

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 29 (1938)  
**Heft:** 19

**Artikel:** Die Elektroakustik in der Nachrichten- und Messtechnik  
**Autor:** Janovsky, W.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1059000>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 09.02.2026

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

pour la longueur de l'entrefer et

$$A = \frac{0,000793 \cdot 30800 \cdot 10^8}{4,44 \cdot 60 \cdot 15500} = 592 \text{ cm}^2$$

pour la section du noyau.

La meilleure position pour cette réactance sera sur la phase 2 au départ des flexibles. A la même place sur les phases 1 et 3 se trouveront les transformateurs de courant des ampèremètres basse tension.

Une question fort intéressante est celle de l'amélioration du facteur de puissance des fours par l'emploi de condensateurs. Leur introduction ne changerait rien à la partie basse tension du circuit, mais permettrait de relever le facteur de puissance à la source et d'obtenir ainsi des contrats plus favorables.

Pour le moment le prix de ces appareils est élevé ce qui rend leur emploi pratiquement impossible dans le cas qui nous intéresse.

Au point de vue théorique l'emploi de condensateurs dans le circuit des fours soulève d'intéressants problèmes qu'il serait trop long d'étudier ici.

### Conclusions.

Comme on l'a vu il est nécessaire, lorsque l'on désire déterminer les caractéristiques d'un four, de connaître les valeurs des constantes  $X_e$ ,  $X_i$ ,  $M_e$ ,  $M_i$  et  $r$ . Par le fait que  $X_e$  et  $X_i$  sont différents et que  $M_e$  et  $M_i$  le sont aussi, la distribution d'énergie dans le four est déséquilibrée. La phase 1 perd une partie de son énergie qui est ajoutée à la phase 3. Plus le facteur de puissance est bas plus la différence est grande.

Ce déséquilibre peut être corrigé par l'addition d'une réactance sur la phase 2.

On trouvera dans le bulletin 67—16 de l'Electro Chemical Society une série de tables donnant pour une série de fours les valeurs minima de la réactance.

### Solution graphique.

La solution graphique du problème est facile (voir fig. 3). A partir d'un point  $D$  on construit

les trois droites  $-jI_1$ ,  $-jI_2$ ,  $-jI_3$  perpendiculaires aux 3 courants  $I_1$ ,  $I_2$  et  $I_3$  et en avance sur ceux-ci. Sur la droite  $-jI_1$  on mesurera  $I_1X_e$ , puis parallèlement à  $-jI_2$  une longueur  $I_2M_i$ , et parallèlement à  $-jI_3$  une longueur  $I_3M_e$ . A partir de ce point on mènera une droite parallèle à  $I_1$ . Quelque part sur cette droite se trouvera le sommet du triangle des tensions entre phases. De même on mesurera sur la droite  $-jI_2$  une longueur  $I_2X_i$ , puis parallèlement à  $-jI_3$  une longueur  $I_3M_i$  et parallèlement à  $-jI_1$  une longueur  $I_1M_i$ . De ce point on mènera une parallèle à  $I_2$ . Quelque part sur cette droite se trouvera le second sommet du triangle des tensions. Enfin sur  $-jI_3$  on mesurera une longueur  $I_3X_e$  puis parallèlement à  $-jI_1$  une longueur  $I_1M_e$  et parallèlement à  $-jI_2$  une longueur  $I_2M_i$ . De ce dernier on mènera une parallèle à  $I_3$  sur laquelle se trouvera le troisième sommet du triangle des tensions.

On découpera ensuite un triangle dont les côtés seront les tensions  $U_{12}$ ,  $U_{23}$  et  $U_{31}$ . Ce triangle sera naturellement à la même échelle que les chutes de tension mesurées précédemment. On glissera ce triangle sur la figure que l'on vient de construire jusqu'à ce que les 3 sommets  $A$  (entre  $U_{12}$  et  $U_{31}$ ),  $B$  (entre  $U_{23}$  et  $U_{12}$ ) et  $C$  (entre  $U_{23}$  et  $U_{31}$ ) se trouvent respectivement sur les trois droites parallèles à  $I_1$ ,  $I_2$  et  $I_3$ . Les droites  $DA$ ,  $DB$ ,  $DC$  représentent les 3 tensions  $U_a$ ,  $U_b$ ,  $U_c$  (équation 8). Le point  $F$  à la jonction de  $U_1$ ,  $U_2$  et  $U_3$  est le neutre des barres omnibus, et le point  $D$  le neutre du four.

On voit clairement pourquoi  $I_1 (R_1 + r)$  est petit et pourquoi  $I_3 (R_3 + r)$  est grand.

Si l'on désire un four balancé on mesure  $GA'$  et  $KC' = HB$ . De cette façon les 3 chutes de tension  $I_1 (R'_1 + r)$ ,  $I_2 (R'_2 + r)$  et  $I_3 (R'_3 + r)$  sont égales. De  $C'$  et  $A'$  on mesure les tensions  $A'B'$  et  $C'B'$  égales à  $A'C'$ . La tension  $BB'$  divisée par  $I_2$  donne la valeur de la réactance additionnelle qu'il faut ajouter à la phase 2. La tension  $A'C'$  sera la nouvelle tension entre phases.

Cette construction s'applique aussi au cas où les courants ne seraient pas égaux.

## Die Elektroakustik in der Nachrichten- und Messtechnik.

Von W. Janovsky, Berlin-Siemensstadt \*).

534.26 : 621.395.6

Im ersten Teil werden die Fortschritte der Elektroakustik auf dem Gebiet der Nachrichtentechnik behandelt. Auf dem Fernsprechgebiet konnte die Sprachübertragung durch ein neues Mikrophon und Telephon wesentlich verbessert werden. Das neue Mikrophon und Telephon wurde eingehend zum Teil mit neuartigen Messmethoden untersucht. Ueber das ursprüngliche Anwendungsgebiet hinaus konnten die Fernsprechgeräte auch für die Verständigung im grössten Lärm und Wind brauchbar gemacht werden. Mikrophon und Telephon mussten den veränderten Sprech- und Hörerhältnissen angepasst werden. Auch das Berührungsmikrophon konnte auf Grund eingehender Untersuchungen über den Mechanismus der Sprachübertragung erheblich verbessert werden. Weiter wird die Nachrichtenübermittlung durch Lautsprecher und Schallsignalsender gestreift und besonders der Einfluss der von der Wetterlage abhängigen Ausbreitungsbedingungen gezeigt. Als Schallsignale sind wegen der Frequenzabhängigkeit der Luftdämpfung, der Richtwirkung der

L'auteur expose les progrès de l'électro-acoustique dans le domaine des télécommunications. En téléphonie, la transmission de la parole a été améliorée par l'emploi d'un nouveau microphone et d'un nouveau récepteur téléphonique. Ces deux appareils ont été étudiés de manière approfondie, en utilisant dans certains cas des méthodes de mesure nouvelles. On est également parvenu à rendre les appareils téléphoniques utilisables mêmes en présence de très grands bruits et du vent. Des recherches sur la transmission de la parole ont permis d'améliorer notablement le microphone larygien. L'auteur décrit ensuite la transmission de nouvelles à l'aide d'un haut-parleur et d'un générateur acoustique, en entrant plus particulièrement dans les détails de l'influence des conditions de propagation qui dépendent à leur tour de l'état atmosphérique. Les sons graves — ce sont les basses fréquences — se prêtent plus particulièrement au but proposé, en tenant compte de l'amortissement dans l'air, en fonction de la fréquence, de l'effet directionnel et de la sensibilité

\*) Vortrag, gehalten in der Physikalischen Gesellschaft Zürich am 7. Februar 1938.

