

25 (1998) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

P. Leistner, J. Krüger

Positionsabhängige Wirkung konzentrierter Tiefenabsorber

Zur Unterdrückung der stark ortsabhängigen Pegelverteilung in kleinen Räumen bei tieffrequenter Anregung werden vielfach Resonanzabsorber verwendet. Bei entsprechender Dimensionierung bzw. Abstimmung erreichen z.B. Verbundplatten-Resonatoren mit geringem Platzbedarf eine hohe Wirkung [1]. Noch kleiner und konzentrierter sind aktive Absorber [2], bei denen die Reaktion eines reaktiven Masse-Feder-Systems durch Rückkopplung des Drucksignals eines Mikrofons vor der Lautsprechermembran aktiviert und verstärkt wird. Vorzugsweise erfolgt die Positionierung eines solchen elektroakustischen Resonators in den Raumecken, da dort alle Raumresonanzen ein Schalldruckmaximum aufweisen. Obgleich diese Vorgehensweise bereits die positionsabhängige Wirkung der Tiefenabsorber berücksichtigt, ist eine genaue Kenntnis des Zusammenspiels zwischen Quelle, Absorber und Empfänger im Raum z.B. dann wünschenswert, wenn einzelne Ecken nicht für die Installation von Absorbern zur Verfügung stehen.

Positionsabhängige Wirkung aktiver Absorber

Eine erfolgversprechende Berechnungsmethode [3] ordnet nicht nur der Quelle sondern auch dem Absorber ein Schallfeld zu. Beide Komponenten werden zur Vereinfachung punktförmig angenommen und ihr Druckfeld zunächst in gleicher Weise angesetzt. Der Schalldruck am Empfangsort r_e , z.B. hervorgerufen durch eine Punktquelle mit dem Schallfluß Q_q an der Stelle r_q , ergibt sich entsprechend Gleichung (1) aus der Überlagerung des Direktschalls (1. Summand) und der Summe aller Raummoden (2. Summand).

$$p(r_e|r_q) = Q_q e^{-j\omega t} \left[\frac{j k_0 Z_0}{4\pi|r_e - r_q|} e^{-j k_0 |r_e - r_q|} + \frac{Z_0}{k_0} \sum_n \frac{\Psi(r_e)\Psi(r_q)}{V \Lambda_n [\eta_n + j(1 + \omega^2/\omega_n^2)]} \right] \quad (1)$$

Die n-te Raummode wird in Gleichung (1) durch die Frequenz ω_n , die modale Dämpfung η_n und den Orthogonalitätsfaktor Λ_n beschrieben. Die weiteren Größen sind das Raumvolumen V , die Ausbreitungskonstante k_0 sowie die Kennimpedanz Z_0 . Die so berechneten Schallfelder von Quelle und Absorber werden am Empfangsort überlagert. Sie weisen jedoch von vornherein zwei wesentliche Unterschiede auf: Der Schallfluß Q_a des Absorbers wird genau entgegengesetzt zur Richtung des Schallflusses Q_q der Quelle definiert. Der Schallfluß des Absorbers leitet sich aus dem Schallfluß der Quelle und dem von der Quelle am Ort r_a

des Absorbers erzeugten Schalldruck ab. Die Umsetzung dieser Randbedingungen bringt Gleichung (2) in Gestalt der Druckbilanz am Ort des Absorbers

$$p(r_a) = p_q(r_a) + p_a(r_a) = -Q_a Z_a \quad (2)$$

mit dessen Wandimpedanz Z_a zum Ausdruck. Diese Impedanz verkörpert die flächenbezogene Impedanz des Absorbers, ergänzt um die Strahlungsimpedanz. Mit Hilfe des aus Gleichung (2) ableitbaren Quotienten Q_a/Q_q kann nun der überlagerte bzw. resultierende Druck am Empfangsort $[p_q(r_e) + p_a(r_e)]$ bestimmt werden. Die Prüfung dieser Rechnung erfolgt anhand eines aktiven Absorbers [2], der dem punktförmigen Absorber praktisch sehr nahe kommt. Ein weiterer Vorteil ist die genau berechenbare Wandimpedanz aktiver Absorber bzw. der genau berechenbare Schalldruck am Ort des Rückkopplungsmikrofons. Die hier exemplarisch vorgestellten Ergebnisse entstanden in einem Raum (Bild 1) mit nahezu schallharten Wänden und immer gleichen Positionen von Quelle und Empfänger.

