

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: 27 (1949)

Heft: 4

Artikel: Ein Gerät zur Aufzeichnung der Ortskurven von Scheinwiderständen im Tonfrequenzbereich

Autor: Meyer, Erwin / Tamm, Konrad

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-876393>

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: 24.01.2026

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

Ein Gerät zur Aufzeichnung der Ortskurven von Scheinwiderständen im Tonfrequenzbereich

Von Erwin Meyer und Konrad Tamm, Göttingen

621.317.332

Oftmals, besonders bei starker Frequenzabhängigkeit, möchte man schnell einen Ueberblick über den Verlauf der Ortskurve eines Scheinwiderstandes in einem grossen Frequenzbereich gewinnen, ohne dass es auf allzu grosse Genauigkeit ankommt. In solchen Fällen ist die Messung von Real- und Imaginärteil des Scheinwiderstandes mit Hilfe von Brückenanordnungen, also mit der üblichen Wheatstoneschen Brücke oder mit der von *Grützmacher* angegebenen Brücke, zu mühsam und zeitraubend und die erzielbare Messgenauigkeit nicht erforderlich. Für solche Messungen und besonders auch für Vorlesungsversuche wurde ein direkt anzeigendes Gerät entwickelt, das unmittelbar die Ortskurve schreibt.

Der komplexe Wechselstromwiderstand Z eines Zweipols (Scheinwiderstand) wird durch zwei Grössen, nämlich entweder durch den absoluten Betrag $|Z|$ und die Phase φ oder durch den Realteil $R = |Z| \cos \varphi$ und Imaginärteil $X = |Z| \sin \varphi$ charakterisiert: $Z = |Z| e^{j\varphi} = R + jX$.

Trägt man R und X als Abszisse und Ordinate in der komplexen Scheinwiderstandsebene auf, so erhält man bei Veränderung der Frequenz einen fortlaufenden Kurvenzug, den man abgekürzt als «Ortskurve» zu bezeichnen pflegt.

Unter den verschiedenen Möglichkeiten, die es zur Lösung des Problems gibt, wurde das nachstehende Verfahren als verhältnismässig einfach und übersichtlich ausgewählt und ausgeführt. Bei diesem Verfahren wird die Anzeige des Scheinwiderstandes aus den beiden Komponenten Realteil und Imaginärteil mit Hilfe von zwei, diesen Werten zugeordneten Messinstrumenten zusammengesetzt. Die beiden Messinstrumente lenken einen Lichtstrahl nacheinander in zwei zueinander senkrechten Richtungen, die der reellen und der imaginären Achse entsprechen, ab. Schickt man durch den zu untersuchenden Zweipol einen Wechselstrom $i = i_0 \cos \omega t$ der Frequenz $\omega/2\pi$, so entsteht an ihm eine Wechselspannung $u = i_0 |Z| \cos(\omega t + \varphi)$. Bildet man den zeitlichen Mittelwert des Produktes aus der Spannung u und dem Strom i , so erhält man

$$\frac{1}{T} \int_0^T u \cdot i \, dt = \frac{i_0^2}{2} |Z| \cos \varphi.$$

Der Mittelwert des Produktes ist also proportional dem Realteil des Widerstandes $|Z| \cos \varphi$. Den Imaginärteil $|Z| \sin \varphi$ findet man in entsprechender Weise, indem man das Produkt aus derselben Spannung u und einem um 90° gegenüber dem ursprünglichen Strom i verschobenen Strom $i' = i_0 \sin \omega t$ bildet:

$$\frac{1}{T} \int_0^T u \cdot i' \, dt = \frac{i_0^2}{2} |Z| \sin \varphi.$$

Die Ausführung des genannten Prinzips besteht also nur darin, erstens die beiden 90° gegeneinander phasenverschobenen Ströme mit frequenzunabhängiger Amplitude zu erzeugen und zweitens den Mittelwert des Produktes zu bilden. Zur Lösung beider Aufgaben gibt es eine Reihe von Möglichkeiten.

