

Teil 1: Eckmiller „alt“

Aus dem 1. Band des „Handbuch für Hochfrequenz- und Elektro-Techniker“, herausgegeben von Curt Rint im Verlag für Radio-Foto-Kinotechnik GmbH, Berlin-Borsigwalde, 3. Auflage 1952 (1. Auflage 1949).

Verfasser des zitierten Ausschnitts sind die Herren Dr. H. Lippert und G. Buchmann

6. Charakteristische Größen für die elektroakustische Beurteilung eines Lautsprechers

Die wichtigste praktische Anwendung für einen Lautsprecher ist die Wiedergabe der Sprache und Musik bei einer elektroakustischen Übertragung. Der Lautsprecher stellt in der Kette der Übertragungsglieder das Endglied dar und bestimmt durch seine Eigenschaften in den meisten Fällen die erzielbare Übertragungsgüte.

Die wichtigsten Forderungen, die man an einen Lautsprecher für Übertragungszwecke stellt, sind folgende:

1. Bei konstanter Erregungskraft soll die Intensität der Luftschwingungen an einem vor gegebenen Orte im Raum möglichst für alle Frequenzen des Tonfrequenzbereiches gleich und von gleicher Größe wie beim Original sein.
2. Die Intensität der Luftschwingungen soll in einem möglichst großen Raumwinkel vom Lautsprecher aus gesehen unabhängig von der Richtung sein.
3. Es sollen keine hörbaren nichtlinearen Verzerrungen auftreten.
4. Der Wirkungsgrad soll groß sein, d. h. also die gesamte abgestrahlte Schalleistung bezogen auf die zur Erregung benötigte elektrische Leistung soll groß sein.
5. Die Einschwingzeit und die Ausschwingzeit sollen möglichst klein sein.
6. Die größten Abmessungen des Lautsprechers sollen so klein wie möglich sein.

Es ist bisher kein Schallsender- oder Lautsprecherprinzip bekannt, mit dem eine praktisch ausreichende Erfüllung aller idealen Forderungen zugleich möglich ist. Die zur Zeit benutzten Konstruktionen erfüllen deshalb lediglich die eine oder andere Forderung oder bilden einen mehr oder weniger guten Kompromiß.

Eine richtige Beurteilung der technischen Eigenschaften eines Lautsprechers ist deshalb sehr wichtig. Um die experimentellen Prüfergebnisse verschiedener Stellen miteinander vergleichen zu können, ist es üblich, bei einer Lautsprecherprüfung zur Kennzeichnung der übertragungstechnischen Eigenschaften in bezug auf die oben aufgestellten Forderungen ganz bestimmte Messungen vorzunehmen (vgl. hierzu die Empfehlungen des akustischen Ausschusses, Akust. Zeitschr. 4 (1939), S. 65/67).

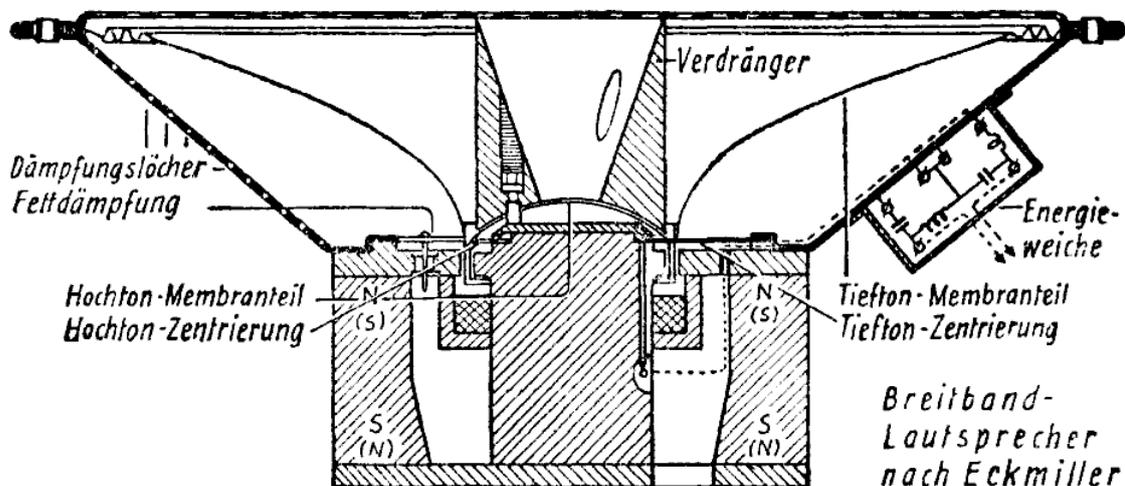


Abb. 27. Schnitt durch ein modernes Lautsprechersystem mit Kombination von Tief- und Hochton-Teil (Breitband-Lautsprecher nach Eckmiller)

