

Beurteilung der Einschwingverzerrungen von Lautsprechern an Hand der Frequenzgänge

Autor(en): **Seemann, E.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Technische Mitteilungen / Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe = Bulletin technique / Entreprise des postes, téléphones et télégraphes suisses = Bollettino tecnico / Azienda delle poste, dei telefoni e dei telegrafi svizzeri**

Band (Jahr): **30 (1952)**

Heft 4

PDF erstellt am: **05.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-876102>

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.

TECHNISCHE MITTEILUNGEN

BULLETIN TECHNIQUE

PTT

BOLLETTINO TECNICO

Herausgegeben von der Schweizerischen Post-, Telegraphen- und Telefonverwaltung. Publié par l'administration des postes, télégraphes et téléphones suisses. Pubblicato dall'amministrazione delle poste, dei telegrafi e dei telefoni svizzeri

Beurteilung der Einschwingverzerrungen von Lautsprechern an Hand der Frequenzgänge

Von E. Seemann, Bern

621.395.623.7.004.6

Zusammenfassung. Es wird eine objektive Messmethode beschrieben, die gestattet, Einschwingverzerrungen von Lautsprechern an Hand der Frequenzgänge zu vergleichen. Die als Grundlage dienenden subjektiven Messungen sowie eine Versuchsanordnung zur Auswertung von Frequenzgängen werden erläutert. An einigen Beispielen wird gezeigt, dass die subjektive und objektive Beurteilung übereinstimmen.

Résumé. L'auteur décrit une méthode de mesure objective qui permet de comparer les distorsions d'oscillations des haut-parleurs sur la base des caractéristiques de fréquence. Il explique les mesures subjectives sur lesquelles il se fonde, ainsi qu'un dispositif d'essai servant à déterminer les caractéristiques de fréquence. Il montre, à l'aide de quelques exemples, que les mesures subjectives et objectives donnent des résultats concordants.

In einer Arbeit von J. C. Hentsch (1) ist untersucht worden, in welcher Weise Verfälschungen der Einschwingvorgänge in den Lautsprechern entstehen und in welchem Masse solche Verzerrungen die subjektive Qualität der Wiedergabe beeinträchtigen. Das wichtigste Charakteristikum eines Lautsprechers von bestimmter Leistung ist sein Amplitudengang. Die Güte der Übertragung hängt aber noch von weiteren Faktoren ab, welche vor allem Klirrfaktor, Phasen- und Einschwingverzerrungen sind.

Die Klirrfaktoren sind messbar und ihre Störfähigkeit kann zum Beispiel nach Braunmühl und Weber (2) untersucht werden.

Hentsch zeigt unter anderem auch, dass relativ grosse Unregelmässigkeiten im Phasengang eines Lautsprechers notwendig sind, bis die entstehenden Phasenverzerrungen subjektiv wahrnehmbar sind. So grosse Unregelmässigkeiten treten selten auf, so dass die Phasenverzerrungen bei Lautsprechern in bezug auf die Übertragungsqualität im allgemeinen vernachlässigt werden können.

Die Verstärkung oder Schwächung der Schaltknacke, die von Einschwingverzerrungen herrühren, können subjektiv gut wahrnehmbar sein. Hentsch vertritt die Ansicht, dass der Frequenzgang zur Beurteilung dieser Einschwingverzerrungen genügen sollte und schlägt vor, mittels einer passend zu wählenden Gewichtskurve aus dem Amplitudengang eine im folgenden mit «Mittelwerts»-Kurve bezeichnete

Linie abzuleiten. Diese Idee wird hier angewendet und gestattet unter gewissen Voraussetzungen, Lautsprecher in bezug auf ihre Einschwingverzerrungen zu vergleichen.

Bürk, Kotowski und Lichte (3) haben sich mit ähnlichen Problemen befasst. Es wurde von ihnen eine Reihe von normierten Unregelmässigkeiten des Amplitudenganges (Resonanzspitzen und Senken) auf Einschwingverzerrungen untersucht. Die Messungen wurden derart ausgeführt, dass ein Wellenzug mit rechteckiger Enveloppe abwechselungsweise über den zu untersuchenden Vierpol oder über einen Regelverstärker mit veränderlicher Zeitkonstante T auf einen Hörer gegeben wurde. Die Amplituden der beiden Wellenzüge am Hörer waren nach Abklingen des Einschalt-Tonspektrums gleich gross. Die Zeitkonstante T des Regelverstärkers wurde von der Versuchsperson derart gewählt, dass die beiden Wellenzüge bei subjektivem Vergleich die gleiche Knackintensität ergaben. Jedem Punkt des Amplitudenganges entspricht also eine bestimmte Zeitkonstante T. Dem Idealfall eines frequenzunabhängigen Amplitudenganges entspricht die Zeitkonstante Null. Leider lassen sich diese subjektiven Zeitkonstanten nicht ohne weiteres aus dem Amplitudengang rekonstruieren.

Es wurden von uns ähnliche Messungen durchgeführt, welche die Grundlage zu einer anschliessend beschriebenen Methode der direkten Bewertung des

Amplitudenganges auf Einschwingverzerrungen bilden. Um Vergleiche mit ähnlichen Messungen zu ermöglichen, werden die Versuchsbedingungen etwas ausführlicher beschrieben.

