

Interferenzarme Schallwand

Autor(en): **Briner, Hermann**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Helvetica Physica Acta**

Band (Jahr): **18 (1945)**

Heft VI

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-111617>

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.

Interferenzarme Schallwand

von Hermann Briner.

(18. IX. 1945.)

Die hin und her schwingende Membran eines Lautsprechers stellt einen Strahler erster Ordnung dar. Durch einen festen Schallschirm sorgt man dafür, dass für den in Frage kommenden Halbraum die Membran als Strahler nullter Ordnung arbeitet. Der Strahlungswiderstand wird dann besonders für tiefe Frequenzen viel grösser, d. h. ohne Schallwand müsste man um dieselbe Schalleistung wie beim Strahler nullter Ordnung auszustrahlen, für entsprechend grössere Membranamplituden sorgen. (Dies unter der Voraussetzung, dass die Membran als starres Gebilde schwingt, sonst stellt sie einen Strahler höherer Ordnung dar)¹⁾. Bei Strahlern höherer Ordnung arbeiten die durch Knotenlinien getrennten Flächenteile gegenphasig, so dass eine Druckerhöhung auf der einen Seite einer Knotenlinie sich mit einer Druckverminderung auf der anderen Seite teilweise ausgleichen kann. Unter gleicher Bedingung ist also die Ausstrahlung bei diesen Strahlern geringer als bei solchen nullter Ordnung, und dies um so mehr, je grösser die Wellenlänge im Vergleich zum Durchmesser ist²⁾. Bei einem Lautsprecher liesse sich der ungünstige Einfluss der rückwärtigen Strahlung durch Abschliessen des hinteren Teils der Membran mit einem starren Gehäuse vermeiden, doch ist diese Massnahme nicht so wirkungsvoll, da der Schallschirm noch dafür sorgt, dass selbst bei tiefen Frequenzen die Abstrahlung im wesentlichen in den Halbraum erfolgt. Dieser Effekt ist praktisch von grösserer Bedeutung¹⁾. Der Idealfall einer unendlich ausgedehnten Schallwand lässt sich nur in seltenen Fällen (Hörsaal, Kinotheater usw.) verwirklichen, wenn der Lautsprecher in eine Wand eingelassen werden kann. Praktisch hat eine zu grosse Ausdehnung des Schallschirmes keinen grossen Einfluss, da dann die Verhältnisse denjenigen der unendlichen Wand nahe kommen. STRUTT³⁾ zeigte, dass der „Sättigungswert“ des Plattenhalbmessers ungefähr gleich einer Viertelwellenlänge sein muss. Für die Frequenz 50 sec^{-1} kommt man dabei auf einen Durchmesser von etwa 340 cm, für 100 sec^{-1} ergibt sich $\varnothing = 170 \text{ cm}$. Im allgemeinen wird man sich aber mit einem kleineren Schirm begnügen müssen.

Bei kleineren kreisförmigen Schallwänden entsteht auf jedem Punkt der Membranachse bei einer gegebenen Frequenz ein Minimum der Schallintensität. Dieses Minimum kommt dadurch zu-

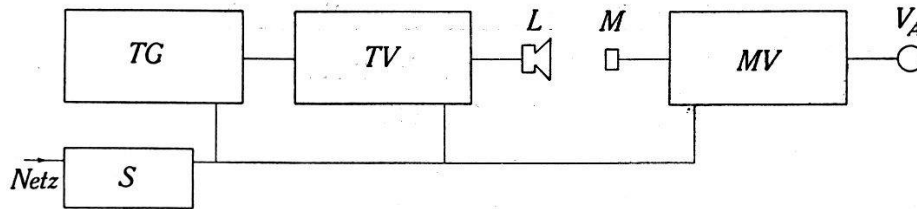


Fig. 1.

Messanordnung.