Der ECKMILLER - Lautsprecher

Um z. B. den Frequenzgang eines Lautsprechers zu prüfen, mißt man seinen Schalldruck in einer bestimmten Entfernung (meistens 1 m) auf der Mittelachse in einem freien Schallfeld oder in einem schalltoten Raum. Das Verhältnis des Schalldrucks zur EMK des Generators über der Frequenz aufgetragen, nennt man die Frequenzkurve des Lautsprechers.

Der Frequenzanstieg für den Strahlungswiderstand einer Membran bei den tiefen Frequenzen, die geometrischen Eigenschaften der Membran (Konusform) und die unterteilten Membranschwingungen bei den hohen Frequenzen machen die Erzeugung einer konstanten Frequenzkurve für den gesamten Tonfrequenzbereich von etwa 30 bis 10 000 Hz zu einem der schwierigsten Konstruktionsprobleme der gesamten Elektroakustik. Man hilft sich im allgemeinen dadurch, daß man die Eigenfrequenz der Membran an den unteren Frequenzbereich legt, dadurch kann der Frequenzanstieg des Strahlungswiderstandes etwa kompensiert werden. Der Abfall nach den hohen Frequenzen wird dadurch vermindert, daß man in diesem Bereich nicht die ganze Membranfläche, sondern nur einen Teil mitschwingen läßt. Häufig wird noch eine Kombination von mehreren Lautsprechern (Tief-, Mittel- und Hochton-Lautsprecher) in Verbindung mit elektrischen Weichenschaltungen zur Erzielung einer günstigen Frequenzkurve benutzt (s. Abb. 27 u. 28).

Für eine allgemeine Verwendung eines Lautsprechers ist die Kenntnis der Richtcharakteristik notwendig. Die Strahlungsdämpfung der Membran soll möglichst groß sein. Dadurch wird nicht nur der Wirkungsgrad verbessert, sondern auch die richtige Wiedergabe der Ein- und Ausschwingvorgänge von Sprache und Musik. Der elektroakustische Wirkungsgrad eines Lautsprechers ist das Verhältnis von abgestrahlter Schalleistung zu aufgewendeter elektrischer Leistung. Er ist im allgemeinen gering und beträgt bei einem Lautsprecher mit Schallwand nur wenige Prozente. Bei Verwendung von Exponentialtrichtern läßt sich eine wesentliche Erhöhung des Wirkungsgrades erreichen.

