Fig. 5 zeigt, dass man durch starke Spulenbelastung kleine Dämpfung bei relativ schmalen Frequenzband erhält. Bei leichter Spulenbelastung ist die Dämpfung gross, dafür wird das Frequenzband breit. Je nach Pupinisierung liegen die Grenzfrequenzen unserer normalen Kabel bei 2850, 3750,

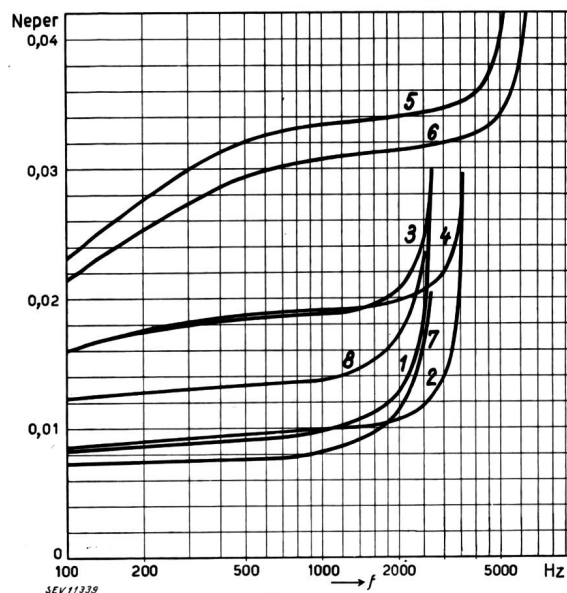


Fig. 5.
Kilometrische Dämpfung in Neper der Pupinkabel
1 Stamm 1,4 mm H—177-63 5 Stamm 0,9 mm H—44-20
2 Phant. 1,4 mm H—177-63 6 Phant. 0,9 mm H—44-20
3 Stamm 0,9 mm H—177-63 7 Phant. 1,5 mm H—177-107
4 Phant. 0,9 mm H—177-63 8 Phant. 1,0 mm H—177-107

5900 oder 7000 Hz. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit für 800 Hz bei Stammleitungen mit Pupinisierung H—177 errechnet sich in Annäherung aus der Formel

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}} \text{ km/s}$$

zu 17 000 km und für die Pupinisierung H—44 zu 34 000 km. Die gemessenen Werte liegen etwas tiefer (H—bedeutet dabei Spulenabstand 1,83 km). Die mittelstark pupinisierten Leitungen dienen für verstärkten oder unverstärkten Zweidrahtbetrieb, die leicht pupinisierten Kabelleitungen werden dagegen ausschliesslich für Vierdrahtbetrieb verwendet.

In die Fernkabelleitungen werden in Abständen von 60 bis 100 km sogenannte Linienverstärker eingesetzt, die zwei Aufgaben erfüllen. Sie kompensieren die Kabeldämpfung und linearisieren durch Entzerrerschaltungen den frequenzmässigen Dämpfungsanstieg. Fig. 6 zeigt diese Verhältnisse für einen Zweidrahtverstärker neuerer Ausführung in einem Verstärkerfeld von 64 km. Dämpfung und Verstärkung sind Spiegelbilder, wenigstens im wichtigeren, mittleren Frequenzbereich. Je nach Pupinisierung der Leitungen schneiden die Verstärker bei ganz bestimmten Frequenzen ab. Es ist

bei Zweidrahtverstärkerbetrieb nicht möglich und bei Vierdrahtverstärkerbetrieb nicht erwünscht, die Fernkabel bis hart an ihre Grenzfrequenz auszunützen. Bei Zweidrahtverstärkern schneiden wir nach Fig. 6 ab:

Stammleitungen mit Spulen

zu 177 mH bei 2400 Hz

Phantomleitungen mit Spulen

zu 63 mH bei 2800 Hz

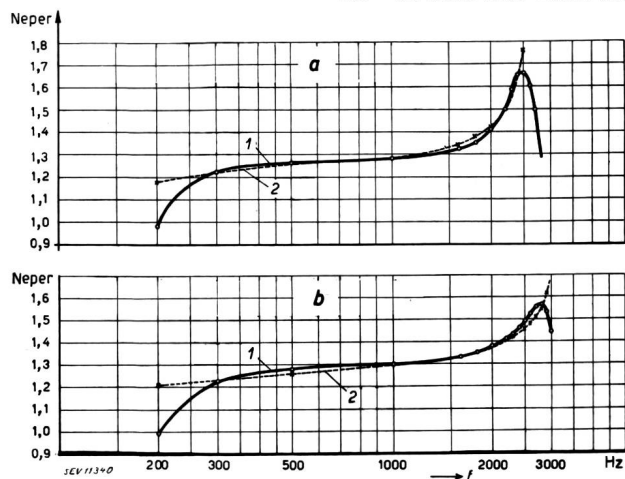


Fig. 6.

Verstärkerfeld 64 km

Kabeldämpfung und Verstärkung

a Pupinisierung 177 mH auf 0,9 mm Stamm
b Pupinisierung 63 mH auf 0,9 mm Phantom
1 Verstärker. 2 Kabel.

Das übertragene Band ist somit ohne lineare Verzerrungen von 300 Hz bis zu dieser oberen Grenze, und zwar auch für eine grössere Zahl zusammengeschalteter Verstärkerfelder. Man schneidet auch bei Vierdrahtbetrieb im allgemeinen bei 2400 Hz ab, trotzdem auf leicht pupinisierten Adern eine Uebertragung bis etwa 4000 Hz gut möglich wäre. Die leicht pupinisierten Adern dienen hier nur der Vergrößerung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Telephonströme, um Echobildung auf langen internationalen Leitungen zu verringern. *Leitungen und Verstärker entsprechen den verwendeten Teilnehmerstationen und entsprechen auch den internationalen Empfehlungen für Fernsprechübertragung.*

Wie in jedem Garten neben Nutzpflanzen auch Unkraut hochschießt und Ungeziefer gedeiht, so haben auch die Telephonanlagen ihre Schädlinge. Raumgeräusche, Mikrophonrauschen, Knack- und Wählgeräusche von Zentralen, Brummspannungen, Nebensprechen und Pfeiftöne durch Rückkopplung sind solcher Art. Gegen diese Schädlinge wird ständig gekämpft. Vom Grad ihrer Unterdrückung hängt ebenfalls die Qualität der telephonischen Uebertragung ab.

(Bei der dritten Vorführung hörte man das *Nebensprechen* auf einer freien Leitung eines grossen Fernkabels. 200 Nachbarleitungen zeigten Nebensprechen auf dem demonstrierten Aderpaar und verursachten ein unentwirrbares Geflüster fremder Gespräche. Es besteht sogar die Möglichkeit, einzelne Gespräche abzuhören, besonders bei schwachem Telefonverkehr.)

Damit das Nebensprechen im allgemeinen Störpegel versinkt, sind folgende Massnahmen zu treffen: Ausgleich der Kapazitätsunsymmetrien der Kabel innerhalb aller Vierer (wenn nötig auch gegen Erde) in sämtlichen Spleißstellen bei der Kabelmontage. Die Ermittlung der Unsymmetrien erfolgt durch Messung an sämtlichen Vierern und der Ausgleich nach Berechnungen durch Aderkreuzungen und Platzwechsel der Vierer. Dieser Ausgleich wird soweit getrieben, dass sämtliche Leitungskombinationen ganzer Kabelanlagen bis zu 100 km Nebensprechwerte von mehr als 8,3 Neper besitzen. Auch unsere Bezirkskabelanlagen erfüllen diese Bedingung.

(Die vierte Vorführung bezog sich auf die *Beeinflussung durch Starkstrom*; vorgeführt wurden Maschinengeräusche, Bahngeräusche und Gleichrichtergeräusche von Gleichstrombahnen.)

Die *Maschinengeräusche* kommen z. T. aus eigenen Anlagen (Lademaschinen) und können durch Drosselspulen und Kondensatorenbatterien an der Quelle bekämpft werden. Die Symmetrierung gegen Erde der Telephonzentralen-Stromkreise und Teilnehmerausrüstungen und die Benützung der Erde ausschliesslich zur Potentialfixierung der Anlagen, ermöglichen eine weitgehende und im allgemeinen eine genügende Störungsverminderung.

