

Ueber die Qualität der telephonischen Uebertragung

Autor(en): **Keller, H.**

Objektyp: **Article**

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**

Band (Jahr): **21 (1943)**

Heft 6

PDF erstellt am: **22.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-873167>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

durch Krankheit oder Verletzung zerstört oder beschädigt ist, sehr wertvoll. Durch das Knochenhören entstehen vollkommen normale Tonempfindungen, wie Messungen der Hörfläche und auch Verständlichkeitsmessungen gezeigt haben (Watson).

Selbstverständlich ist die absolute Empfindlichkeit bei der Knochenleitung wesentlich geringer als bei der Luftleitung. Für einen Knochenhörer mit einem Stempel von $0,665 \text{ cm}^2$, der mit 370 g auf die Stirne gedrückt wird, beträgt die gerade hörbare, effektive Amplitude (Reizschwelle) 10^{-8} cm bei 1000 Hz und 10^{-5} cm bei 100 Hz (Watson). Békésy hat die entsprechenden Kräfte gemessen, welche in der Grössenordnung von 1 dyn bei 1000 Hz und 10^3 dyn bei 100 Hz liegen.

Durch die Knochenleitung wird die Basilarmembran in analoger Weise erregt, wie dies bei der Luftleitung der Fall ist. Dies lässt sich dadurch beweisen, dass man dem Ohr gleichzeitig den gleichen Ton über Knochenleitung und über Luftleitung zuführen kann und es dann gelingt, durch richtiges Einstellen von Amplitude und Phase eine vollständige Kompensation zu erreichen, so dass das Ohr trotz des Vorhandenseins von Luft- und Knochenschwingungen nichts hört (Békésy).

Die gleichartige Erregung der Basilarmembran sowohl durch den Steigbügel als auch durch Knochenleitung ist nicht ganz leicht verständlich. Sie beruht offenbar auf dem asymmetrischen Bau der beiden Schneckenhälften, da die Scala vestibuli durch das Mittelohr belastet ist und sich zudem hier auch noch der ganze Vestibularapparat mit seiner verhältnismässig beträchtlichen Flüssigkeitsmenge anschliesst. Auf diese Weise müssen dann bei einer Kompression des ganzen Felsenbeins in der Cochlea Strömungen der Lymphflüssigkeit auftreten, die offenbar analog

verlaufen wie bei einer Anregung durch die Fussplatte des Steigbügels. Auf diese Weise lässt sich auch erklären, dass bei einem entzündeten Mittelohr der Knochenleitungston lauter wird; durch die Entzündung leidet die Beweglichkeit der Gehörknöchelchen, und die erwähnte Asymmetrie wird vergrössert. Dieser Effekt tritt auch bei einem künstlichen Verschluss des Gehörkanals auf. Er ist wertvoll für die Diagnose von Ohrkrankheiten, da auf diese Weise leicht entschieden werden kann, ob es sich um eine Mittelohr- oder eine Innenohrschwerhörigkeit handelt.

In diesem Kriege werden durch die neuen Waffen mit grossen Anfangsgeschwindigkeiten und durch den gesteigerten Materialeinsatz überhaupt mehr Ohrverletzungen auftreten als je zuvor. Da das Ohr für unser emotionelles Erleben das wichtigste Sinnesorgan ist, werden diese vielen Ohrverletzungen zu einem traurigen sozialen Nachkriegsproblem werden. Die elektro-akustische Industrie kann durch Schaffung von guten Hörapparaten für Knochenleitung dazu beitragen, einem Teil dieser Unglücklichen wirksam zu helfen.

Summarisches Literaturverzeichnis.

- H. v. Helmholtz*: „Die Lehre von den Tonempfindungen“, Braunschweig 1877.
H. Fletcher: „Speech and Hearing“, New York 1929. Journ. Acoust. Soc. America 1930, 1937, 1938.
G. v. Békésy: Phys. Zeitschrift 1928, 1929, 1930.
 — Akust. Zeitschr. 1936—1943.
 — El. Nachr. Techn. 1935.
H. Davis: Journ. Acoust. Soc. America 1935.
O. Ranke: Ergeb. Physiol. 1935.
J. F. Schouten: Philips Techn. R. 1940.
U. Steudel: Hochfreq.techn. u. El. Ak. 1933.
N. A. Watson: Journ. Acoust. Soc. America 1937, 1938.
Bürk, Kotowski, Lichte: El. Nachr. Techn. 1935.