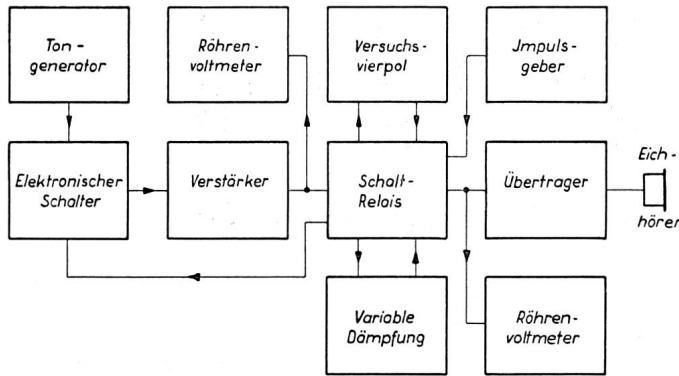


Fig. 1. Blockschema eines Tonfrequenzimpulsgebers

Das vom Tongenerator (Fig. 1) erzeugte Signal wird von einem elektronischen Schalter (vorgespannte Kristalldioden) mit einer so grossen Zeitkonstanten T behaftet, dass weder Ein- noch Ausschaltknack wahrnehmbar sind. Die verstärkten, in Fig. 2 voll ausgezogenen Impulse gelangen über die Schaltrelais zum Übertrager und Eichhörer, wobei entweder die in Fig. 2 gestrichelt oder punktiert gezeichnete Impulsform gewählt werden kann. Es ist also möglich, die Ein- oder Ausschaltflanken getrennt zu vergleichen, wobei die durch den elektronischen Schalter abgeflachte andere Seite der Impulse nicht stört. Die Impulsdauer und die Pause betragen je 0,5 s. In der Pause wird automatisch zwischen Versuchsvierpol und variabler linearer Dämpfung, das heisst zwischen verzerrtem und unverzerrtem Schaltvorgang umgepolt. Es wird ein dynamischer Eichhörer mit

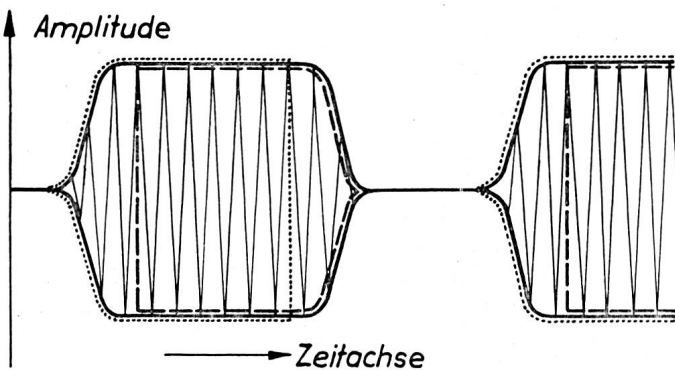


Fig. 2. Impulsform

sehr flachem Amplitudengang verwendet. Die Versuchsperson im ruhigen Schallmessraum hört also abwechslungsweise einen Impuls mit verzerrter und unverzerrter Schaltflanke, wobei sie die variable Dämpfung so einstellt, dass die beiden Schaltknacke nach subjektivem Ermessen die gleiche Intensität aufweisen. Die Amplituden (Lautstärken) der Dauertöne können dabei verschieden gross sein. Die Spannungen werden mit einem Röhrevoltmeter gemessen.

Der Hörvergleich wird einohrig mit Schalldrücken von der Grössenordnung $1 \mu b$ ausgeführt. Gemessen werden einfache Einbrüche und Erhebungen im Amplitudengang, herrührend von Serie- und Parallelresonanzkreisen, sowie Filter (Hoch- und Tiefpass). Die Resonanzfrequenzen der einzelnen Kreise betragen 300 Hz, 1 kHz, 3 kHz und 8 kHz. Es werden vor allem die Einschaltflanken untersucht. Ein Vergleich der Ausschaltflanken ergibt ungefähr dasselbe Bild.

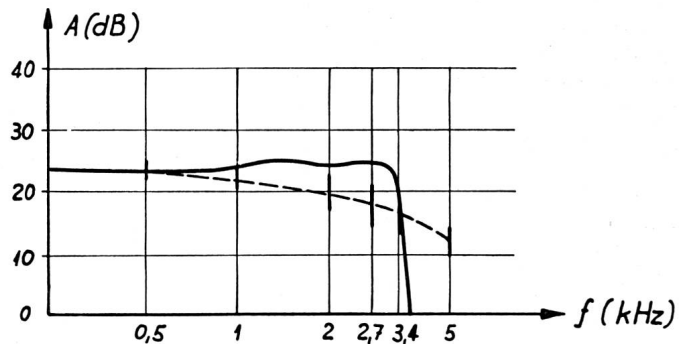
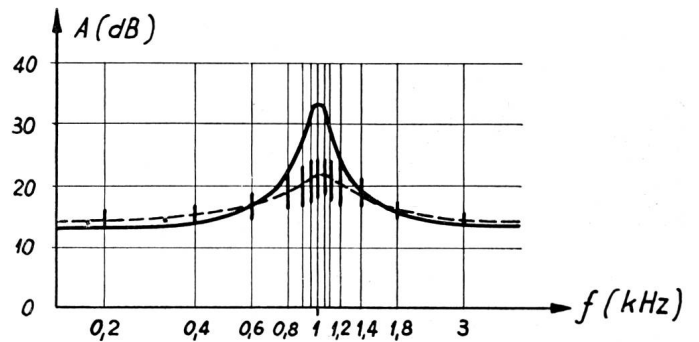
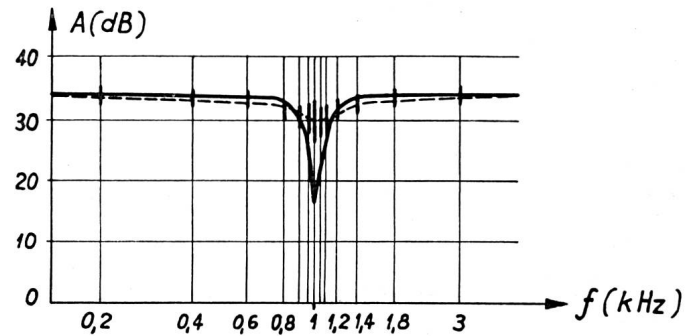


