Aufsätze für Schallschirme – Einfluß der Kammerbreite

R. Volz, M. Möser; Institut für Technische Akustik, Technische Universität Berlin

1. Einleitung

Die Verbesserung der Abschirmwirkung von Schallschirmen durch Maßnahmen im Bereich der Schirmoberkante ist seit 1995 Gegenstand von theoretischen und praktischen Untersuchungen am Institut für Technische Akustik der TU Berlin. Ergebnisse dieser Untersuchungen wurden auf der *DAGA 95*, *97*, *98* und *2000*, auf dem *ICSV 7* sowie in der *Acustica* (1995) und *JASA* (1999) vorgestellt [1-7]. In den letzten Jahren wurden dabei Aufsätze mit $\lambda/4$-Resonatoren untersucht. Als Resonatoren wurden dabei halboffene Röhren verwendet.

In dieser Untersuchung wurde der Einfluß der Breite der einzelnen Röhren durch Labormessungen betrachtet. Der Einfluß der Kammerbreite eines Aufsatzes mit $\lambda/4$-Resonatoren wurde 1998 auch von *Okubo* und *Fujiwara* [8] mit Hilfe der BEM untersucht. Dabei wurde ebenfalls ein signifikanter Einfluß dieses Parameters auf die Abschirmwirkung festgestellt.

Die Untersuchungen beziehen sich dabei auf den bereits auf der *DAGA 98* vorgestellten Aufbau [3], der hier noch einmal kurz beschrieben werden soll.

2. Aufbau des Aufsatzes

Als Aufsatz wurde eine einfache $\lambda/4$-Resonator-Konstruktion verwendet. Sie bestand aus insgesamt 158 unten geschlossenen, runden Röhren (Rohrinnendurchmesser 68 mm, Länge 205 mm, Wanddicke 2 mm, $f_0 \approx 400$ Hz), die in einen ca. 3 m langen und 0,52 m breiten Holzkasten eingesetzt waren. Der Anteil der Lochfläche zur gesamten Oberfläche betrug 43,5 %.

3. Aufbauten im reflexionsarmen Raum

Der Aufsatz wurde auf der Rückseite einer 5 m langen Doppelwandkonstruktion aus Preßspanplatten befestigt.

Dieser Schallschirm schloß beidseitig an je eine hochabsorbierende Wand des reflexionsarmen Raums an und teilte so eine Dreiecksfläche ab. Um eine Schallausbreitung über die Unterkante der Wand zu unterbinden, wurde das Tragnetz des reflexionsarmen Raums auf der Sendeseite mit einer Doppelbodenkonstruktion aus Preßspanplatten vollständig abgedeckt. Zur Reduzierung von Bodenreflexionen wurden 50 mm dicke offenporige Schaumstoffmatten auf dem sendeseitigen Boden ausgelegt. Als Quelle wurde ein Dodekaeder verwendet (Fig. 1).

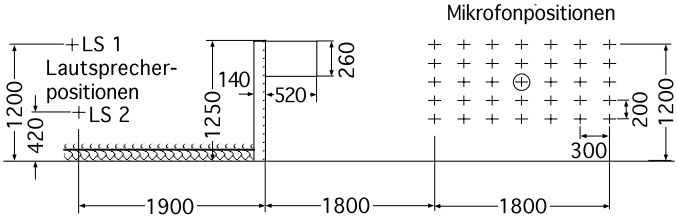

Fig. 1 *Aufbau Labormessung*

4. Messungen

Zur Untersuchung des Einflusses der Kammerbreite auf die Abschirmwirkung wurde die Kammerbreite der 158 Röhren des Aufsatzes von 68 mm durch Einbringung von 2 mm dicken Trennplatten halbiert (Fig. 2). Die Messungen fanden im reflexionsarmen Raum des Instituts für Technische Akustik statt. Dabei fanden jeweils zwei Meßserien an 35 Mikrofonpositionen mit und ohne eingefügte Trennplatten statt, um lediglich den Einfluß der Halbierung der Rohrbreite erfassen zu können.