Die *Bahnstörungen* entstehen durch induktive Beeinflussung der Telephonkabel durch die Traktionsströme der Fahrleitungen und durch Verseuchung der Erde durch die Rückleitungsströme. Dank der weitgehenden Symmetrierung der Leitungen und Zentralen stören die induzierten Längsspannungen verhältnismässig wenig, trotzdem Längsspannungen von 50 V nichts besonderes sind und bei Bahnkurzschlüssen auf mehrere hundert Volt steigen können. Die 16²/₃-Hz-Bahnströme haben ein relativ tief liegendes Oberwellenspektrum.

Die *Gleichrichtergeräusche von Gleichstrombahnen* stören den Telephonbetrieb relativ am stärksten, weil das Oberwellenspektrum der Sechssphasen-Quecksilberdampf-Mutatoren im empfindlichsten Bereich des Telephonhörers und des menschlichen Ohres liegt. Ausgeprägt zu hören sind die Töne 300, 600, 900, 1200 Hz usf. 300 Hz ist die 6. Harmonische des speisenden Primärnetzes 50 Hz.

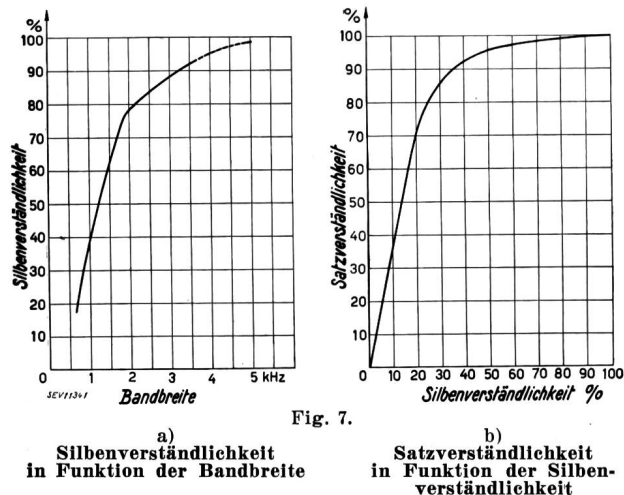
(In der fünften Vorführung hörte man ein *Telephongespräch* über eine lustige Ferienangelegenheit. Während des Gesprächs traten Störungen verschiedener Art und Stärke auf, die sich auf die Gesprächsabwicklung sehr nachteilig auswirkten.)

Die Güte eines Telefonsystems wird nicht nach rein elektrischen Messungen gewertet, sondern nach *Verständlichkeit und Natürlichkeit* der Sprache¹⁾. Wenn es sich nun darum handelt, eingeführte Verbesserungen in einem Telefonsystem gründlich zu prüfen, werden aus Sprechern und Abhörern Messgruppen gebildet. Die Abhörer haben ihre Wahrnehmungen über Verständlichkeit und Natürlichkeit der Sprache bekanntzugeben. Die meistverbreitete Methode ist die *Besprechung mit Logato-*

¹⁾ Bull. SEV 1942, Nr. 22, S. 634, und 1943, Nr. 1, S. 22.

men; das sind sinnlose Silben, bestehend aus Konsonanten und Vokalen, die in der betreffenden Sprache häufig vorkommen. Der Abhörende hat Aufzeichnungen zu machen. Sind in einem Logatom irgendwelche Buchstaben unrichtig verstanden worden, so wird das Logatom als unrichtig verstanden, d. h. mit 1 Fehler taxiert. Genaue und zuverlässige Resultate erfordern grosse Mengen solcher Messreihen.

(In der sechsten Vorführung hörte man eine Schallplatte mit solchen Logatomen. Der erste Teil brachte Logatome im Frequenzband 300...2000 Hz, im zweiten Teil folgten ähnliche Logatome im Band von 150...3400 Hz. Der Unterschied in der Verständlichkeit war bemerkbar.



