

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

Herausgeber: Schweizerische Post-, Telefon- und Telegrafienbetriebe

Band: 29 (1951)

Heft: 6

Artikel: Ein Gerät zur Prüfung von Hörerkapseln = Appareil pour la vérification des capsules d'écoute

Autor: Kallen, Robert

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-875345>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

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

Auf Grund dieser Ergebnisse wurde das Gerät sofort für die Abnahmemessungen eingesetzt, wo es seit etwa 1½ Jahren in Betrieb steht. Die Arbeit, die vorher durch einen qualifizierten Kontrolleur ausgeführt wurde, wird jetzt von einer angelernten Angestellten besorgt. Nach kurzer Einarbeitungszeit war diese in der Lage, aus Besonderheiten im Frequenzgang der Hörerkapsel auf Fabrikationsfehler zu schliessen, die nach einiger Zeit zu einem Defekt führen mussten.

Gegenwärtig befindet sich bei einer Firma eine kleinere Serie dieser Hörerprüfgeräte im Bau. Von einigen Änderungen in der äusseren Bauweise abgesehen, die das Gerät auch für die Fabrikationskontrolle geeignet machen, besteht ihr wesentlicher Unterschied gegenüber dem beschriebenen Gerät darin, dass der mit einer Reaktanzröhre gesteuerte Schwebungssoszillator durch einen Generator mit einem endlosen Tonfilmstreifen ersetzt wird, eine Lösung, die für die in Frage kommende Zahl der Geräte billiger und einfacher ist.

Nach der Fertigstellung der in Auftrag gegebenen Serie werden alle Lieferanten für Hörerkapseln mit dem gleichen Gerät wie die PTT-Verwaltung messen, was für die Qualitätsverbesserung eine wesentliche Rolle spielt.

Das Gerät kann mit geringen Anpassungen auch zur Messung von Mikrophonkapseln usw. verwendet werden.

Ein Gerät zur Prüfung von Hörerkapseln

Von Robert Kallen, Bern 621.395.623.3.08

Zusammenfassung. Es werden die konstruktiven Einzelheiten eines Hörerprüfgerätes beschrieben. Das Gerät dient für die serienweise Prüfung von Hörerkapseln in der Apparateprüfung. Es wurde nach den von H. Meister dargelegten Gesichtspunkten entwickelt¹⁾.

Arbeitsweise der Messeinrichtung

Die nachstehend genannten Hauptteile bilden zusammen die Prüfeinrichtung für die objektive Hörerkapselmessung:

1. Der Oszillator oder Sender mit Frequenzwobbelung 4000...400 Hz, Ausgangsleistung 1 mW;
2. die Stationsschaltung als Kopplungsglied zwischen Oszillator und Hörerkapsel; sie dient der Nachbildung der Verhältnisse im Betriebe;
3. das künstliche Ohr, das durch ein Kondensatormikrophon mit definierter Druckkammer gebildet wird;
4. der Mikrophon-Vorverstärker;

¹⁾ Hans Meister: Die objektive Messung von Hörerkapseln. Techn. Mitt. PTT 1951, Nr. 6, S. 220.

déterminées de manière objective. Ce résultat est surprenant si l'on considère que les deux méthodes de mesure reposent sur des bases totalement différentes.

Etant donnés ces résultats, l'appareil fut immédiatement utilisé pour les mesures de réception. Il est maintenant en service depuis une année et demie. Le travail qu'exécutait autrefois un contrôleur qualifié est confié maintenant à une employée formée en conséquence. Au bout de quelque temps, celle-ci était en mesure de découvrir, d'après certaines particularités de la caractéristique de fréquence des capsules, des défauts de fabrication qui auraient certainement été la cause de dérangements.

Une série réduite d'appareils de vérification des capsules d'écoute est actuellement en fabrication. A part quelques petites modifications extérieures, qui permettent d'utiliser l'appareil pour le contrôle de la fabrication, la principale différence entre le prototype et l'appareil construit en série est le remplacement de l'oscillateur à battements commandé par tube de réactance par un générateur avec film sonore sans fin. Pour le nombre d'appareils entrant en considération, ce dernier système est meilleur marché et plus simple.

Lorsque les appareils commandés seront terminés, tous les fournisseurs se serviront pour mesurer les capsules du même dispositif que l'administration des PTT, ce qui permettra d'améliorer la qualité des écouteurs.

Moyennant une adaptation facile, on peut utiliser le même appareil pour vérifier la qualité des capsules microphoniques.

Appareil pour la vérification des capsules d'écoute

Par Robert Kallen, Berne 621.395.623.3.08

Résumé. L'auteur décrit la construction d'un appareil pour la vérification en série des capsules d'écoute, d'après les principes formulés par H. Meister¹⁾.