TG = Tongenerator, *TV* = Tonverstärker, *L* = Lautsprecher, *M* = Mikrophon, *MV* = Mikrophonverstärker, *V_A* = Voltmeter, *S* = Stabilisator.

stande, dass für die betreffende Frequenz die Wegdifferenz des direkten Strahles und des um die Kante gebeugten gerade eine Wellenlänge beträgt. (Die Druckschwankungen auf der Vorder- und

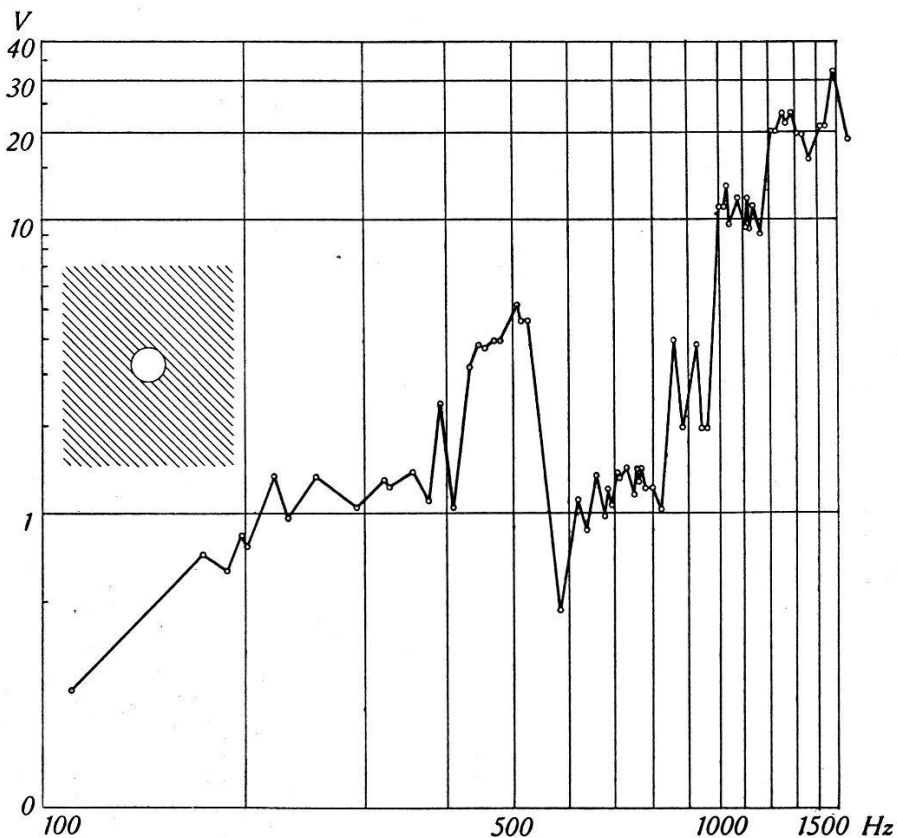


Fig. 2.

Lautsprecher mit unendlicher Schallwand.

der Rückseite sind gegenphasig)⁴⁾. Bei grossen Entfernungen vom Schallschirm tritt das Minimum dann ein, wenn die Wellenlänge gleich dem Radius des Schirmes wird⁵⁾. Bei einem rechteckigen oder