Ueber die Qualität der telephonischen Uebertragung*.

Von Dr. H. Keller, Bern.

621.395.1

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 einem weit entfernten Orte 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, Ihnen in der kurzen mir zur Verfügung stehenden Zeit die hauptsächlichsten Qualitätseigenschaften näher vorzulegen.

Da Zischlaute des menschlichen Stimmorgans Frequenzen bis über $12\,000 \text{ Hz}$ enthalten und die untersten Frequenzen der Männerstimme bis zu

80 Hz hinunterreichen, erscheint es von vornherein 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, 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 samt der Einsprache und dem Abhören und wird als Maximalwert der zulässigen Bezugsdämpfung bezeichnet. Unter dem Telefonsystem versteht man dabei die gesamte Fernverbindung, bestehend aus Teilnehmerstation, Teilnehmerleitung, Ortszentrale, Bezirks-

* Dieser Vortrag wurde gehalten an der 2. Tagung für elektrische Nachrichtentechnik in Bern (4. Sept. 1943).

Das normale „Hörfeld“ nach Wegel.

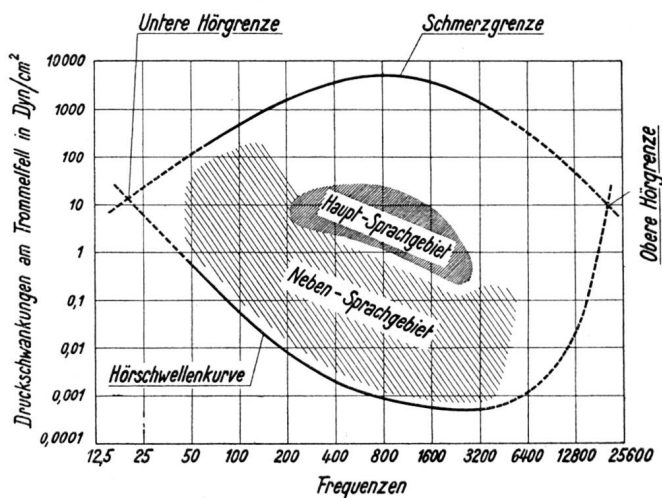


Fig. 1.

kabelleitungen, Knotenamt, Fernendamt, Fernleitung, die Zentralen und Leitungen auf der Gegenseite samt der fernen Teilnehmerstation. Zwischen Schalldruck vor dem Mikrophon des Gebers und Schalldruck am Hörer der empfangenden Station sind daher Unterschiede bis zu 4,6 Neper möglich und zulässig. Der Nullpunkt der Bezugsdämpfung ist durch den Fernsprech-Hauptteichkreis gegeben, den jede Telefonverwaltung besitzen muss. Die Bezugsdämpfung 0 Neper für das Senden entspricht 27 mV/ μ B und für das Empfangen 16 μ B/V. Einfach ausgedrückt entspricht der Bezugsdämpfung 0 Neper ein Abstand von 10 cm vom sprechenden Mund zum aufnehmenden Ohr in einem schalltoten Raum, was angenähert den Verhältnissen auf freiem Feld entspricht bei frischer Schneedecke. 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 $\frac{1}{100}$ 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. Für 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 die Bezirkskabel, Knotenamt, Fernendamt, Fernleitung, Zentralen und Leitungen am fernen Ende bis zur Ortszentrale nur noch 3 Neper Restdämpfung. Den Fernleitungen werden gewöhnlich 0,8 bis 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 für alle Zentralen zusammen gerechnet nur noch einige Zehntelsneper zugestanden werden können. Sie mögen 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 gleichgute Wartung wie die Leitungen und ihre Verstärker. Es wäre sinnlos, bei Leitungen und Zentralen Zehntelsneper spalten zu wollen, wenn bei den Mikrofonen und Hörern ganze Neper nicht bemerkt würden.