Vergleich zwischen Messung und Rechnung

Zum Vergleich wird die Transferfunktion (TF) des Raumes zwischen Empfänger und Quelle nach Bild 1 verwendet. In

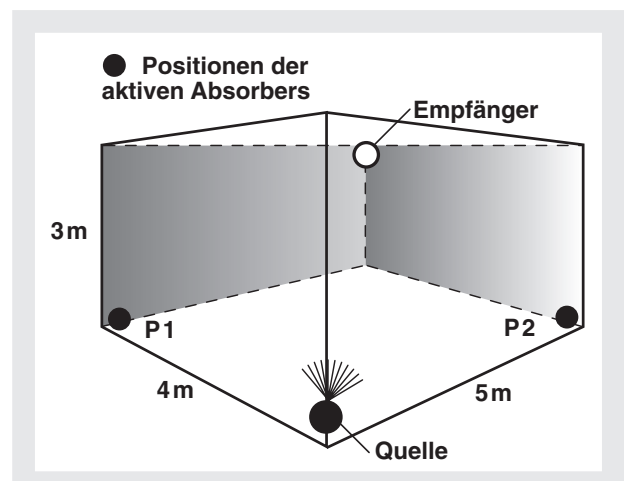


Bild 1: Perspektivische Darstellung des Meßraumes

Bild 2 sind die Transferfunktionen des leeren Raumes und des Raumes mit einem aktiven Absorber in einer Ecke (P1) dargestellt. Der Absorber reduziert deutlich einige scharfe Maxima, die den Eigenfrequenzen des Raumes entsprechen. Dieser charakteristische Einfluß kommt auch in der zugehörigen Rechnung mit großer Ähnlichkeit zum Ausdruck. Die Verlagerung der Absorberposition in eine andere Raumecke (P2) führt z.B. bei ca. 80 Hz zu einer erheblichen Veränderung der Absorptionswirkung. Dies zeigen Messung und Rechnung in Bild 3 gleichermaßen.

Da sich die Rechnung auf mehrere Absorber und Quellen in einem ansonsten schwach bedämpften Raum erweitern läßt, ergeben sich folgende Konsequenzen:

- Die Wirkung konzentrierter Tiefenabsorber in Rechteckräumen kann bei bekannter Impedanz (z.B. durch Messung im Impedanzrohr) berechnet werden.
- Bei gegebener Position von Quelle und Empfänger im Raum besitzt die Position der Absorber auch in den unterschiedlichen Ecken einen erheblichen Einfluß auf ihre Wirksamkeit im modalen Schallfeld.

