

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 103/104 (1934)  
**Heft:** 15

**Artikel:** Ueber Hochfrequenz-Messtechnik  
**Autor:** Tank, F.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-83306>

### **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:** 30.01.2025

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

INHALT: Ueber Hochfrequenz-Messtechnik. — Der gittergesteuerte Quecksilberdampf-Gleichrichter für Grossrundfunksender. — Die Antennentürme der Landesender von Beromünster und Monte Ceneri. — Der technische Ausbau des schweizer. Rundfunks. — Die Anlagen der Radio-Schweiz A.-G. — Piezo-elektrischer Lautsprecher. — Zulässige Beanspruchungen im Maschinenbau. — Die neue Scheune Lettenhof. — Mitteilungen: Eine Ljungström-Turbinen-Gruppe von 50000 kW. Die Gefährdung der

Feuerwehr beim Anspritzen von elektrischen Leitungen. Neue Erzeugnisse unserer Ziegelindustrie. Schwingungsdämpfende Lagergarnitur. Elektroschweisskurve des SEV. Geschäftshaus und Restaurant „Victoria“ in Zürich. Royal Institute of British Architects. — Nekrologe: Heinrich Kern v. Arand. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Schweizer. Verband für die Materialprüfungen der Technik. — Sitzungs- und Vortrags-Kalender.

## Band 104

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Verlagsorgane nicht verantwortlich. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet.

## Nr. 15

## Ueber Hochfrequenz-Messtechnik.

Von Prof. Dr. F. TANK, E.T.H. Zürich. (Schluss von S. 154.)

4. *Empfänger-Messtechnik.* Früher wurde der Empfänger nach empirischen Schaltungen gebaut und seine Qualität mit dem Ohre geschätzt. Die wissenschaftliche Durchdringung der Hochfrequenztechnik hat mit der Zeit strenge Grundlagen geschaffen und einwandfreie Prüfmethoden ermöglicht.

Die wesentlichen Funktionen eines Empfängers bestehen in Selektion (Trennschärfe), Hochfrequenzverstärkung, Gleichrichtung, Lautstärkeregelung, Niederfrequenzverstärkung und akustischer Abstrahlung der Endleistung durch den Lautsprecher. Die Empfänger-Messtechnik konnte sich bei der Bearbeitung der einschlägigen Probleme in mancher Hinsicht auf die bestehenden Methoden der Fernsprechtechnik und Elektroakustik stützen, hat aber andererseits durch ihre eigene Entwicklung diese Gebiete in reichem Masse befruchtet. Die Zahl der besonderen Messgeräte, die für die einzelnen Aufgaben ausgebildet wurden, ist gross; nennen wir nur: Präzisions-Messender mit einem Frequenzbereich von etwa 100 bis 2000 kHz ( $\lambda = 3000$  bis 150 m) mit feinsten Einstellbarkeit der Frequenz und genau bekannter verzerrungsfreier Ton-Modulation, ferner: Kapazitive Spannungsteiler (Hochfrequenzeichleitung), Röhren-Voltmeter verschiedenster Art, Oszillographen, Wellenanalysator, Klirrfaktormesser, Schalldruckmesser, Geräuschmesser usw.<sup>14)</sup>

Mit dem Mess-Sender wird über die Hochfrequenzeichleitung in einer künstlichen Antenne, bestehend aus Kapazität, Induktivität und Widerstand eine hochfrequente EMK von der Grösse  $0,1 \mu V$  bis 1 V und bestimmten Modulationseigenschaften erzeugt. An diese Antenne wird der Empfänger angeschlossen und dann im Weiteren untersucht.

Die Forderung der Trennschärfe besteht weniger in der Verwirklichung einer sehr schmalen und scharfen Resonanzkurve als in der exakt begrenzten Durchlässigkeit für einen sehr engen Frequenzbereich, wie er durch die Trägerwelle und die durch Modulation hervorgerufenen Seitenbänder gebildet wird. Die Entwicklung der „Bandfilter“ oder „Bandpässe“ hat namentlich auch von der theoretischen Seite her heute eine hohe Stufe erreicht.<sup>15)</sup> Die Herstellung guter Filter ist wesentlich an die Dämpfungsfreiheit der verwendeten Kreise gebunden, wobei die Qualität der verwendeten Isolierstoffe (Drahtisolation und Spulenkern) von grosser Wichtigkeit ist. Von Interesse ist dabei die Feststellung, dass in der Hochspannungstechnik bewährte Materialien auch den Zwecken der Hochfrequenztechnik vorzüglich dienen.<sup>16)</sup> Zur Verstärkungsmessung werden hauptsächlich Röhrenvoltmeter benutzt. Sie haben sich in der Messtechnik so weitgehend eingebürgert, dass ein besonderes Eingehen auf sie an dieser Stelle sich wohl erübrigt.