Fonctionnement de l'appareil

L'appareil pour la mesure objective des caractéristiques des capsules d'écoute comprend les parties principales suivantes:

1. L'oscillateur ou émetteur couvrant une gamme de fréquences de 4000 à 400 Hz, puissance de sortie 1 mW;
2. la station téléphonique fictive, organe de couplage entre l'oscillateur et la capsule; elle doit reproduire les conditions qui se rencontrent dans l'exploitation;
3. l'oreille artificielle, formée d'un microphone à condensateur avec chambre de pression définie;
4. le préamplificateur microphonique;

¹⁾ Hans Meister. Mesures objectives de réception des capsules d'écoute. Bulletin technique PTT 1951, n° 6, p. 220.

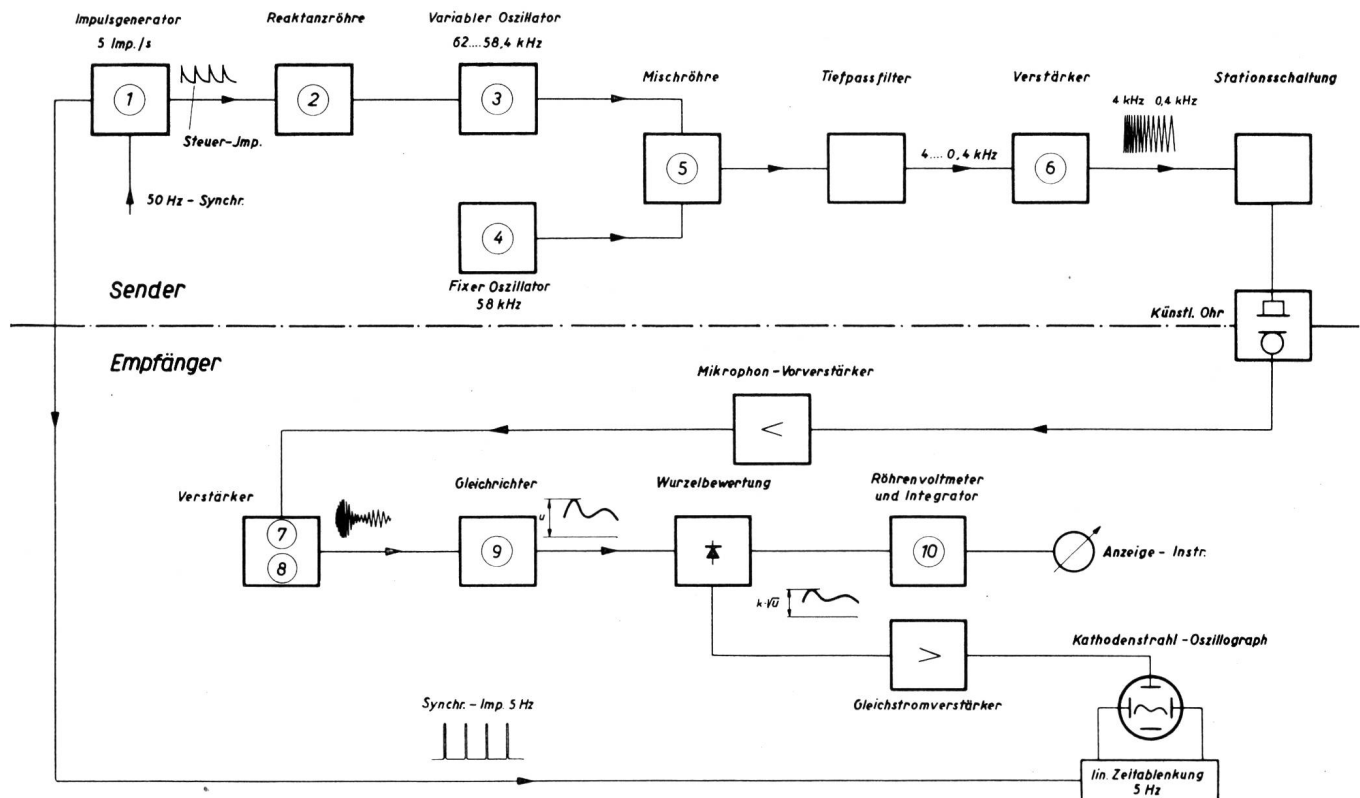


Fig. 1. Blockschema der Hörerprüfeinrichtung — Schéma sommaire de l'installation

5. der Detektor oder Empfänger mit der Wurzelbewertungsschaltung;
6. der Kathodenstrahl-Oszillograph;
7. die Netzspeisegeräte.

Damit das Versuchsgerät nicht unnötig kompliziert werde, hat man für Mikrofon-Vorverstärker und Kathodenstrahl-Oszillograph, vorhandene, fertig entwickelte Geräte verwendet.

