Übertragungseigenschaften einer modernen Telephonstation

Autor(en): **Streit, R.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **59 (1968)**

Heft 10

PDF erstellt am: **31.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-916043

Nutzungsbedingungen

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

Haftungsausschluss

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

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

http://www.e-periodica.ch

niable. A ce propos, il faut citer que l'écoute monaurale directe dans une salle (avec une oreille obstruée) est complètement brouillée lorsqu'on se trouve relativement loin de la source sonore. C'est précisément ce phénomène qui oblige les preneurs de son à placer leurs microphones près de la source et d'ajouter de la réverbération au moyen d'un microphone plus éloigné ou d'un système de réverbération artificiel.

La comparaison d'auditions mono et stéréophoniques, mais toujours avec deux haut-parleurs afin de ne pas tromper l'auditeur comme cela se fait hélas souvent, fait ressortir l'avantage de la stéréophonie; non pas spécialement en ce qui concerne la localisation des sources sonores mais plutôt par la brillance et la transparence de l'audition. Celle-ci devient véritablement spectaculaire à l'écoute au casque parce que la séparation des canaux est alors augmentée.

Dans le cadre de l'Union Européenne de Radiodiffusion, (UER), plusieurs pays ont apporté des contributions intéressantes en ce qui concerne les paramètres de qualité en stéréophonie dont la distorsion, le bruit de fond, la diaphonie, la différence des niveaux et le déphasage entre les canaux.

D'après le rapport final de la Commission de stéréophonie de l'UER, une atténuation de diaphonie de 25 dB est suffisante, de sorte qu'il est aisément possible de transmettre les deux canaux sur un même émetteur à ondes ultracourtes à l'aide d'une sous-porteuse. En ce qui concerne la phase, les écarts entre canaux ne devraient pas excéder 45° de 200 à 4000 Hz et 90° au-delà de ces fréquences. Cela est valable pour la chaîne complète, mais les déphasages entre les lignes de transmission ne devraient pas excéder 9° respectivement 18°.

Cette dernière exigence implique donc le remplacement des lignes de transmission entre les studios et les émetteurs par des faisceaux hertziens. Cette solution aurait encore l'avantage d'assurer une reproduction fidèle des transitoires dont la monophonie ne peut que bénéficier, mais finalement la décision à prendre concernant l'introduction de la stéréophonie chez nous est un problème d'ordre essentiellement financier.

6. Conclusions

Je conclurai en disant que les moyens techniques actuels permettent une transmission des sons très proche de la perfection, mais la plénitude de l'audition dans une salle ne peut être reproduite qu'avec un niveau sonore élevé. Cela pose alors de nouveaux problèmes relatifs à l'isolement acoustique souvent déplorable entre les appartements. Dans certains pays, les lois de construction exigent un isolement de 50 dB entre les appartements. La SIA élabore actuellement des normes semblables pour notre pays, mais en attendant qu'elles apparaissent je terminerai par cette pensée de *Pascal* disant: «J'ai découvert que tout le malheur des hommes vient d'une seule chose, qui est de ne pas savoir demeurer en repos dans une chambre», mais nous pouvons rétorquer que *Pascal* n'habitait pas dans une maison locative!

Adresse de l'auteur:
M. *P. H. Werner*, adjoint à la Division des recherches et des essais de la Direction générale des PTT, 3000 Berne.

Übertragungseigenschaften einer modernen Telephonstation

Vortrag, gehalten an der 26. Tagung für elektrische Nachrichtentechnik am 12. Oktober 1967 in Solothurn,

von *R. Streit*, Solothurn

061.3:534.86

Im Artikel werden vorerst die Faktoren aufgezählt, welche für die gute Verständlichkeit eines Übertragungssystems massgebend sind. Die wichtigste Rolle spielt dabei die Bezugsdämpfung, deren Definition in Erinnerung gerufen wird. Die Daten einer neu entwickelten Telephonstation, die den Forderungen des neuen Dämpfungsplanes der PTT entsprechen, werden dargelegt und mit den Daten der bisherigen Station verglichen. Das Mikrophon der neuen Station ist magnetisch, und dessen Signale werden von einem Mikrophonverstärker verstärkt, wobei die Bezugsdämpfung sende- und empfangsseitig in Abhängigkeit von der Leitungslänge, unter Berücksichtigung der Frequenzabhängigkeit der Kabeldämpfung, automatisch geregelt wird. Es wird darauf hingewiesen, dass erst das Vorhandensein von Mikrophonen und Hörern mit ausgeglichenen Eigenschaften die Entwicklung der Station mit den vorliegenden Daten ermöglichte.

Tout d'abord, les facteurs contribuant à une bonne netteté d'un système de transmission sont mentionnés. L'équivalent de référence, dont la définition est rappelée, y joue le rôle le plus important. Les caractéristiques techniques d'une station téléphonique récemment développée, qui répond aux exigences du nouveau plan de transmission des PTT, sont présentées et comparées avec les caractéristiques de la station actuelle. Le microphone de la nouvelle station est magnétique; ses signaux sont amplifiés par un amplificateur. L'équivalent de référence en émission et en réception est réglé automatiquement en fonction de la longueur de la ligne d'abonné en tenant compte que l'équivalent du câble est dépendant de la fréquence. Il est indiqué que seule la disposition d'un microphone et d'un écouteur avec des caractéristiques équilibrées a permis le développement de la station aux caractéristiques citées.

1. Einleitung

Nach wie vor sind es die Eigenschaften der Telephonstation, welche die Qualität der Fernsprechverbindungen massgebend beeinflussen. Die aus diesem Grunde seit den Anfängen der Telephonie ununterbrochen vorangetriebenen diesbezüglichen Entwicklungsarbeiten, die sowohl in der Schweiz wie auch in vielen ausländischen PTT-Versuchs- und Forschungsabteilungen in Zusammenarbeit mit der Industrie und den technischen Hoch- und Mittelschulen durchgeführt werden [1] [1]), stehen zwar etwas im Schatten gegenüber den attraktiveren Entwicklungsaufgaben in andern Gebieten der Nachrichtentechnik, verdienen es aber, sozusagen als Antwort auf die an früheren STEN-Tagungen aufgeworfenen Fragen und in Weiterverfolgung der dort für die Zukunft skizzierten Möglichkeiten, heute dargelegt zu werden. In seinem Referat an der 21. Tagung für elektrische Nachrichtentechnik 1962 in Lausanne erläuterte *H. Abrecht* [2] die Möglichkeiten der Weiterentwicklung der Telephonstation in allen ihren Belangen, insbesondere diejenigen der Tastaturwahl. An der gleichen Tagung behandelte *E. Seemann* [3] die übertragungstechnische Entwicklung des Tele-

[1]) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

phons. Als Fortsetzung jener Ausführungen sei nun auf die Daten einer in Zusammenarbeit mit der PTT entwickelten neuen Teilnehmerstation [4] näher eingetreten, wobei die Betrachtung auf diejenigen Faktoren beschränkt wird, welche auf ein gutes Hören am Telephon oder — besser gesagt — auf eine gute Verständlichkeit einen Einfluss haben. Es ist klar, dass schon seit Beginn der Herstellung und praktischen Benützung des Telephons die Bestrebungen zur Verbesserung der Übertragungseigenschaften auf dieses Ziel ausgerichtet wurden [5]. Es würde den Rahmen dieser Ausführungen bei weitem sprengen, wenn hier alle möglichen Beurteilungs- und Messverfahren für die Verständlichkeit dargelegt werden müssten. Es kann lediglich erwähnt werden, dass dabei der Prozentsatz der richtig verstandenen Silben als Mass herangezogen wird [6].

2. Verständlichkeit

Die Verständlichkeit einer Übertragung hängt von folgenden Faktoren ab, auf die später einzeln eingetreten sei:

a) Bezugsdämpfung;
b) Übertragenes Frequenzband;
c) Lineare und nichtlineare Verzerrungen;
d) Störgeräusche.

Der wichtigste dieser Faktoren ist zweifellos die Bezugsdämpfung, welche ein Mass für das Lautstärkeverhältnis zwischen Anfang und Ende einer Übertragung darstellt. Sie wird durch den Vergleich mit festgelegten Eichwerten bestimmt, wobei auch die elektro-akustische Signalumwandlung in die Messung eingeht.

Eine Beurteilung der Verständlichkeit mit Lautstärkemaßstäben allein ist jedoch nur dann gerechtfertigt, wenn die übrigen Faktoren befriedigende Werte annehmen, d. h. wenn die zu beurteilende Verbindung ein für die Sprachübertragung genügend breites Frequenzband von 300... 3400 Hz aufweist, wenn die verwendeten elektro-akustischen Wandler — Hörer und Mikrophon — diese Bandbreite mit wenig linearen und nichtlinearen Verzerrungen ausnützen und wenn der Geräuschpegel auf der Sprechverbindung gering ist. Da diese Voraussetzungen erfüllt sind und auch die negativen Eigenschaften des Kohlemikrophons (welches vor allem wegen der starken Schwankung seines Sendepegels als das schwächste Glied in der Kette der an einer Telephonverbindung beteiligten Schaltelemente bezeichnet werden muss), durch eine Bezugsdämpfungsmessung erfasst werden können, ist die ausschliessliche Beurteilung der Verständlichkeit mit Hilfe eines relativen Masses der Signalamplituden in den Fernsprechverbindungen zulässig.