Die Treue der niederfrequenten Uebertragung wird in der Weise gemessen, dass man den Messender auf eine

<sup>14)</sup> Vgl. z. B. A. Harmisch: „Quantitative Untersuchungen an Rundfunkempfängern“, Zeitschrift für Hochfrequenztechnik 39, 181, 209, 1931. A. Clausing: „Rundfunkmesstechnik vom Mikrofon über Sende- und Empfangsantenne, Rundfunkapparat zum Lautsprecher“. Veröffentl. a. d. Gebiete der Nachrichtentechnik 3, 155, 1933. — Ferner auch: „The General Radio Experiment“, Gen. Radio Co., Cambridge, Mass; Proc. Inst. Radio Eng. 18, 1282, 1930.

<sup>15)</sup> Vgl. z. B. E. Glowatzki: „Variable und feste Rundfunkbandpässe“ in Hochfrequenztechnik und Elektroakustik, 43, 51, 1934.

<sup>16)</sup> Vgl. z. B. Hochfrequenztechnik und Elektroakustik, 43, 73, 1934.

festen hochfrequenten Trägerwelle einstellt, im Bereiche von 50 bis 10000 Hertz moduliert und Form und Betrag der niederfrequenten Schwingungen am Ausgang des Empfängers feststellt. Unter linearer Verzerrung versteht man eine dem Modulationsgrad zwar proportionale, aber für die einzelnen Modulationsfrequenzen verschieden grosse Abhängigkeit des niederfrequenten Uebertragungsverhältnisses von der Modulationsfrequenz.

Bei der nichtlinearen Verzerrung treten störende höhere Harmonische auf; sie wird in der Regel durch Uebersteuerung der Empfänger verursacht.

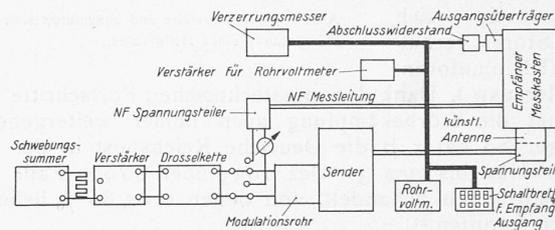


Abb. 4. Schema einer Rundfunkempfangs-Messeinrichtung.

Zur Erläuterung sind in den Abb. 4, 5 und 6 der schematische Gesamtaufbau einer Rundfunkempfangs-Messeinrichtung, sowie Messergebnisse über Trennschärfe und Gesamtverstärkung zweier Empfänger wiedergegeben, die einer Arbeit von F. Troeltsch entnommen sind.<sup>17)</sup>

Von den geschilderten Aufgaben verschieden, aber gleichfalls von grosser praktischer Bedeutung sind Messungen, die den Fabrikationsvorgang der Radiogeräte begleiten. Sie haben den Zweck, die bei der serienmässigen Herstellung notwendige Präzision in der Abgleichung der Spulen, Kapazitäten usw., sowie die Vermeidung von Fabrikationsfehlern sicherzustellen. Die Eigenart der dabei verwendeten Methoden besteht darin, dass trotz grösster Feinheit die Messungen von beinahe ungelerten Arbeitskräften in grossen, an Störungen reichen Fabrikationsräumen ausgeführt werden können. Da hierüber kürzlich von Ing. J. M. Unk im „Bulletin“ des S. E. V. in kompetenter Weise berichtet wurde<sup>18)</sup>, möge hier lediglich auf diese Veröffentlichung verwiesen werden.

5. *Hochfrequenz-Messplätze.* Zur Durchführung bestimmter, oft wiederkehrender Messungen werden in den technischen Laboratorien sogenannte Messplätze eingerichtet. Der Empfänger-Messplatz wurde bereits oben besprochen, ebenso der Feldstärke-Messplatz. Die Kombination eines Messenders, einer Hochfrequenzmessbrücke<sup>19)</sup> und eines Empfängers, zusammen mit Kondensator- und Widerstands-

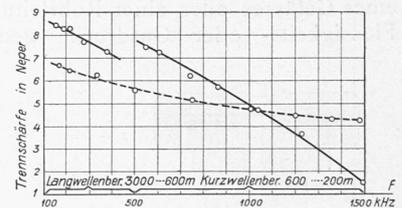
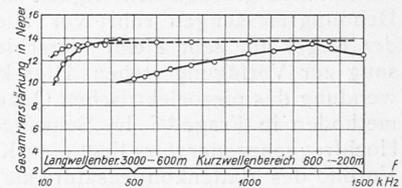


Abb. 5 und 6. Gesamtverstärkung und Trennschärfe.