Schallsender und der Ohrenempfindlichkeit besonders die tiefen Frequenzen geeignet. Der zweite Teil befasst sich mit der Messtechnik und behandelt zunächst kurz das Problem der Luft- und Körperschallmessung. Geeignete Messgeräte werden beschrieben. Für die Analyse veränderlicher Vorgänge wurden zahlreiche Methoden ausgearbeitet und erprobt. Da das Auflösungsvermögen und die Analysiergeschwindigkeit voneinander abhängig sind, braucht ein Gerät mit grossem Auflösungsvermögen auch eine lange Analysierdauer. Hierher gehören die Suchtonverfahren. Ein geringeres Auflösungsvermögen, nämlich nur von  $\frac{1}{3}$  Oktav, aber dafür eine bedeutend grössere Analysiergeschwindigkeit erlaubt das Tonfrequenzspektrometer. Es enthält 27 Bandfilter, die etwa 20mal in der Sekunde abgetastet werden und eine synchrone Zeitablenkung, so dass man am Schirm einer Braunschen Röhre ein für das Auge stehende Linienspektrum über einen Frequenzbereich von 40 bis 16 000 Hz erhält; mit Hilfe einer Schmalfilmkamera können noch Vorgänge bis  $\frac{1}{10}$  s aufgezeichnet werden. Für noch schnellere Vorgänge kommt das Oktavsieb in Frage. Es hat besonders in Verbindung mit dem Oszillographen wertvolle Dienste bei der Erforschung der akustischen Einschwingvorgänge von Sprache und Musik geleistet. Neben dem Momentanwert muss häufig noch die Amplitude oder der Effektivwert einer Spannung aufgeschrieben werden können. Hierfür eignet sich der Dämpfungsschreiber nach Neumann. Er ist in einem Frequenzbereich von 30...20 000 Hz brauchbar. Die Einstellzeit des Schreibsystems beträgt 150 bis 160 ms. Ein grosser Vorteil dieses Schreibers ist der logarithmische Massstab der Aufzeichnung, der besonders für elektroakustische Untersuchungen wertvoll ist. Zum Schluss wird als ein typisches Beispiel eines elektroakustischen Messgerätes ein tragbares Gerät zur Prüfung der Teilnehmer-Fernsprechanlage beschrieben; das Prüfverfahren baut sich auf einer mechanischen Schallquelle, die die Sprache ersetzt, auf.

de l'oreille humaine. L'auteur aborde ensuite l'étude du problème de la mesure des sons propagés dans l'air ou à travers des matières, et il décrit quelques instruments de mesure appropriés. Pour analyser des phénomènes acoustiques de très courte durée, on a élaboré un grand nombre de méthodes et on les a essayées pratiquement. Etant donné que le pouvoir résolvant et la vitesse de l'analyse dépendent l'un de l'autre, un appareil à grand pouvoir résolvant exige une plus longue durée d'analyse. Un de ces procédés est celui dit «à son explorateur». Le spectromètre à fréquences vocales possède un pouvoir résolvant plus faible, correspondant à  $\frac{1}{3}$  d'octave, mais sa vitesse d'enregistrement est sensiblement supérieure à celle des autres instruments. Il comporte 27 filtres passe-bande dont les tensions de sortie sont explorées successivement 20 fois par seconde, de sorte que l'on obtient sur l'écran d'un tube cathodique des déviations correspondantes du faisceau cathodique. De cette manière, les tensions de sortie des 27 filtres se reproduisent l'une à côté de l'autre sous forme de traits verticaux dans un intervalle de fréquence compris entre 40 et 16 000 Hz. A l'aide d'un appareil cinématographique (16 mm) on peut enregistrer des phénomènes très rapides. Pour enregistrer des phénomènes encore plus rapides, on se sert du filtre d'octave qui, associé à un oscillographe, se prête spécialement à l'étude des phénomènes transitoires de la voix et de la musique. L'enregistreur Neumann, utilisable entre 30 et 20 000 Hz, se prête spécialement pour enregistrer également l'amplitude ou la valeur efficace d'une tension. Le temps d'établissement de l'enregistreur est de 150 à 160 ms. Il présente le grand avantage que l'enregistrement se fait sur une échelle logarithmique, dont on tire plus particulièrement parti pour les recherches électro-acoustiques. Finalement l'auteur décrit, à titre d'exemple, un instrument de mesure portatif servant à essayer des appareils d'abonnés téléphoniques; la méthode de mesure utilise un générateur mécanique de sons remplaçant la voix humaine.

## I. Einleitung.

Während die elektroakustischen Fragen des Tonfilms und Rundfunks in den letzten Jahren sehr ausführlich behandelt worden sind, ist über die der Nachrichten- und Messtechnik weniger bekannt geworden. Deshalb dürfte es sich lohnen, einmal über die Fortschritte auf diesem Gebiet zu berichten. Die folgende Zusammenstellung beschränkt sich in der Hauptsache auf die elektroakustischen Arbeiten des Zentrallaboratoriums von Siemens & Halske. Dementsprechend liegt das Schwergewicht auch bei der Nachrichtentechnik.

## II. Nachrichtentechnik.

Die elektroakustischen Apparate einer Nachrichtenverbindung sind Schallempfänger und Schallsender. Beide haben schon in ihrer ersten Form ihre Aufgabe, nämlich die Umsetzung der akustischen Energie in elektrische und umgekehrt recht gut erfüllt. Es ist daher verständlich, dass lange Zeit vor allem an der Verbesserung des elektrischen Übertragungsweges und der Vermittlungstechnik gearbeitet wurde. Erst später wurden auch an die Qualität der Nachrichtenübermittlung erhöhte Anforderungen gestellt. Dazu kam der Wunsch, die Nachrichtengeräte zu immer neuen Aufgaben heranzuziehen. Beide Forderungen, die nach besserer Qualität und die nach vielseitigerer Anwendung, machten die Verbesserung der elektroakustischen Apparate nötig und bestimmten die Entwicklung der letzten Jahre.

### 1. Fernsprechtechnik.

Als Fernsprechmikrophon wird heute fast ausschliesslich das Kohlemikrophon verwendet. Hinsichtlich der Lautstärke war eine Verbesserung nicht nötig; in der Qualität der Sprachwiedergabe konnten aber erhebliche Fortschritte erzielt werden. Dazu mussten allerdings alle Einzelteile des Mikrophons eingehend untersucht werden.