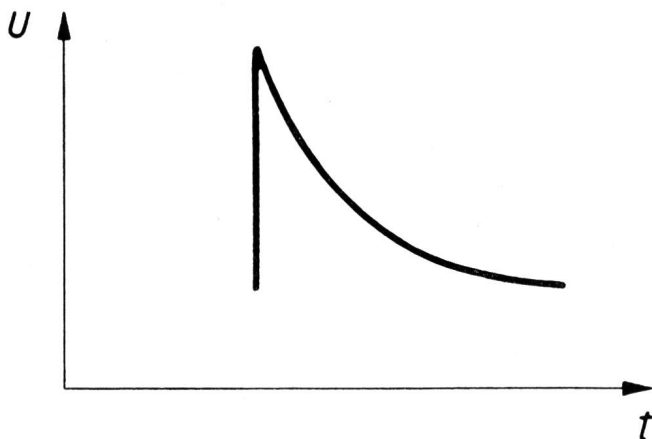


Fig. 2. Steuerspannung der Reaktanzröhre in Funktion der Zeit. Ein Kondensator von der Kapazität c , durch einen kurzen Stromstoß auf die Spannung U aufgeladen, entlädt sich über einen Widerstand R nach der Exponentialfunktion $u = U \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$

Tension de commande du tube de réactance en fonction du temps. Un condensateur d'une capacité C , chargé à la tension U par une brève impulsion de courant se décharge à travers une résistance R selon la fonction exponentielle $u = U \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$

5. le détecteur ou récepteur avec élément donnant la racine de la tension d'entrée;
6. l'oscillographe à rayon cathodique;
7. le dispositif d'alimentation par le réseau.

Pour ne pas compliquer outre mesure le prototype on a utilisé un préamplificateur microphonique et un oscillographe à rayon cathodique existants.

Expliquons premièrement, à l'aide du schéma (fig. 1), le principe du fonctionnement de l'appareil de mesure:

La fréquence variable de 4000 à 400 Hz est produite par le mélange, dans le tube mélangeur (5), d'une fréquence fixe de 58 kHz avec une fréquence pouvant varier entre 62 et 58,4 kHz. La fréquence de 58 kHz est produite par l'oscillateur (4), la fréquence variable (62 à 58,4 kHz) par l'oscillateur (3). La capacité du circuit oscillant de l'oscillateur variable est modifiée périodiquement par la réactance négative variable du tube (2). Le tube de réactance est commandé par le générateur d'impulsions (1).

Le générateur d'impulsions se compose d'une triode de relaxation à atmosphère gazeuse. Il est synchronisé par la fréquence de 50 Hz du réseau et fournit d'une part des impulsions de 5 Hz (de la forme représentée à la figure 2) comme tension de décharge d'un condensateur et, d'autre part, de brèves impulsions de synchronisation de la base de temps de l'oscillographe à rayon cathodique. Le générateur d'impulsions, le tube de réactance et l'oscillateur (3) sont connectés de manière que les fréquences 62 kHz à la sortie de l'oscillateur variable et 4 kHz à la sortie