3. Bezugsdämpfung

Bei der Messung der Bezugsdämpfung wird zwischen subjektiven und objektiven Methoden unterschieden. Als subjektiv bezeichnet man bekanntlich die Messung dann, wenn die Dämpfung eines Übertragungskanals durch Vergleichen mit einem in seinem Dämpfungsmass einstellbaren Eichkreis allein mit Sprechen und Hören beurteilt wird. Bei der objektiven Bezugsdämpfungsmessung arbeitet man dagegen mit elektrischen und akustischen Sende- und Empfangsgeräten, indem die Amplitudenwerte der Ein- und Ausgangssignale ganzer Übertragungssysteme (oder von Teilen davon) mit entsprechenden Eichwerten verglichen und aus den sich dabei ergebenden Verhältnissen der Dämpfungswert abgeleitet wird [7; 8; 9]. Die Bezugsdämpfung einer ganzen Telephonverbindung setzt sich zusammen aus der

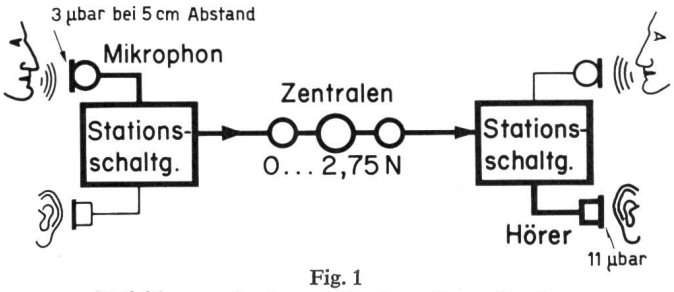

Fig. 1
Definition von Sende- und Empfangs-Bezugsdämpfung
Erklärungen siehe im Text

Sende- und Empfangsbezugsdämpfung der beiden Stationen und der sog. Restdämpfung des Übertragungsweges.

In Fig. 1 sind die elektrischen und akustischen Werte, die das Grundmass der Bezugsdämpfung der Telephonstation festlegen, dargestellt. Sofern ein Ton, welcher in einem Abstand von 5 cm von der Schallquelle einen Schalldruck von 3 µbar erzeugt, beim Auftreffen auf das Mikrophon einer Station an deren Ausgang die Abgabe eines elektrischen Signals von 285 mV an 600 Ω verursacht, wird die Sendebezugsdämpfung der Station auf 0 festgesetzt, wobei der Abstand zwischen Schallquelle und Mikrophon durch weitere Messvorschriften [6] definiert ist und von der Form des Mikrotelephons abhängt. Umgekehrt ist die Empfangsbezugsdämpfung der Station dann gleich 0, wenn ein Stationseingangssignal von 285 mV aus einer Tonquelle mit 600 Ω Innenwiderstand am Hörerausgang einen Schalldruck von 11 µbar erzeugt.

An Hand von Fig. 2 können die bezüglich Übertragungsqualität wichtigsten Stationsbestandteile schematisch näher betrachtet werden. Im Hinblick auf CCITT-Empfehlungen [2]) und auf den neuen Dämpfungsplan der PTT [10] sind bei der neuentwickelten Station der Sendebezugsdämpfung ein Wert von 0,8 N und der Empfangsbezugsdämpfung ein solcher von —0,15 N zugrunde gelegt worden. Mit diesen Werten wird einerseits unter Einbezug der zulässigen Leitungsdämpfung eine ideale durchschnittliche Lautstärke erhalten; anderseits berücksichtigt man durch die Erhöhung der Sendebezugsdämpfung auf Kosten der Empfangsbezugsdämpfung besser als bisher die Gefahr einer Übersteuerung von Trägerkanälen und in Zukunft auch PCM-Kanälen [3]).

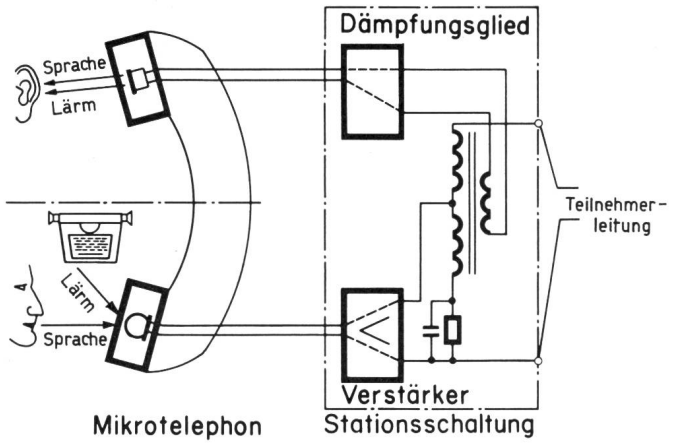

Fig. 2
Einflüsse auf die Verständlichkeit
Durch Dämpfungsglied und Verstärker wird die Bezugsdämpfung der Station angedeutet

[2]) CCITT = Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique.
[3]) PCM = Pulse code modulation.