Erzeugt man die Wechselströme mit einer Lichtsirene, so kann man durch Anbringen zweier Photozellen in einem Abstand von $\frac{1}{4}$ der Lochabstände sehr leicht die gewünschten Ströme erhalten. Ein analoges Verfahren lässt sich beim Schwebungssummen anwenden, indem man aus der «festen» Hochfrequenz mit Hilfe eines Phasenschiebers zwei 90° phasenverschobene Hochfrequenzspannungen herstellt und in zwei getrennten Kanälen mit der «beweglichen» Hochfrequenz mischt bzw. verstärkt. Beide Erzeugungsarten hätten einen grösseren Aufwand bedingt. Es wurde deswegen der übliche Schwebungssummen benutzt und der um 90° phasenverschobene Strom mit Hilfe eines verhältnismässig kleinen Vorschaltkondensators erzeugt, wobei die Amplitude durch Nachregeln der Kapazität automatisch konstant gehalten wurde.

Die Mittelwerte der Produkte werden mit Hilfe von zwei Dynamometern¹⁾ gebildet. Jedes besteht aus einer spitzengelagerten Drehspule, die den Spiegel trägt, und einer fest im Innern der Drehspule angeordneten Feldspule, die einen Pulvereisenkern enthält. Die Rückstellkraft des Systems wurde einerseits mit Rücksicht auf die Empfindlichkeit, andererseits mit Rücksicht auf die Zeitkonstante und damit auf die Schreibgeschwindigkeit geeignet gewählt. Die Eigenfrequenz des verwendeten Modells, mit einem Trolitulrahmen als Spulenträger, war etwa 2 Hz. Die Instrumente haben ausserdem eine aperiodische Wirbelstromdämpfung. Beide Instrumente stehen senkrecht. Die Umlenkung des Lichtstrahls in eine zur Bewegungsrichtung des ersten Instrumentes senkrechte Richtung erfolgt durch zwei Prismen, die sich im Lichtweg zwischen den beiden Instrumenten befinden. Die erforderliche Stromstärke für die benutzten Ablenkungswinkel beträgt rund 20 mA. Die Instrumente weisen im ganzen Frequenzbereich, in dem sie geprüft wurden, das heisst bis 20 kHz, bei konstantem Strom durch beide Spulen keine Frequenzabhängigkeit des Ausschlags auf.

Figur 1 zeigt den Aufbau der benutzten Schaltung. Parallel zum Ausgang des Ueberlagerungssummers, der eine konstante Spannung für alle Frequenzen liefert, liegen drei Spannungsteiler (1, 2, 3), in denen der Strom durch die grossen Vorwiderstände R_V ($R_V \gg 1 \text{ kOhm}$) bestimmt ist. (Sind diese Wider-

¹⁾ Diese Instrumente wurden von dem Mechanikermeister W. Müller in ausgezeichnete Weise hergestellt.