<sup>17)</sup> F. Troeltsch, E. N. T. 8, 137, 1931.

<sup>18)</sup> J. M. Unk, S. E. V. - Bulletin Nr. 20, September 1934. Vgl. auch P. Genter und F. Fery, „Prüfung von Rundfunkempfängern am laufenden Band“, E. T. Z. 55, 248, 1934.

<sup>19)</sup> K. Küpfmüller, E. N. T. 2, 263, 1925.

normalien, gestattet die genaue Messung der reellen und imaginären Komponente von hochfrequenten Scheinwiderständen aller Art.<sup>20)</sup>

So sind in Abb. 7 die sog. symmetrischen (d. h. zwischen den Klemmen gemessenen), bzw. unsymmetrischen (zwischen Klemmen und Gehäuse gemessenen) Innenwiderstände eines Heilgerätes wiedergegeben.<sup>21)</sup>

Zu grosser Bedeutung sind die „Störmessplätze“ gelangt. Die Analyse eines Radiostörers geschieht heute mit wissenschaftlicher Genauigkeit. Es ist überraschend, wie gesetzmässig sich viele Störer verhalten (Kleinmotoren, Strahler usw.). Dank der messtechnischen Fortschritte verzeichnet die Störbekämpfung auch immer weitergehende Erfolge. So hat z. B. die Deutsche Reichspost in der Zeit vom 1. Okt. bis zum 31. Dez. 1933 über 60 000 Fälle von Radiostörungen behandelt, von denen etwa 80 % behoben werden konnten.<sup>22)</sup>

6. Weitere Anwendungsgebiete der Hochfrequenzmesstechnik. Die grosse Schwierigkeit mechanischer Druck- und Dehnungsmessungen rührt vor allem davon her, dass in der Regel nur sehr kleine Verschiebungsbeträge der Messung zur Verfügung stehen. Hier kommen neben der Verwendung des piezoelektrischen Quarzes auch Hochfrequenzmethoden in Frage.<sup>23)</sup> Im Schwingungskreis eines kleinen Hochfrequenzgenerators liegt eine Kapazität, die nach dem Vorbild des Plattenkondensators als „Messdose“ ausgebildet ist. Diese Messdose (vgl. Abb. 8) wird z. B. in die Wand eines Gefässes oder einer Rohrleitung eingebaut, in denen Flüssigkeits- oder Gasdrucke gemessen werden sollen.

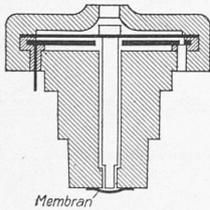


Abb. 8. Messdose.

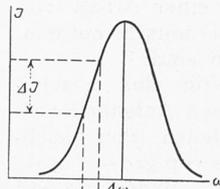


Abbildung 9.

Beträgt der Plattenabstand im Messdosen-Kondensator einige Zehntel mm, so verursacht eine Verschiebung von wenigen Tausendstel mm bei Generatorfrequenzen von  $10^6$  bis  $10^7$  Hz bereits Frequenzänderungen von  $10^3$  bis  $10^4$  Hz, die mit dem Ueberlagerungsverfahren oder mit empfindlichen Resonanzmethoden gut messbar sind. Im zweiten Falle stellt man einen Empfangskreis auf etwa halbe Resonanzhöhe des Empfangsstromes ein (vgl. Abb. 9) und erhält bei einer Frequenzverschiebung Aenderungen desselben, die der Frequenzverschiebung und auch dem Druck annähernd proportional sind. Verstärkung und Uebertragung auf Oszillographen ergänzen die Methode, die sich sowohl zur Messung statischer Drucke und Dehnungen, als zur

<sup>20)</sup> Vgl. z. B. A. Jaumann l. c.

<sup>21)</sup> Nach W. Wild, E. T. Z. 54, 149, 173, 1933.

<sup>22)</sup> Unseres Wissens liegt auch bei der Versuchs-Sektion der Schweiz. Telegraphenverwaltung ein eingehendes Material über Störmessungen vor. Zwecks Studium der Radiostörungen ist der „Kommission für das Studium der Störungen von Schwachstrom durch Starkstrom“ des S. E. V. eine Gruppe „Schutz des Radioempfanges“ mit drei Subkommissionen angegliedert, die schon bemerkenswerte Arbeit geleistet haben.