Um den Sollwert der Sendebezugsdämpfung ohne ins Gewicht fallende Abweichungen einhalten zu können, wird anstelle des bisher verwendeten Kohlemikrophons der Einsatz eines sehr pegelstabilen, magnetischen Mikrophons vorgeschlagen, dessen kleiner Sendepegel durch einen nachgeschalteten Transistorverstärker angehoben wird.

4. Daten von Mikrophon und Hörer

In erster Linie massgebend für das Erreichen dieser vorher als wichtigste Faktoren bezeichneten Sende- und Empfangsbezugsdämpfungen sind die technischen Daten von Mikrophon und Hörer [11], denn aus später erklärten Gründen lassen sich diese Dämpfungswerte nur dann verwirklichen, wenn das Mikrophon ein konstantes, verzerrungsfreies, dem Sprachschalldruck proportionales Sendesignal abgibt und der Hörer eine amplituden-proportionale verzerrungsfreie Umwandlung der ankommenden Sprechströme in Schalldruck gewährleistet. Fig. 3b zeigt den Frequenzgang des speziell für den Einsatz in Telephonsta-

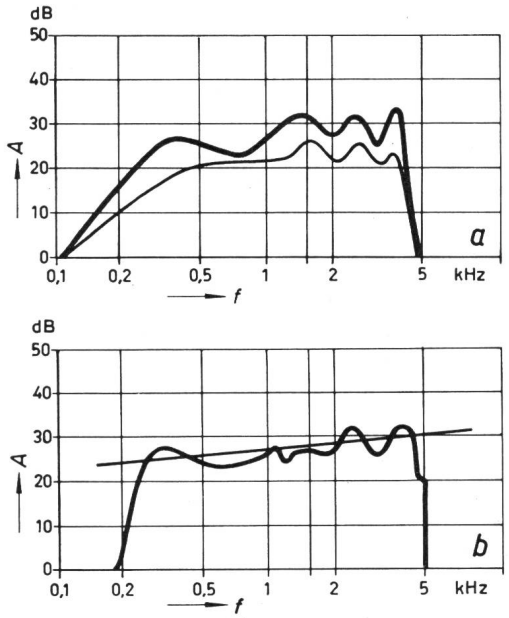

Fig. 3
Frequenzgänge von Mikrophon und Hörer
a Frequenzgang in Empfangsrichtung; *b* Frequenzgang in Senderichtung; *A* Dämpfung; *f* Frequenz;
▬▬ neuer Hörer; ▬▬ bisheriger Hörer

tionen entwickelten Mikrophons. Im ganzen Übertragungsbereich von 300...3400 Hz ist die Abweichung gegenüber einer um ca. 1,5 dB pro Oktave ansteigenden Mittellinie nicht grösser als ca. 2 dB. Fig. 3a zeigt den Frequenzgang des Hörers, welcher demjenigen des Mikrophons ähnlich ist. Dieser Hörer wird auch für die neue Station in magnetischer Ausführung vorgeschlagen, ist um 6 dB empfindlicher als der bisher verwendete und gestattet dadurch eine sehr wirtschaftliche Realisation der automatischen Empfangspegelregulierung. Hörer und Mikrophon zusammen weisen einen um rund 3 dB pro Oktave ansteigenden Frequenzgang auf, wodurch die Verfälschung des Klangbildes durch die Nichtübertragung der über 3400 Hz liegenden Sprachfrequenzen gemildert und anderseits auch die Dämpfungsverzerrung der Teilnehmerleitungen in ausgleichendem Sinne berücksichtigt wird. Durch ihre kleinen linearen und nichtlinearen Verzerrungen sind die neuen Mikrophone und Hörer dazu geeignet, die Verständlichkeit wesentlich zu erhöhen, und es ist nochmals zu betonen, dass die Möglichkeiten, die die Elektronik insbesondere mit der Verstärkung der Signale bietet, nur unter der Voraussetzung geeigneter technischer Daten von Mikrophon und Hörer richtig ausgenützt werden können, so dass die Erhöhung der Übertragungsqualität direkt und indirekt fast 100 %ig von der Pflege dieser beiden wichtigsten Stationsbestandteile abhängt.