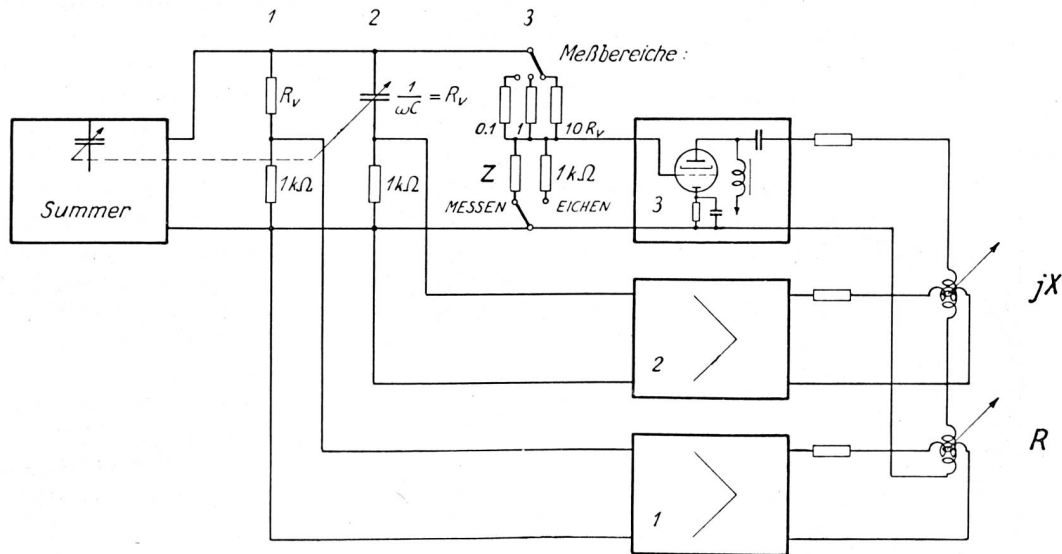


Fig. 1. Schaltbild des Scheinwiderstandschreibers

stände im Verhältnis zu den Abgriffwiderständen nicht gross, so ergeben sich Fehler in der Anzeige des Phasenwinkels). Im 1. und 3. Stromkreis sind die Vorschaltwiderstände reine Wirkwiderstände, während in dem 2. Kreis ein im Betrag gleich grosser, aber kapazitiver Widerstand eingeschaltet ist. Dabei wird die Grösse der Kapazität, entsprechend der Frequenz, durch eine unmittelbare Kopplung mit dem Drehkondensator des Ueberlagerungssummers so geändert, dass $1/\omega C$ konstant bleibt. Die Abgriffwiderstände in den drei Kreisen sind ohmsche Widerstände von 1 kOhm, bzw. der zu messende Widerstand selbst. Zur Eichung kann dieser ebenfalls durch einen Widerstand von 1 kOhm ersetzt werden. Der Vorwiderstand in dem 3. Kreis ist zur Anpassung an die verschiedenen Grössen von Z variabel.

Die abgegriffenen Spannungen werden drei Verstärkerröhren mit grossem Innenwiderstand (AL 5) zugeführt; in ihren Anodenkreisen liegen über einer

Drosselkopplung die Dynamometerspulen, und zwar an Röhre 1 und 2 je eine Feldspule, an Röhre 3 die beiden in Serie geschalteten Drehspulen. Den Spulen sind Widerstände vorgeschaltet, die gegen die höchsten induktiven Widerstände der Spulen gross sind, um eine frequenzunabhängige Arbeitssteilheit der Röhren zu erzielen. Die Einführung der Röhren ist notwendig, damit die Spannungsteiler nicht belastet werden. Ein unmittelbarer Anschluss der Dynamometerspulen parallel zum Messobjekt ist nicht möglich, weil ihr Stromverbrauch zu gross ist.

Man erkennt ohne Schwierigkeiten, dass in der beschriebenen Anordnung das eine Dynamometer (1/3) den reellen Anteil, das zweite Dynamometer (2/3)

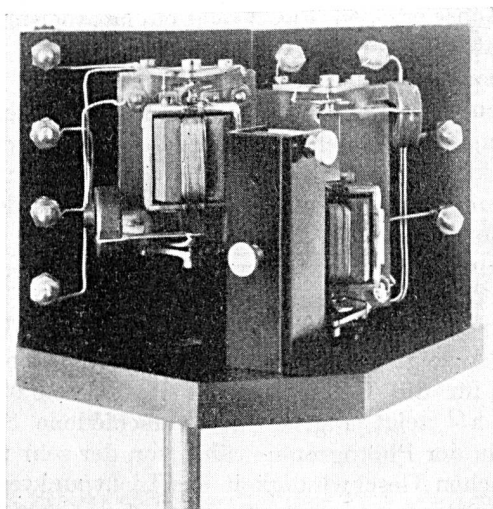
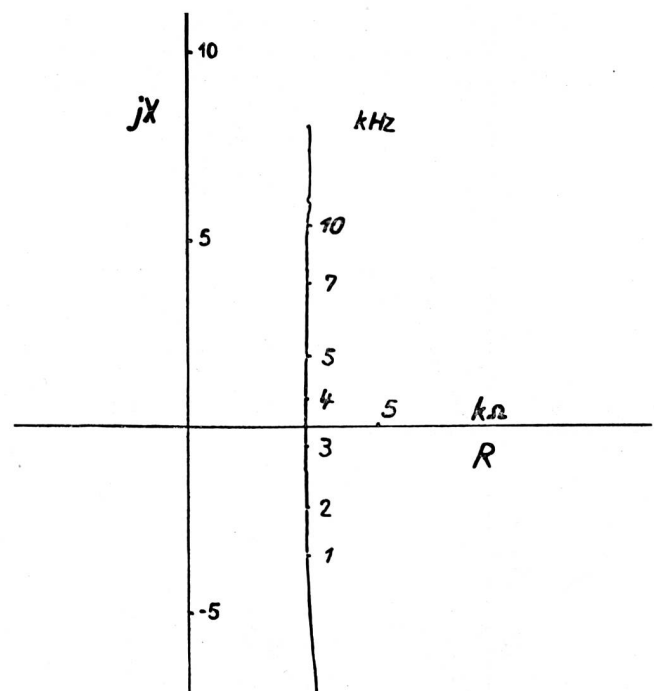