Der eigentlich wirksame Teil eines Kohlemikrophons ist der Kohlekontakt. Nach der Holmschen Kontakttheorie<sup>1)</sup> hat man sich die Berührungsstelle zweier Kohleteilchen als eine Summe mikroskopisch kleiner Kontakte vorzustellen; werden die Kohleteilchen stärker aneinandergespreßt, dann wird einmal die Zahl dieser kleinsten Kontakte und ferner ihre Kontaktfläche grösser. Auf Grund dieser Annahme hat Goucher<sup>2)</sup> die Widerstandsabhängigkeit vom Anpressdruck für einen Einzelkontakt berechnet und experimentell bestätigt. Die heute üblichen Kohlemikrophone arbeiten nun nicht mit einem einzelnen Kontakt, sondern mit einer Gießstrecke, also mit zahlreichen in Reihe und parallel geschalteten Kontakten. Wir konnten nachweisen, dass auch für eine Gießstrecke die gleiche Druckabhängigkeit des Widerstandes wie beim Einzelkontakt gilt<sup>3)</sup>; allerdings ist dabei zu beachten, dass sich der von der Membran auf die Gießstrecke ausgeübte Druck in Form einer gedämpften mechanischen Welle in die Gießstrecke fortpflanzt und dass wegen der erheblichen Dämpfung nur etwa die ersten 10 an die Membran an-

<sup>1)</sup> Literatur am Schluss des Artikels.

schliessenden Körnerschichten durchgesteuert werden. Weiter wurde untersucht<sup>3)</sup>, bis zu welchen Stromstärken die Mikrophon-EMK dem Strom pro-

10  $\mu b$  100  $\mu b$  400  $\mu b$

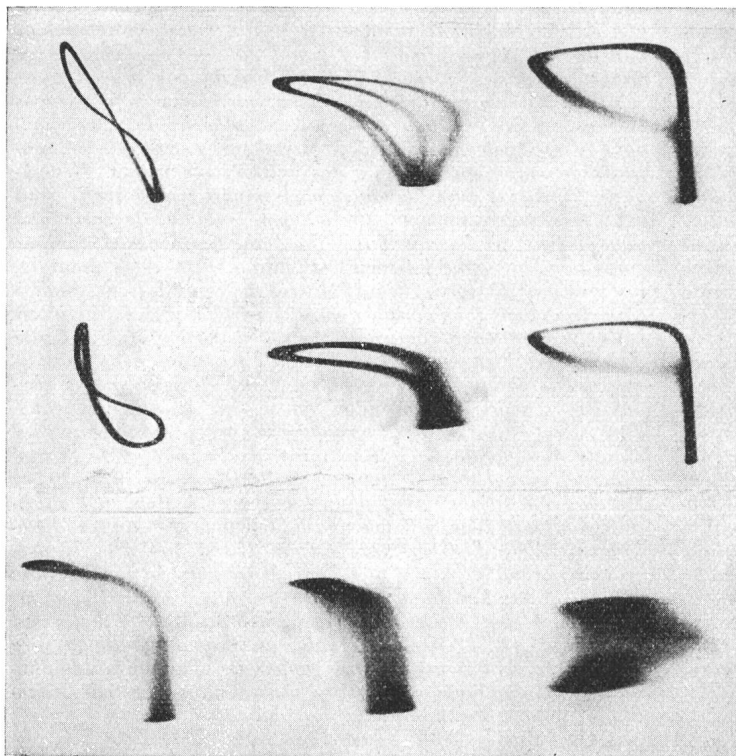


Fig. 1.  
Kennlinien eines Fernsprechmikrophons.

10  $\mu b$  100  $\mu b$  400  $\mu b$

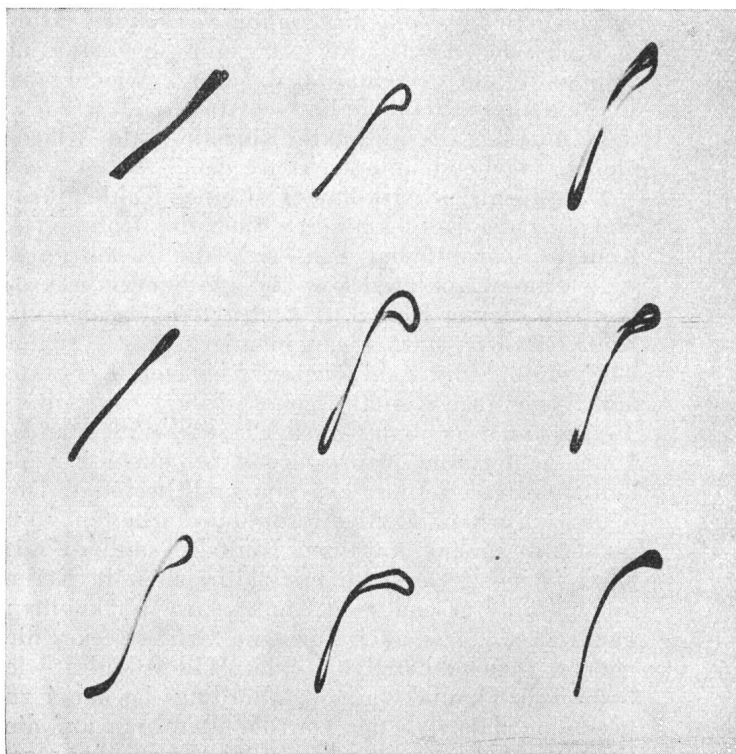


Fig. 2.  
Kennlinien eines Stern-Elektrodenmikrophons.

portional ist, das Mikrophon also linear arbeitet. Diese maximal zulässige Strombelastung hängt von

der Güte der Wärmeabfuhr und damit vom Aufbau der Griesskammer ab. Für den Aufbau der Griesskammer sind aber noch weitere Gesichtspunkte massgebend<sup>4)</sup>. Einmal muss dafür gesorgt werden, dass das Mikrophon in allen Lagen einwandfrei arbeitet; bei waagrechter Membran darf sich also der Griess nicht von der Membran ablösen. Dies wurde dadurch erreicht, dass an der Membran eine besondere Elektrode sitzt, die in die Griesskammer eintaucht. Die wirk-same Griessstrecke liegt also zwischen dieser beweglichen und einer gleich geformten festen Gegenelektrode; die Griesskammer um die Elektroden ist so gross, dass in jeder Lage des Mikrophons genügend Griess für einen Austausch vorhanden ist. Es hat sich gezeigt, dass dieser Griessaustausch bei Elektroden mit sternförmigem Querschnitt<sup>5)</sup> besonders gut von-statten geht, so dass in jeder Lage des Mikrophons genügend Griess zwischen den Elektroden vorhanden ist. Unser neues Sternelektroden-Mikro-phon zeichnet sich aber nicht nur durch seine kaum merkliche Lagen-abhängigkeit, sondern auch durch wesentlich geringere nichtlineare Verzerrungen aus. Wir haben gefun-den, dass man zum objektiven Nach-weis der nichtlinearen Verzerrungen von Kohlemikrophonen am besten die Mikrophon-Charakteristik<sup>6)</sup> auf-zeichnet, indem man als eine Ablenk-spannung eines Braunschen Rohres die Mikrophon-EMK, als zweite eine dem erregenden Schalldruck propor-tionale Spannung anlegt. Würde das Mikrophon vollkommen linear ar-beiten, dann müsste man bei gleicher Phasenlage und Grösse der beiden Ablenkspannungen eine unter 45° ge-neigte gerade Linie als Charakteristik erhalten. Fig. 1 und 2 zeigen die Mi-krophonkennlinie eines heute üb-lichen und des neuen Sternelektro-denmikrophons bei verschiedener Mikrophonlage und verschiedenem Schalldruck. Mit zunehmendem Schalldruck werden auch die nicht-linearen Verzerrungen grösser, d. h. die Kennlinie ist stärker gekrümmt. Der grosse Unterschied zwischen dem heute üblichen und dem neuen Mi-krophon ist nun aber der, dass das erste bei grossem Schalldruck sehr ungleichmässig arbeitet, also eine vollkommen verwaschene, instabile Kennlinie hat; das neue dagegen arbeitet noch gleichmässig, nur die Kennlinie ist stärker gekrümmt. Das neue Mikro-phon hat nur stabile nichtlineare Verzerrungen,