5. Bekämpfung der Störgeräusche

Eingangs wurde erwähnt, dass die Bezugsdämpfung nur bei niedrigem Störpegel als gültiges Mass für die Verständlichkeit betrachtet werden darf. Das nächste wichtige Problem stellt daher die Bekämpfung der Geräusche dar. Abgesehen von der Anwendung lärmkompensierender Mikrophone, deren Einsatz für das Telephon aus wirtschaftlichen Erwägungen kaum auf breiter Basis in Frage kommt, ist die richtige Dimensionierung der Rückhördämpfungsschaltung am besten geeignet, die qualitätsverschlechternden Einflüsse der von aussen auf das Mikrophon auftreffenden Lärmsignale auf ein Minimum zu reduzieren. Die Geräusche werden über die Stationsschaltung auf den eigenen Hörer geführt und wirken sich hier umso störender aus, je grösser die Übertragungsdämpfung zwischen den beiden Stationen und je kleiner die Rückhördämpfung der Station ist. Sie sind im allgemeinen bei weitem stärker als die aus verschiedenen elektrischen Quellen in die Verbindung eingestreuten Störgeräusche. Bei der Entwicklung der neuen Station wurde deshalb angestrebt, die Rückhördämpfungsschaltung besonders den Bedingungen langer Teilnehmerleitungen anzupassen. Auch die mechanischen Eigenschaften des Mikrotelephons beeinflussen die Geräusche, denn der über den Verstärker und die Stationsschaltung verlaufende Rückhörweg wird wegen des Körperschalls im Griff des Mikrotelephons zu einem Rückkopplungskreis geschlossen, so dass beim Vorhandensein ausgeprägter Empfindlichkeitsspitzen sogar ein Pfeifen verursacht werden könnte. Durch eine dünnwandige Ausführung des Mikrotelephons in einem Thermoplast-Kunststoff kann die Körperschallisolation des Mikrotelephons auf einen genügend hohen Wert gebracht werden. Ebenfalls im Sinne einer Geräuschverminderung wirkt die Verkürzung des neuen Mikrotelephons um ca. 2 cm, wodurch die akustischen Verhältnisse zwischen Mikrophon und Mund verbessert werden können.

6. Ausgleich verschieden langer Teilnehmerleitungen

Damit sind alle Faktoren, die zu einer Verfeinerung der Übertragungsqualität der neuen Telephonstation beitragen, gestreift worden, und es wurde dargelegt, dass unter anderem auch ein Transistorverstärker im Sendekreis der Station Einzug hält. Dieser ist in seinem Verstärkungsmass automatisch regulierbar ausgeführt, und zwar in Abhängigkeit vom Leitungsstrom und damit auch von der Länge der Teilnehmerleitung. In Empfangsrichtung übernimmt ein ebenfalls in Abhängigkeit vom Leitungsstrom automatisch reguliertes Dämpfungsglied die Anpassung der Stationsdämpfung an diejenige der Leitung. Um diesen Ausgleich auf wirtschaftliche Art mit passiven Elementen erreichen zu können, ist — wie bereits erwähnt — die Hörerkapsel um 6 dB empfindlicher dimensioniert worden.

In Fig. 4 werden die Bezugsdämpfungen der Teilnehmerstation samt Teilnehmerleitung in Abhängigkeit von der

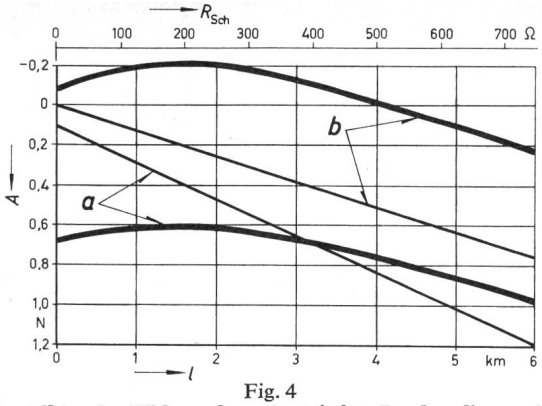

Fig. 4
Darstellung der Wirkung der automatischen Pegelregulierung der neuentwickelten Station
a Senderichtung; *b* Empfangsrichtung
▬▬ Neuentwicklung; ——— PTT-Modell 50;
A Bezugsdämpfung; *l* Kabellänge (Aderdurchmesser 0,6 mm);
R_{Sch} Schlaufenwiderstand

Leitungslänge für das Stationsmodell 50 [12; 13] und die neu entwickelte Station einander gegenübergestellt. Bezogen auf das zentralenseitige Ende der Leitung beträgt die Differenz der Sendebezugsdämpfung zwischen 0 und 5 km Leitungslänge bei Verwendung der bisherigen Station 0,9 N, während dieser Wert beim Einsatz der Neuentwicklung auf 0,2 N vermindert wird. In Empfangsrichtung wird die bisherige Differenz von 0,5 N ebenfalls auf 0,2 N reduziert. Bekanntlich dämpfen die Teilnehmerleitungen die hohen Frequenzen wesentlich stärker, wie dies aus Fig. 5 hervorgeht. Es ist daher naheliegend, in der Station ebenfalls die Dämpfungsverzerrungen der Teilnehmerleitungen soweit wie möglich zu kompensieren. Wie weiter aus der Fig. 5 ersichtlich ist, kann dies vor allem in dem für die Verständlichkeit wichtigen Frequenzbereich zwischen 1000...2000 Hz, und zwar sowohl in Sende- wie auch in Empfangsrichtung erreicht werden.

