

24 (1997) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

X. Zha, M. Späh, C. Nocke, G. Jiang

## Neuer Laborraum für Untersuchungen an Schallabsorbern bei tiefen Frequenzen

### Einleitung

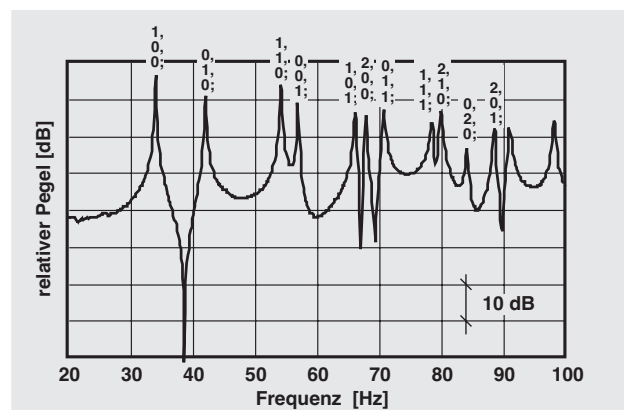
Die Bestimmung des Absorptionsverhaltens großflächiger Absorberelemente kann gerade bei tiefen Frequenzen unterhalb 100 Hz nicht mit herkömmlichen Methoden durchgeführt werden. Die Beschränkung auf einen Frequenzbereich oberhalb 100 bzw. 125 Hz wird jedoch zukünftigen Ansprüchen in der Raum- und Bauakustik nicht mehr genügen. Schon heute werden an akustisch anspruchsvolle Räume wie z.B. Tonstudios Anforderungen bis hinab zu 50 Hz gestellt.

Um auch für Frequenzen unter 100 Hz Aussagen über die Schallabsorption von Materialien bzw. Bauelementen treffen zu können, wurde im IBP ein neuer Laborraum eingerichtet. In diesem können Messungen entsprechend der in [1, 2] vorgeschlagenen Methode schnell durchgeführt werden. Die Meßergebnisse gestatten einen Vergleich der Absorptionseigenschaften verschiedener Absorberelemente und -ausführungen bei Frequenzen unter 100 Hz. Derartige Vergleiche sind Ausgangspunkt für Optimierungen verschiedener Absorberelemente [3] und liefern wertvolle Hinweise für spätere Auslegungen von akustisch anspruchsvollen Räumen.

### Meßmethode

Das standardisierte Meßverfahren zur Absorptionsgradbestimmung im Hallraum geht von einem möglichst diffusen Schallfeld im Raum aus [4]. Aus den Nachhallzeiten mit und ohne Prüfling errechnet sich die äquivalente Absorptionsfläche und daraus der auf die Bauteiloberfläche bezogene Absorptionsgrad. Bei tiefen Frequenzen und kleinen Räumen sind einige der in [4] geforderten Voraussetzungen nicht erfüllt. Das hier vorgestellte Verfahren in Anlehnung an [2] nutzt dagegen die modalen Eigenschaften des Schallfeldes bei tiefen Frequenzen und kleinen Räumen in besonderer Weise aus [3]. Messungen im Kundtschen Rohr [5] erlauben bei tiefen Frequenzen nur sehr eingeschränkt die Untersuchung großer bzw. inhomogen aufgebauter Bauelemente, wie sie in der Raumakustik zum Einsatz kommen.

Für den im IBP verwendeten 3 x 4 x 5 m<sup>3</sup> großen Raum stimmen die berechneten Eigenfrequenzen gut mit denen aus der gemessenen Übertragungsfunktion zwischen zwei Raumecken bestimmten überein (Bild 1). Unter 100 Hz ist die Eigenfrequenzdichte gering (weniger als 5 pro Terz), so



Position	Mode (x,y,z)	Frequenz [Hz]
1	1,0,0	34,0
1	0,1,0	42,0
2	1,1,0	54,1
3	0,0,1	56,9
4	1,0,1	66,1
5	2,0,0	67,8
4	0,1,1	70,6
1	1,1,1	78,4
6	2,1,0	79,9
7	0,2,0	84,0
8	2,0,1	88,5

Bild 1: Gemessene Übertragungsfunktion zwischen zwei Raumecken im leeren Raum und zugehörige Moden mit berechneten Eigenfrequenzen.

daß nach [2] die Messungen bei den Eigenfrequenzen durchgeführt werden sollten. Für höhere Frequenzen bzw. eine höhere Eigenfrequenzdichte wird zur breitbandigen Messung nach [4] übergegangen.

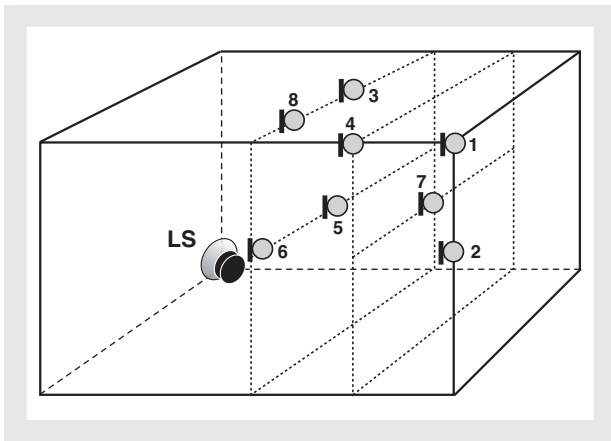


Bild 2: Schematische Darstellung der acht Mikrofonpositionen im Raum.

Aufgrund der ausgeprägt ortsabhängigen Schalldruckverteilung bei jeder einzelnen Eigenfrequenz wird eine jeweils zur untersuchten Mode "passende" Mikrofonposition verwendet. Zur schnellen Meßdurchführung sind daher acht Mikrophone fest im Raum installiert worden, mit deren Hilfe eine eindeutige Identifizierung des jeweils untersuchten Nachklingvorgangs möglich wird. Für jede Eigenfrequenz wird so die Nachklingzeit nach [2] im leeren Raum und bei eingebauter Absorberanordnung gemessen.

Analog zum Vorgehen in [4] wird hieraus der effektive Absorptionsgrad  $\alpha_{\text{eff}}$  bei der jeweils untersuchten Eigenfrequenz des Raumes als

$$\alpha_{\text{eff}} = 55,3 \frac{V}{S c} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \quad (1)$$

mit

- V Volumen des Raumes [m<sup>3</sup>],
- S Oberfläche der Prüfkörper [m<sup>2</sup>],
- c Schallgeschwindigkeit bei 20 °C = 343 [m/s],
- T<sub>1</sub> Nachklingzeit ohne Prüfkörper [s],
- T<sub>2</sub> Nachklingzeit mit Prüfkörper [s]

bestimmt [1]. Diese Größe gestattet den Vergleich verschiedener Absorberanordnungen und -aufbauten bei den verwendeten Frequenzen. Zu beachten ist hierbei, daß der effektive Absorptionsgrad nicht nur vom Prüfling selbst, sondern i.a. auch von der Raumgröße und -geometrie und der Prüflingsposition und -größe abhängt [1].

### Meßaufbau

In Bild 2 sind die Positionen der acht Mikrophone dargestellt. Mit Hilfe eines speziell angepaßten Computerprogramms, das die sinusförmige Anregung steuert und die Nachklingkurven (siehe Bild 3) aufnimmt und auswertet, können die Messungen zügig durchgeführt werden. Trotz der automatisierten Nachklingzeitbestimmung werden die einzelnen Nachklingvorgänge speziell im bedämpften Raum einzeln beurteilt. In Bild 3 sind beispielhaft verschiedene Nachklingkurven für den leeren Raum bzw. für den mit insgesamt sechs VPR-Elementen bestückten Raum dargestellt. Die Elemente sind derart aufgestellt, daß in zwei Raumecken jeweils ein Element in jede Raumrichtung ausgerichtet ist.

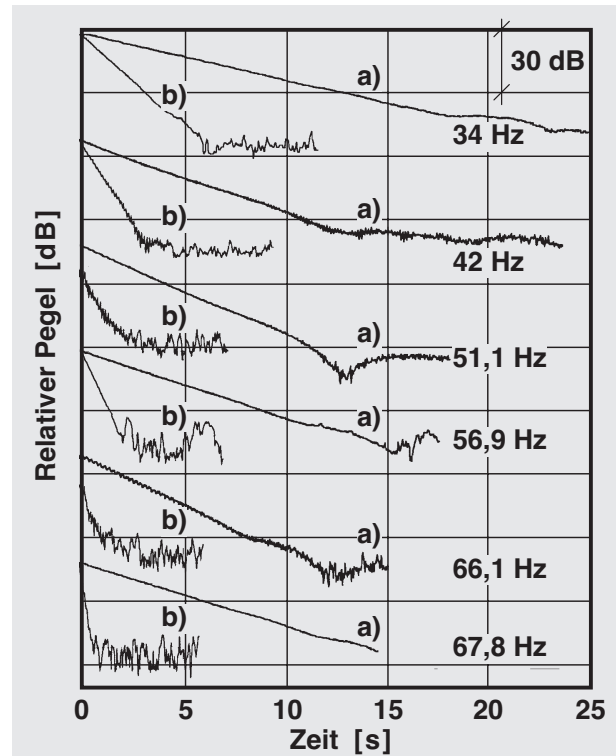


Bild 3: Nachklingkurven (Abnahme des relativen Pegels) der ersten fünf Eigenfrequenzen  
a: im leeren Raum  
b: im bedämpften Raum

### Zusammenfassung

Zur Untersuchung der Wirksamkeit von Schallabsorbern speziell für tiefe Frequenzen ist ein sogenanntes T-Labor (Tieffrequenz-Labor) neu eingerichtet und ein dem tiefen Frequenzbereich angepaßtes Meßverfahren erprobt worden. Die bisher erzielten Meßergebnisse zeigen die Zuverlässigkeit des Vorgehens beim Vergleich von wirksamen Absorberanordnungen bei tiefen Frequenzen.

### Literatur

- [1] Zha, X.; Fuchs, H.V.; Späh, M.: Messung des effektiven Absorptionsgrades in kleinen Räumen. Rundfunktech. Mitt. 40 (1996), H. 3, S. 77-83.
- [2] Oelmann, J.; Zha, X.: Zur Messung der "Nachhallzeiten" bei geringer Eigenfrequenzdichte. Rundfunktech. Mitt. 30 (1986), H. 6, S. 257-268.
- [3] Späh, M.: Verbund-Platten-Resonatoren für tiefe Frequenzen in kleinen Räumen. Fachhochschule Stuttgart - Hochschule für Technik, Diplomarbeit (1995).
- [4] DIN EN 20 354: Bestimmung des Absorptionsgrades im Hallraum. Beuth-Verlag, Berlin (1993).
- [5] DIN 52 215: Bestimmung des Schallabsorptionsgrades und der Impedanz im Rohr. Beuth-Verlag, Berlin (1963)



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