das heute übliche dagegen starke instabile. Den gehörmässigen Eindruck dieser verschiedenartigen Verzerrungen vermittelt am besten die Frequenzanalyse eines reinen Tones, deren Ergebnis Fig. 3 zeigt; beide Mikrophone wurden zu diesem Zweck mit einem gleich lauten 1000-Hz-Ton erregt und die Mikrophon-EMK mit unserem Tonfrequenz-Spektrometer analysiert. Das neue Mikrophon hat nur verhältnismässig wenige Obertöne, die überdies mit zunehmender Ordnung kleiner werden, das heute übliche dagegen ein kontinuierliches Spektrum; neben dem Grundton treten nicht nur die harmonischen Obertöne auf, sondern es sind alle Frequenzen bis über 10 000 Hz enthalten, die zusammen den geräuschartigen Gehöreindruck bedingen. Das neue Mikrophon ist dem heute üblichen aber nicht nur wegen seiner stabilen Griefstrecke überlegen, sondern es hat auch eine ausgeglichene Frequenzkurve und gibt die hohen Töne besser wieder<sup>4) 5) 7)</sup>.

Um diese guten Uebertragungseigenschaften des Mikrophons voll zur Geltung zu bringen, musste allerdings auch das *Telephon* verbessert werden<sup>4)</sup>. Bei den heutigen Telephonen liegt die Membranresonanz bei etwa 1000 Hz und ist wenig gedämpft; die höheren Töne werden daher nur schlecht wiedergegeben. Das neue Telephon hat nicht mehr

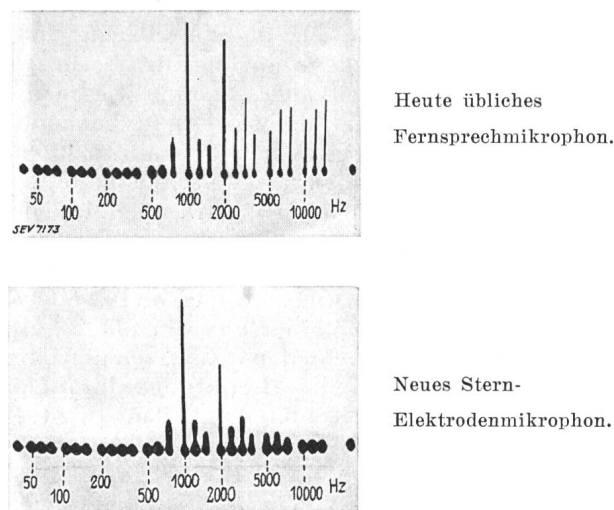


Fig. 3.  
Spektrogramm eines 1000-Hz-Tones.

eine Eisen-, sondern eine Leichtmembran mit aufgenietetem Eisenanker. Die Membran ist aber nicht nur leichter, sondern hat auch eine grössere Steifigkeit, so dass die Resonanz oberhalb 2000 Hz liegt. Ueberdies konnte die Membranresonanz durch eine Luftreibung gedämpft werden. Um trotz der grösseren Steifigkeit der Membran die gleiche Lautstärke wie bei dem heute üblichen Telephon zu erzielen, musste der magnetische Aufbau verbessert werden. Zur Beurteilung der Gesamtverbindung Mikrophon-Telephon ist in Fig. 4 das Uebertragungsmass, ausgedrückt durch das Verhältnis Schalldruck am Telephon  $p_2$  zu Schalldruck am Mikrophon  $p_1$ , für die alte und neue Verbindung in das vom CCIF empfohlene Toleranzschema eingezeichnet.

net. Die besseren Uebertragungseigenschaften der neuen Verbindung treten klar hervor. Beide, sowohl die geringeren nichtlinearen Verzerrungen als auch das ausgeglichene Frequenzband, haben eine natürlichere Sprachwiedergabe und bessere Ver-

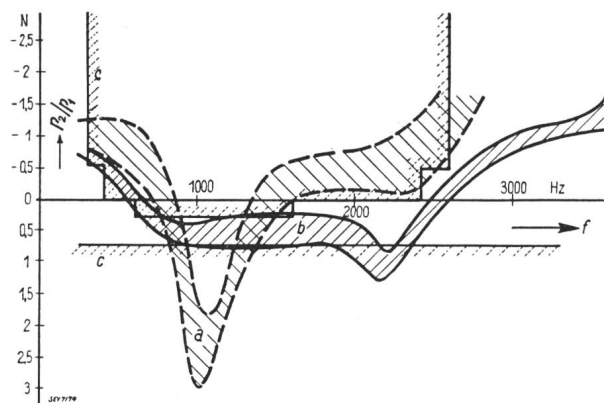


Fig. 4.  
Elektroakustisches Uebertragungsmass der Gesamtverbindung Mikrophon-Telephon.  
a heute übliche Verbindung. b neue Verbindung.  
c Restdämpfung eines Vierdrahtkreises gemäss Empfehlung CCIF.

ständigkeit zur Folge; besonders unter erschwerten Betriebsbedingungen, wie etwa bei Leitungs- oder Raumgeräusch, kommen diese Vorteile zur Geltung.

## 2. Fernsprechgeräte für Lärm und Wind.

Normalerweise kann man in Bureaux oder lauten Geschäftsräumen mit einem Raumlärm bis zu 70 phon rechnen. In Werkstätten, Maschinenräumen oder auf Motorprüfständen und dgl. kann der Lärm aber die Schmerzschwelle mit etwa 130 phon erreichen. Bei Fahr- oder Flugzeugen kommt unter Umständen als zusätzliche Störung noch der Fahrwind hinzu. Bald tauchte die Forderung auf, auch für diesen starken Lärm, bzw. Wind Fernsprechgeräte zu schaffen. Um diese Forderung zu erfüllen, war es nötig, Mikrophon und Telephon den durch den Lärm geänderten Sprech- und Hörverhältnissen anzupassen.