Hören Sie nun als erste Vorführung die Frequenzbereiche des Telephons! Die vorgeführte Schallplatte gibt zuerst einen gleitenden Ton von 150 bis 3600 Hz und bestreicht somit den ganzen Telephonbereich. Es folgen zwei Töne 300 und 2000 Hz als begrenzen Frequenzen bei Schnurverstärkerbetrieb. Nun kommen zwei Töne 300 und 2600 Hz, die die Grenzen von sehr guten Fernleitungen bilden, und schlussendlich 200 und 3400 Hz, die den Frequenzbereich markieren für modernste Leitungen in Vierdraht- und Trägerschaltung.

Als zweite Vorführung hören Sie die Dämpfungsbereiche, wie sie in der telephonischen Uebertragung vorkommen! Die Töne 300, 800 und 3000 Hz werden in folgenden Abstufungen vorgeführt:

300 Hz =	0	—	1	—	2	—	3	—	4,6	—	0	Neper
800 Hz =	0	—	1	—	2	—	3	—	4,6	—	0	„
3000 Hz =	0	—	1	—	2	—	3	—	4,6	—	0	„

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 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 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 Telephonverwaltungen und Telephonfabriken oft ganz im Stillen daran arbeiten, diese wichtigen Bausteine der Telephonie zu verbessern. Auch in unseren Laboratorien wird daran gearbeitet, und positive Ergebnisse liegen zum Teil schon vor. Die Hauptschwierigkeit liegt darin, dass bei Verbesserung des Frequenzganges und bei Verringerung der Verzerrungen die Bezugsdämpfungen der Teilnehmerstation nicht verschlechtert werden. Es folgen nun drei Lichtbilder über den Uebertragungsbereich von Mikrophon und Hörer unserer normalen, gebräuchlichen Teilnehmerstationen.

Mikrophon und Hörer ergänzen sich gut. Das Frequenzband der heutigen Station reicht bis 2500 Hz. Eine Frequenz gilt beim Telephon noch als über-

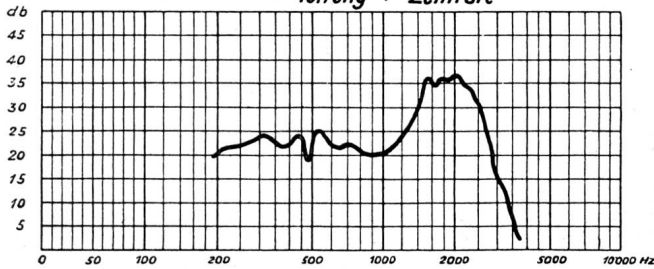
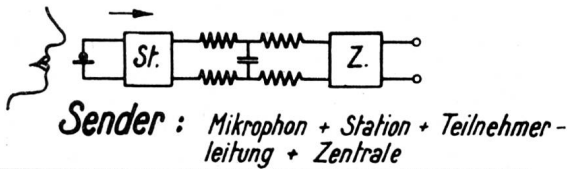


Fig. 2.

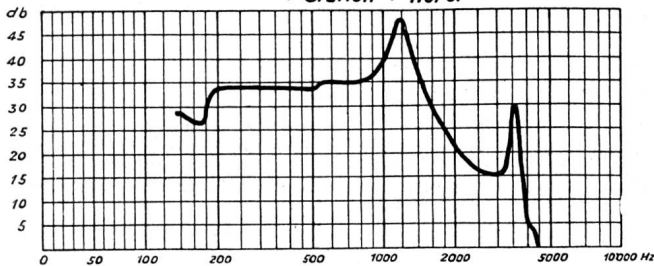
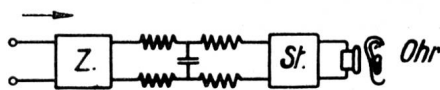


Fig. 3.