Es gelingt somit, den Einfluss der verschiedenen Längen der Teilnehmerleitungen zu einem wesentlichen Teil auszugleichen. Fig. 6 gibt Aufschluss über die Verteilung der im neuen Dämpfungsplan der PTT [10] festgelegten höchstzulässigen Restdämpfung von 2,75 N. Der zwischen 0 und diesem Wert sich bewegende beachtliche Streubereich muss aus wirtschaftlichen Erwägungen zugelassen werden. Vom Höchstwert entfallen 2×0,52 N, also zusammen 1,04 N,

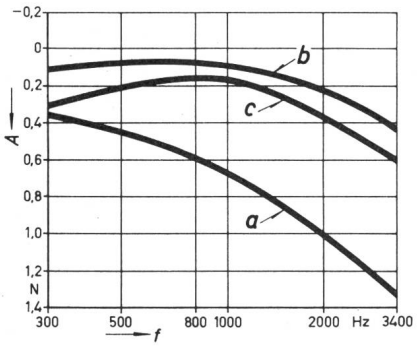

Fig. 5
Ausgleich der Leitungsdämpfung und deren Frequenzabhängigkeit durch die neuentwickelte Station
A Dämpfung; *f* Frequenz
a Dämpfung einer 6 km langen Teilnehmerleitung; *b* Differenz zwischen den Sendebezugsdämpfungen der Station samt Leitung für Teilnehmerleitungen mit Längen von 0 und 6 km; *c* Differenz zwischen den Empfangsbezugsdämpfungen der Station samt Leitung für Teilnehmerleitungen mit Längen von 0 und 6 km

auf die beiden Teilnehmerleitungen. Diese 1,04 N mittels einer automatisch regulierten Bezugsdämpfung der Telephonstationen auszugleichen, ist bestimmt ein beachtlicher Beitrag zur Erhöhung der Übertragungsqualität. Nicht zu vergessen ist dabei die ebenfalls auszugleichende Dämpfung der im schweizerischen Telephonnetz sehr zahlreich und mannigfaltig vorhandenen Zusatzausrüstungen bei den Teilnehmerstationen.

7. Wirtschaftliche Erwägungen

Der Einsatz eines Verstärkers und eines Dämpfungsgliedes als pegelausgleichende und entzerrende Elemente lässt sich heute dank der preiswerten und bezüglich Lebensdauer und Stabilität hohen Ansprüchen genügenden Halbleiter auch in den dezentralisiert eingesetzten Teilnehmerstationen verantworten und ist wirtschaftlich durchaus tragbar. Es wäre deshalb verlockend, den automatischen Dämpfungsausgleich der Station zugunsten eines wesentlich vermehrten Einsatzes von Kabeln mit dünnen Adern noch zu vergrössern. Ohne hier auf Detailprobleme einzutreten, muss festgehalten werden, dass einem solchen Vorhaben wegen der damit in direktem Zusammenhang stehenden Verschlechte-

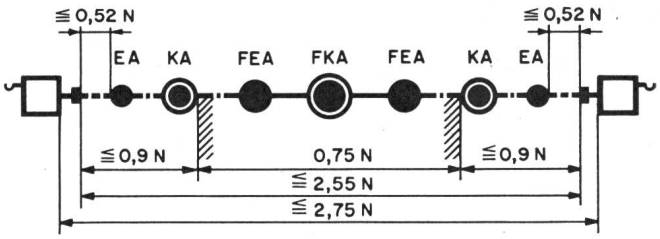

Fig. 6
Neuer Dämpfungsplan der PTT
FKA Fernknotenamt; *FEA* Fernendamt; *KA* Knotenamt; *EA* Endamt
▮ Teilnehmer-Zusatzeinrichtung mit einer Dämpfung von höchstens 0,1 N; ▬ Fernleitungen; ▬▬ Bezirksleitungen; ▬·▬ Teilnehmerleitungen

rung des Störabstandes enge Grenzen gesetzt sind. Man kann sich jedoch fragen, ob mit den erreichten Resultaten der neuen Station nicht eine nur geringfügige Erweiterung des zulässigen Dämpfungsbereiches der Teilnehmerleitungen gestattet werden könnte. Dadurch würde die Möglichkeit bestehen, im Sinne eines augleichenden Kostenhaushaltes die entsprechenden Mehraufwendungen der Station bereits zu kompensieren. Im gleichen Sinne kann zugunsten der wirtschaftlichen Tragbarkeit eines Ersatzes des Kohlemikrophons durch ein magnetisches Mikrophon mit Transistorverstärker die zu erwartende Verminderung der Reparatur- und Unterhaltskosten als ausgleichender Faktor herangezogen werden, wenn man bedenkt, dass in der heutigen Störungsstatistik der PTT bei den Teilnehmeranlagen das Kohlemikrophon mit Abstand an erster Stelle steht [14].