Schon früher ist der Einfluss des Lärms auf Sprechen und Hören, allerdings mehr qualitativ, untersucht worden; wir haben diese Untersuchungen mit den modernen Mitteln der akustischen Messtechnik fortgeführt und die nötigen Unterlagen für die Bemessung der Fernsprechgeräte für Lärm und Wind erhalten<sup>8)</sup>. Zunächst mussten wir feststellen, dass der Lärm beim Sprechen einen direkten und einen indirekten Einfluss ausübt. Der erste kommt dadurch zustande, dass die Schallschwingungen des Lärms unsere Mundhöhle zum Mitschwingen bringen; noch stärker tut dies natürlich der Wind. Weiter tritt bei den hohen Frequenzen des Lärms eine Schalldruckstauung am Kopf ein. Beide Einflüsse, sowohl die Erregung der Resonanzräume des Mundes als auch die Schalldrucktransformation am Kopf, bringen es mit sich, dass ein in der Nähe des Mundes gehaltenes Mikrophon vor allem bei den hohen Frequenzen mehr Lärm aufnimmt als ein im ungestörten Lärmschallfeld be-



entstehenden Konsonanten im ganzen Frequenzbereich kleiner als eins. Wollte man also mit einem am Kehlkopf anliegenden Berührungsmikrophon eine vollkommene natürliche Sprachwiedergabe erzielen, müsste man für die verschiedenen Sprachlaute auch verschiedene Entzerrungen vorsehen<sup>11)</sup>, was natürlich undurchführbar ist. Man

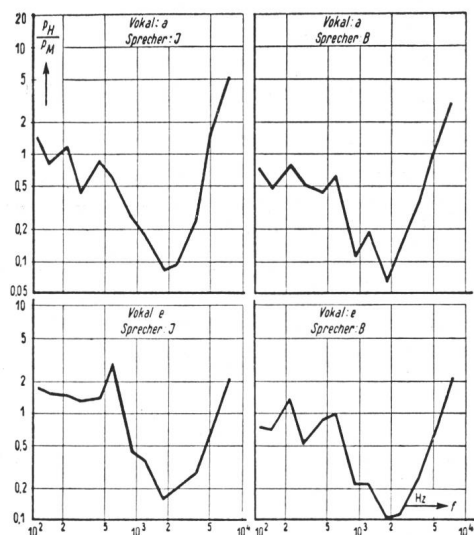


Fig. 6.

Frequenzcharakteristik des Halses für Vokale a, e.

muss sich vielmehr auf eine mittlere Entzerrung festlegen, kann damit aber nie eine vollkommen natürliche Sprachwiedergabe erreichen. Dieser Nachteil fällt aber kaum ins Gewicht, da der Einfluss der abweichenden Sprachwiedergabe auf die Verständlichkeit nur gering ist und durch die sonstigen Vorzüge des Berührungsmikrophons reichlich aufgehoben wird. Unsere Berührungsmikrophone werden als magnetische oder Kohlemikrophone gebaut. Die magnetischen zeichnen sich durch geringere nichtlineare Verzerrungen aus, brauchen dafür allerdings einen Verstärker. Die ver-

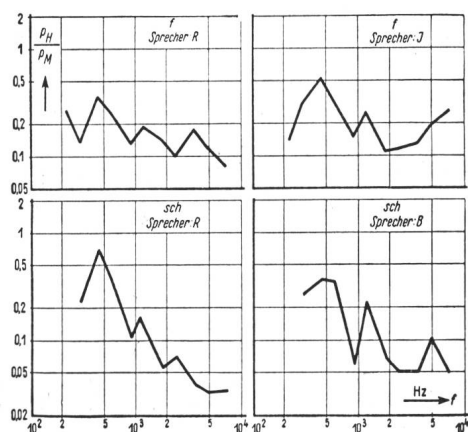


Fig. 7.

Frequenzcharakteristik des Halses für Konsonanten f, sch.

schiedenen Kohlemikrophontypen werden je nach dem Verwendungszweck mit oder ohne Verstärker betrieben.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass man heute in der Lage ist, für alle vorkommenden Lärm-

stärken eine brauchbare Fernsprechverbindung zu schaffen. Dabei können sowohl Besprechungs- als auch Berührungsmikrophone Verwendung finden. Da die Verständigung über diese Mikrophone und Telephone bei grossem Lärm besser und vor allem müheloser ist als eine direkte Verständigung von Mund zu Ohr, kann es sich empfehlen, derartige Verbindungen auch für in ein und demselben Raum befindliche Personen vorzusehen. In diesem Fall trennt nicht die Entfernung die beiden Teilnehmer, sondern der Lärm und muss durch die modernen Mittel der Fernsprechtechnik ausgeschaltet werden.

### 3. Nachrichtenübermittlung durch Lautsprecher und Schallsignalsender.

Die Sprachübertragung durch Lautsprecher<sup>12)</sup> auf einen grösseren Zuhörerkreis hat in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. So werden derartige Lautsprecheranlagen für grosse oder akustisch ungünstige Räume zur Ergänzung der direkten Rede eingesetzt. In vielen Fällen, z. B. auf Bahnhöfen, in grossen Freilufttheatern, auf Sportplätzen oder bei Versammlungen im Freien bieten sie allein die Möglichkeit, Nachrichten, Reden oder musikalische Darbietungen allen Zuhörern gleichmässig gut zu übermitteln. An die Uebertragungsgüte der Mikrophone und Lautsprecher sind wesentlich höhere Anforderungen zu stellen als an die einer Fernsprechverbindung; sie hängen natürlich noch von der besonderen Aufgabe und nicht zum wenigsten auch von wirtschaftlichen Ueberlegungen ab. Für die Uebermittlung kurzer Nachrichten oder Kommandos wird man mit einer geringeren Natürlichkeit zufrieden sein können, als für die Uebertragung ganzer Reden.

Die Lautsprecher können zentral oder verteilt aufgestellt werden. Für die zentrale Aufstellung werden meist ästhetische Gesichtspunkte geltend gemacht, z. B. dass die optische und akustische Blickrichtung zusammenfallen. Dabei ist aber nicht zu vergessen, dass schon bei mittleren Entfernungen die verhältnismässig grosse Schalllaufzeit einen einheitlichen Eindruck erschwert, wenn nicht sogar unmöglich macht. Dazu kommt die Dämpfung, die der Schall bei seiner Ausbreitung über grössere Entfernungen erfährt und die besonders wegen ihrer Abhängigkeit von der Wetterlage sehr störend in Erscheinung tritt. Nach Messungen von Telefonen<sup>13)</sup> beträgt die Dämpfung für Sprache ausgedrückt in phon pro 100 m:

Dämpfung in phon pro 100 m	Ausbreitungsbedingungen nach subjekt. Eindruck
0 . . . . .	ausgezeichnet (sehr selten)
1—2 . . . . .	sehr gut
3—4 . . . . .	gut
5—6 . . . . .	mässig
7—8 . . . . .	schlecht
9—10 und mehr . . . . .	sehr schlecht

Diese Zahlen sprechen dafür, dass man bei grossen Anlagen nur mit verteilten Lautsprechern eine bei jedem Wetter einwandfreie Sprachübertragung erzielen kann. Auch ein hoher Lärmpegel fordert eine verteilte Aufstellung, da es bei Lärm sehr genau auf die richtige Sprachlautstärke ankommt,



wenn die günstigste Sprachverständlichkeit erreicht werden soll. Die zentrale Aufstellung dagegen ist für weniger grosse Anlagen am Platz, vor allem, wenn nicht eine unbedingte Betriebssicherheit bei jedem Wetter nötig ist oder wenn besondere Anforderungen eine verteilte Aufstellung ausschliessen<sup>14)</sup>.

Auch auf die Dimensionierung von Schallsignal-sendern hat die Luftdämpfung einen massgebenden Einfluss. Da man festgestellt hat, dass vor allem die hohen Frequenzen stark gedämpft werden<sup>15)</sup>, wurden schon von jeher mittlere und tiefe Töne für Signale gewählt, die grössere Entfernungen überbrücken sollen. Die Grenze nach unten wird durch unser Ohr gezogen, das ja nach tiefen Frequenzen sehr unempfindlich wird und die tiefen Signaltöne daher zu schlecht wahrnimmt. Dazu kommt auch noch, dass sich die tiefen Töne schlechter richten lassen als die hohen und daher bei einer nur in einer bestimmten Richtung nötigen oder gewünschten Signalübermittlung im Nachteil sind. Bei Berücksichtigung aller dieser Gesichtspunkte kann man von einer von der Entfernung abhängigen, günstigsten Signalfrequenz sprechen<sup>15)</sup>.