Fig. 3. Frequenzgänge mit den entsprechenden Mittelwertkurven

Die Messwerte für 1 kHz sind in Fig. 3 angegeben. Die subjektive Vergleichskurve (Mittelwert von 10 Messungen) ist gestrichelt eingezeichnet. In Fig. 4 sind die Oszillogramme der untersuchten Impulse für $f = 1 \text{ kHz}$ dargestellt. Die Resultate für einen Tiefpass (Grenzfrequenz $f_0 = 3,4 \text{ kHz}$) sind ebenfalls in Fig. 3 dargestellt. Die Streuung der Messpunkte ist teilweise sehr gross, was auf Änderung der Tonfarbe der Schaltknacke und auf teilweise stark verschiedene Lautstärken der Dauertöne zurückzuführen ist. Die einzelnen Messungen sind einigermassen reproduzierbar. Der Verlauf der Kurven entspricht den Erwartungen. Wird zum Beispiel im Falle einer Senke im Amplitudengang (Fig. 3) eine Frequenz geschaltet, die von der Resonanzstelle 1 kHz weit entfernt ist, so

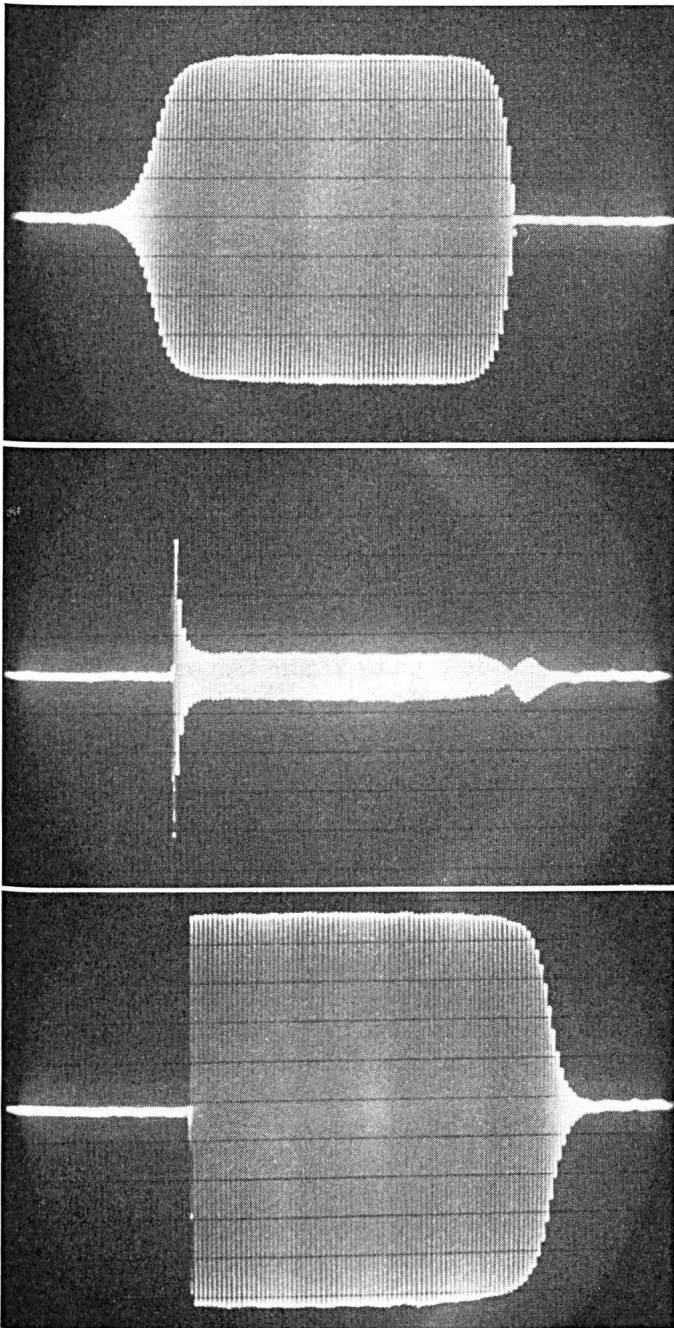


Fig. 4. Oszillogramme

- a) Erhebung im Amplitudengang bei $f = 1$ kHz. Einschaltflanke mit positiver Zeitkonstante (Schaltknack geschwächt).
- b) Senke im Amplitudengang bei $f = 1$ kHz. Einschaltflanke mit negativer Zeitkonstante (Schaltknack verstärkt).
- c) Frequenzunabhängiger Amplitudengang (Vergleichsimpuls) $f = 1$ kHz. Einschaltflanke mit Zeitkonstante 0 (Schaltknack normal).

wird das eine Seitenband des Schaltspektrums und damit die Intensität des Schaltknacks geschwächt. Für gleiche Knackintensität muss deshalb die Amplitude des unverzerrten Impulses kleiner sein. Die Vergleichskurve verläuft unterhalb des Amplitudenganges. In der Resonanzstelle selbst werden die Seitenbänder des Schaltspektrums vor allem in den äußeren Teilen im Verhältnis zum Dauerton verstärkt. Die subjektive Kurve verläuft über dem Amplitudengang. Dazwischen liegt der Schnittpunkt von Ampli-

tudengang und subjektiver Kurve, wo das eine Seitenband so stark geschwächt wie das andere verstärkt wird. Für den Fall einer Erhebung im Amplitudengang liegen die Verhältnisse gerade umgekehrt.

Die übrigen Messungen, die mit je ungefähr sechs Personen durchgeführt wurden, ergaben analoge Bilder. Die Frequenz- und Amplitudenachsen sind immer in logarithmischem Maßstab aufgetragen.