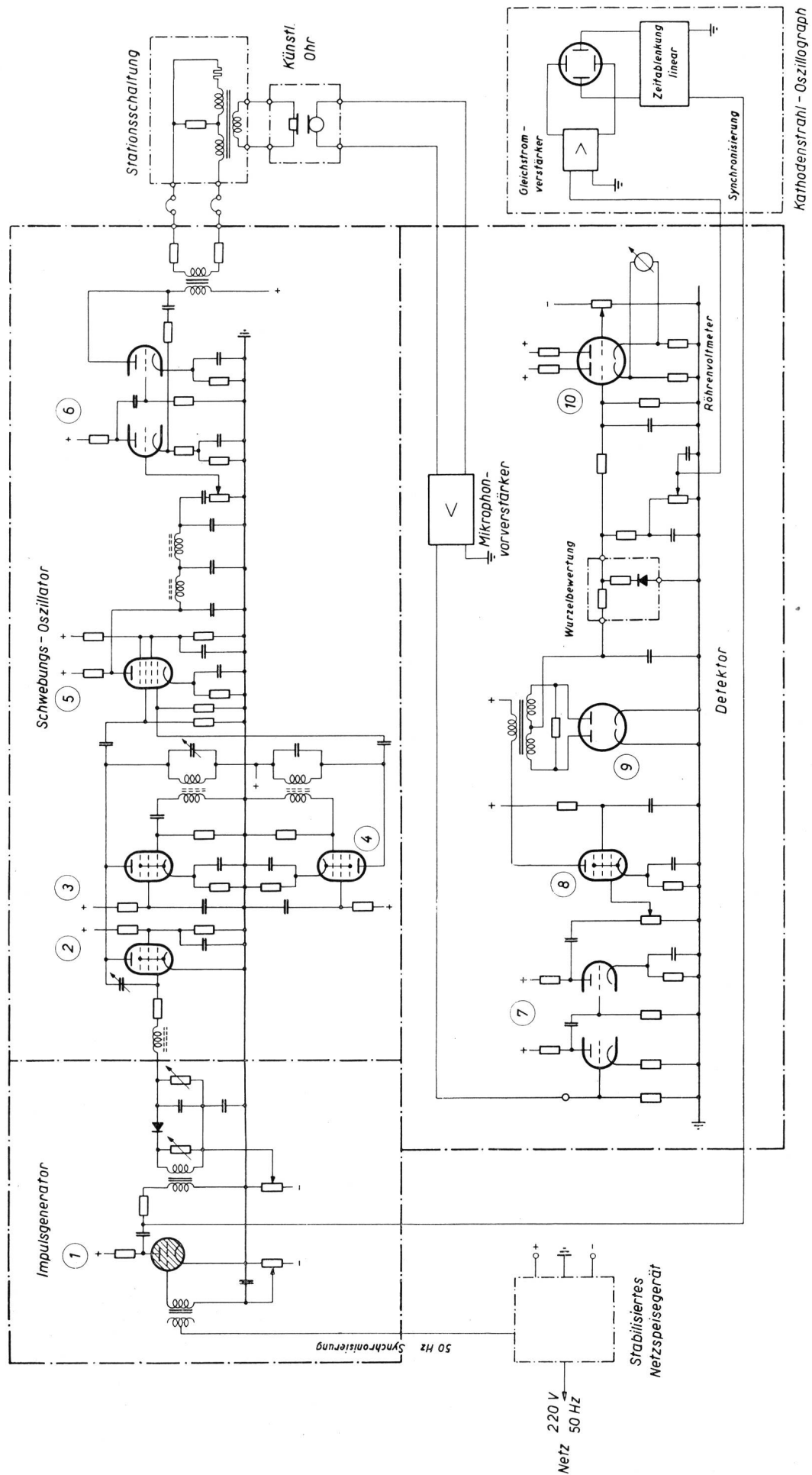


Fig. 3. Prinzipschema der Hörerprüfeinrichtung — Schéma de principe de l'installation

Die Wirkungsweise der Messeinrichtung sei zunächst an Hand des Blockschemas Fig. 1 im Prinzip erläutert:

Die veränderliche Tonfrequenz 4000...400 Hz entsteht durch die Mischung einer festen Frequenz von 58 kHz mit der gewobbelten Frequenz 62...58,4 kHz in der Mischröhre (5). Die Frequenz von 58 kHz wird im Oszillator (4) erzeugt, während der Oszillator (3) eine variable Frequenz in den angegebenen Grenzen erzeugt. Die Schwingkreiskapazität des variablen Oszillators wird durch die veränderliche negative Reaktanz der Röhre (2) periodisch verändert. Die Reaktanzröhre wird durch einen Impuls-generator (1) gesteuert.

Der Impuls-generator besteht aus einer Gastrioden-Kippschaltung. Er wird durch die Netzfrequenz 50 Hz synchronisiert und liefert einerseits 5-Hz-Impulse (von der Form nach Fig. 2) als Entladespannung eines Kondensators und andererseits kurze Synchronisierimpulse für die Zeitachse des Kathodenstrahl-Oszillographen. Impuls-generator, Reaktanzröhre und Oszillator (3) sind so geschaltet, dass der Spitze der Entladekurve in Fig. 2 die Frequenzen 62 kHz am Ausgang des variablen Oszillators bzw. 4 kHz am Ausgang des Tiefpassfilters entsprechen. Der Zusammenhang zwischen momentaner Entladespannung und Frequenz ist annähernd linear. Der Exponential-Funktions-Charakter der Kurve Fig. 2 bewirkt damit eine annähernd logarithmische Verteilung der Tonfrequenzen 4000...400 Hz auf die Zeit, derart, dass die hohen Frequenzen rascher durchlaufen werden.

Das Frequenzband 4000...400 Hz wird durch das Tiefpassfilter herausgesiebt, der Ton im Verstärker (6) verstärkt und danach der Stationsschaltung zugeführt. Das Mikrophon wird hierin durch einen Widerstand ersetzt (vgl. Fig. 3).

Die Hörerkapsel, als Umformer der elektrischen Energie in Schallenergie, sitzt in einer normalen Kapselfassung, wie sie im Mikrotelephon ebenfalls vorhanden ist. Das künstliche Ohr hat die Aufgabe, den vom Hörer erzeugten Schalldruck in elektrische Spannung umzuwandeln.

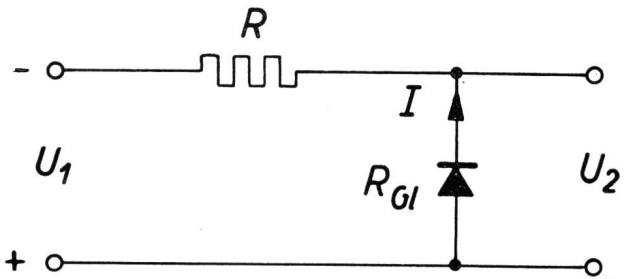


Fig. 4. Radizierglied

Elément donnant la valeur de la racine de la tension d'entrée

du filtre passe-bas correspondent à la pointe de la courbe de décharge de la figure 2. La relation entre la tension de décharge momentanée et la fréquence est presque linéaire. Il résulte du caractère de fonction exponentielle de la courbe de la figure 2 une répartition presque logarithmique des fréquences vocales de 4000 à 400 Hz dans le temps, si bien que les fréquences élevées passent plus rapidement.