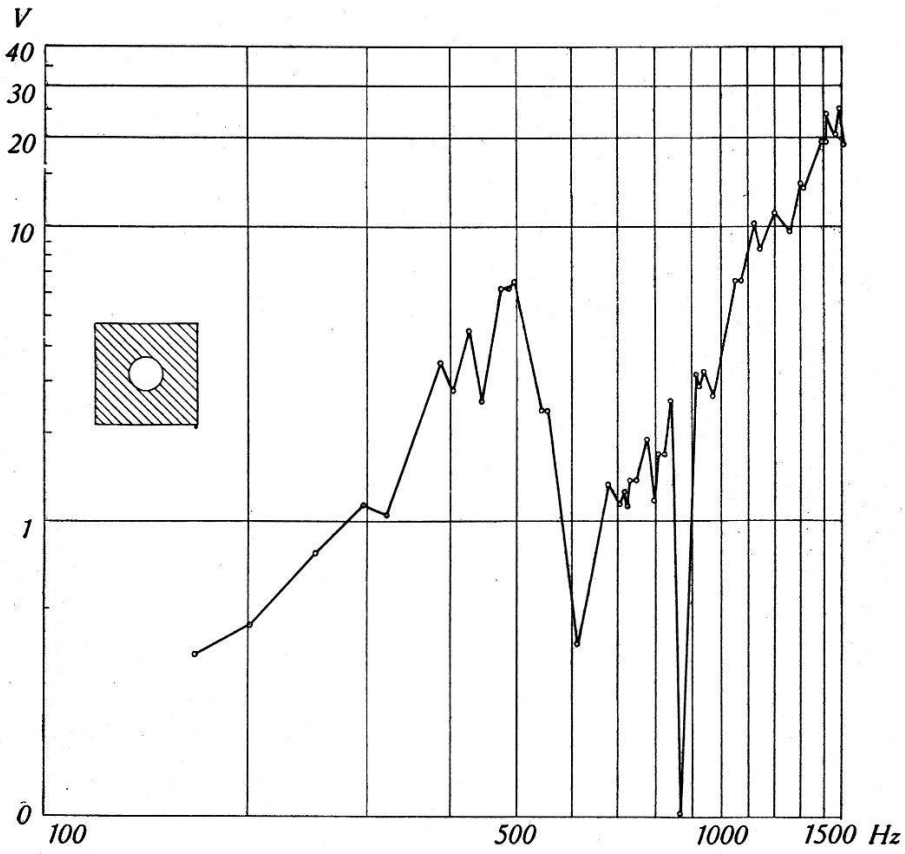


Fig. 3.

Lautsprecher mit quadratischer Schallwand.

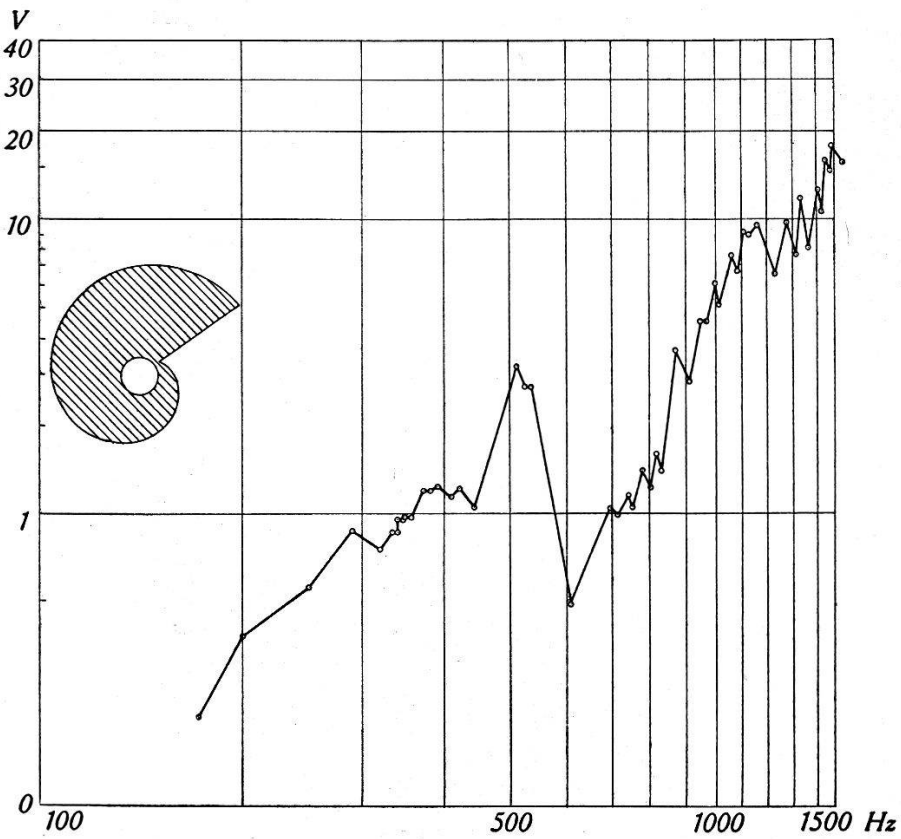


Fig. 4.