Die Wirkung der Trennplatten wurde durch Ermittlung des Verbesserungsmaßes erfaßt. Das Verbesserungsmaß (*VBM*, in dB) ergab sich dabei aus der folgenden Pegeldifferenz:

$$VBM = L_{(\text{ohne Trennplatten})} - L_{(\text{mit Trennplatten})}$$

worin $L_{(\text{ohne Trennplatten})}$ den Pegel bezeichnet, der für den Fall der offenen Röhren gemessen wurde, und $L_{(\text{mit Trennplatten})}$ den Pegel bezeichnet, der mit den in die Röhren eingefügten Trennplatten gemessen wurde.

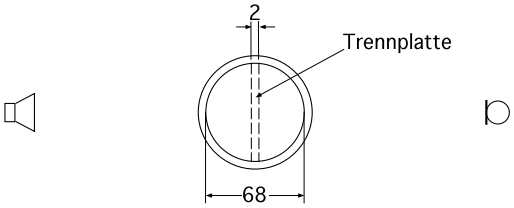

Fig. 2 *Ausrichtung der Trennplatten*

Ein positives *VBM* gibt so die erhöhte Abschirmwirkung durch die halbierte Kammerbreite aufgrund der Einbringung der Trennplatten an. Die Quellanregung erfolgte mit bandbegrenztem weißem Rauschen, wobei sich die Quelle an zwei verschiedenen Positionen befand. Der Schallpegel wurde an 35 Positionen hinter der Schallschutzwand im Frequenzbereich bis 3,2 kHz gemessen (s.a. Fig. 1). Das anregende Schallfeld wurde durch ein Referenzmikrofon auf Konstantheit untersucht: die Unterschiede bezüglich des Referenzsignals lagen zwischen den Meßserien innerhalb einer Terz durchweg unter 0,5 dB.

5. Ergebnisse der Messungen

5.1. Frequenzgang für einen ausgewählten Meßpunkt

Fig. 3 und Fig. 4 zeigen das *VBM* über der Frequenz für die beiden Lautsprecherpositionen und einen ausgewählten Meßpunkt (in Fig. 1 hervorgehoben). In die beiden Diagramme ist zusätzlich das gemittelte *VBM* eingetragen worden, um die Tendenzen im Frequenzgang besser erkennen zu können.

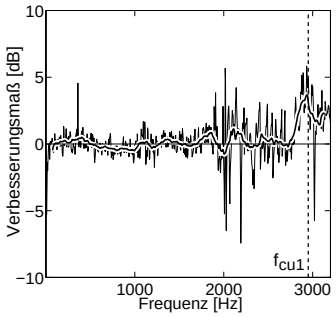

Fig. 3 *LS 1, (oben)*

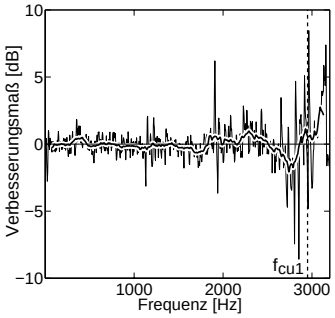

Fig. 4 *LS 2, (unten)*

Auffällig in beiden Diagrammen ist der deutliche Anstieg des *VBM* um bzw. oberhalb der cut-on Frequenz der ersten Quermode f_{cu1}, die bei ca. 2950 Hz liegt (gestrichelte Linie in den Diagrammen). Knapp unterhalb von f_{cu1} ist das Verhalten für die beiden Lautsprecherpositionen LS 1 und LS 2 für den ausgewählten Meßpunkt unterschiedlich. Im Fall der oberen Lautsprecherposition LS 1 (Fig. 3) treten ab etwa 2800 Hz deutliche Verbesserungen durch die Einbringung der Trennplatten auf, während für den Fall der unteren Lautsprecherposition LS 2 (Fig. 4) zwischen 2500 und 2900 Hz Verschlechterungen auftreten. Zwischen 1500 und 2500 Hz treten für beide Lautsprecherpositionen größere Schwankungen im *VBM* auf als im Bereich darunter. Dies ist jedoch nicht verwunderlich, da bei Wellenlängen > 30 cm (entsprechend zu $f < 1500$ Hz) eine Änderung der Kammerbreite von 68 auf 33 mm nicht relevant sein kann.