La bande de fréquences de 4000 à 400 Hz est filtrée par le filtre passe-bas, le son est amplifié dans l'amplificateur (6) et conduit ensuite à la station téléphonique fictive. Le microphone est remplacé par une résistance (v. fig. 3).

La capsule d'écoute, qui transforme l'énergie électrique en énergie acoustique, est placée dans une douille normale semblable à celle du microtéléphone. L'oreille artificielle a pour fonction de transformer la pression acoustique produite par la capsule en tension électrique. Le « tympan » est représenté par la membrane d'un microphone à condensateur de haute qualité à caractéristique de fréquence droite. La chambre de pression du microphone est constituée par un système de deux chambres accouplées dont l'impédance acoustique correspond à celle de l'oreille.

Les courants microphoniques sont d'abord amplifiés dans le préamplificateur du microphone et l'amplificateur (7) et (8). L'amplitude, qui à la sortie de l'amplificateur de l'oscillateur (6) est la même pour toutes les fréquences, est, à la sortie de l'amplificateur

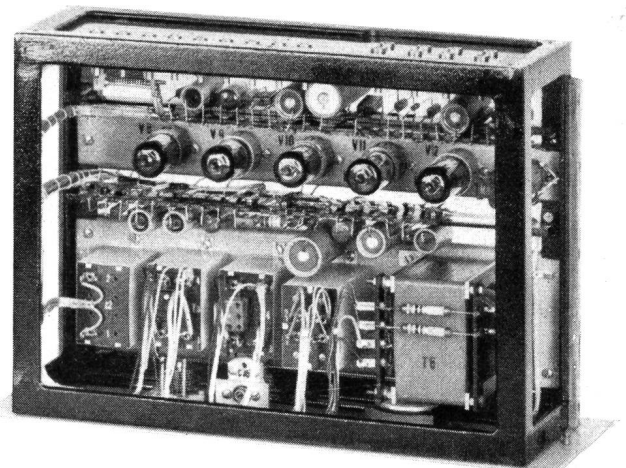
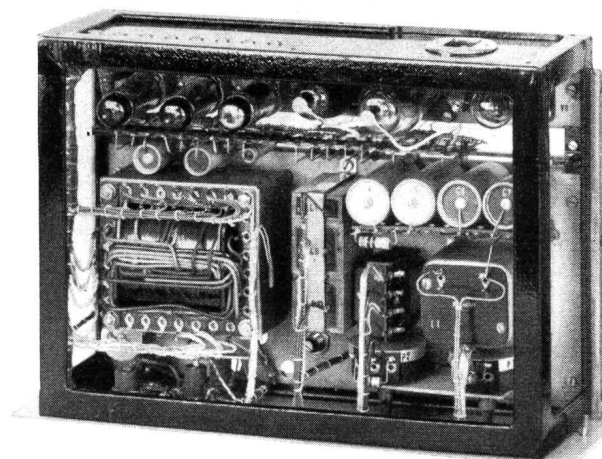


Fig. 5a. Hörerprüfgerät. Links stabilisiertes Netzspeisegerät und Impuls-generator; rechts Oszillator
A gauche: organe d'alimentation réseau stabilisé et générateur d'impulsions; à droite: oscillateur

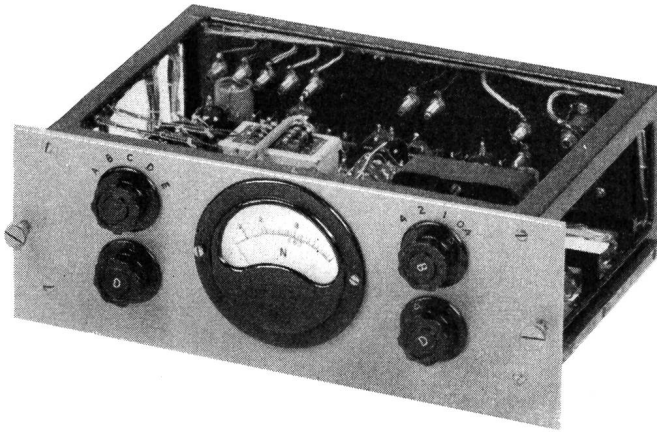


Fig. 5b. Hörerprüfgerät. Empfänger mit Bezugsdämpfungsmesser
Récepteur avec instrument de mesure de l'équivalent

Das «Trommelfell» wird durch die Membrane eines hochwertigen Kondensatormikrophons mit gerader Frequenzcharakteristik dargestellt. Die Mikrophondruckkammer stellt ein System von zwei gekoppelten Räumen dar, deren akustische Impedanz derjenigen des Ohres entspricht.

Die Mikrophonströme werden im Mikrophon-Vorverstärker und im Verstärker (7) und (8) vorerst verstärkt. Die Amplitude, die am Ausgang des Oszillatorverstärkers (6) für alle Frequenzen gleich hoch ist, ist nun am Ausgang des Detektorverstärkers (8) dem Frequenzgang der Hörerkapsel entsprechend moduliert (siehe die erklärenden Oszillogramme im Blockschema).

