

24 (1997) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

P. Leistner, J. Krüger, B. Garni

Aktive Absorber in kleinen Räumen

Die akustischen Eigenschaften kleiner Räume sind bei tiefen Frequenzen durch ein modales Schallfeld bestimmt. Die stark ortsabhängige Pegelverteilung verzerrt Audiosignale in Konferenz- und Studioräumen und begrenzt damit deren Nutzbarkeit [1]. Zur Bedämpfung der tieffrequenten Moden stehen heute passive und reaktive Absorber [2] zur Verfügung, die mit relativ geringem Einbauvolumen eine gute Tiefenabsorption gewährleisten. Liegt das verfügbare Flächenangebot im Raum unter der für passive Maßnahmen notwendigen Größe, bieten aktive Absorber eine elektroakustische Problemlösung. Die Wirksamkeit ihres Funktionsprinzips führte bereits zu einer erfolgreichen Entwicklung als Schalldämpfer für Lüftungskanäle [3]. Mit Hilfe preiswerter Komponenten (Mikrofon, Lautsprecher, Verstärker), die allesamt in einer kleinen Box untergebracht sind, wird ein sehr geringer Anteil der Raumwände mit einer angepaßten, aktiv erzeugten Oberflächenimpedanz ausgestattet. Die konzentrierte Absorption dieser Kassetten ist im Frequenzbereich variierbar und besonders effektiv bei den störenden tiefen Raumresonanzen. Durch die Kombination mehrerer Absorberkassetten bzw. die Vergrößerung der aktiven Auskleidungsfläche läßt sich die Bedämpfung erhöhen und breitbandig abstimmen.

Aktive Absorberkassetten

Eine einzelne Absorberkassette, wie sie in Bild 1 dargestellt ist, bildet die einfachste aktive Raumauskleidung. Das Re-

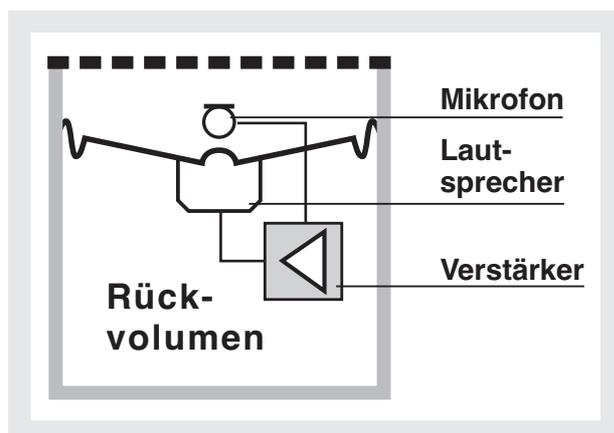


Bild 1: Aufbau einer aktiven Absorberkassette (AAK)

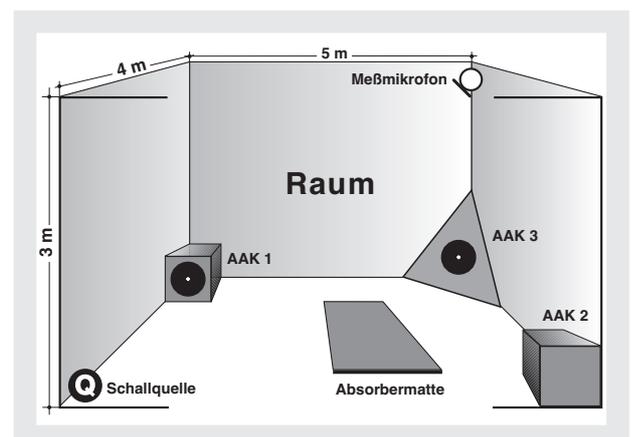


Bild 2: Anordnung der aktiven Absorberkassetten im Meßraum (Vol. 60 m³)

sonanzsystem aus der flächenhaften Lautsprechermembran und dem dahinter befindlichen Rückvolumen wird durch das Schallfeld im Raum angeregt und bewirkt bereits im passiven Zustand eine geringe Absorption. Die Resonanzfrequenz ergibt sich im wesentlichen aus diesen beiden Elementen und ist innerhalb konstruktiver Grenzen problemlos einstellbar. Das Mikrofon unmittelbar vor der Membran liefert eine druckproportionale Spannung, die nach invertierender Verstärkung zur Ansteuerung des Lautsprechers dient. Dadurch wird die Membran gezwungen, dem Druck verstärkt nachzugeben bzw. das Rückvolumen stärker zu komprimieren. Der Schalldruck vor der Membran verringert sich und die Absorption steigt deutlich an. Die mit der Verstärkung anwachsende Nachgiebigkeit besitzt praktische Grenzen, die sich bei tiefen Frequenzen aus dem beschränkten Hub des Lautsprechers ergeben. Vorwiegend bei hohen Frequenzen bestimmt die elektroakustische Stabilität des rückgekoppelten Systems die maximale Verstärkung. Räume mit nahezu schallharten Wänden sind deshalb mit einer geringen Grundabsorption bei hohen Frequenzen auszustatten (Absorbermatte, Bild 2), um diese Stabilität zu erhöhen. Eine Möglichkeit zur Anordnung aktiver Absorberkassetten im Rechteckraum zeigt Bild 2.