Lautsprecher mit unsymmetrischer Schallwand.

quadratischen Schirm liegen die Verhältnisse ganz ähnlich⁴⁾. Auch bei ihnen ergibt sich ein Minimum der Abstrahlung, welches aber nicht der kürzesten Verbindung von der Rückseite der Membran zum Mikrophon entspricht, sondern einem etwas längeren Weg. Dies rührt daher, dass die mittlere Wegdifferenz etwas grösser ist, wegen dem zu den Ecken hin wachsenden Weg. Selbst die Massnahme, den Lautsprecher auf der Rückseite schalldicht abzuschliessen, bringt das Minimum nicht zum Verschwinden³⁾, denn am Rand tritt äussere Beugung auf. Der einzige Weg, um die Interferenzerscheinungen zu vermindern, bleibt der, unsymmetrische Schirme zu konstruieren. BUCHMANN⁴⁾ untersuchte solche, die aus zwei Halbkreisen mit ungleichen Radien zusammengesetzt waren, und solche mit rechteckiger Form, aber seitlich angebrachtem Lautsprecher. Bei diesen Versuchen ergab sich eine Verringerung der Lautstärke bei tieferen Frequenzen wegen der geringeren einseitigen Schirmbreite, und es blieben noch schwache Minima, welche den immerhin noch vorhandenen Symmetrien entsprachen. BUCHMANN kommt zur Schlussfolgerung, dass sich Interferenzen nicht vermeiden lassen und dass sie um so ausgeprägter in Erscheinung treten, je symmetrischer der Schallschirm ist. Wollte man den Schirm so klein machen, dass, bei Unterdrückung der rückwertigen Strahlung, das erste Minimum in das Frequenzgebiet der starken Membranrichtwirkung gelangt und dadurch sich nicht mehr ausbildet, so würde der Abfall nach tiefen Frequenzen höher hinausrücken. Es ist daher zweckmässig, den Schirm möglichst gross und möglichst unsymmetrisch auszuführen und die rückseitige Strahlung durch eine akustische Dämpfung zu unterdrücken. Trotz dieser Dämpfung werden die Interferenzen bleiben, wegen der äusseren Beugung am Rand³⁾.

Es lag nahe, einen Schallschirm zu untersuchen, der durch völliges Fehlen von Symmetrien die Interferenzen über den ganzen Frequenzbereich gleichmässig verteilt. Prinzipiell kommt für die Form einer solchen Wand eine Windung irgend einer Spirale oder eine ähnliche Kurve in Frage. Wegen der Einfachheit der Ausführung wurde die Kreisevolvente gewählt. Der kleinste Abstand vom Rande des Lautsprechers betrug 3 cm, der grösste 64 cm; die grösste Ausdehnung war von 117 cm. Es wurde ein permanentdynamischer Lautsprecher mit 19 cm Membrandurchmesser verwendet. Gemessen wurde die Schallintensität mit einem Kristallmikrophon in 132 cm Abstand vom Schirm. Zur Ausschaltung von reflektierten Wellen wurden die Messungen im Freien ausgeführt mit etwa 4 m über dem Erdboden befestigtem Lautsprecher und Mikrophon. Fig. 1