Die verstärkten Mikrophonströme werden im Gleichrichter (9) gleichgerichtet und hierauf der Wurzelbewertungsschaltung zugeführt. Diese Schaltung stellt einen nichtlinearen Vierpol dar, dessen

du détecteur (8), modulée selon la caractéristique de fréquence de la capsule (voir les oscillogrammes du schéma).

Les courants microphoniques amplifiés sont redressés par le redresseur (9) et conduits ensuite à l'élément donnant la racine de la tension d'entrée. Cet élément est un quadripôle non linéaire; les variations de tension à sa sortie correspondent à la racine carrée des variations à l'entrée. Cette propriété a pour effet de faire paraître atténués les pointes et les creux de la caractéristique de fréquence de la capsule; la caractéristique reflète ainsi la sensation éprouvée par l'oreille pour les intensités acoustiques entrant en considération.

Les variations de la tension continue déterminées de cette manière sont intégrées dans un circuit RC; la valeur de la tension moyenne est mesurée par un indicateur et sert de mesure de l'intensité du son de la capsule. D'autre part, les variations de la tension sont amplifiées par l'amplificateur de tension continue de l'oscillographe. La tension de sortie de cet amplificateur est appliquée aux plaques de déviation verticale. Le rayon cathodique, dont la déviation horizontale est commandée linéairement par le circuit de base de temps de l'oscillographe, en fonction du temps, reproduit sur l'écran la caractéristique de fréquence de la capsule (v. fig. 7 et 8). La déviation horizontale est synchronisée par le générateur d'impulsions de manière qu'à la fréquence de 4000 Hz de l'oscillateur corresponde la position du rayon à l'extrême gauche et à la fréquence de 400 Hz la position à l'extrême droite. Durant le temps ($1/5$ s) au cours duquel la hauteur du son passe successivement de 4000 à 400 Hz, le rayon passe de la gauche à la



Fig. 6

Objektive Hörerkapselmessung, Versuchseinrichtung

Links Kathodenstrahl-
oszillograph für die Fre-
quenzgang-Aufzeich-
nung; rechts Hörerprüf-
gerät mit Bezugsdämp-
fungsmesser, davor Hör-
erkapsel und künstli-
ches Ohr

Mesure objective des
capsules d'écoute, instal-
lation d'essai.

A gauche: oscillographe
à rayon cathodique pour
l'observation de la carac-
téristique de fréquence;
à droite: appareil de
vérification des capsules
avec instrument de me-
sure de l'équivalent;
devant: capsule et
oreille artificielle

Spannungsänderungen an seinem Ausgang der Quadratwurzel aus den entsprechenden Änderungen am Eingang entsprechen. Diese Charakteristik wirkt sich so aus, dass die Spitzen und Senkungen im Frequenzgang des Hörers gemildert erscheinen; sie soll damit die Lautstärkeempfindung des menschlichen Ohres bei den hier in Frage kommenden Lautstärken nachbilden.

Die so bewerteten Gleichspannungsschwankungen werden einerseits in einem RC-Netzwerk integriert, wobei die Höhe der mittleren Spannung in einem Anzeigergerät gemessen wird und als Mass für die Lautstärke der Kapsel dient. Andererseits werden die Spannungsschwankungen im Gleichstromverstärker

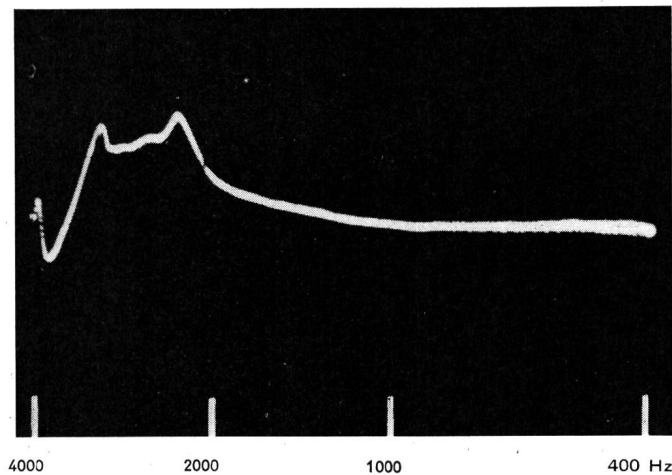


Fig. 7a und 7b. Frequenzgänge von neuen Hörerkapseln verschiedener Herkunft, aufgezeichnet durch das Hörerprüfgerät