Ergebnisse

Die Effektivität der Kassetten zur Bedämpfung möglichst vieler Moden ist in den Raumecken am höchsten. Die Aus-

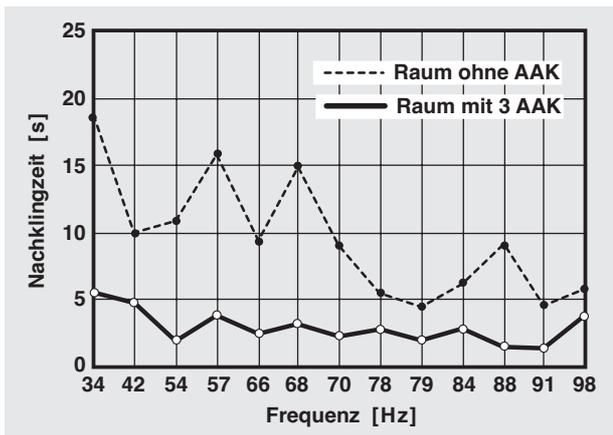


Bild 3: Nachklingzeiten der Raummoden in Abhängigkeit von der Frequenz, mit und ohne aktive Absorberkassetten nach Bild 2

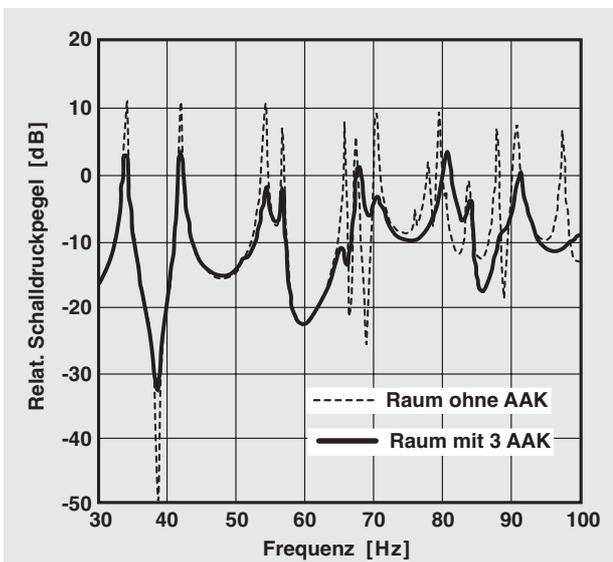


Bild 4: Transferfunktion des Raumes in Abhängigkeit von der Frequenz, mit und ohne aktive Absorberkassetten nach Bild 2

richtung der Membranfläche im Raum besitzt dagegen keinen meßbaren Einfluß auf die Absorption bei tiefen Frequenzen. Die unterschiedlichen Kassettenformen in Bild 2 veranschaulichen zwei wesentliche Eigenschaften: Um eine breitbandige Absorption zu erreichen, können die Kasset-

ten z.B. durch Variation des Rückvolumens aufeinander abgestimmt werden. Die Resonanzfrequenz der quaderförmigen Kassetten (Volumen 8 Liter) beträgt ca. 135 Hz und die der tetraederförmigen Kasette (Volumen 120 Liter) ca. 80 Hz. Ausgehend von der Lautsprechermembran bestimmt jedoch lediglich die Größe des Rückvolumens die Resonanzfrequenz. Der damit gegebene Spielraum bei der Gestaltung des Gehäuses erleichtert die Integration der Absorber im Raum, z.B. innerhalb einer Unterdeckenkonstruktion.

Die Veränderung der Raumakustik mit den beschriebenen aktiven Absorberkassetten zeigt sich eindrucksvoll anhand der verringerten Nachklingzeiten der Raummoden [4]. Bild 3 enthält eine Gegenüberstellung der gemessenen Nachklingzeiten mit und ohne aktive Absorber. Die gleichmäßige Verkürzung auf deutlich unter 5 s ist mit konventionellen Kantenabsorbieren nur durch erheblich größere Einbauvolumina zu erreichen. Eine weitere Möglichkeit zur Charakterisierung der Raumakustik bietet die Transferfunktion. Entlang einer Raumdiagonale gemessen (Schallquelle und Meßmikrofon, Bild 2), liefert diese Größe das frequenzabhängige Übertragungsverhalten des Raumes. Die starke Pegelreduzierung bis hin zur Auslöschung einzelner Moden durch die aktiven Absorberkassetten wird in Bild 4 sehr gut sichtbar.

Auch die Ergebnisse von [5] unterstreichen die Leistungsfähigkeit aktiver Absorber bei der schalltechnischen Behandlung kleiner Räume. In Verbindung mit ihrem einfachen Aufbau und den preiswerten Komponenten stellen sie eine effektive Ergänzung zu passiven und reaktiven Absorbieren dar.

Literatur

- [1] Zha, X., Fuchs, H., Hunecke, J.: Raum- und bauakustische Gestaltung eines Mehrkanal-Abhörzimmers. Rundfunktechnische Mitteilungen 40 (1996), H. 2, S. 49-57.
- [2] Fuchs, H., Zha, X.: Wirkungsweise und Auslegungshinweise für Verbund-Platten-Resonatoren. Zeitschrift für Lärmbekämpfung 43 (1996), H. 1, S. 1-8.
- [3] Leistner, P., Krüger, J., Leistner, M.: Hybride Schalldämpfer - Hohe Dämpfung bei tiefen Frequenzen. HLH 47 (1995), H. 10, S. 85-90.
- [4] Oelmann, J.; Zha, X.: Zur Messung von Nachhallzeiten bei geringer Eigenfrequenzdichte. Rundfunktechnische Mitteilungen 30 (1986), H. 6, S. 257-268.
- [5] Gami, B.: Aktive Absorber in der Raumakustik. Diplomarbeit im Studiengang Bauphysik der Fachhochschule Stuttgart - Hochschule für Technik (HfT), 1997.



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, Fraunhoferstr. 10 (Postfach 11 52, 83601 Holzkirchen), Tel. 0 80 24/6 43-0