Diese subjektiv ermittelten Kurven können direkt aus dem Amplitudengang abgeleitet werden. Dies geschieht durch Behaften des Amplitudenganges mit einer Gewichtskurve, die den Verlauf des Frequenzganges in der unmittelbaren Umgebung der unter-

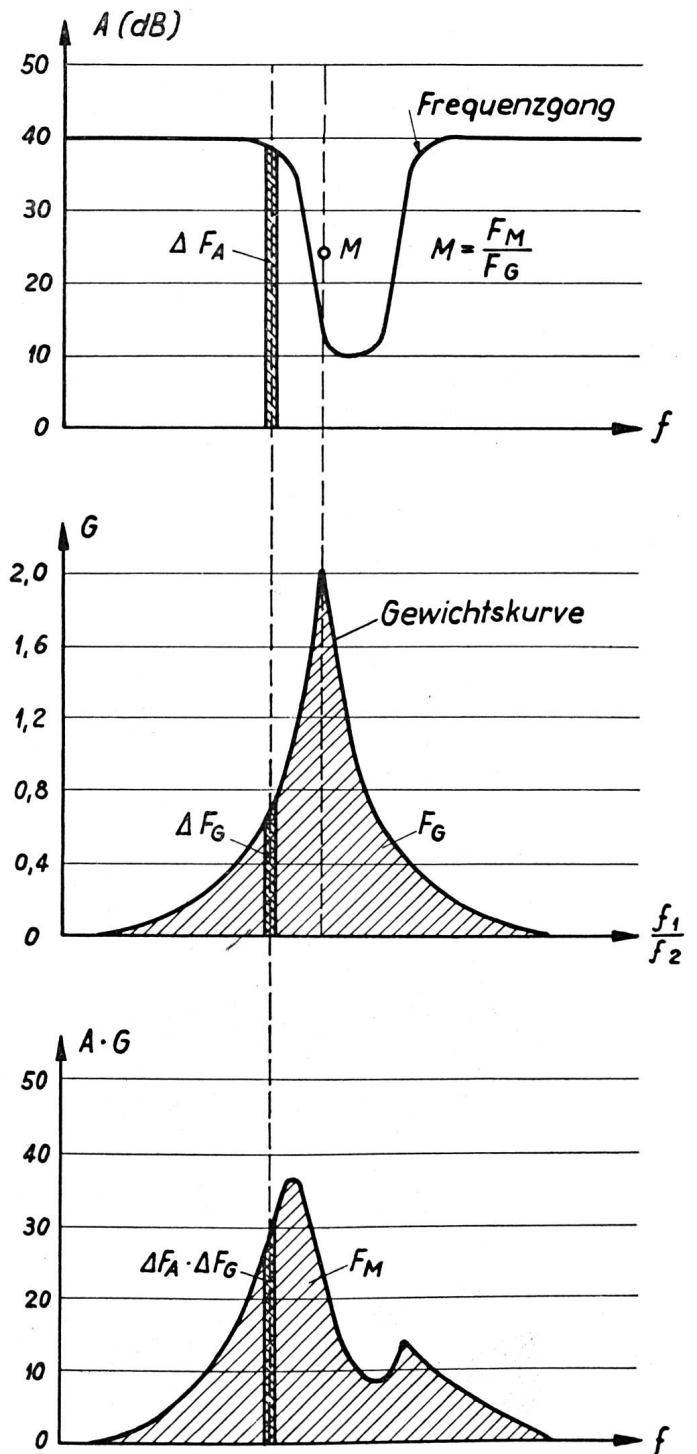


Fig. 5. Bestimmung der Mittelwertkurve

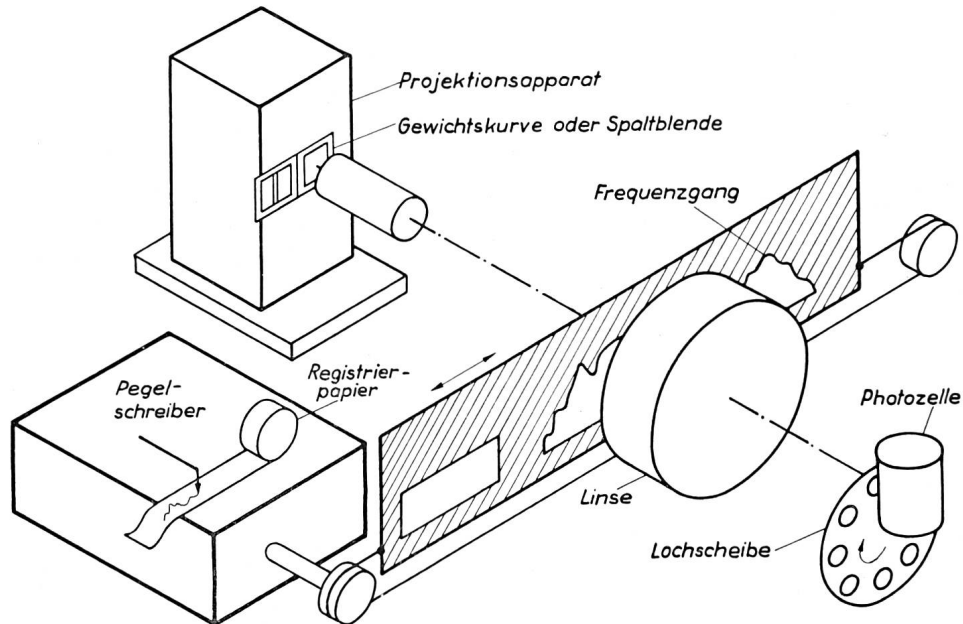


Fig. 6. Versuchsanordnung zur Bestimmung der Mittelwertkurve

suchten Frequenz stark und die weiter weg liegenden Teile weniger berücksichtigt. Nach Fig. 5 wird der Amplitudengang mit der Gewichtskurve multipliziert, was einen Punkt (M) der «Mittelwert»-Kurve ergibt. Diese Methode ist umständlich, da die Rechnung für jeden weiteren Punkt bei verschobener Gewichtskurve wiederholt werden muss. Es wurde deshalb ein Apparat gebaut, der es ermöglicht, die Mittelwertkurve direkt zu schreiben (Fig. 6 und 7). Es wird eine lichtundurchlässige Schablone des Ampli-

tudenganges hergestellt, welche nur zwischen Nulllinie und Frequenzgang offen ist. Diese Maske wird zwischen zwei Glasplatten in einen Schlitten gespannt. Die Gewichtskurve wird in Dichteschrift darauf projiziert, und zwar derart, dass der Lichtstrom in vertikaler Richtung (Amplitudenachse) homogen und in horizontaler Richtung (Frequenzachse) proportional der in Fig. 8 dargestellten, empirisch bestimmten Gewichtskurve ist. Um Wechselspannungsverstärker gebrauchen zu können, wird der durch eine

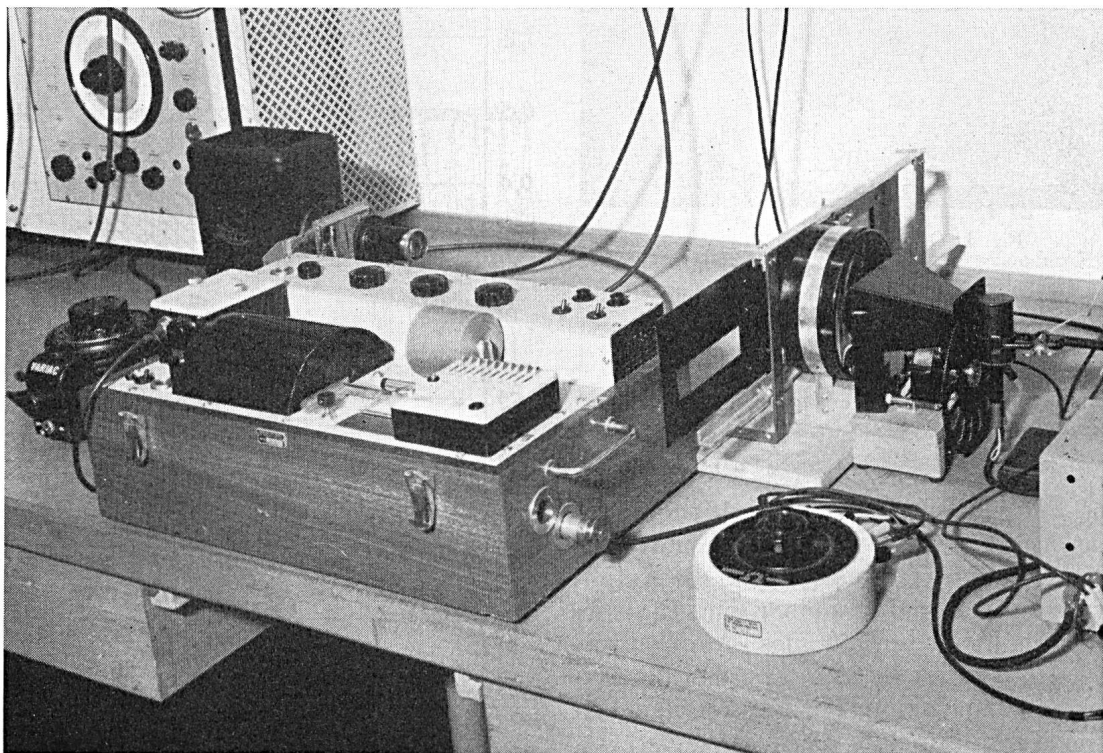


Fig. 7. Ansicht der Versuchsanordnung zur Bestimmung der Mittelwertkurve

Linse in die Photozelle projizierte, vom Amplitudengang gesteuerte Lichtstrom durch eine Lochscheibe zerhackt. Der Antrieb des Schlittens geschieht durch einen Pegelschnellschreiber, der gleichzeitig die Mit-

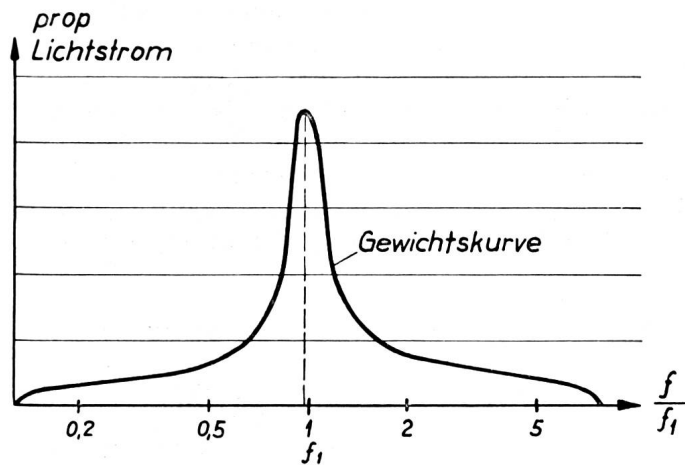


Fig. 8. Gewichtskurve

telwertkurve registriert. Wird an Stelle der Gewichtskurve eine Spaltblende verwendet, so lässt sich der Amplitudengang ebenfalls auf den gleichen Registrierstreifen übertragen. An einem Ende des Schlittens ist zur Eichung eine rechteckförmige Öffnung angebracht, die vor der Messung an Stelle des Amplitudenganges in den Lichtstrom gebracht wird. Die Projektionslampenspannung oder ein Spannungsteiler vor dem Schreiber werden so eingestellt, dass die Pegelschreibernadel einen bestimmten Ausschlag ergibt. Um eine gute Registriergenauigkeit zu erreichen, ist es notwendig, dass mindestens die Betriebsspannung der Projektionslampe konstant ist und dass Photozelle und Verstärker stabil sind. In unserem Falle ist die Schreibgenauigkeit über längere Zeit besser als ± 1 dB.