des Kathodenstrahl-Oszillographen verstärkt. Die Ausgangsspannung dieses Verstärkers wird an die Vertikalablenkplatten des Oszillographen gelegt. Der Kathodenstrahl, dessen Horizontalbewegung durch die Zeitablenkungsschaltung des Oszillographen linear mit der Zeit gesteuert wird, zeichnet somit auf dem Schirm den Frequenzgang der Kapsel auf (siehe Fig. 7 und 8). Die Horizontalablenkung wird vom Impulsgenerator aus synchronisiert, derart, dass der Frequenz 4000 Hz des Oszillators die Strahlstellung zu äusserst links und der Frequenz 400 Hz die Stellung zu äusserst rechts entsprechen. In der selben Zeit ($\frac{1}{5}$ s), in der die Tonhöhe die Frequenzen 4000 $\rightarrow$ 400 Hz durchläuft, wandert der Strahl auf dem Schirm von links nach rechts. Hierauf springen Strahl und Tonfrequenz in sehr kurzer Zeit wieder in die Ausgangsstellung zurück, um sofort den Ablauf neu zu beginnen. Die Wiederholungsfrequenz von 5 Hz ist ein Kompromiss. Sie müsste im Hinblick auf die Einschwingvorgänge in der Kapsel tief sein, andererseits verlangen die Integration und die begrenzte Nachleuchtdauer des Oszillographen-Schirmes zur Aufzeichnung eines gut lesbaren Striches eine gewisse Mindestzahl von Wiederholungen in der Sekunde.

In Fig. 3 ist das Prinzipschema des Hörerprüfgerätes dargestellt. Die Positionsnummern der Röhren

rechte de l'écran. Ensuite, le rayon et la fréquence vocale reviennent en un temps très bref à leur position de départ, et le même mouvement recommence. La fréquence de répétition de 5 Hz est un compromis. Elle doit être basse en raison des phénomènes transitoires qui se produisent dans la capsule, mais, d'autre part, l'intégration et la persistance lumineuse réduite de l'écran nécessitent, pour l'inscription d'un trait bien lisible, un nombre minimum de répétitions par seconde.

La figure 3 montre le schéma de principe de l'appareil de vérification. Les numéros des tubes sont les mêmes que dans la figure 1. Pour plus de simplicité,

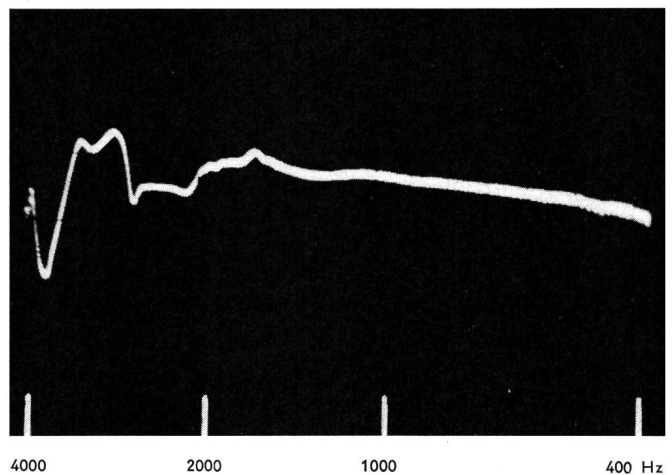


Fig. 7a et 7b. Caractéristiques de fréquence de nouvelles capsules de différentes marques, observées au moyen de l'appareil de vérification

l'alimentation n'a pas été représentée en détail; en outre, les circuits d'étalonnage ne figurent pas sur ce schéma, bien que l'appareil comprenne tous les dispositifs nécessaires pour l'étalonnage et le contrôle, soit:

1. Un contrôle de la fréquence des impulsions de 5 Hz au moyen de l'oscillographe;
2. un contrôle du synchronisme entre la fréquence vocale et la déviation horizontale du rayon cathodique; il contrôle en même temps la variation logarithmique de la fréquence. A cet effet, la tension de sortie de l'oscillateur excite un circuit oscillant connecté en parallèle, qui peut être commuté sur les fréquences de résonance 4, 2, 1, 0,4 kHz. La tension de ce circuit oscillant se trouve à l'entrée du détecteur. Sur l'écran de l'oscillographe s'inscrit l'image d'une courbe de résonance dont la pointe doit, lors du réglage de l'appareil, recouvrir exactement la marque de la fréquence tracée sur un chablon en cellone placé devant l'écran;
3. un contrôle du niveau de l'oscillateur;
4. un circuit d'étalonnage de la sensibilité du détecteur.

stimmen mit denjenigen in Fig. 1 überein. Der Einfachheit halber wurde die Speisung nicht in den Einzelheiten gezeichnet; ferner sind die Eichstromkreise nicht dargestellt. Das Gerät enthält aber alle zur Eichung und Kontrolle nötigen Einrichtungen.

Diese sind:

1. Eine Kontrolle der Impulsfrequenz 5 Hz mit Hilfe des Kathodenstrahl-Oszillographen;
2. eine Kontrolle des Gleichlaufes von Tonfrequenz und Horizontalablenkung des Kathodenstrahles, zugleich Kontrolle des logarithmischen Frequenzablaufes. Zu diesem Zweck wird mit der Oszillator-Ausgangsspannung ein Parallelschwingkreis angeregt, der auf die Resonanzfrequenzen 4, 2, 1, 0,4 kHz umschaltbar ist. Die Schwingkreisspannung liegt am Detektoreingang. Auf dem Schirm des Oszillographen entsteht das Bild einer Resonanzkurve, deren Spitze bei der Einstellung des Gerätes mit der entsprechenden Frequenzmarke auf einer Cellonschablone vor dem Schirm zur Deckung gebracht werden muss;
3. eine Kontrolle des Oszillatorpegels;
4. eine Eichschaltung zur Einstellung der Detektorempfindlichkeit.