Fig. 2. Ansicht der beiden Dynamometermeßsysteme

Fig. 3. Scheinwiderstandsverlauf eines Serienresonanzkreises, $L = 0,1 \text{ Hy}$; $C = 0,02 \mu\text{F}$; $R = 3 \text{ kOhm}$

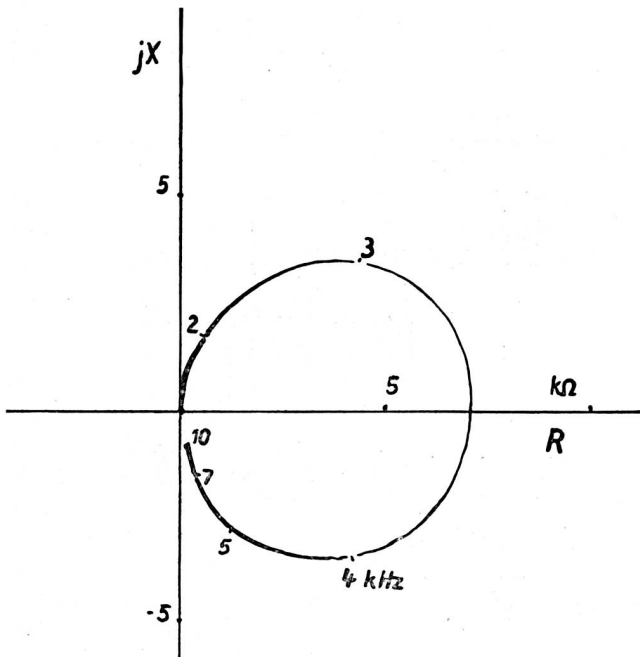


Fig. 4. Scheinwiderstandverlauf eines Parallelresonanzkreises,
 $L = 0,1 \text{ Hy}$; $C = 0,02 \text{ } \mu\text{F}$; $R = 8 \text{ k}\Omega$

den imaginären Anteil des gesuchten Scheinwiderstandes anzeigt. Bei grossem Frequenzbereich erweist es sich als notwendig, im Spannungsteilerkreis 2 nicht nur den Kondensator zu verändern, sondern auch den Abgriffwiderstand zu variieren, was mit Hilfe eines Potentiometers geschieht.

Eine Photographie der Dynamometer zeigt die Figur 2. Die Aufzeichnung der Ortskurve geschieht entweder dadurch, dass man, dem Lichtpunkt folgend, die Kurve auf dem Projektionsschirm nachzeichnet, oder dadurch, dass man sie photographiert.