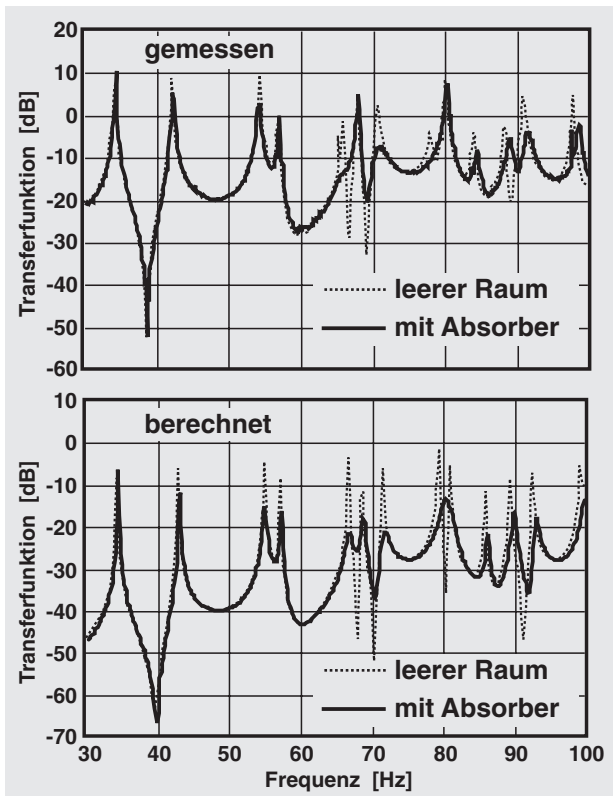


Bild 2: Transferfunktion (Betrag) des Raumes mit einem aktiven Absorber an der Position P1, in Abhängigkeit von der Frequenz.

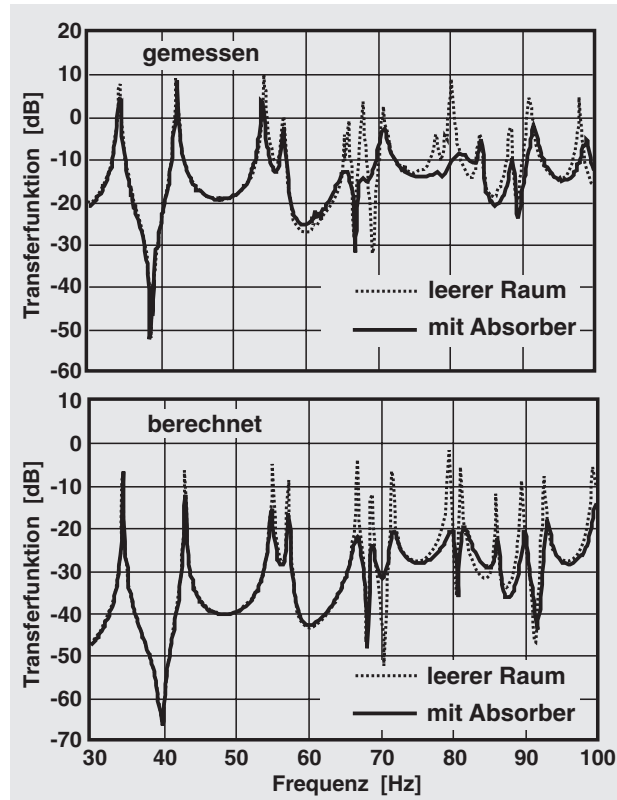


Bild 3: Transferfunktion (Betrag) des Raumes mit einem aktiven Absorber an der Position P2, in Abhängigkeit von der Frequenz.

Literatur

- [1] Fuchs, H., Zha, X.: Wirkungsweise und Auslegungshinweise für Verbund-Platten-Resonatoren. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 43 (1996), H. 1, S. 1-8.
- [2] Leistner, P., Krüger, J., Garni, B.: Aktive Absorber in kleinen Räumen. IBP-Mitteilungen 24 (1997) Nr. 308.
- [3] Cummings, A.: The Effects of a Resonator Array on the Sound Field in a Cavity. Journal of Sound and Vibration 154 (1992), H. 1, S. 25-44.



Fraunhofer
Institut
Bauphysik

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK (IBP)

Leiter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Dr. E.h. mult. Karl Gertis
 D-70569 Stuttgart, Nobelstr. 12 (Postfach 80 04 69, 70504 Stuttgart), Tel. 07 11/9 70-00
 D-83626 Valley, Miesbacher Str. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/6 43-0
 D-10178 Berlin, Mollstraße 1, Tel. 0 30/8 91-33 13

Herstellung und Druck: Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau IRB, Satz- und Druckcenter
 Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik