

22 (1995) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

P. Brandstätt, K. Teige

Pegelprognose in kleinen Räumen für tiefe Frequenzen

1. Aufgabenstellung

In kleinen Räumen mit ca. 30 bis 60 m³ wird das Schallfeld unter 100 Hz durch einzelne Moden bestimmt. Dies führt zu stark ortsabhängigen Pegeln, die z.B. die Lärmbelastung aus Lüftungsanlagen verstärken können und bei der Planung berücksichtigt werden müssen. Im Übergangsbereich (125 bis 200 Hz) zum diffusen Schallfeld ist der Modeneinfluß noch nachweisbar, eine modale Rechnung ist jedoch nicht mehr sinnvoll. Für dieses quasi-diffuse Schallfeld kommen daher Abschätzungen zum Einsatz, die durch Messungen verbessert werden konnten.

2. Modale Berechnung der Pegelverteilung

Die Schalldruckverteilung im Raum kann folgendermaßen beschrieben werden, [1] :

$$p(r|r_0) = \frac{\rho c^2}{\omega V} q \sum_N \frac{\Psi_N(\omega, r) \Psi_N(\omega, r_0)}{\Lambda_N \left[\eta_N + j \left(1 - \left(\frac{\omega_N}{\omega} \right)^2 \right) \right]} \quad (1)$$

Die Größen bedeuten: ρ und c =Dichte und Schallgeschwindigkeit der Luft, q =Schallfluß, η_N =modale Verlustfaktoren, $\Psi_N(\omega, r|r_0)$ =Querverteilungsfunktionen für den Empfänger an Position r bzw. Sender bei r_0 , Λ_N =Orthogonalitätsfaktor, ω_N =Modenfrequenz, V =Raumvolumen, Für die Pegelprognose müssen im wesentlichen der Schallfluß q und die Modendämpfungen η_N bestimmt werden. Bei Lüftungsanlagen ist in der Regel der Schalleistungspegel an der Mündungsöffnung zum Raum bekannt, aus dem der Schalldruckpegel im Raum berechnet wird [2]. Daher wurde der Schallfluß aus bekannten Schalleistungspegeln mit

$$q = \sqrt{\frac{c \Omega P}{\rho 2 \pi^2 f^2}} \quad (2)$$

berechnet [1]. Es bedeuten: P =Schalleistung in [W], Ω =Raumwinkel, f =Frequenz. Die Ermittlung der Verlustfaktoren η_N sowie gemessene und berechnete Pegelverteilungen wurden bereits in [3,4] vorgestellt. Bild 1 zeigt für verschiedene Büroräume mit unterschiedlicher raumakustischer Ausstattung die Differenz zwischen Berechnung und

Messung der räumlich gemittelten Pegel. Die hierbei verwendeten Rechenverfahren bilden die Grundlage eines entwickelten PC-Programms. Nach der Eingabe der Raum-, Absorber- und Anregungsdaten liefert dieses Programm zunächst die Frequenzen der Raummoden und deren Verlustfaktoren. Ein weiteres Ergebnis stellt die Pegelverteilung dar, die für eine gewählte Frequenz in einer vorgegebenen Höhe über der Bodenfläche an festgelegten Punkten (9 x 9 - Raster) ermittelt wird.

3. Übergangsbereich zwischen 125 und 200 Hz

Nach [2] wird der Schalldruckpegel L_{VDI} im Fernfeld der Quelle mit

$$L_{VDI} = L_W + 10 \log \left(\frac{4}{A} \right) \quad (3)$$

berechnet. Darin sind L_W der Schalleistungspegel der Quelle und A die äquivalente Absorptionsfläche des Raumes. Diese Abschätzung ergibt etwas höhere Pegel als der über dem Raster gemittelte Meßwert, da der Modeneinfluß noch vorhanden ist. Das Schallfeld kann aber auch in diesem

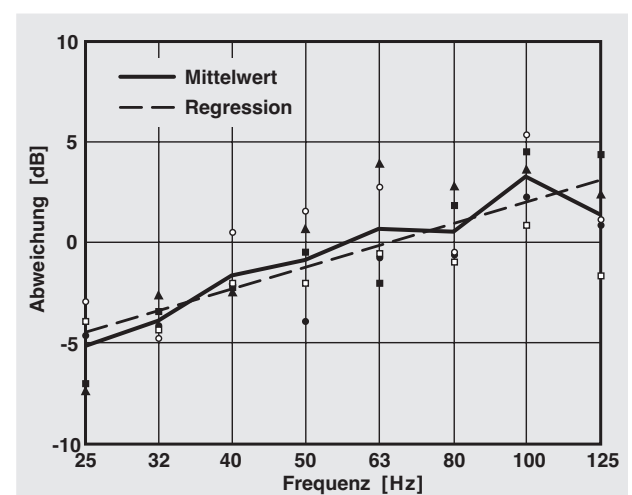


Bild 1: Abweichung ($L_{\text{Rechnung}} - L_{\text{Messung}}$) der über dem Meßraster gemittelten Pegel für verschiedene Büroräume. Symbole: einzelne Büroräume

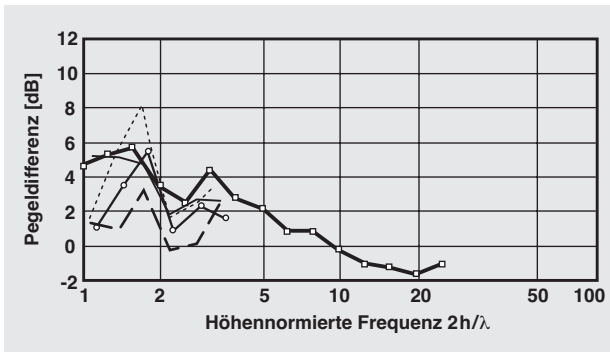


Bild 2: Pegeldifferenz ($L_{VDI} - L_{m,Messung}$) in Arbeitsplatzhöhe (1.3 m) für verschiedene Büroräume ohne absorbierende Unterdecke.

h = Raumhöhe (ca. 3 m), $L_{m,Messung}$ = mittlerer Pegel über dem Messraster. (Die Kurven stammen von verschiedenen Büroräumen.)