### III. Messtechnik.

Die Arbeiten der letzten Jahre auf diesem Gebiet haben weniger grundsätzlich neue Messmethoden gebracht, sondern sich vielmehr mit der technischen Ausgestaltung im Prinzip bereits bekannter Messmethoden und ihrer Einführung in die Praxis befasst. Gefördert wurde diese Entwicklung durch die Nachfrage nach technischen Messgeräten, sei es für die Aufgaben der Lärmbekämpfung, für die Bau- und Raumakustik, für die Entwicklung elektroakustischer Empfänger und Sender oder für die Aufgaben der Klangforschung. Der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit entsprechend werden in der Hauptsache nur diese technischen akustischen Messgeräte und ihre Anwendung behandelt.

#### 1. Luft- und Körperschallmessung.

Die Grundlagen einer Luft- und Körperschallmessung<sup>\*\*\*)</sup> sind geeignete Messmikrophone. Wir verwenden für Luftschallmessungen neuerdings ausschliesslich Kondensatormikrophone, da diese u. E. am meisten Gewähr für Konstanz bieten. Es wurde deshalb ein besonderes Kondensatormikrophon entwickelt. Die Mikrophonkapsel ist mit dem ersten Verstärkerrohr, einem Zwergrohr, zusammengebaut und in einem torpedoförmigen Gehäuse untergebracht. Das Mikrophon wird in einer Druckkammer absolut geeicht; für Schallfeldmessungen muss die Drucktransformation, die für den vollständigen Einbau experimentell ermittelt wurde, in Form eines Korrekturfaktors berücksichtigt werden. Mit einem besonderen Verstärker, dessen Verstärkung leicht kontrolliert werden kann, und einem bereits in  $\mu$ bar geeichtem Anzeigeinstrument findet das Mikrophon als Schalldruckmesser Verwendung.

<sup>\*\*\*)</sup> Vgl. auch eine zweite Arbeit im «Schweizer Archiv» 1938, wo die Schallausbildung näher behandelt wird.

<sup>\*\*\*)</sup> Die Messgeräte für Luft- und Körperschall und ihre Anwendung werden hier nur der Vollständigkeit halber kurz gestreift, da sie in einer zweiten Arbeit im «Schweizer Archiv» 1938 ausführlich beschrieben werden.

Bei den Körperschallmikrophonen hat man zwischen den bewegungs- und kraftmessenden Empfängern<sup>16)</sup> zu unterscheiden. Die ersteren liegen gewissermassen im Nebenschluss zur Körperschalleitung und messen meist die Geschwindigkeit; wenn zwischen den Geschwindigkeitsempfänger und das Anzeigeinstrument elektrische Vierpole bestimmter Frequenzabhängigkeit geschaltet werden, kann auch die Beschleunigung bzw. der Weg gemessen werden<sup>17)</sup>. Wir verwenden als bewegungsmessenden Empfänger eine ähnlich einem Tonabnehmer gebaute Geschwindigkeitsmessdose. Kraftmessende Empfänger, die unmittelbar in der Körperschalleitung liegen und die ganze zu messende Kraft übertragen, werden zweckmässig nach dem piezoelektrischen oder dem magnetoelastischen Prinzip gebaut. Wir haben besonders das zweite entwickelt<sup>18)</sup>, da die magnetoelastischen Messkörper eine grössere Empfindlichkeit haben und weniger störanfällig als die piezoelektrischen Quarzeempfänger sind.

#### 2. Analyse und Aufzeichnung.

Die Geräte zur Klanganalyse haben die Aufgabe, zeitlich veränderliche Vorgänge spektral zu zerlegen. Sie können durch zwei Grössen charakterisiert werden, durch ihr Auflösungsvermögen und die Analysiergeschwindigkeit. Zwischen beiden besteht ein ursächlicher Zusammenhang<sup>19)</sup>, dass nämlich das Auflösungsvermögen nur auf Kosten der Analysiergeschwindigkeit gesteigert werden kann; entweder hat das Gerät ein sehr feines Auflösungsvermögen bei einer geringen Analysiergeschwindigkeit oder umgekehrt.

Zu den ersten gehören die mit einem Suchton arbeitenden Verfahren<sup>20)</sup>. Bei diesen wird bekanntlich dem zu analysierenden Vorgang ein Suchton überlagert; die Differenzfrequenz zwischen dem Suchton und den einzelnen Komponenten des Gemisches wird ausgesiebt und dient als Mass für die Stärke der einzelnen Komponenten. Ist beispielsweise ein Bereich von 50 bis 10 000 Hz zu analysieren, so kann der Suchton entweder den gleichen

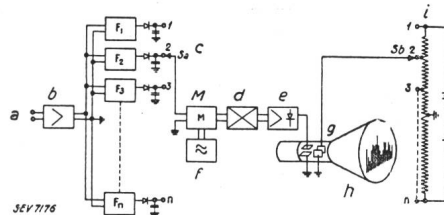


Fig. 8.

Tonfrequenz-Spektrometer.

a Eingang (Mikrophon oder Meßspannungsquelle), b Verstärker, c rotierender Nockenschalter, d Bandpass, e Verstärker und Gleichrichter, f Trägerfrequenzgeber ca. 3000 Hz, g Braunsche Röhre, h Amplitudenspektrum, i Ablenk-Spannungsteiler, M Modulator,  $F_1$ — $F_n$  Filter.

Bereich durchlaufen oder oberhalb der höchsten Frequenz, also etwa bei 12 000 Hz beginnen und bis 22 000 Hz verändert werden; im ersten Fall wird der unterhalb des Analysierbereiches liegende Differenzton mit einem Filter ausgesiebt, im zweiten der oberhalb liegende. Mit dem Suchtonverfahren wird ein Auflösungsvermögen bis etwa 10 Hz er-



reicht, allerdings bei einer Analysierdauer bis zu mehreren Minuten; während dieser Zeit darf sich der zu analysierende Vorgang nicht ändern. Das Verfahren eignet sich daher besonders für die Untersuchung lang andauernder Vorgänge, wie etwa der Klänge von Musikinstrumenten<sup>21)</sup>.