Die Betrachtung der Frequenzgänge für den ausgewählten

Meßpunkt zeigt, daß zu einer quantitativen Beurteilung des Einflusses der Kammerbreite auf die Abschirmwirkung eine andere Darstellung gewählt werden sollte.

5.2. Frequenzbänder über dem Beugungswinkel

Fig. 6 bis Fig. 13 zeigen das *VBM* für fünf Frequenzbänder über dem Beugungswinkel β (siehe Fig. 5). Die Symbole 'x' beziehen sich auf die obere Position der Quelle (LS 1) und die Symbole 'o' beziehen sich auf die untere Quellposition (LS 2).

Fig. 6 zeigt das Frequenzband um bzw. oberhalb von f_{cu1} (ca. 2950 Hz). Hier treten durch die Reduzierung der Kammerbreite Verbesserungen von 1 bis 2 dB für beide Quellpositionen auf, wobei die Verbesserungen für LS 1 größer ausfallen. Im Band darunter (Fig. 7) bestätigt sich das unterschiedliche Verhalten für die beiden Quellpositionen, daß bereits aus den Betrachtungen von Fig. 3 und 4 hervorging: bei LS 1 kommt es zu Verbesserungen von 0 bis 1 dB, während für LS 2 Verschlechterungen von 0 bis 1 dB auftreten. Fig. 8 zeigt das *VBM* für das nächstniedrige Frequenzband. Hier treten Verbesserungen von 0 bis 1 dB auf. Auch hier sind die Verbesserungen in Fall der Quellposition LS 1 etwas höher.

Fig. 9 und 10 zeigen oktavbreite Bänder. In Fig 9 zeigen sich für die Quellposition LS 1 geringe Verbesserungen von ca. 0,5 dB, während für die Quellposition LS 2 sehr geringe Verschlechterungen auftreten (0 bis 0,5 dB). Fig. 10 zeigt die daran anschließende Oktave. Wie zu erwarten, zeigen sich bei diesen tiefen Frequenzen keine Veränderungen im Abschirmverhalten durch eine Reduzierung der Kammerbreite. Fig. 10 zeigt damit allerdings die hohe Genauigkeit der Messungen. Die Streubreite des *VBM* über die 35 Meßpunkte ist äußerst gering.

6. Zusammenfassung

Mit Hilfe der duchgeführten Messungen konnte gezeigt werden, daß der Einfluß der Kammerbreite bei einem Aufsatz für Lärmschutzwände mit $\lambda/4$-Resonatoren im Bereich der cut-on Frequenz der ersten Quermode (f_{cu1}) eine Rolle spielt. Oberhalb von f_{cu1} kommt es zu einer Verringerung der möglichen Verbesserung der Abschirmwirkung durch den Aufsatz infolge der endlichen Kammerbreite. Diese Ergebnisse liegen im Einklang mit ähnlichen Untersuchungen von *Okubo* und *Fujiwara* [8].

Die untersuchten modifizierten Aufsätze [3,5] waren mit ihren geringeren Querabmessungen und damit höheren cut-on Frequenzen für den betrachteten Frequenzbereich (Verkehrslärm) folglich ausreichend dimensioniert.

7. Literatur

[1] M. Möser: *Schallschirme mit zylindrischen Aufsätzen*. DAGA '95, Saarbrücken, p. 691-694, 1995

[2] R. Volz, M. Möser: *Schallschirme mit zylindrischen Aufsätzen - erste Ergebnisse*. DAGA '97, Kiel, p. 136-137, 1997

[3] R. Volz, M. Möser: *Aufsätze für Schallschirme*. DAGA '98, Zürich, p. 230-321, 1998

[4] M. Möser, R. Volz: *Improvement of sound barriers using headpieces with finite impedance*. J. Acoust. Soc. Am. (JASA) 106(6), p. 3049-3060, 1999

[5] Volz, R.; Möser, M.: *Aufsätze für Schallschirme – Messungen an einer Lärmschutzwand*. DAGA 2000, Oldenburg, p. 444-445, 2000.

[6] Volz, R.; Möser, M.: *Aufsätze für Schallschirme – verschieden abgestimmte Resonatoren*. DAGA 2000, Oldenburg, p. 446-447, 2000.