Werden die Amplitudengänge unserer subjektiven Messungen durch die voranstehend beschriebene Apparatur gemittelt, so ergeben sich zum Beispiel die in Fig. 3 gestrichelt eingezeichneten Kurven mit guter Genauigkeit. Die übrigen Beispiele ergeben analoge Bilder. Mit dieser Methode lassen sich auch die Frequenzgänge von Lautsprechern auswerten, wobei allerdings folgende Einschränkungen zu beachten sind:

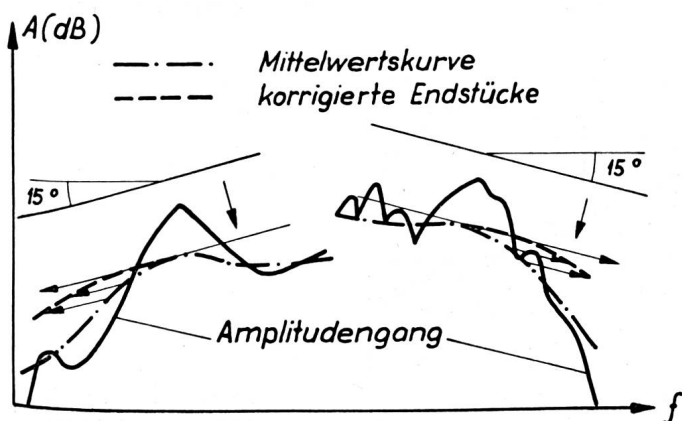


Fig. 9. Korrektur

Die Hauptteile des Amplitudenganges sollen zwischen $2/5$ und $4/5$ der nutzbaren Breite des Registrierstreifens verlaufen.

Für die beiden Enden sind die in Fig. 9 dargestellten Korrekturen vorzunehmen: Unter einem Winkel von 15° gegen die Horizontale geneigt sind vom äussersten tangentialen Berührungspunkt gegen aussen hin die Strecken $f_1 : f_2 = 1,6$ abzutragen.

Diese Bedingungen sind natürlich nicht als sehr streng zu betrachten, wie auch die Bewertungsmethode an sich nicht als exakte, sondern nur als Näherungslösung des Problems zu betrachten ist.

In Fig. 10 ist ein vergrößerter Ausschnitt aus einem untersuchten Amplitudengang eines Lautsprechers dargestellt. Wird zum Beispiel bei der Frequenz F die Amplitude A auf den Lautsprecher geschaltet, so ist für den Dauerton die Amplitude A massgebend. Der dabei entstehende Einschaltknack entspricht dem von der Amplitude M an einem frequenzunabhängigen Amplitudengang erzeugten. Dem durch den Amplitudengang verzerrten Schaltknack

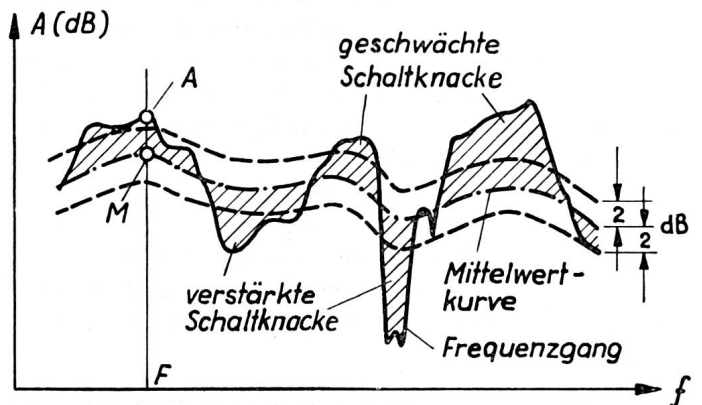


Fig. 10. Ausschnitt aus einem Amplitudengang

(Signal mit Amplitude A) entspricht also ein unverzerrter Schaltknack (Signal mit Amplitude M). In den Schnittpunkten der beiden Kurven treten keine subjektiv wahrnehmbaren Einschwingverzerrungen auf.

Die Amplitude M kann in gewissen Grenzen geändert werden, ohne dass ein Unterschied in der Intensität des Schaltknacks wahrnehmbar ist. Mit dem eingangs erwähnten Impulsgeber wurden diesbezügliche Versuche mit fünf Versuchspersonen an zehn über den ganzen Frequenzbereich verteilten Messpunkten vorgenommen. In guter Übereinstimmung werden bei sämtlichen Messpunkten kleine Unterschiede in der Knackintensität wahrgenommen, wenn die nacheinander geschalteten Amplituden eine Differenz von 5 dB aufweisen. Man kann annehmen, dass Unterschiede von 4 dB auch von geübten Personen noch nicht wahrgenommen werden.

Diejenigen Teile des Amplitudenganges, die innerhalb dieses Bereiches von ± 2 dB um die Mittelwertkurve verlaufen, ergeben keine subjektiv wahrnehmbaren Einschwingverzerrungen. Die Teile oberhalb ergeben geschwächte und die Teile unterhalb verstärkte Schaltknacke im Verhältnis zum Dauerton.

Als Mass für die entstehenden Verzerrungen kann direkt die von Mittelwertkurve und Amplitudengang begrenzte Fläche (in Fig. 10 schraffiert) betrachtet werden. Um eine dimensionslose und maßstabunabhängige Grösse zu erhalten, kann diese Fläche zum Beispiel als Vielfaches eines gleich langen Streifens von der Breite 1 dB angegeben werden. Die Untersuchung soll in dem zur Übertragung gelangenden Frequenzband gemacht werden, wobei die wichtigsten Teile je nach Bedürfnis stärker berücksichtigt werden können.

Die Mittelwertkurve basiert auf der Untersuchung eines Amplitudenganges mit Einzelton. Bei der Übertragung natürlicher Schallvorgänge treten meist ganze Frequenzgruppen auf, wobei ein Teil der Töne auf Erhebungen, ein anderer in Einbrüchen des Frequenzganges geschaltet wird. Dabei kann unter Umständen das Verhältnis der Lautstärke der Schaltergeräusche zur Lautstärke des Klangbildes richtig bleiben, was um so wahrscheinlicher ist, je mehr Frequenzen gleichzeitig geschaltet werden, je kleiner die Unregelmässigkeiten des Amplitudenganges sind und vor allem, je näher die Schnittpunkte von Mittelwertkurve und Amplitudengang beieinander liegen. In ähnlicher Weise wie bei der Bestimmung der Mittelwertkurve können die zur Bewertung des Lautsprechers verwendeten Flächen (in Fig. 10 schraffiert) gemittelt werden, was eine Bewertung der Einschaltverzerrungen durch ein Frequenzband ergibt. Je nach Verlauf des Amplitudenganges kann von zwei Lautsprechern der eine beispielsweise bei Prüfung mit Einzelton, der andere bei Untersuchung mit einem Fre-

quenzband besser bewertet werden. Die Unterschiede sind allerdings nicht sehr gross. Zudem entspricht das gewählte Frequenzband praktisch nie dem in Wirklichkeit auftretenden. Die Bewertung für Einzelton sollte genügen, da man die Verhältnisse an Hand des Amplitudenganges abschätzen kann.