<sup>23)</sup> Vgl. z. B. S. Reisch, Zeitschr. f. Hochfrequenztechnik 38, 101, 1931.

Registrierung dynamischer Vorgänge wie Schwingungen, Geräusch, Schall und Explosionen eignet.<sup>24)</sup>

Mit Vorstehendem haben wir die Anwendungsmöglichkeiten hochfrequenter Messmethoden noch keineswegs erschöpft. Es ist z. B. gelungen, mit Hilfe von Hochfrequenz die Dicke gewalzter Folien während des Fabrikationsvorganges sehr zuverlässig zu kontrollieren. Messungen der Dielektrizitätskonstanten, der magnetischen Permeabilität, der Magnetorotation usw. im Gebiete kurzer und kürzester elektrischer Wellen gehören zwar heute noch hauptsächlich in den Forschungsbereich des Physikers, der uns dadurch interessante und wichtige Einblicke in den Aufbau der Stoffe verschafft, aber mehr und mehr gewinnen solche Forschungsergebnisse auch für die Technik Bedeutung. So ist die Hochfrequenz-Messtechnik mit ihrer Eigenart und Reichhaltigkeit schon in weite Gebiete unseres wissenschaftlichen und technischen Könnens eingedrungen. Auch sie ist ein Rad geworden in dem gewaltigen Uhrwerk, das, vom menschlichen Geiste ersonnen, die Naturkräfte uns dienstbar macht; auch sie kann in diesem Uhrwerk heute weder vermisst noch fortgedacht werden.

### Der gittergesteuerte Quecksilberdampf-Gleichrichter für Grossrundfunksender.

Von Dipl. Ing. A. E. DANZ, Baden.

Nachdem der Gleichstrom während einer längeren Zeitspanne für die Volkswirtschaft beinahe zur völligen Bedeutungslosigkeit herabzusinken schien und selbst auf seinem ureigensten Gebiet, der elektrischen Traktion, dauernd Einbussen erlitt, erhielt die Gleichstromtechnik im letzten Jahrzehnt eine Reihe neuer Impulse, einerseits angeregt durch die rapide Entwicklung der Elektrochemie (die in erster Linie zum Bau von Hochstrommaschinen führte), andererseits durch die interessanten Aussichten, welche die Verwendung von hochgespanntem Gleichstrom für eine Reihe neuer Anwendungsgebiete versprach. Im Rahmen dieses Artikels sei von den zweiten Anwendungsmöglichkeiten nur die Erzeugung und Verwendung der Gleichstromenergie in Rundfunksendeanlagen etwas eingehender betrachtet.

Der mächtige Aufschwung des Rundfunks und die beständig wachsenden Anforderungen der Hörer bedingten nicht nur eine fortwährende Verbesserung des Empfangs, sondern auch den Bau von neuen leistungsfähigen Grossrundfunksendern, die trotz ihrer Kompliziertheit heute einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht haben. Die modernen Grossender brauchen zu ihrem Betrieb in der Hauptsache Gleichstrom.<sup>1)</sup> Da in einem Sender Röhren von der kleinsten bis zur grössten Leistung eingebaut sind, werden zwangsweise auch verschiedene hohe Heiz-, Gitter- und Anodenspannungen benötigt. Die Zahl der Spannungsquellen schwankt bei den Sendern zwischen sechs und zwölf. Der weitaus grösste Teil der Senderleistung wird von den Anodenkreisen der wassergekühlten Röhren der beiden letzten Verstärkerstufen aufgenommen. Da es sich dabei um Hochvakuumröhren von beträchtlichem Ausmass handelt, so kommt für deren Betrieb infolge der bekannten Raumladungserscheinungen nur hochgespannter Gleichstrom in Frage, der in den Verstärkeröhren in modulierte, hochfrequente Wechselströme umgeformt und daraufhin der Antenne zugeführt wird (siehe Abb. 1).

Auf welche Weise wird nun die benötigte Gleichstromenergie am zweckmässigsten erzeugt? Während der Gleichstrom zum Aufheizen der Kathoden, zum Speisen der Gitter und der Anoden der ersten Senderstufen im allgemeinen von rotierenden Umformern (Nieder- und Mittelspannungen) geliefert wird, eignet sich diese Umformerart zum Speisen der Anoden der wassergekühlten Hochleistungsrohren der letzten Verstärkerstufen weniger

<sup>24)</sup> Ueber das für Messzwecke wichtige Kondensatormikrophon vgl. Handb. d. Physik, Bd. VIII (Akustik) S. 562; Springer, Berlin.

<sup>1)</sup> Dr. Semm, VDI 1933 Nr. 10.