Eine wesentlich grössere Analysiergeschwindigkeit gestattet das Tonfrequenzspektrometer<sup>22)</sup>. Fig. 8 zeigt den prinzipiellen Aufbau.  $F_1$  bis  $F_n$  sind 27 Bandfilter mit einem Durchlassbereich von  $\frac{1}{3}$  Oktav; die Lochmitte des untersten Filters liegt bei 40, die des obersten bei 16 000 Hz. Die Eingänge der Filter sind parallelgeschaltet. Die Ausgangsspannung jedes Filters wird gleichgerichtet, in einem Kondensator gespeichert und durch den rotierenden Nockenschalter  $S_a$  etwa 20mal in der Sekunde abgetastet; die senkrechte Auslenkung des Braunschen Rohres ist der Ausgangsspannung der Filter proportional. Ein zweiter synchron umlaufender Schalter  $S_b$  greift an einem Spannungsteiler eine Gleichspannung ab, die für die horizontale Ablenkung dient. Wegen der grossen Abtastgeschwindigkeit erhält man also am Schirm der Braunschen Röhre ein für das Auge stehendes Linienspektrum des zu analysierenden Vorganges; jedem Punkt bzw. jeder Linie ist ein Filter und damit eine bestimmte Frequenz zugeordnet, während die Länge der Linie direkt ein Mass für die Stärke der einzelnen Komponenten ist (vgl. Fig. 3). Soll auch der Ablauf schnell veränderlicher Vorgänge untersucht werden, dann kann das Spektrum mit einer Schmalfilm-Kinokamera photographiert werden. Entsprechend der Einschwingzeit der Filter können noch Vorgänge von etwa  $\frac{1}{10}$  Sekunde Dauer aufgezeichnet werden.

Für die Untersuchung noch schnellerer Vorgänge geht man zu Filtern mit noch grösserer Lochbreite über und verwendet zweckmässig das Oktavsieb<sup>23)</sup>, das einen Durchlassbereich von einer Oktav hat. Man kann nun hinter den Filtern mit einem z. B. den Effektivwert zeigenden Instrument messen; wegen des grossen Durchlassbereiches erhält man allerdings nur eine Grobanalyse des zu untersuchenden Schallvorganges. Diese Grobanalyse kann aber wertvoll sein, da man aus ihr mit recht guter Genauigkeit und sehr einfach die Lautstärke berechnen<sup>23)</sup> kann. Auch für statistische Messungen, z. B. der Spitzen- und Mittelwerte von Sprache und Musik wurde das Oktavsieb mit Erfolg eingesetzt<sup>24)</sup>. Eine weitere wertvolle Anwendung hat das Oktavsieb in Verbindung mit dem Oszillographen zur Untersuchung von Einschwingvorgängen gefunden, die bekanntlich in der Akustik eine grosse Rolle spielen. Der grosse Vorteil gegenüber der direkten oszillographischen Aufzeichnung ist, dass die Oktavsieboszillogramme viel leichter gedeutet werden können; eine rechnerische Analyse oder die Anwendung eines mechanischen Analysators ist kaum mehr nötig. Natürlich hat aber auch das Oktavsieb seine Grenzen<sup>25)</sup>. Man hat mit einem Eigendekrement von 0,7 bis 1,4 zu rechnen und kann daher nur Vorgänge fehlerfrei aufzeichnen, die langsamer, d. h. mit einem kleineren Dekre-

ment an- oder abklingen. Auch der Laufzeitfehler ist zu berücksichtigen.

In den letzten Jahren wurden nach dieser Methode die Ausgleichsvorgänge von Sprache und Musik<sup>26)</sup> eingehend erforscht. So zeigt Fig. 9 z. B. den Unterschied im Schalleinsatz zwischen dem

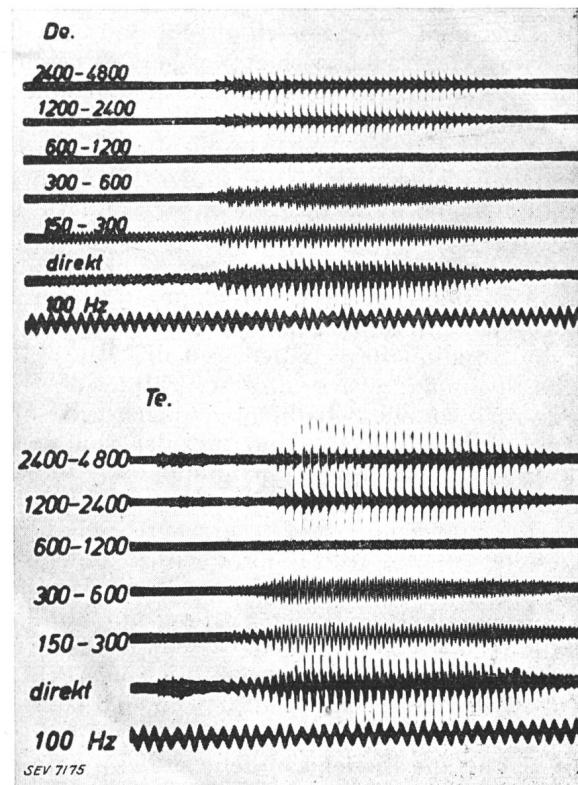


Fig. 9.

Oktavsieb-Oszillogramme der Silben De, Te nach Trendelenburg.

stimmhaften, weichen Konsonanten D und dem stimmlosen T; beim D setzt die Stimmbandschwingung (Sieb 150—300 z) zugleich mit dem nur ganz wenig angedeuteten Explosionslaut des Konsonanten ein, beim T kommt der starke Explosionslaut zunächst ganz isoliert (Sieb 2400—4800 Hz), die Stimmbandschwingung dagegen erst merklich später.

Neben dem Oszillographen zur Aufzeichnung des Momentanwertes braucht man in der Akustik auch noch ein Gerät zur Registrierung der Amplitude oder des Effektivwertes. Diese Aufgabe erfüllt der Dämpfungsschreiber nach Neumann<sup>27)</sup>. Er zeichnet die gleichgerichtete Spannung bei Frequenzen von 30 ... 20 000 Hz im logarithmischen Maßstab auf die Wachsschicht eines Papierbandes; es können drei verschiedene Messbereiche von 0 bis 25, 50 und 75 db durch Auswechseln des Regelpotentiometers eingestellt werden. Der Papiervorschub beträgt 1, 10 oder 50 mm/s. Das Schreibsystem hat für Vollausschlag eine Einstellzeit von 150 bis 160 ms. Mit dem Dämpfungsschreiber können Nachhallmessungen ausgeführt werden, soweit der Nachhall grösser als die Einstellzeit des Schreibers ist; die Auswertung ist besonders einfach, da die Nachhallkurve wegen des logarithmischen Maßstabes an-

genähert eine Gerade ist. Endlich eignet sich der Schreiber zur Messung des Uebertragungsmasses von elektrischen Vierpolen, Lautsprechern, Telephonen oder Mikrofonen.

### 3. Fernsprecherprüfgerät.

Dieses tragbare Gerät wurde, wie der Name sagt, zur Prüfung der Fernsprechapparate geschaffen<sup>28)</sup>. Es sei hier zum Schluss noch als ein typisches Beispiel eines elektroakustischen Messgerätes beschrieben, da es lediglich mit Mikrofonen, Telephonen und einer akustischen Schallquelle arbeitet. Die Schallquelle soll bei der Prüfung die Sprache ersetzen; aus einem Behälter fallen kleine Stahlkugeln auf eine unter 45° geneigte Stahlplatte und prallen von dieser gegen eine Glimmermembran, die den Prüfschall abstrahlt. Zur Mikrofonprüfung wird der Fernsprechhandapparat in der Gebrauchslage und im normalen Besprechungsabstand vor die Schallquelle gehalten und die Mikrofonwechselspannung gemessen. Zur Prüfung des Telephons wird vor die Schallquelle zunächst das Summermikrophon gesetzt, dann mit der von diesem Mikrophon abgegebenen Spannung das Telephon erregt und endlich mit einem zweiten Kohlemikrophon der nun vom Telephon erzeugte Schalldruck gemessen. Beide Mikrophone sind Kohlemikrophone und als solche nur ungenügend konstant; sie müssen daher vor jeder Prüfung mit Hilfe der Schallquelle geeicht werden. Wie aus dieser Beschreibung ersichtlich, baut sich die ganze Prüfung auf der Schallquelle auf. Sie ist genügend konstant, so dass eine Prüfung mit dem Gerät bestimmt genauer ist als die bis jetzt übliche subjektive Ueberprüfung der Apparate durch einen Beamten.