Mund → Sender + Empfänger → Ohr

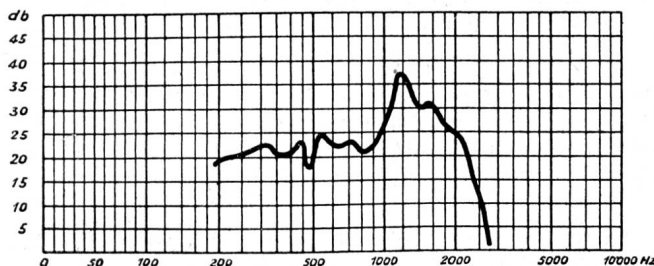


Fig. 4.

tragen, 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 geradezu 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. Die Uebertragungseigenschaften von Kabelleitungen sind bestimmt durch die vier elektrischen Grössen Widerstand, Wechselstromableitung, Kapazität und Induktivität. Sie bestimmen Wellenwiderstand, Dämpfung, Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Grenz-

frequenz. 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 bescheiden.

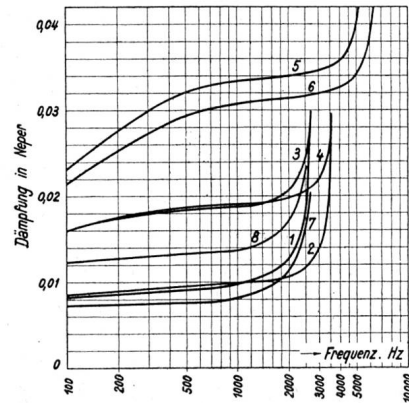


Fig. 5.

Kilometrische Dämpfung der Pupinkabel

Legende:	
Kurve 1 - Stamm 1,4 mm . H-177-63	*
» 2 - Phant. » » »	*
» 3 - Stamm 0,9 mm . » »	*
» 4 - Phant. » » »	*
» 5 - Stamm 0,9 mm . H-44-20	*
» 6 - Phant. » » »	*
» 7 - Phant. 1,5 mm . H-177-107	*
» 8 - Phant. 1,0 mm . » »	*

Aus Bild 5 ersieht man: Durch starke Spulenbelastung erhält man kleine Dämpfung bei relativ schmalen Frequenzband. Bei leichter Spulenbelastung ist die Dämpfung gross, dafür wird das Frequenzband breit. Je nach der Pupinisierung liegen die Grenzfrequenzen unserer normalen Kabel bei 2850, 3750, 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 leichtpupinisierten 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. Das nächste Bild 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 der 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 Bild 6 ab:

- Stammleitungen:
- mit Spulen zu 177 mHy bei 2400 Hz;
- Phantomleitungen:
- mit Spulen zu 63 mHy bei 2800 Hz.

Verstärkerfeld 64 km Kabeldämpfung und Verstärkung

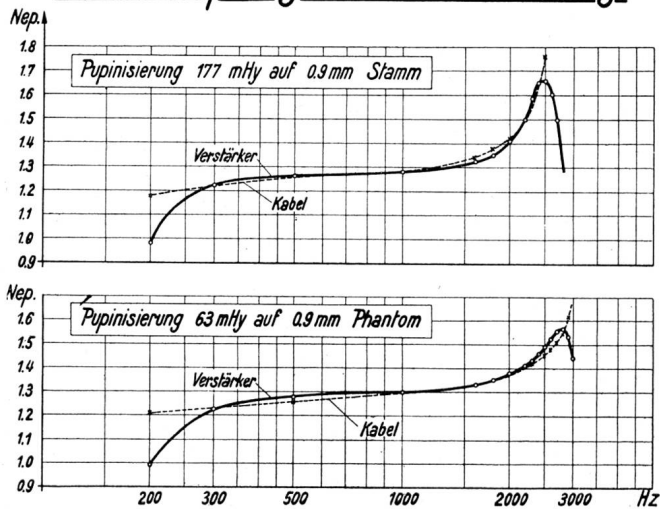


Fig. 6.

Das übertragene Band ist somit ohne lineare Verzerrungen von 300 Hz bis zu dieser oberen Grenze, und zwar auch für eine grössere Zahl zusammenschalteter Verstärkerfelder. Man schneidet auch bei Vierdrahtbetrieb im allgemeinen bei 2400 Hz ab, obschon auf leichtpupinisierten Adern eine Uebertragung bis etwa 4000 Hz gut möglich wäre. Die leichtpupinisierten 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 die Qualität der telephonischen Uebertragung ebenfalls ab.