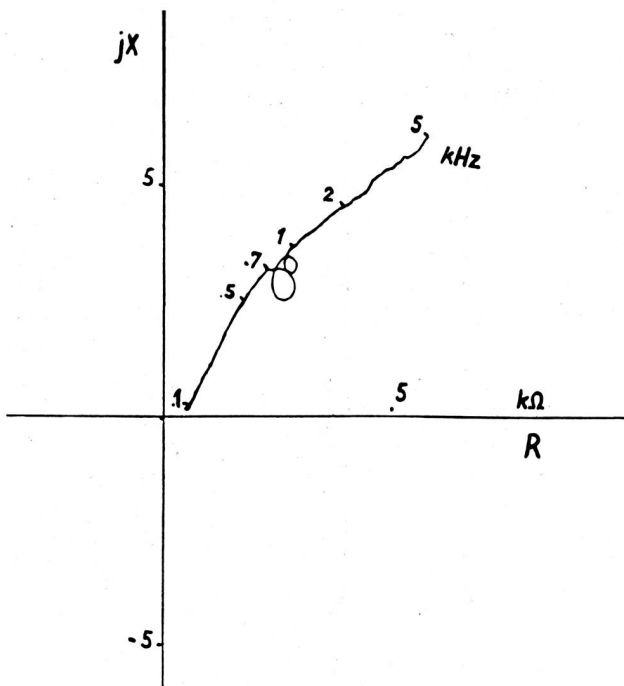
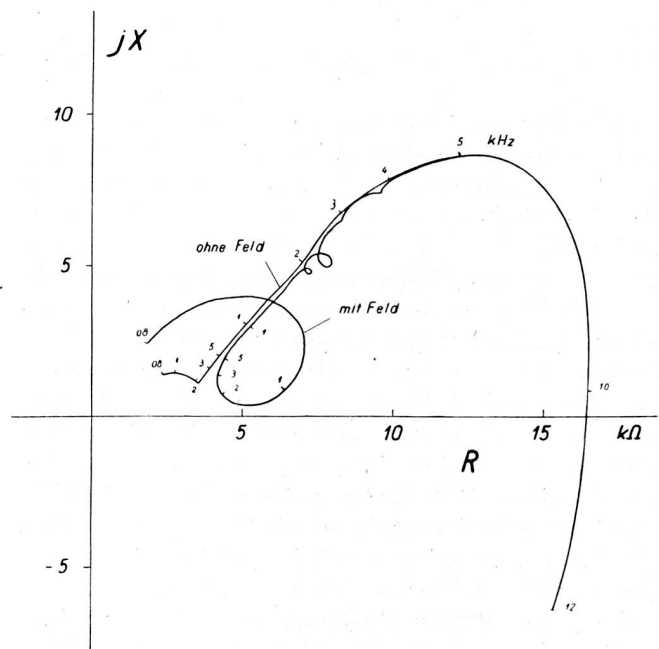


Fig. 5. Scheinwiderstandverlauf eines elektromagnetischen Telefons

Frequenzmarken werden durch kurzzeitige Unterbrechungen des Lichtstrahls gegeben. Die Frequenzänderung erfolgt mit Hilfe eines in der Geschwindigkeit regelbaren Motors, so dass man ihre Geschwindigkeit dem Kurvenverlauf anpassen kann. Die ausgeführte Schaltung bewährte sich in einem Frequenzbereich von 100 bis 15 000 Hz. Der Widerstandsreich erstreckte sich von etwa 20 Ohm bis 50 kOhm.

Die Apparatur wurde anhand übersichtlicher Messbeispiele geprüft. Die einfachste Kontrolle besteht in der Messung eines reinen Wirkwiderstandes. Die Ortskurve schrumpft dann auf einen Punkt der reellen Achse zusammen, dessen Lage unabhängig von der Frequenz sein muss. Das war praktisch gut erfüllt.

Ein Serienkreis, bestehend aus der Induktivität L , der Kapazität C und dem Wirkwiderstand R , muss als Ortskurve eine gerade Linie parallel zur imagi-



6. Scheinwiderstandverlauf eines elektrodynamischen Lautsprechers mit und ohne Felderregung

nären Achse ergeben. Fig. 3 zeigt ein Messbeispiel mit den Daten $L = 0,1 \text{ Hy}$, $C = 0,02 \text{ } \mu\text{F}$, $R = 3 \text{ k}\Omega$. Der gemessene Verlauf entspricht gut dem theoretischen. Gewisse Abweichungen treten bei den tiefen Frequenzen durch die untere Grenzfrequenz der Verstärker auf und bei den sehr hohen Frequenzen durch unzulässig hohe induktive Widerstände der Dynamometerspulen.

Ein zur Prüfung besonders geeignetes Messbeispiel ist der Parallelresonanzkreis. Die Ortskurve muss nämlich ein Kreis sein, infolgedessen springen Fehler in der Anzeige besonders gut ins Auge. Eine Aufnahme für die Daten $L = 0,1 \text{ Hy}$, $C = 0,02 \text{ } \mu\text{F}$, $R = 8 \text{ k}\Omega$ zeigt Fig. 4. Die verschiedene Strichstärke in der Photographie rührt von der sehr unterschiedlichen Geschwindigkeit des Lichtpunktes her; beim Durchgang durch die Resonanzfrequenz 3,5 kHz ist sie sehr gross.