Die Einsprache erfolgte in ein Studiomikrophon guter Qualität. Die nichtlinearen Verzerrungen des Mikrophons waren kleiner als 1 %. Auch die Raumgeräusche im Studio waren vernachlässigbar klein. Für diesen Fall gelten die in Fig. 7 dargestellten Kurven über Silbenverständlichkeit in Abhängigkeit von der Bandbreite und über Satzverständlichkeit, abhängig von der Silbenverständlichkeit.

Die Bandbreiten betragen: $2000 - 300 = 1700$ Hz und $3400 - 150 = 3250$ Hz. Die Vergrößerung der Bandbreite von 1700 auf 3250 Hz brachte hier eine Erhöhung der Silbenverständlichkeit von 70 auf 90 %. Die Kurve rechts zeigt aber, dass für diesen Fall die Satzverständlichkeit nur noch um ca. 2 % zugenommen hat.)

Störungen durch Raum- und Leitungsgeräusche sowie Verzerrungen durch Mikrophonkapseln (Klirrfaktor) vermindern die Silbenverständlichkeit um durchschnittlich 15 %, also fast soviel wie durch die ausgiebige Bandverbreiterung gewonnen werden konnte. Eine Erhöhung der Raum- und Leitungsgeräusche samt Klirrfaktor wirkt praktisch wie eine Bandbesneidung. Es sind hier Verdeckungserscheinungen im Spiel. Man bedenke, dass bei einer oberen Bandgrenze von 2500 Hz bereits rund 98 % der gesamten Sprachenergie enthalten sind. Es entfallen somit nur noch 2 % der Energie auf Frequenzen höher als 2500 Hz. Es genügen schon die geringsten Störungen, um diesen kleinen Betrag an Sprachenergie zu verdecken.

Infolge von Geräuschen, Klirrfaktor des Mikrophons und linearen Verzerrungen durch Leitungen, Verstärker und Zentralen, ist im praktischen Fernbetrieb mit einer mittleren Verständlichkeitsverminderung von etwa 15 % zu rechnen. Für eine

obere Bandbegrenzung bei 2500 Hz haben wir ca. 68 % Silbenverständlichkeit und 98 % Satzverständlichkeit. Für eine obere Bandbegrenzung bei 3600 Hz ist die Silbenverständlichkeit 78 % und die Satzverständlichkeit 99 %. Daraus folgt, dass ebenso wichtig wie eine Frequenzbanderweiterung eine Verbesserung ist, die sich auf die Güte der Teilnehmerstationen und auf die Geräuschbekämpfung im allgemeinen bezieht.

Eine Frequenzbanderweiterung kann sich nur dann voll auswirken, wenn alle Teile eines Telefonsystems die hohen Frequenzen zu übertragen vermögen. Z. B. hätte eine Erweiterung auf 3400 Hz zur Folge, dass ein grosser Teil unseres Kabelnetzes umgebaut werden müsste, nämlich alle Fern- und Bezirkskabel mit mittelstarker Pupinisierung. Damit würde aber auch der Zweidrahtverstärkerbetrieb in Frage gestellt. Die vollständige Umstellung auf durchgehenden Vierdrahtbetrieb im Orts- und Fernverkehr ist vorerst aus finanziellen und auch aus technischen Gründen nicht denkbar. Die konsequente Durchführung dieser Uebertragungsart, mit getrennten Wegen für Hin- und Rückleitung, würde aber zweifellos zu einer idealen Uebertragung führen, bei der alle Fragen der Bezugsdämpfung, der Verstärkung und der Stabilität der Leitungen mit einem Schlag gelöst wären. In technischen Zeitschriften wird gegenwärtig über diese Fragen geschrieben. In theoretischen Belangen ist heute im allgemeinen die Telephonietechnik der Praxis weit voraus. Es wäre daher unrichtig, wenn man die heutigen Einrichtungen allein nach den theoretischen Erkenntnissen beurteilen würde. Viele Vorschläge sind wohl gut, aber infolge wirtschaftlicher Konsequenzen vorläufig undurchführbar. Wer Gelegenheit hat, auch ausländische Einrichtungen zu besichtigen, wird feststellen, dass sich unsere schweizerischen Anlagen in jeder Hinsicht sehen lassen können. Vieles ist noch zu tun, aber grosse Errungenschaften haben wir keinesfalls verpasst.