Hören Sie nun das *Nebensprechen* auf einer freien Leitung eines grossen Fernkabels! (Abspielen einer Platte.) 200 Nachbarleitungen zeigen Nebensprechen auf unser betrachtetes Aderpaar und verursachen ein unentwirrbares Geflüster fremder Gespräche. Es besteht sogar die Möglichkeit, einzelne Gespräche abzuhören, besonders bei schwachem Telephonverkehr. 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 anlässlich der Kabelmontage. Die Ermittlung der Unsymmetrien erfolgt durch Messung an sämtlichen Vierern und der Ausgleich durch Aderkreuzungen und Platzwechsel der Vierer nach Berechnungen. Dieser Ausgleich wird

so weit getrieben, dass sämtliche Leitungskombinationen ganzer Kabelanlagen bis zu 100 km Nebensprechwerte besitzen von grösser als 8,3 Neper. Auch unsere Bezirkskabelanlagen erfüllen diese Bedingung.

Hören Sie nun die *Beeinflussung durch Starkstrom!* (Es werden nacheinander Maschinengeräusche, Bahngeräusche und Gleichrichtergeräusche von Gleichstrombahnen vorgeführt.)

Die *Maschinengeräusche* kommen z. T. aus eigenen Anlagen (Lademaschinen) und können durch Drosseln und Kondensatorbatterien an der Quelle bekämpft werden. Die Symmetrierung gegen Erde der Telephonzentralen-Stromkreise und Teilnehmerrüstungen 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 unserer Leitungen und Zentralen stören uns die induzierten Längsspannungen verhältnismässig wenig, obschon Spannungen von 50 Volt nichts besonderes sind und bei Bahnkurzschlüssen auf mehrere Hundert Volt steigen können. Die $16\frac{2}{3}$ -Bahnströme haben ein verhältnismässig tief liegendes Oberwellenspektrum.

Die *Gleichrichtergeräusche von Gleichstrombahnen* stören den Telephonbetrieb verhältnismässig am stärksten, weil das Oberwellenspektrum der Sechsenphasen-Quecksilberdampfgleichrichter im empfindlichsten Bereich des Telephonhörers und des menschlichen Ohres liegt. Sie hören ausgeprägt die Töne 300, 600, 900, 1200 Hz usf. 300 Hz ist dabei die 6. Harmonische des speisenden Primärnetzes 50 Hz.

Es folgt nun ein *Telephongespräch* über eine Ferienangelegenheit. Von der Wahrung des Sprechgeheimnisses durfte ausnahmsweise Umgang genommen werden, denn das Gespräch bildet hier nur den Rahmen. Achten Sie, bitte, auf all das, was nebenbei passiert. (Während des Gespräches treten Störungen von verschiedener Art und Stärke auf, die sich auf die Gesprächsabwicklung sehr nachteilig auswirken.)

(Abspielen einer Platte.)

Die Güte eines Telephonsystems wird nicht nach rein elektrischen Messungen gewertet, sondern nach *Verständlichkeit und Natürlichkeit* der Sprache. Wenn es sich nun darum handelt, eingeführte Verbesserungen in einem Telephonsystem gründlich zu prüfen, werden Messgruppen gebildet als Sprecher und Abhörer. Letztere haben ihre Wahrnehmungen über Verständlichkeit und Natürlichkeit der Sprache bekanntzugeben. Die meistverbreitete Methode ist die *Besprechung mit Logatomen*, 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. Hören Sie nun eine *Schallplatte mit solchen Logatomen!* Der erste Teil bringt Loga-

tome im Frequenzband 300—2000 Hz, im zweiten Teil folgen ähnliche Logatome im Band von 150 bis 3400 Hz. (Es folgt das Abspielen der Platte.)