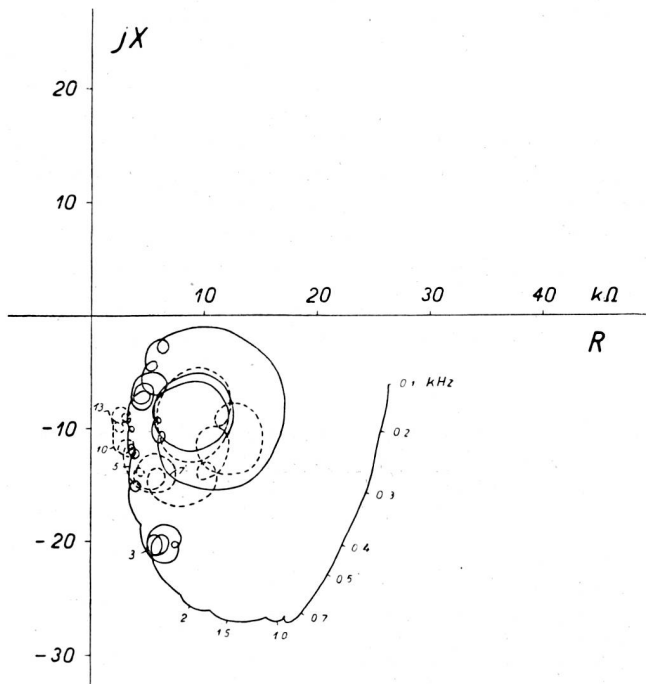


Fig. 7. Scheinwiderstandsverlauf eines kommerziellen piezoelektrischen Telefons

Zur Aufnahmetechnik der vorstehenden Aufnahmen ist noch folgendes zu sagen: Sie sind photographisch hergestellt, indem der Weg des Lichtstrahls auf dem Schirm photographiert wurde. Zur Eichung der Skala wurde ein einzelner Messpunkt, meist ein Wirkwiderstand von 5 kΩ, mit photographiert. Das Achsenkreuz wurde nach dem Entfernen des Schirmes mit Hilfe von zwei beleuchteten Fäden vor einem schwarzen Hintergrund aufgenommen. Die Zahlen auf den Achsen, wie längs der Kurven, wurden nachträglich eingetragen. Bei Vorführungen wurde das Achsenkreuz auf den Meßschirm projiziert.

Interessante Beispiele, bei denen sich das beschriebene Verfahren bewährt, kann man zum Beispiel der

Elektroakustik entnehmen. Fig. 5 zeigt die Ortskurve eines elektromagnetischen Messhörers. Zwischen 0,7 und 1 kHz treten zwei Schleifen auf, wie sie nach dem *Kenelly*-Diagramm zu erwarten sind. Diese beiden Schleifen entsprechen zwei mechanisch-akustischen Resonanzen, nämlich der Membranresonanz bei 800 Hz und der Resonanz des Hohlraumes hinter der Membran bei 900 Hz. Die zweite Resonanzstelle verschwindet, wenn man den Hohlraum mit Watte ausstopft.

In Fig. 6 sind die Kurven für einen elektrodynamischen Lautsprecher mit und ohne Felderregung übereinander aufgezeichnet. Die grosse Schleife bei der tiefen Frequenz, die in der Kurve mit Felderregung auftritt, entspricht der tiefsten Membranresonanz (Einspannresonanz). Zwischen 2 und 3 kHz sind noch kleinere Resonanzschleifen vorhanden, die wohl als Unterteilungsschwingungen der Membran zuzuordnen sind. Bei höheren Frequenzen besteht kein Unterschied zwischen den Kurven mit und ohne Felderregung. Der Nulldurchgang des Blindanteils bei hohen Frequenzen (etwa 10 kHz) geht auf eine Resonanz des Anpassungstransformators zurück. Diese Aufnahme wurde, ebenso wie die folgende Fig. 7, nicht nur photographisch gemacht, sondern wegen der besseren Zuordnung der Frequenzmarken auch unmittelbar nachgezeichnet.