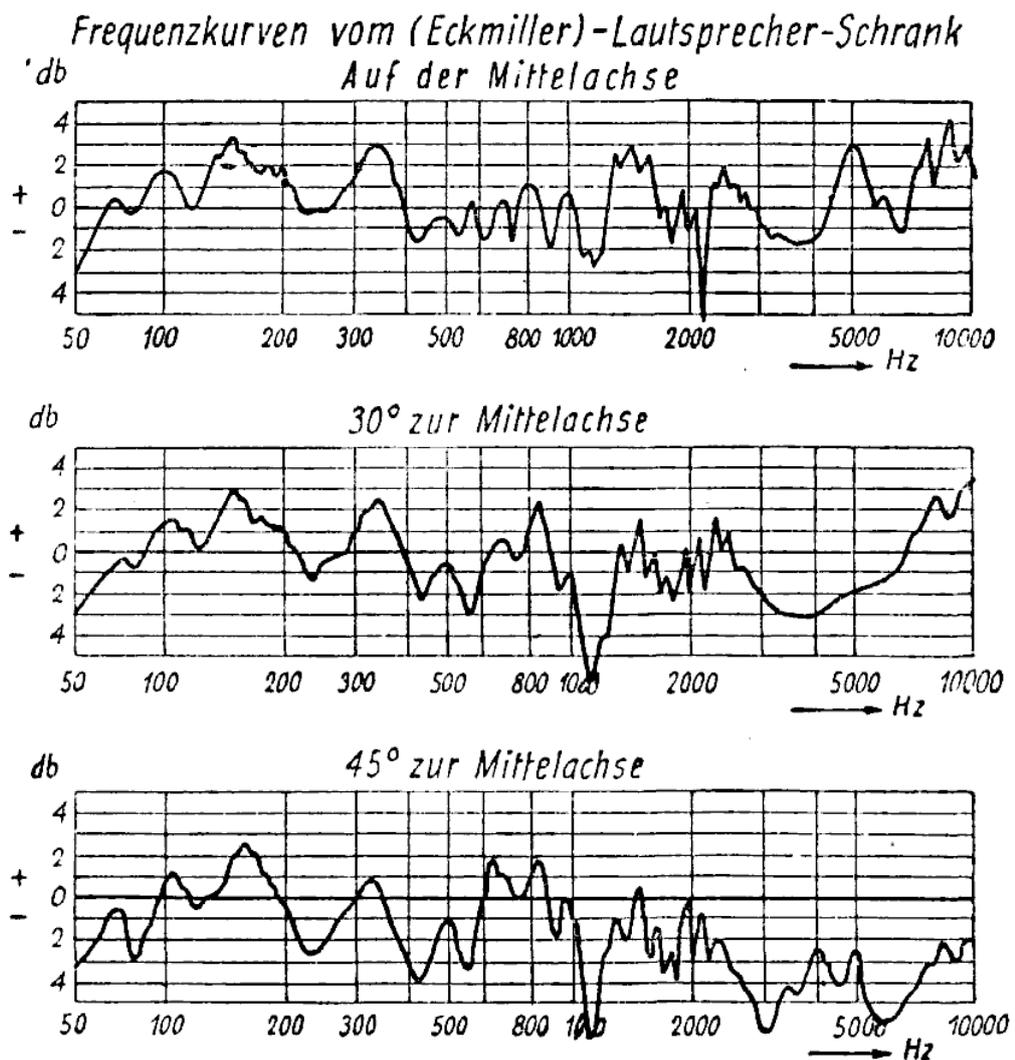


Abb. 28. Frequenzkurven vom ECKMILLER-Lautsprecherschrank für verschiedene Richtungen

Der ECKMILLER - Lautsprecher

Die maximale Schalleistung hängt von der Membranfläche, der Membranamplitude und von der Frequenz ab und wird durch die nichtlinearen Verzerrungen, den sog. Klirrfaktor, begrenzt. Der Klirrfaktor soll vor allen Dingen im unteren Tonfrequenzbereich klein bleiben, damit keine Obertöne entstehen, die in den mittleren Frequenzbereich größter Ohrempfindlichkeit fallen. Auf die Vermeidung von Klirrstellen durch mechanische Resonanz muß besonders geachtet werden.

Teil 2: Eckmiller „neu“

Aus „Grundlagen der Elektrotechnik“ von Prof.Dr.Ing. W. Reichardt (Direktor des Institutes für Elektro- und Bau-Akustik der Technischen Hochschule Dresden), erschienen bei der Akademischen Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G., 2. neubearbeitete Auflage 1954 (1. Aufl. vermutlich 1953)

Man ist deshalb mehrfach dazu übergegangen, das Hochtonsystem in der Mitte der Tieftonmembran anzuordnen. Eine solche Konstruktion stellt der ECKMILLER -Lautsprecher dar, der in seiner verbesserten Form [2116] in Bild 21s gezeigt wird. In dem Luftspalt des fremderregten Topfmagneten sind zwei Spulen untergebracht. Die äußere bewegt die Nawi-Membran des Tieftonsystems, die in der üblichen Weise angeordnet ist. Die innere bewegt eine biegsame Leichtmetallkalotte von 50 µm Materialstärke, die das Hochtonsystem darstellt. Die Frequenzgrenze zwischen Tiefton- und Hochtonsystem konnte durch diese Anordnung auf 2000 Hz gelegt werden. Damit ist es noch möglich, die Tieftonmembran aus einem Material mit verhältnismäßig großer innerer Dämpfung auszuführen und damit die Gefahr der Partialschwingungen weitgehend auszuschalten. Andererseits kann der Hochtonlautsprecher bis zu sehr hohen Frequenzen hin einwandfrei arbeiten.

Der Tieftonteil ist noch zusätzlich dadurch gedämpft, daß er außen mit einem Korb versehen ist, der kleinflächige Luftlöcher besitzt, in denen sich die ein- und ausströmende Luft reibt. Um den Raum zwischen Tieftonmembran und diesem Korb wirklich eindeutig abzuschließen, ist die Zentrierung an der Schwingspule durch eine geriffelte Zentriermembran vorgenommen. Diese besorgt gleichzeitig einen luftdichten Abschluß des empfindlichen Luftspaltes im magnetischen System und schützt ihn vor Staubeinwirkungen von der Rückseite her. Staubeinflüsse von vorn her sind dadurch weitgehend unterbunden, daß der Lautsprecher vorn mit einem Netz und einer mit Bohrungen versehenen Schutzplatte abgedeckt ist. Die Eigenschwingung des Tieftonsystems liegt bei 40 Hz.