Der Unterschied in der Verständlichkeit war merkbar. Die Einsprache erfolgte in ein Studiomikrofon guter Qualität. Die nichtlinearen Verzerrungen des Mikrophons waren hier kleiner als 1%. Auch die Raumgeräusche im Studio waren vernachlässigbar klein. Für diesen Fall gelten folgende *Kurven über Silbenverständlichkeit* in Abhängigkeit der Bandbreite und über *Satzverständlichkeit* abhängig von der Silbenverständlichkeit.

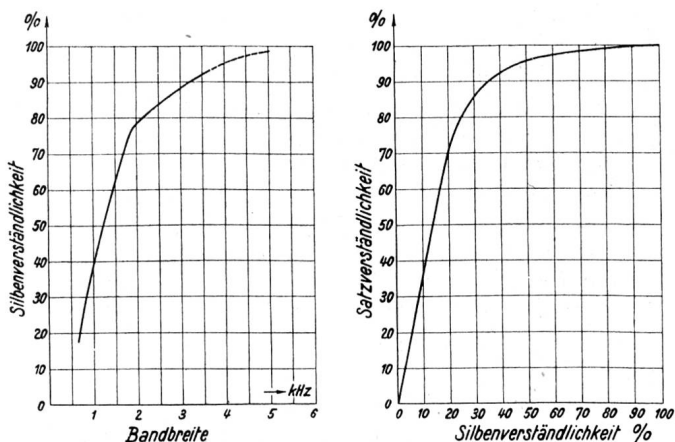


Fig. 7.

Die Bandbreiten betragen: $2000 - 300 = 1700$ 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 Mikrofonkapseln (Klirrfaktor) führen zu einem *Silbenverständlichkeitsverlust* von durchschnittlich 15%, also fast so viel, wie durch die ausgiebige Bandverbreiterung gewonnen werden konnte. *Eine Erhöhung der Raum- und Leitungsgeräusche samt Klirrfaktor wirkt praktisch wie eine Bandbeschnidung.* 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. Schon die geringsten Störungen genügen, diesen kleinen Betrag an Sprachenergie zu verdecken.

Infolge 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 bezieht, und auf die Geräuschbekämpfung im allgemeinen.

Eine Frequenzbanderweiterung kann sich nur dann voll auswirken, wenn alle Teile eines Telefonsystems die hohen Frequenzen zu übertragen vermögen. Beispielsweise hätte eine Erweiterung auf 3400 Hz zur Folge, dass ein grosser Teil unseres Kabelnetzes umgebaut werden müsste. (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 die Telephonie der Praxis im allgemeinen weit voraus. Es wäre daher unrichtig, die heutigen Einrichtungen allein nach den theoretischen Erkenntnissen zu beurteilen. 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 dürfen. Vieles ist noch zu tun, aber grosse Errungenschaften haben wir keinesfalls verpasst.

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

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

Prinzip des Zweidrahtverstärkers.

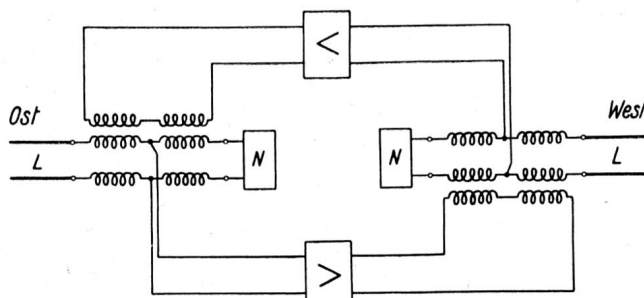


Fig. 8.

die Mittelpunkte der Transformatoren spannungslos zueinander. Ist hingegen der Abgleich unvollkommen, so 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. Diese 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 Rückkoppelungserscheinungen 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 drei Verstärkern kleiner als 0,8 Neper zu halten. Man verlangt auch, dass eine *betriebsmässige Stabilität* von mindestens 0,4 Neper vorhanden sei, 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*, den ich Ihnen zeigen möchte, ist die Verständlichkeitsverminderung bei der Verringerung der betriebsmässigen Stabilität verstärkter Leitungen. Die Aufnahme wurde auf einer 450 km langen Zweidrahtleitung gemacht, auf der vier Linienverstärker eingeschaltet sind. 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 wird die betriebsmässige Stabilität kontinuierlich bis zum Pfeifpunkt gesenkt und langsam wieder normal gestellt. Sie hören die Aufnahme im Rahmen eines Telefongesprächs! Es sind wieder die gleichen Sprecher, die die Ferienangelegenheit doch noch glücklich per Telefon zu Ende bringen können. (Schallplatte: Gespräch auf einer Leitung mit verminderter Stabilität.)