Die Arbeitsweise der Wurzelbewertungsschaltung sei mit Hilfe der Fig. 4 erklärt:

Eine Gleichrichterzelle hat eine nichtlineare Spannungs-Strom-Charakteristik. Strom und Spannung hängen in der Durchgangsrichtung wie folgt voneinander ab:

$$I = c \cdot U_2^n$$

wobei c eine Konstante ist und der Exponent n annähernd 2 beträgt. Daraus wird

$$U_2 \approx c' \cdot \sqrt{I}$$

Macht man $R \gg R_{GL}$, dann ist I annähernd proportional U_1 . Damit wird

$$U_2 \approx c'' \cdot \sqrt{U_1}$$

wobei c' und c'' wiederum Konstanten sind.

Die Schaltelemente für die Wurzelbewertungsschaltung sind so gewählt, dass die Änderungen der Gleichspannung U_2 der Quadratwurzel aus den Schwankungen der Wechselspannung am Ausgang des künstlichen Ohres entsprechen. Diese Beziehung wird für Wechselspannungsänderungen von 4 N (50:1) mit einer maximalen Abweichung von $\pm 0,1$ N erfüllt.

Aufbau der Versuchseinrichtung

Fig. 5 vermittelt einen Einblick in die Konstruktion des Prototyps. Speisegerät, Sender und Empfänger sind je als Schublade ausgebildet, wodurch die Bauteile sehr gut zugänglich werden. Die drei Schubladen sind in einem gemeinsamen Gehäuse übereinander eingeschoben. Die vollständige Messeinrichtung ist in Fig. 6 abgebildet.

La figure 4 montre le fonctionnement de l'élément donnant la racine de la tension d'entrée:

Une cellule redresseuse a une caractéristique tension-courant non linéaire. Dans le sens du passage, le courant et la tension dépendent l'un de l'autre comme suit:

$$I = c \cdot U_2^n$$

c est une constante et l'exposant n est à peu près égal à 2. Par transformation, on obtient

$$U_2 \approx c' \cdot \sqrt{I}$$

Si l'on rend $R \gg R_{GL}$, I est à peu près proportionnel à U_1 . On obtient alors

$$U_2 \approx c'' \cdot \sqrt{U_1}, \text{ où}$$

c' et c'' sont de nouveau des constantes.

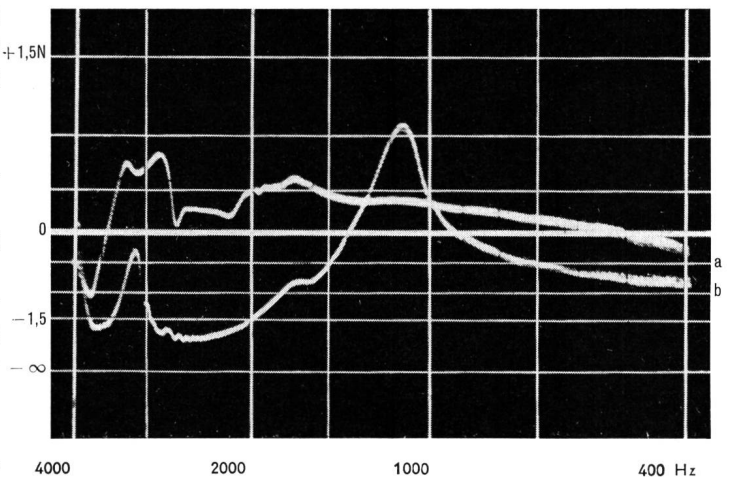


Fig. 8. Frequenzgang einer neuen Hörerkapsel (a) und einer alten Hörerkapsel Mod. 31 (b). Der Vergleich zeigt sehr gut den Lautstärkegewinn und den ausgeglichenen Frequenzgang der neu entwickelten Hörerkapsel

Caractéristique de fréquence d'une nouvelle capsule (a) et d'une ancienne capsule modèle 31 (b). On distingue parfaitement le gain de volume du son et la caractéristique de fréquence égalisée de la nouvelle capsule

Les différentes parties de l'élément ont des valeurs telles que les variations de la tension *continue* U_2 correspondent à la racine carrée des ondulations de la tension *alternative* à la sortie de l'oreille artificielle. Cette relation est réalisée pour des variations de la tension alternative de 4 N (50:1) avec une différence maximum de $\pm 0,1$ N.

Construction du prototype

La figure 5 montre la construction du prototype. Le dispositif d'alimentation, l'émetteur et le récepteur sont logés chacun dans un tiroir et très facilement accessibles. Les trois tiroirs sont placés les uns au-dessus des autres dans un même coffret métallique. La figure 6 donne une vue complète du dispositif pour la vérification des capsules d'écoute.