Figur 7 ist ein Beispiel, das besonders gut die Vorteile der hier beschriebenen Methode der Scheinwiderstandsmessung vor einer Brückenmethode vor Augen führt. Das Messobjekt ist ein kommerzielles piezoelektrisches Telefon, das aus einem Seignettesalzbieger mit einem Papierkonus besteht. Es gibt eine ausserordentlich grosse Zahl von Resonanzschleifen, die wegen des guten elektro-mechanischen Wirkungsgrades piezoelektrischer Wandler sehr ausgeprägt sind.

Zum Schluss seien noch zwei Beispiele (Fig. 8a und 8b) von rein elektrischen Messungen gebracht.

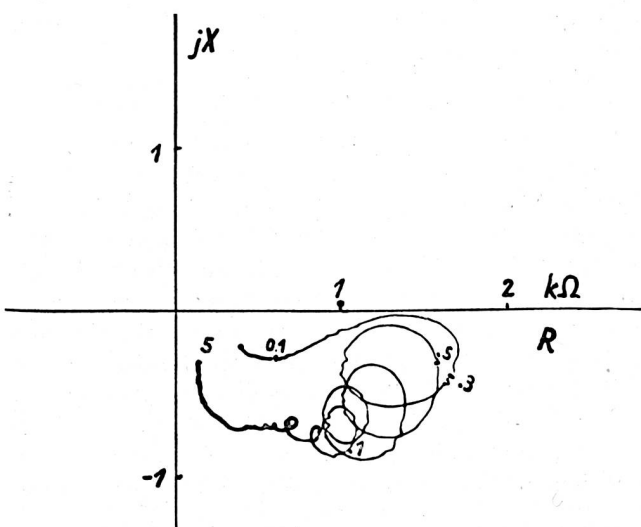
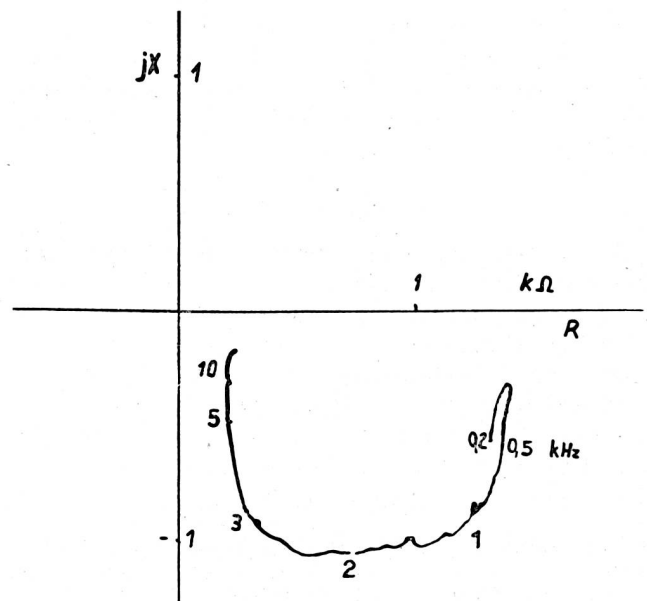


Fig. 8. Scheinwiderstandsverlauf eines Pupinkabels mit vorgeschalteter Meßleitung

a) im Leerlauf;



b) bei Abschluß mit Wellenwiderstand

Es handelt sich dabei um ein Modell einer Pupinleitung a) im Leerlauf und b) mit Abschluss durch den Wellenwiderstand (1500 Ohm). Die einzelnen Resonanzstellen kommen im ersten Fall (Fig. 8a) deutlich zum Ausdruck, während sie im Falle des reflexionsfreien Abschlusses (Fig. 8b) verschwinden. Leider musste dem Kabel eine lange Messleitung vorgeschaltet werden, die im wesentlichen eine Kapazität darstellt, so dass die Ortskurve sich durch diesen Nebenschluss mit wachsender Frequenz zum Nullpunkt hin verschiebt.

Die vorstehenden Messbeispiele zeigen, dass das beschriebene Messinstrument sich besonders dann bewährt, wenn es mehr auf den Kurvenverlauf als auf den genauen absoluten Wert des Scheinwiderstandes ankommt. Dies haben auch andere Messungen, die bisher mit der Anordnung ausgeführt worden sind, bestätigt; auch ein komplizierter Kurvenverlauf der Ortskurve eines Scheinwiderstandes kann in wenigen Minuten sichtbar gemacht werden.