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 in der Telephonie wohl nie verlegen. Gerade die Qualitätsverbesserung des Telefons bietet dem Fernsprechtechniker eine dankbare Aufgabe.

Den beiden Sprechern der Telefongespräche möchte ich zum Schluss meinen Dank aussprechen. (Es waren dies Herr Engel und Fräulein Haussener, beides Mitglieder des Berner Heimatschutztheaters.) Ebenso möchte ich meinem Assistenten, Herrn Vallo-ton, und Herrn Bauer vom Studio Bern danken für die tatkräftige Unterstützung bei der Aufnahme der Schallplatten.

Nachschrift der Redaktion: Wir können nur bedauern, dass unsere Leser auf die Experimente am Lautsprecher verzichten müssen, die den Vortrag in wirkungsvoller Weise ergänzten.

Die Verstärkerstation Disentis.

Von H. Jacot, Bern.

621.395.724 (494.26)

Anfangs April wurde die endgültige Ausrüstung der Verstärkerstation in Disentis in Betrieb gesetzt. Sie ist nach derjenigen von St. Moritz die höchstgelegene Station der Schweiz (1140 m ü. M.) und bietet einiger technischer Neuerungen wegen besonderes Interesse.

Die Fernleitungen Chur—Tessin, die über den Lukmanier führen, müssen unterwegs natürlich verstärkt werden. Als Aufstellungsort wurde Disentis gewählt, wo auch ein Kabel nach der Oberalp abzweigt. Ausser den Fernsprechleitungen werden in Disentis auch die Rundsprachleitungen verstärkt, die von Chur über den Lukmanier nach dem Tessin verlaufen. Die Verstärkerausrüstung befindet sich hinter dem Automatenraum in einem eigens hierfür errichteten Zweckbau (Fig. 1).

Die von der Standard Telephone und Radio AG. Zürich aufgestellte Ausrüstung setzt sich aus 24 Zweidrahtverstärkern mit 24 Durchwahlsätzen kombiniert für direkte Wahl mit 50-Periodenstrom und manuellem Anruf mit 20-Periodenstrom zusammen. Da alle Kabel, die über Disentis verlaufen, Bezirkskabel sind, die nur Stammkreise H-177 enthalten, wurden die Spulenpaare und die Nachbildungen direkt, d. h. ohne über den Zwischenverteiler zu gehen, wie dies

La station de répéteurs de Disentis.

Par H. Jacot, Berne.

621.395.724 (494.26)

Au début d'avril fut mis en service l'équipement définitif de la nouvelle station de répéteurs de Disentis. Si, après St-Moritz, c'est la station la plus élevée de la Suisse (1140 mètres), elle offre encore un intérêt particulier par certaines innovations techniques intéressantes de son équipement.

Les circuits interurbains Coire—Tessin empruntant la voie du Lukmanier doivent évidemment être amplifiés en cours de route, et c'est Disentis, où bifurque également un câble vers l'Oberalp, qui a été choisi à cet effet. Outre les circuits téléphoniques, les circuits radiophoniques empruntant la voie Coire—Lukmanier—Tessin sont aussi amplifiés à Disentis. L'équipement de la station de répéteurs se trouve à l'arrière de la salle de l'équipement automatique, dans la maison spécialement bâtie à cet effet (fig. 1).

L'équipement installé par la Standard Telephone et Radio S. A. à Zurich se compose essentiellement de 24 répéteurs à 2 fils avec 24 panneaux combinés pour la sélection automatique à 50 périodes et pour l'appel au moyen de courant à 20 périodes par seconde. Comme tous les câbles passant par Disentis sont des câbles du type suburbain ne comprenant que des circuits réels H-177, les paires de translateurs et les équilibres sont câblés directement aux répéteurs sans