8. Schaltungsdetails

Die Schaltung der neuen Station ist in Fig. 7 dargestellt. Als schaltungstechnisch wichtigster Bestandteil sticht der dreistufige Transistorverstärker zur Anhebung der Mikrophonsignale hervor. Er wird durch den bisher üblichen Mikrophonspeisestrom von 30...50 mA mit Energie versorgt. Die Regelung der Bezugsdämpfung in Abhängigkeit vom Leitungsstrom wird in Empfangs- und Senderichtung durch Siliziumdioden bewirkt, welche eine stromabhängige Widerstandscharakteristik aufweisen. Bei niedrigem Strom,

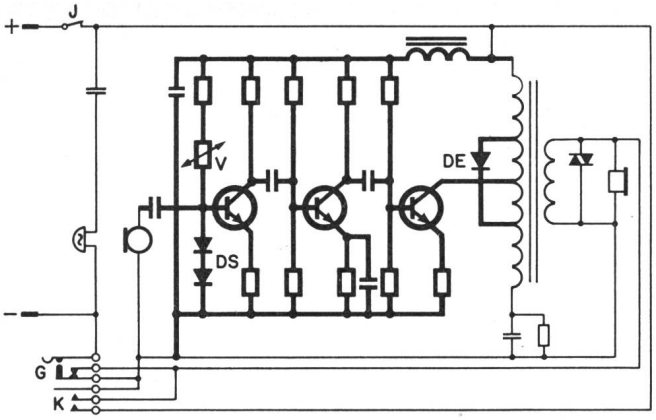

Fig. 7
Schaltschema der neuentwickelten Station
DE Diode für die Regelung der Empfangsbezugsdämpfung; *DS* Diode für die Regelung der Sendebezugsdämpfung; *G* Gabelkontakt; *J, K* Nummernscheibenkontakte

also bei langer Teilnehmerleitung, ist der dynamische Arbeitswiderstand der Dioden hoch, so dass die Mikrophon- und Empfangssignale wenig gedämpft werden. Bei kurzen Leitungen ist es dagegen umgekehrt. Durch zwei in Serie liegende Dioden wird die Dämpfung zwischen Mikrophon und Verstärkereingang in Senderichtung verändert, und durch eine an den Wicklungen des Übertragers angeschlossene Diode werden die ankommenden Signale in unterschiedlicher Weise gedämpft. Die Frequenzabhängigkeit der Regelung kann dank des induktiven Charakters von Mikrophon und Hörer leicht erreicht werden, indem diese beiden Wandler je mit den zugehörigen Dioden Spannungsteiler bilden, deren Teilungsverhältnis frequenzabhängig ist. Durch den Einsatz von Siliziumhalbleitern ist die ganze Schaltung sehr wenig temperaturabhängig.

Literatur

[1] *H. Weber:* Telephonometrie. Techn. Mitt. PTT 24(1946), S. 1...9.
[2] *H. Abrecht:* Die Telephonstationen heute und in der Zukunft. Bull. SEV 54(1963), S. 117...120.
[3] *E. Seemann:* Die übertragungstechnische Entwicklung der Telephonstation. Bull. SEV 54(1963), S. 373...377.
[4] *E. Seemann:* Neue Teilnehmerstation. Techn. Mitt. PTT 45(1967), S. 248...254.
[5] *F. Nüsseler:* Übertragung und Qualität. Techn. Mitt. PTT 39(1961), S. 373...380.
[6] *CCITT:* Mesures de l'A.E.N. d'un système téléphonique par comparaison avec le S.R.A.E.N. In: Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique. II. assemblée plénière, New Delhi, 8...16 décembre 1960. Livre rouge. Tome V: Qualité de transmission téléphonique, réseaux locaux et appareils téléphoniques. Genève, Union Internationale des Télécommunications, 1962, Avis P 45 S. 69...114.
[7] *G. Fontanellaz:* Objektive Verständlichkeitsmessungen an Teilnehmerapparaten. Techn. Mitt. PTT 29(1951), S. 445...466.
[8] *K. Braun:* Theoretische und experimentelle Untersuchung der Bezugsdämpfung und der Lautstärke. Telegraphen-, Fernsprech-, Funk- und Fernseh-Technik 29(1940), S. 31...37.
[9] *K. Braun:* Die Bezugsdämpfung und ihre Berechnung aus der Restdämpfungskurve (Frequenzkurve) eines Übertragungssystems. Telegraphen-, Fernsprech-, Funk- und Fernseh-Technik 28(1939), S. 311...318.
[10] *J. Valloton* und *F. Nüsseler:* Der Dämpfungsplan 1966. Techn. Mitt. PTT 45(1967), S. 486...498.
[11] *H. Weber:* Entwicklung der Mikrophone und Hörer. Bull. SEV 36(1945), S. 453...456.
[12] *G. Fontanellaz:* Die neue Teilnehmerstation Mod. 1950 in Verbindung mit der Netzplanung. Techn. Mitt. PTT 30(1952), S. 91...97.
[13] *F. Brönnimann* und *E. Seemann:* Die neue PTT-Tischstation Modell 50. Techn. Mitt. PTT 34(1956), S. 179...186.
[14] *R. Pfisterer:* Le comportement à l'exploitation des capsules microphoniques et d'écoute. Techn. Mitt. PTT 36(1958), S. 450...460.