zeigt das Prinzip der Messanordnung. Da das System Tongenerator, Tonverstärker, Lautsprecher, Mikrophon, Mikrophonverstärker und Messinstrument frequenzabhängig ist, wurde einfachheitshalber auf eine absolute Messung verzichtet und dafür mit denselben Geräten eine Vergleichsmessung mit einer unendlichen Schallwand ausgeführt. Letztere wurde dadurch verwirklicht, dass ein Fenster einer sonst fensterlosen Aussenwand des Institutes durch ein dickes Brett in das der Lautsprecher eingelassen war, verschlossen wurde. Die Strahlung erfolgte nach aussen, wo auch das Mikrophon schwebte. Bei allen Versuchen wurde die Reproduzierbarkeit der Messwerte durch einen Spannungsstabilisator für die Netz-Speisespannung gesichert. Die Figuren 2—4 zeigen die Resultate der Messungen. Abszisse ist der Logarithmus der Frequenz, Ordinate der Logarithmus der am Mikrophonverstärker gemessenen Ausgangsspannung. Fig. 2 gibt die Messwerte für den Lautsprecher in der unendlichen Wand wieder. Da der Tongenerator, die Verstärker mit demselben Instrument wie bei der Messung geprüft und das Mikrophon nach der mitgelieferten Kurve einen glatten Frequenzgang haben, rühren die vielen Zacken der Kurve vom Lautsprecher her. Fig. 3 ist eine Messung mit einer quadratischen Schallwand mit Seitenlänge 62,5 cm. Der Mikrophonabstand von 132 cm ergibt dabei eine Wegdifferenz zwischen dem direkten Weg und demjenigen um die Kante von 34,9 cm, was einer Frequenz von 975 sec^{-1} entspricht. Auf dem Diagramm ist die Lücke der Interferenz bei ca. 870 Hz, was einen Gangunterschied von 38,7 cm ausmacht. Der wirkliche Gangunterschied ist also etwas grösser als der geometrische um die dem Lautsprecher nächste Stelle der Kante. Der Grund dieses Verhaltens wurde weiter oben angegeben. Fig. 4 endlich ist das Resultat der Messung mit der völlig unsymmetrischen Schallwand. Der Vergleich mit der Kurve für unendliche Schallwand zeigt die herrschende Ähnlichkeit. Die tiefen Frequenzen sind etwas stärker geschwächt als bei der quadratischen Wand wegen dem viel geringeren kleinsten Radius des Brettes. Es fehlen hingegen in der Kurve Interferenzstellen, auch ist sie etwas ausgeglichener als die vorhergehenden. Die subjektive Beurteilung des Schirmes, durch Musikanhören ist recht günstig.

Es ist denkbar, durch geeignete Formung der Schallwand die Interferenzen zur weiteren Glättung der Kurve zu benützen; dabei können Resonanzspitzen durch das Anbringen von Resonatoren in der Schallwand abgeschnitten werden⁶).

Die vorliegende Mitteilung erhebt nicht den Anspruch der Vollständigkeit. Es sind noch verschiedene Eigenschaften zu unter-

suchen, wie die Richtstrahlcharakteristik und das Schallfeld, welches wesentlich komplizierter sein dürfte als in den experimentell und theoretisch bekannten symmetrischen Fällen. Aufschlussreich wäre auch die Messung des Schallflusses an der Kante. Auch sind günstige Formen der Schallwand zu ermitteln. Alle diese Messungen gehen über den Rahmen einer vorläufigen Arbeit, sie werden später aufgenommen werden.

Herrn Professor DESSAUER danke ich für die freundliche Unterstützung der Versuche. Auch sollte man der geduldigen Nachbarschaft unseres Gartens gedenken!

Freiburg, Physikalisches Institut der Universität.

Literatur.

- 1) H. STENZEL: Hdb. d. Experimentalphysik XVII, 2, S. 274 (1934).
 - 2) RICE und KELLOGG: Journ. Amer. Inst. El. Eng., S. 982 (1925).
H. BACKHAUS: Naturwiss. 17, 811, 835 (1929).
 - 3) M. J. O. STRUTT: ZS. f. techn. Physik 10, 124 (1929).
 - 4) G. BUCHMANN: ZS. f. techn. Physik 17, 563 (1936) und Akust., ZS. 1, 169 (1936).
 - 5) N. W. McLACHLAN: Loudspeakers.
 - 6) H. F. OLSON und J. WOLFF: Journ. acoust. Soc. Amer. 1, 410 (1930).
-