Frequenzbereich als annähernd diffus angenommen werden. Die Moden in Richtung der Raumhöhe führen im Bereich üblicher Sitzpositionen am Arbeitsplatz zu einem etwas niedrigeren Schallpegel gegenüber der Abschätzung mit Gleichung (3). In den genannten Büroräumen liegt der Arbeitsplatzpegel im Mittel 3 dB (ohne Unterdecke) bis 5 dB (mit Unterdecke) unter den Ergebnissen nach [2]. Die Bilder 2 und 3 verdeutlichen dies anhand der Differenz zwischen L_{VDI} und $L_{m,Messung}$ in verschiedenen Büroräumen. Mit Regressionsformeln kann diese Näherung auch auf andere Raumhöhen und Frequenzen ausgedehnt werden. Die gemessenen Pegel im Raum weisen allerdings eine Streuung von ca. 2 bis 3 dB gegenüber dem mittleren Pegel auf, wie Bild 4 zeigt. Eine sichere Abschätzung, die genügend Spielraum für die maximal auftretenden Pegelabweichungen bietet, ist demnach auch für den Übergangsbereich durch die Abschätzung nach [2] gegeben.

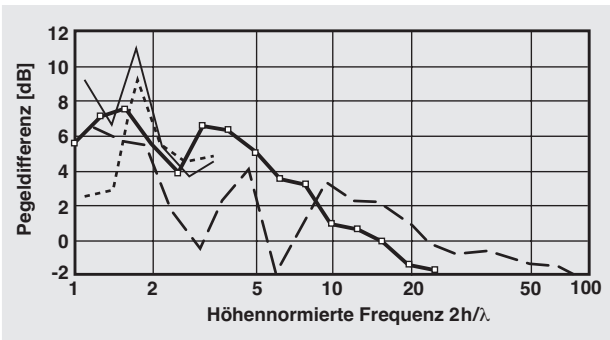


Bild 3: Pegeldifferenz ($L_{VDI} - L_{m,Messung}$) in Arbeitsplatzhöhe (1.3 m) für verschiedene Büroräume mit absorbierender Unterdecke.

h = Raumhöhe (ca. 3 m), $L_{m,Messung}$ = mittlerer Pegel über dem Messraster. (Die Kurven stammen von verschiedenen Büroräumen.)

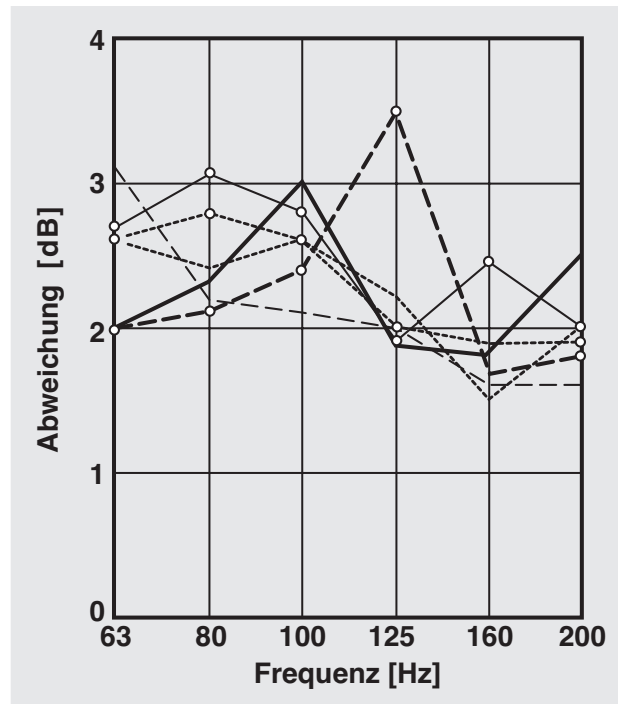


Bild 4: Mittlere Überschreitung des Mittelungspegels $L_{m,Messung}$ für verschiedene Büroräume.

Literatur

- [1] Cremer, L., Müller, H.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik Band II. Stuttgart: Hirzel Verlag, 1976.
- [2] VDI-Richtlinie 2081: Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen, 1983.
- [3] Brandstät, P., Frommhold, W.: Einfluß des Raumes auf die Mündungsreflexion von Luftauslässen. In: Fortschritte der Akustik, DAGA 1994. Bad Honnef: DPG-GmbH, S. 285-288.
- [4] Frommhold, W., Teige, K., Fleischmann, T.: Tieffrequente Schallfelder in kleinen belüfteten Räumen. In: Fortschritte der Akustik, DAGA 1994. Bad Honnef: DPG-GmbH, S.289-292.



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