Ein möglichst frequenzunabhängiger Amplitudengang ergibt praktisch immer gute Übertragungseigenschaften, wobei allerdings eine rechteckige Form unvorteilhaft ist. Einen guten Kompromiss zwischen Einschwingverzerrungen und Übertragungsfrequenzbereich stellt ein cos-förmiger Verlauf (4) der Grenzgebiete dar.

Für die untere Grenze wird vorgeschlagen (5)

$$b_1 = 20 \log \frac{2}{1 - \cos \pi f/f_1} \text{ (dB)}$$

Die Frequenzabhängigkeit in der Nähe der oberen Grenze beträgt (5)

$$b_2 = 20 \log \frac{2}{1 + \cos \pi f/f_2}'$$

wobei f_1 und f_2 beliebig zu wählende Bezugsfrequenzen sind.

In Fig. 11 sind drei ausgewertete Amplitudengänge dargestellt, welche die Bewertungsfaktoren 1,9, 2,6 und 4,2 ergaben; je kleiner dieser Bewertungsfaktor ist, um so kleiner sind die Einschwingverzerrungen.

Diese drei Lautsprecher wurden anschliessend in einem sehr gut gedämpften Schallmessraum subjektiv miteinander verglichen. Die Frequenzgänge stimmen in ihren grossen Zügen derart überein, dass ein

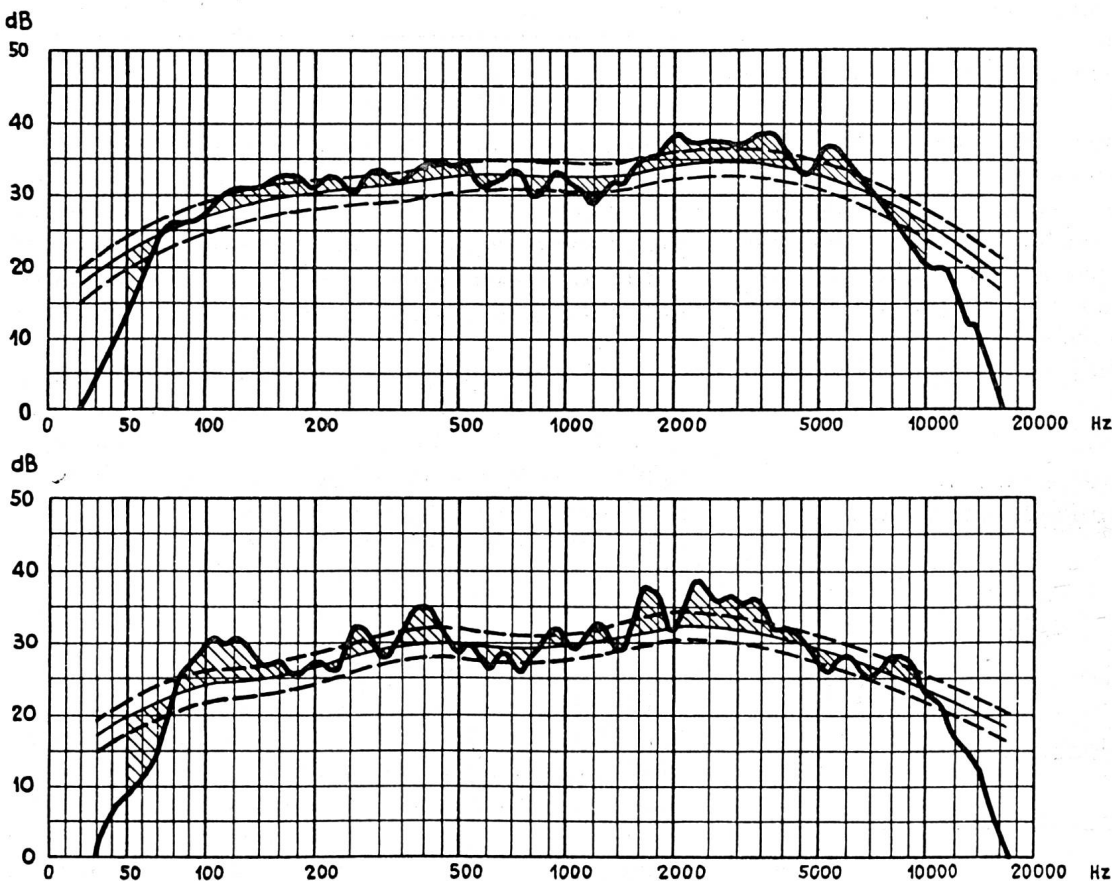
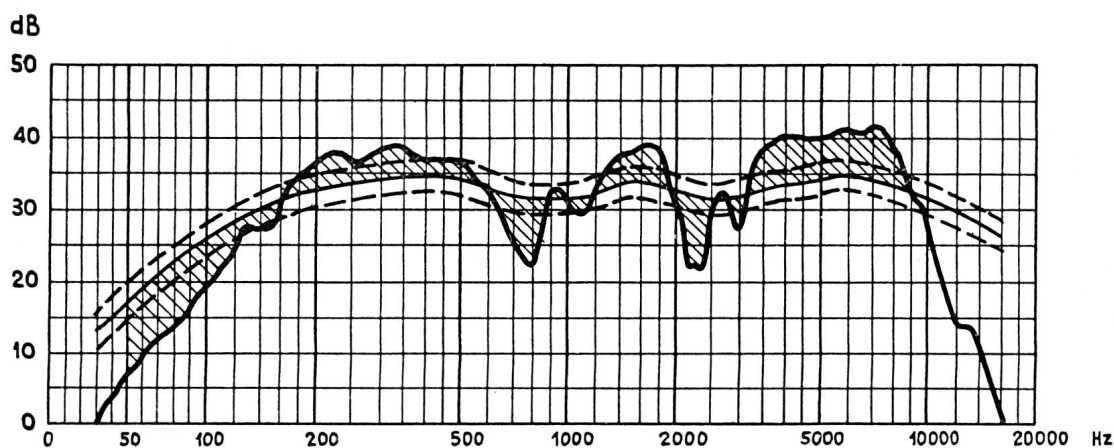