[7] Volz, R.: *Headpieces with λ/4 resonators to improve sound barriers - various contours*. Proc. 7th International Congress of Sound and Vibration (ICSV7), p. 2639-2646, 2000.

[8] Okubo, T.; Fujiwara, K.: *Efficiency of a noise barrier on the bround with an acoustically soft cylindrical edge*. J. Sound Vibr. 216(5), p. 771-790, 1998.

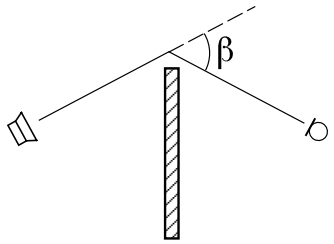

Fig. 5 *Beugungswinkel* β

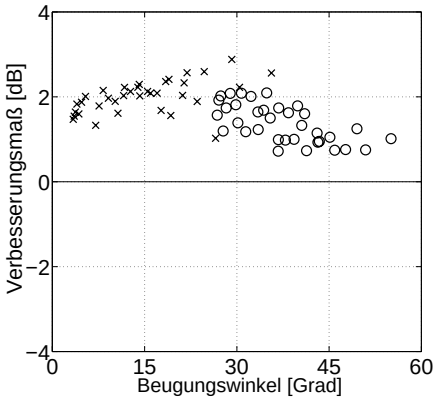

Fig. 6 f_u = 2900 Hz, f_o = 3200 Hz

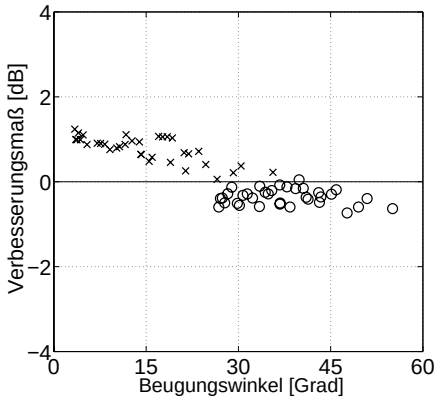

Fig. 7 f_u = 2500 Hz, f_o = 2900 Hz

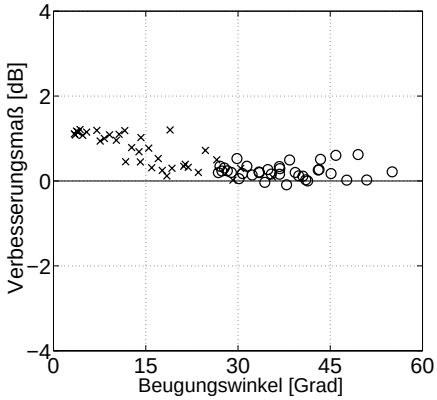

Fig. 8 f_u = 2000 Hz, f_o = 2500 Hz

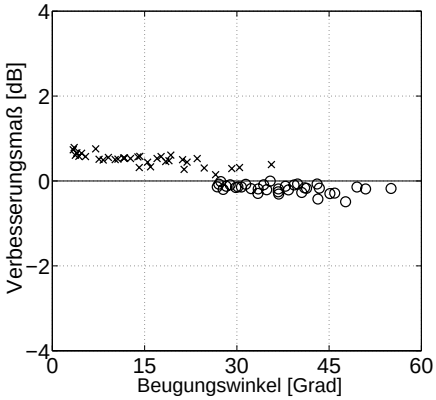

Fig. 9 f_u = 1600 Hz, f_o = 3200 Hz

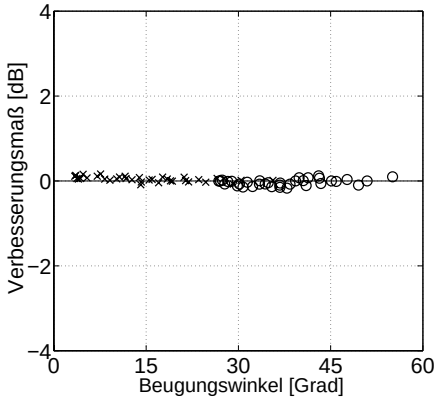

Fig. 10 f_u = 800 Hz, f_o = 1600 Hz