### Literatur.

- 1) R. Holm, Z. techn. Phys. Bd. 13 (1922), S. 290, 320 u. 349. R. Holm, Wiss. Veröff. d. Siemens Konz. Bd. 7 (1929), Heft 2, S. 217.
- 2) F. S. Goucher, J. Franklin Inst. Bd. 217 (1934), S. 407.
- 3) R. Joscheck, Wiss. Veröff. d. Siemens-Werke Bd. 16 (1937), Heft 1, S. 105.
- 4) H. Jacoby u. H. Panzerbieter, ENT Bd. 13 (1936), S. 75.
- 5) H. Panzerbieter, EFD, Heft 48 (1938), S. 51.
- 6) H. Panzerbieter, ETZ Bd. 58 (1937), Heft 27 u. 28.
- 7) H. Pfeiffer u. F. Pfeleiderer, Fortschr. d. Fernsprechtechn. Nr. 14 (1936).
- 8) W. Janovsky, ETZ Bd. 58 (1937), Heft 48, S. 1289. W. Janovsky (Erweiterter Sonderdruck aus der ETZ 1937), Veröff. a. d. Geb. d. Nachrichtentechn. Bd. 7 (1937), 5. Folge, S. 873.
- 9) C. A. Hartmann u. W. Janovsky, Z. techn. Phys. Bd. 16 (1935), S. 580.
- 10) H. Fletcher, Speech and Hearing, New York, 1929.

- 11) H. J. v. Braunmühl u. W. Weber, ENT Bd. 13 (1936), S. 414.
- 12) K. Krüger u. W. Willms, Z. techn. Phys. Bd. 16 (1935), S. 585.
- 13) H. J. v. Braunmühl, Z. techn. Phys. Bd. 17 (1936), Heft 12, S. 539. E. Thienhaus, Z. VDI Bd. 81 (1937), Heft 29 u. 31, S. 855 u. 905. E. Thienhaus, Z. VDI Bd. 81 (1937), Heft 33, S. 963.
- 14) Benecke, Funktechnischer Vorwärts Bd. 7 (1937), Heft 21 u. 22.
- 15) H. Emde, H. E. Henrich, O. Vierling, Z. techn. Phys. Bd. 18 (1937), Heft 9, S. 252.
- 16) F. Aigner, Z. Physik Bd. 1 (1920), S. 161. W. Janovsky u. A. Rechten, Wiss. Veröff. d. Siemens-Werke Bd. 16 (1937), Heft 2, S. 84.
- 17) H. Steuding, Messung mechanischer Schwingungen, Berlin, VDI-Verlag 1928.
- 18) E. Meyer u. W. Böhm, ENT Bd. 12 (1935), Heft 12, S. 404.
- 19) W. Janovsky, Z. f. techn. Phys. Bd. 14 (1933), Heft 11, S. 466. W. Janovsky, ATM, V 132—6, 1932, V 132—7, 1933, V 132—8, 1935. L. Merz u. H. Scharwächter, ATM V 132—15, 1937.
- 20) C. H. Walter, Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Werken Bd. 14 (1935), Heft 1, S. 56.
- 21) M. Grützmaker, ENT Bd. 4 (1927), S. 533. M. Grützmaker, Z. f. techn. Phys. Bd. 10 (1929), S. 572. C. H. Walter, Z. f. techn. Phys. Bd. 13 (1932), S. 440. C. H. Walter u. E. Freystedt, Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Werken Bd. 14 (1935), Heft 1, S. 63.
- 22) C. A. Hartmann u. H. Jacoby, ENT Bd. 12 (1935), Heft 6, S. 163.
- 23) E. Meyer u. G. Buchmann, Berl. Ber. Phys.-Math. 735, Kl. 32, 1931. E. Meyer, Z. f. techn. Phys. Bd. 12 (1931), S. 606.
- 24) E. Freystedt, Z. f. techn. Phys. Bd. 16 (1935), Heft 12, S. 533.
- 25) H. G. Thilo u. V. Steudel, Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Werken Bd. 14 (1935), Heft 1, S. 78.
- 26) H. Lueder, Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Werken Bd. 14 (1930), Heft 2, S. 167.
- 27) F. Trendelenburg u. E. Franz, Wiss. Veröff. a. d. Siemens-Werken Bd. 15 (1936), Heft 2, S. 78.
- 28) F. Trendelenburg u. E. Franz, Z. f. techn. Phys. Bd. 16 (1935), Heft 12, S. 513. O. Vierling, Z. f. techn. Phys. Bd. 16 (1935), Heft 12, S. 528. F. Trendelenburg, E. Thienhaus u. E. Franz, Z. f. techn. Phys. Bd. 17 (1936), Heft 12, S. 578, Akust. Z. Bd. 1 (1936), Heft 2, S. 59. O. Vierling, Z. f. techn. Phys. Bd. 18 (1937), Heft 4, S. 103. O. Vierling, F. Sennheiser, Akust. Z. Bd. 2 (1937), Heft 2, S. 93. F. Trendelenburg, E. Thienhaus u. E. Franz, Z. f. techn. Phys. Bd. 18 (1937), Heft 11, S. 477, Akust. Z. Bd. 3 (1938), Heft 1, S. 7.
- 29) Fr. O. Vogel u. P. Richter, Veröff. a. d. Geb. d. Nachrichtentechnik Bd. 7 (1937), 4. Folge, S. 647. H. J. v. Braunmühl u. W. Weber, ENT Bd. 12 (1935), S. 223 (Beschreibung der ersten Ausführung des Schreibers).
- 30) G. H. Domsch u. O. Böhm, Telegraphen-, Fernsprech- und Funk-Technik Bd. 26 (1937), Heft 3, S. 109.

## Hochfrequenztechnik und Radiowesen — Haute fréquence et radiocommunications

### Untersuchung und Planung von Fernsehverstärkern.

621.397.645

#### Problemstellung.

Im Gegensatz zu Niederfrequenzverstärkern, bei denen nur eine genügend flache Frequenzcharakteristik und die Abwesenheit von harmonischen (nichtlinearen) Verzerrungen erfordert wird, müssen beim Fernsehverstärker die einzelnen Frequenzen ohne zeitliche Verschiebungen gegeneinander-

durchkommen. Dies ist nur der Fall, wenn die im Verstärker entstehenden Phasenverschiebungen linear mit der Frequenz ansteigen.

#### Verstärkung.

In einem richtig gebauten Widerstandsverstärker hängt die obere Grenzfrequenz, die noch mit tragbaren Verlusten verstärkt werden kann, nur von den Röhren- und Kreiskapazitäten ab, die als Nebenschluss zum Kopplungswiderstand wirken. Abgesehen von der Abnahme des Verstärkungsgrades