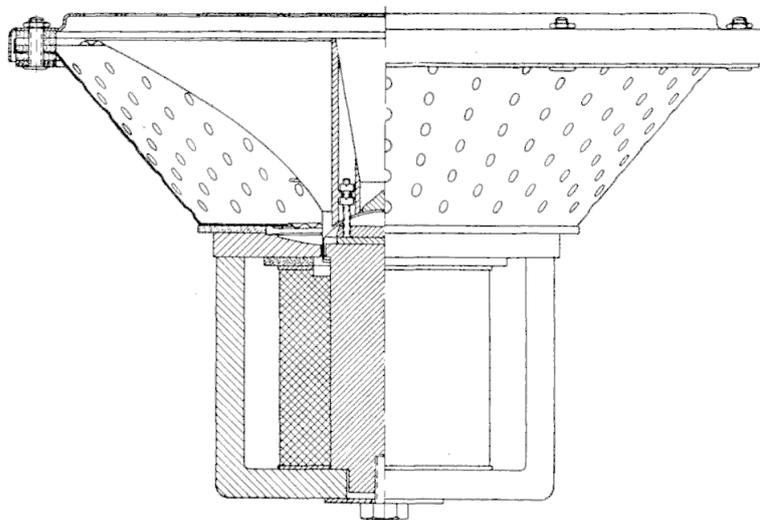
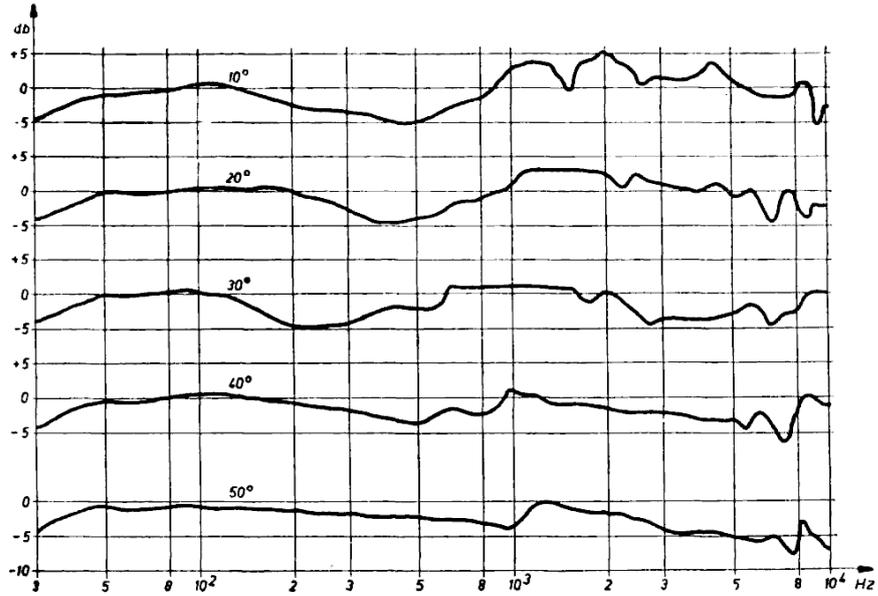


Bild 21s. Breitband-Induktor-Lautsprecher
(nach ECKMILLER [2116])