Adresse des Autors:
R. Streit, Dipl. Ingenieur, Autophon AG, 4500 Solothurn.

Hochleistungs-Gaslaser

Von *D. Rosenberger,* München

621.375.826.038.823

Die für die Ausgangsleistung von Gaslasern massgebenden Parameter werden diskutiert. Es zeigt sich, dass neben atomaren bzw. molekularen Kenngrössen auch die Dimensionierung der Entladungsstrecke von Bedeutung ist. Die allgemeinen Gesichtspunkte werden anhand der kontinuierlichen Ar^+- und CO_2-Laser und der gepulsten N_2- und Cu-Laser näher erläutert.

L'auteur discute des paramètres déterminant de la puissance de sortie des lasers à gaz. Il prouve qu'en plus des caractéristiques atomiques, resp. moléculaires, le dimensionnement de l'espace de décharge revêt également une certaine importance. Les points de vue généraux sont expliqués d'une manière plus détaillée à l'aide des lasers continus Ar^+ et CO_2 et des lasers pulsatoires N_2 et Cu.

1. Einführung

Die Zahl der für Gaslaser geeigneten aktiven Substanzen umfasst derzeit alle gasförmigen Elemente, eine Reihe von metallischen Dämpfen und mehrere zwei- und dreiatomige Moleküle. Mit diesen Lasermedien wurden etwa 1200 Laserlinien nachgewiesen, die im UV und im Sichtbaren sowie im nahen, mittleren und fernen Infrarot liegen und den beachtlichen Spektralbereich von 0,2 bis 770 µm überdecken. Legt man zum Vergleich der Intensitäten eine Laserbaulänge von etwa 2 m zu Grunde, so zeigen unter der Vielzahl von Laserlinien nur wenige eine Ausgangsleistung, die bei kontinuierlicher Emission 100 mW, bei gepulster Emission 100 W überschreitet. Zu diesen Hochleistungs-Gaslasern gehören der kontinuierlich oszillierende Argon-Ionen-Laser [1; 2; 3][1]), mit dem bei 4800 und 5145 Å bis zu 100 W Ausgangsleistung erhalten wurden [3], der kontinuierlich oszillierende CO_2-Laser [4; 5; 6], der einige hundert Watt bei 10,6 µm liefert sowie die im gepulsten Betrieb arbeitenden Ne-Laser (200 kW im Grünen bei 5401 Å) [7; 8], N_2-Laser (1MW im UV bei 3371 Å) [8; 9; 10] und Cu-Laser (40 kW im Grünen bei 5105 Å) [11; 12].

[1]) Siehe Literatur am Schluss des Aufsatzes.

2. Leistungsbestimmende Parameter bei Gaslasern

Es sollen hier zunächst die Kriterien, die allgemein für die Ausgangsleistung eines Gaslasers massgebend sind, qualitativ betrachtet werden.

Wenn die Lebensdauer τ_j und die Pumprate r_j des oberen Laserniveaus gross gegen die entsprechenden Werte des unteren Niveaus sind, ist die Ausgangsleistung eines Gaslasers angenähert der Pumprate r_j proportional. Die Pumprate wiederum bestimmt sich aus der Dichte n_0 der im Grundzustand befindlichen laseraktiven Atome oder Moleküle und der Dichte n^* der zur Anregung befähigten Stosspartner gemäss:

$$r_j \sim n_0 \, n^* \qquad (1)$$

Als Stosspartner dienen in der Regel angeregte metastabile Teilchen, die sich mit dem zu besetzenden Term in Energieresonanz befinden oder aber, was weit häufiger ist, schnelle Elektronen mit einer Energie $W > W_j$. Die für die Pumprate massgebende Teilchendichte n^* ist bei Elektronenstossanregung also nicht gleich der Elektronendichte n_e des Plasmas. Der Quotient n^*/n_e wird durch die jeweilige Energieverteilung der Elektronen (Elektronentemperatur) und die Höhe der Anregungsenergie W_j vorgegeben. Da in Niederdruck-Gasentladungen die wahrscheinlichsten Elektronenenergien bei