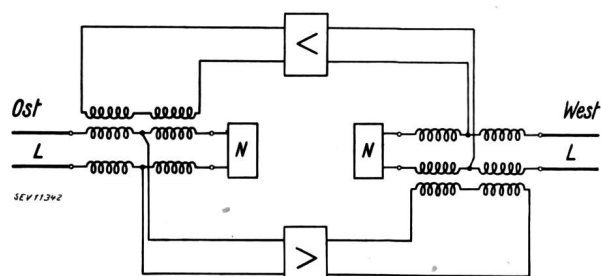


Fig. 8.
Prinzip des Zweidrahtverstärkers

Zum Schlusse gestatte ich mir einen kurzen Ueberblick über die Verstärkertechnik zu geben, soweit diese im Zusammenhang mit der Qualität der telephonischen Uebertragung steht. Die Verstärkertechnik wird dadurch erschwert, dass im Gegensatz zur Radioübertragung ein doppeltgerichteter Betrieb besteht. Ein Zweidrahtverstärker muss daher gleichzeitig in beiden Sprechrichtungen verstärken können. Zu diesem Zwecke bedient man sich der sogenannten Gabelschaltungen (Fig. 8).

Die Impedanz der Leitung L_{Ost} muss möglichst genau durch ihre Nachbildung N_{Ost} am Differentialtransformator balanciert werden. Das gleiche gilt auch für L_{West} und N_{West} . Bei gutem Abgleich der Nachbildungen bleiben durch die verstärkten Ströme die Mittelpunkte der Transformatoren zueinander spannungslos. Ist hingegen der Abgleich unvollkommen, tritt an den Symmetriepunkten der Gabel eine Potentialdifferenz auf, die in der Gegenrichtung zu einem Rückfluss Anlass gibt. Auf das Signal der einen Richtung überlagert sich das gleiche Signal in der Gegenrichtung. Es treten Echoerscheinungen auf, die zu einem eigentümlichen «Hallen» der Zweidrahtleitung führen. Die Rückkopplung kann bei schlechtem Leitungszustand oder bei schlechter Einstellung der Nachbildungen bis zur Selbsterregung der Leitung führen. Die Leitung pfeift dann in einer bestimmten Tonhöhe, die der meistgestörten Frequenzlage entspricht.

Eine Zweidrahtleitung kann aus diesen Gründen nicht beliebig verstärkt werden. Die Verstärkung darf nur so hoch sein, dass Rückkopplungserscheinungen auf alle Fälle die Qualität der Uebertragung nicht stören. Aus diesen Gründen ist es im allgemeinen nicht möglich, die Restdämpfung von Leitungen mit mehr als 3 Verstärkern kleiner als 0,8 Neper zu halten. Man verlangt auch, dass eine be-

triebsmässige Stabilität von mindestens 0,4 Neper vorhanden ist, d. h. es soll möglich sein, an einem der eingeschalteten Verstärker, gleichzeitig in beiden Sprechrichtungen, den Verstärkungsgrad um 0,4 Neper zu erhöhen, ohne dass «Pfeifen» eintritt.

(Der letzte Versuch zeigte die Verständlichkeitsverminderung bei der Verringerung der betriebsmässigen Stabilität verstärkter Leitungen. Die Aufnahme war auf einer 450 km langen Zweidrahtleitung gemacht worden, auf der 4 Linienverstärker eingeschaltet waren. Die Leitung führte vom Studio Bern über Zürich nach St. Gallen und auf einer angeschalteten ähnlichen Leitung zurück ins Studio Bern.)

Durch Verschlechterung einer der Nachbildungen wurde die betriebsmässige Stabilität kontinuierlich bis zum Pfeifpunkt gesenkt und langsam wieder normal gestellt. Man hörte die Aufnahme im Rahmen eines Telefongespräches.)