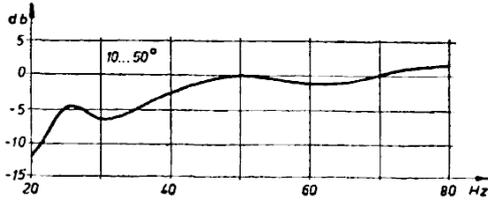
Der ECKMILLER - Lautsprecher

Der Hochtonteil besitzt eine Reihe bemerkenswerter Eigenschaften. Der Antrieb erfolgt durch einen Strom, der nicht in diese Hochtonspule galvanisch eingeleitet wird, sondern er wird von der unmittelbar benachbarten Tieftonspule hineininduziert. Diese Wirkungsweise hat auch den Namen Breitband-Induktor-Lautsprecher veranlaßt. Damit fallen elektrische Weichen und die mit ihnen verbundenen Phasendrehungen weg. Die Hochton„spule“ besteht überhaupt nur aus einer einzigen Windung, einem in sich kurzgeschlossenen Aluminiumring. Dadurch entsteht ein besonders robuster Aufbau. Mehr für Meßzwecke gibt es auch eine Ausführung mit einer Wicklung, die (über einen Kondensator) kurzgeschlossen wird. Die Überlappung geschieht akustisch. Der Tieftonteil fällt ab 4000 Hz nach oben hin sehr stark ab, während die Charakteristik des Hochtonteiles ab 2000 Hz nach unten steil sinkt. Im Überlappungsgebiet konnte gegenphasiges Arbeiten vermieden werden. Zentriert wird die Hochtonkalotte von innen her durch eine Papierplatte. Oberhalb der Hochtonkalotte ist in sehr geringem Abstand ein körperlicher „Verdränger“ angeordnet, der gleichzeitig eine Schnelletransformation herstellt und die Begrenzungsfläche eines ringförmigen Exponentialtrichters abgibt, den die Verdrängerwand mit dem Konus des Tieftonteiles zusammen bildet. Durch den Abstand dieses Verdrängers von der Kalotte kann die Anpassung der Empfindlichkeit des Hochtonteiles an die des Tieftonteiles hergestellt werden [vgl. (5.15)]. Tieftonmembran und Verdrängerwand sind so geformt, daß die Kugelteilflächen der Luft zwischen beiden bei radialer Erweiterung der Hochtonkalotte als innerster Kugelfläche prozentual gleichmäßig zunehmen. Durch den ringförmigen und zur Mittelachse geneigten Austritt dieses Exponentialtrichters wird erreicht, daß die hohen Frequenzen nicht mehr die übliche scharfe Bündelung in der Lautsprechernormalen annehmen, sondern in weitem Winkel, bis über 50° gegenüber der Mittelachse, mit nahezu konstanter Amplitude abgestrahlt werden. Gleichzeitig wird für die Abstrahlung der hohen Frequenzen der sehr viel günstigere Wirkungsgrad des Trichterlautsprechers mit Schnelletransformation ausgenutzt. Bei den tiefen Frequenzen ist der Flächenlautsprecher trotz geringeren Wirkungsgrades vorteilhafter, weil er dort mit sehr viel geringeren Dimensionen auskommt. Bild 21t zeigt die mit dem neuen ECKMILLER-Lautsprecher erzielten Frequenzkurven.

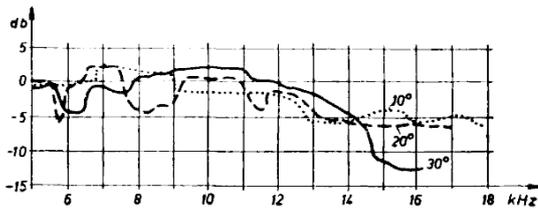
Der ECKMILLER - Lautsprecher



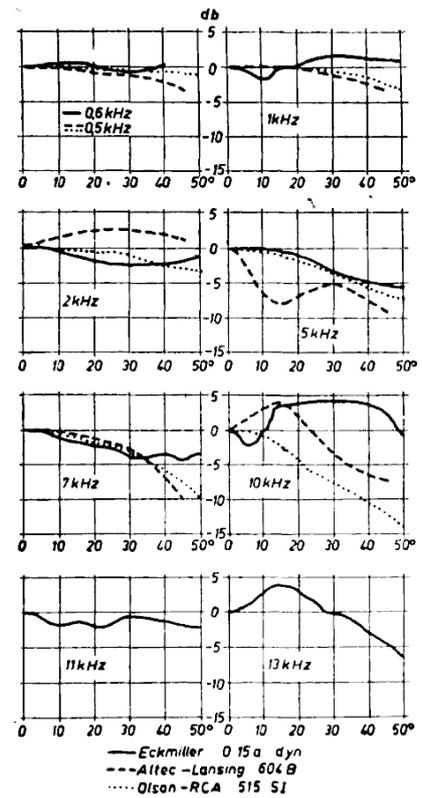
a) Bei verschiedenen Abstrahlungswinkeln



b) Feinstruktur im unteren Frequenzbereich



c) Feinstruktur im oberen Frequenzbereich



d) Vergleich mit sehr hochwertigen amerikanischen Lautsprechern

Bild 21t. Frequenzkurven des ECKMILLER-Lautsprechers [2116]