Fig. 11. Amplitudengänge von Lautsprechern

a) Lautsprecher Nr. 1.
Faktor für Einschwingverzerrungen: 1,9

b) Lautsprecher Nr. 2.
Faktor für Einschwingverzerrungen: 2,6



c) Lautsprecher Nr. 3.
Faktor für Einschwing-
verzerrungen: 4,2

weisses Rauschen eine sehr ähnliche Klangfarbe ergab, so dass dieser Umstand bei der subjektiven Beurteilung keine Rolle spielen konnte. Der Vergleich wurde mit verschiedenartiger Musik vorgenommen. Lautsprecher 1 ist dabei von etwa 20 Beobachtern einstimmig am besten beurteilt worden, 2 als etwas weniger gut und Lautsprecher 3 wurde als schlecht befunden.

Diese Versuche zeigen, dass Lautsprecher, deren Frequenzgänge im allgemeinen Verlauf gleich sind, sich aber in den Einzelheiten unterscheiden, auch subjektiv sehr verschieden bewertet werden. Die subjektiv und objektiv ermittelte Rangfolge stimmt dabei gut überein.

Bei der subjektiven Beurteilung werden allerdings sämtliche Fehler des Lautsprechers, wie zum Beispiel lineare und nichtlineare Verzerrungen, Einschwingverzerrungen usw., gesamthaft beurteilt. Die Versuche haben gezeigt, dass es schwierig ist, diese Eigenschaften zu trennen. So kann der Einfluss der Ein-

schwingverzerrungen auf die Übertragungsqualität subjektiv nicht ohne weiteres angegeben werden.

Die geschilderte neue Messmethode, obwohl sie streng genommen nur die Einschwingverzerrungen von reinen Tönen erfasst, gibt doch ein der subjektiven Beurteilung entsprechendes Bild und erweist damit ihre praktische Brauchbarkeit.

Bibliographie

- (1) J. C. Hentsch. La fidélité des haut-parleurs dans la reproduction des phénomènes transitoires. Technische Mitteilungen PTT, 1951, Nr. 6, 5.201.
- (2) H. J. von Braunmühl und W. Weber. Über die Störfähigkeit nichtlinearer Verzerrungen. Akust. Z. **2** (1937), 135.
- (3) Bürk, Kotowski und Lichte. Höruntersuchungen von Einschwingvorgängen bei elektroakustischen Übertragungssystemen. Elektr. Nachr. Techn. **13** (1936), 1.
- (4) K. Küpfmüller. Die Systemtheorie der elektrischen Nachrichtenübertragung. Zürich 1949.
- (5) G. Buchmann und K. Küpfmüller. Fortschritte in der Entwicklung elektrodynamischer Lautsprecher. Fernmeldetechn. Z. **4** (1951), 253.

Die Messung der Luftfeuchtigkeit

Von W. Hess, Bern

533.275

Zusammenfassung. Die relative Luftfeuchtigkeit spielt in automatischen Telephonzentralen eine bedeutende Rolle. Es ist notwendig, dass sie zwischen 40 und 70% liegt, wenn unliebsame Störungen im automatischen Telephonbetrieb vermieden werden sollen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass sich bei der Bestimmung der relativen Luftfeuchtigkeit leicht Fehler einschleichen, so dass die gefundenen Messwerte nicht immer den wirklichen Verhältnissen entsprechen. Um solche Fehler tunlichst zu vermeiden, sollen im folgenden die physikalischen und chemischen Grundlagen der Luftfeuchtigkeitsmessung dargelegt werden. Anschliessend werden die wichtigsten Messmethoden und Messgeräte beschrieben. Schliesslich werden noch einige wichtige Regeln für die Behandlung und Verwendung von Feuchtigkeitsmessern im Bereiche der PTT-Verwaltung angeführt.

1. Einleitung

Unter Luftfeuchtigkeit wird der Gehalt an Wasserdampf in der atmosphärischen Luft verstanden. Feuchte Luft ist somit ein Gemisch von Wasserdampf und trockener Luft. Beide Stoffe sind gasförmig und daher temperatur- und druckabhängig.

Résumé. L'humidité relative de l'air joue un rôle important dans les centraux téléphoniques. Il est indispensable qu'elle soit toujours de 40 à 70% si l'on veut éviter des perturbations désagréables du service. On a constaté toutefois qu'il peut facilement se produire des erreurs dans la détermination de l'humidité relative et que les valeurs trouvées ne correspondent pas toujours à la réalité. L'auteur expose les principes physiques et chimiques de la mesure de l'humidité de l'air qui permettent d'éviter ces fautes dans la mesure du possible et décrit les principales méthodes appliquées et les appareils de mesure utilisés. Il signale enfin quelques règles importantes à observer pour la manipulation et l'emploi des hygromètres dans l'administration des PTT.

Im allgemeinen sind Gase beliebig miteinander mischbar. Dies trifft jedoch auf die zu betrachtenden Komponenten, Wasserdampf und Luft, nicht zu. Die Luft vermag bei einer bestimmten Temperatur nur eine begrenzte Menge Wasserdampf aufzunehmen.

Bei der Messung der Luftfeuchtigkeit wird daher