Adresse: Prof. Dr. E. Meyer, III. Physikalisches Institut der Universität Göttingen.

Betrachtungen über die Aufnahme und Wiedergabe von Schallplatten

Von P. H. Werner, Bern 621.395.625.2

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung
2. Aufnahme (Lichtbandbreite nach Meyer)
3. Wiedergabeentzerrer
4. Dynamik der Platten
5. Nadelgeräusch-Analyse
6. Grösse und Steigung der Rillen
7. Aufnahmestichel (Stahl und Saphir)
8. Wiedergabenadeln
9. Einfluss des Rillendurchmessers auf den Frequenzgang
10. Zusammenfassung

1. Einleitung

Die Entwicklung der Schallplattentechnik veranlasste uns, eine ganze Reihe von Versuchen durchzuführen. Mit diesen Arbeiten wollte man die folgenden Fragen abklären:

1. Welches sind die technischen Vor- und Nachteile, die das Einführen der neuen amerikanischen Schallplattennormen für die Radiostudiobetriebe mit sich bringen würde?

2. Was für einheitliche Richtlinien kann man für die Filter aufstellen, die von den Studiobetrieben bei der Schallplattenwiedergabe verwendet werden?

Bei allen unseren Versuchen haben wir Grammophonmaschinen von so hoher Qualität verwendet, dass die Fehler dieser Maschinen auf die Messresultate vernachlässigt werden können.

2. Aufnahme (Lichtband)

Die neuen amerikanischen Normen¹⁾ haben zum Ziele, die Dynamik durch die Anhebung des Pegels der hohen Frequenzen zu verbessern (Kurve b, Fig. 1).

Diese Entzerrung der hohen Frequenzen wäre jedoch nicht ausführbar, wenn ihr Pegel nicht viel niedriger wäre als jener der Grundtöne einer Uebertragung. Dies zeigt die Kurve von Fletcher (Kurve a, Fig. 1); die Addition dieser Kurve zu derjenigen der neuen amerikanischen Normen ergibt die

¹⁾ Technical Standards and Good Engineering Practices of the National Association of Broadcasters for Electrical Transcriptions and Recording for Radio Broadcasting. Proc. Inst. Radio Eng. **30** (1942), p. 355.

Considérations sur l'enregistrement et la reproduction de disques

Par P. H. Werner, Berne 621.395.625.2

Sommaire

1. Introduction
2. Enregistrement (Bande lumineuse selon Meyer)
3. Correcteur de reproduction
4. Dynamique des disques
5. Analyses du bruit d'aiguille
6. Dimensions et pas des sillons
7. Burins et saphirs pour l'enregistrement
8. Aiguilles de reproduction
9. Influence du diamètre du sillon sur la courbe de réponse
10. Conclusion

1. Introduction

L'évolution de la technique du disque nous a incité à faire divers essais pour déterminer premièrement les avantages et les inconvénients techniques qui résulteraient de l'adoption des nouvelles normes américaines d'enregistrement par les studios de radio-diffusion.

En second lieu il s'est agi d'établir des directives pour la construction de nouveaux filtres de reproduction destinés aux studios.

Pour tous ces essais nous avons utilisé des machines d'enregistrement et de reproduction d'une qualité telle que leur influence sur les résultats obtenus peut être négligée.

2. Enregistrement (Bande lumineuse)

Les nouvelles normes américaines¹⁾ ont pour but d'améliorer la dynamique en augmentant le niveau des hautes fréquences selon la courbe b de la figure 1.

Cette correction des hautes fréquences serait cependant inapplicable si leur niveau n'était pas très inférieur à celui des sons fondamentaux des transmissions, comme le montre la courbe de Fletcher (courbe a, fig. 1). La somme de cette dernière courbe et de celle des nouvelles normes américaines donne la courbe c qui représente la bande lumineuse de l'enregistrement d'une transmission, elle est approximativement constante de 1000 à 8000 c/s et tombe

¹⁾ Technical Standards and Good Engineering Practices of the National Association of Broadcasters for Electrical Transcriptions and Recording for Radio Broadcasting. Proc. Inst. Radio Eng. **30** (1942), p. 355.