Gute Stabilität wird erreicht durch gute Verstärkeranlagen und homogene Kabelleitungen. Beim Kabelausgleich spielt daher auch die Homogenisierung der Betriebskapazitäten eine Rolle.

An Problemen und Aufgaben ist man bei der Telephonie wohl nie verlegen. Gerade die Qualitätsverbesserung des Telephons bietet dem Fernsprechtechniker eine dankbare Aufgabe.

Meinem Assistenten, Herrn Valloton, und Herrn Bauer vom Studio Bern danke ich für die tatkräftige Unterstützung bei der Aufnahme der Schallplatten, ferner den Sprechern.

Hochfrequenz-Telephon-Rundspruch

Vortrag, gehalten an der 2. Tagung für elektrische Nachrichtentechnik am 4. September 1943, in Bern,
von O. Steiger, Bern

621.395.97.029.5

Dem starken Bedürfnis nach störungsfreiem Rundfunkempfang wurde im Jahre 1932 durch Einführung des niederfrequenten Telephonrundspruchs entsprochen. Die diesem System aus prinzipiellen Gründen anhaftenden Mängel führten, trotz der grossen Ausbreitung, im Jahre 1940 zur Einführung eines neuen Systems, des hochfrequenten Telephonrundspruchs, dessen grundsätzlicher Aufbau in der vorliegenden Arbeit geschildert wird.

En vue de réaliser une réception radiophonique exempte de parasites, on a procédé, en 1932, à l'introduction de la télédiffusion à basse fréquence. Ce système a connu un très grands succès, mais il présentait certains défauts inhérents, ce qui a conduit, en 1940, à l'application d'un nouveau système de télédiffusion à haute fréquence, décrit dans cet article.

Die Entwicklung des drahtlosen Rundspruchs, die nach dem letzten Weltkrieg in überstürztem Tempo einsetzte, wurde bald wieder stark verlangsamt, weil der Empfang trotz allen technischen Fortschritten ständig durch Störungen beeinträchtigt wurde.

Der enorme Aufschwung des im Anfang der dreissiger Jahre eingeführten Telephonrundspruchs zeigte das allseitig dringende Bedürfnis nach störungsfreiem, qualitativ hochwertigem Rundspruchempfang.

Der Telephonrundspruch benützt als Ausbreitungsmedium die Adern des Telephonleitungsnetzes, das zufolge seiner guten Erdsymmetrie hohe Uebergangsqualität verbürgt. Die Uebertragung erfolgt tonfrequent und kann daher nur ausserhalb der Gesprächszeit stattfinden. Der Rundspruchempfang wird unterbrochen, solange die Leitung des Abonnenten durch ein Gespräch belegt ist. Zu diesem Nachteil kommt noch ein zweiter, nämlich die Anschaffung eines speziellen Telephon-Rundspruchempfängers.

Für die Uebertragung der Rundfunkdarbietungen von den Studios bis zu den Telephonzentralen dient ein spezielles Musikleitungsnetz, dessen Adern in die Telephonkabel eingebaut sind. Wo keine neuen Kabel verlegt wurden, sind vorhandene Aderpaare für die Musikübertragung umgebaut worden. Der Umstand, dass für jedes Programm ein eigenes Musikleitungsnetz nötig ist, lässt den grossen Umfang des bestehenden Netzes, sowie den Leitungsbedarf für dessen weiteren Ausbau erkennen.

Schon wenige Jahre nach der Einführung des Telephonrundspruchs nahm die Sektion für Versuche der Schweiz. Telephonverwaltung die Vorarbeiten für ein verbessertes Telephon-Rundspruchsystem auf. Die Fortschritte der Verstärker- und Filtertechnik eröffneten damals die Möglichkeit, die grossen Dämpfungen des Telephonleitungsnetzes für höhere Frequenzen, bis ins Rundspruchgebiet hinein, zu meistern.

An das neue hochfrequente Telephon-Rundspruchsystem musste die Forderung auf Empfang mit normalen Radioapparaten gestellt werden, damit