

21 (1994) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

W. Frommhold, K. Teige, T. Fleischmann

Tieffrequente Schallfelder in kleinen belüfteten Räumen

1. Aufgabenstellung

Bei der akustischen Auslegung von Lüftungsanlagen wird bislang vom A-bewerteten Diffus-Pegel im belüfteten Raum ausgegangen (VDI-Richtlinie 2081). Die von der Lüftungsöffnung in den Raum eingespeiste Schalleistung hat aber ihre Hauptanteile meist unterhalb 200 Hz, so daß bei hohen Schallpegeln die A-Bewertung unzulässig wird [1]. Wenn die tieffrequenten Anteile die Lärmsituation bestimmen, so muß auch die ausgeprägte Ortsabhängigkeit der Schalldruckpegel berücksichtigt und folglich bei der Planung prognostiziert werden.

2. Berechnung des Schallfeldes im Rechteckraum

Zumindest unterhalb 100 Hz ist die Lüftungsöffnung so klein gegen die Wellenlänge, daß sie als Punktstrahler idealisiert werden kann. Ausgehend von [2,3] ergibt sich dann der Schalldruck am Meßpunkt als Summe über die modalen Druckanteile. Verknüpft sind der Schalldruck und der Schallfluß der Quelle durch die Transfer-Impedanz, die aus einem Anteil der Volumenkompression (Grundmode $N=000$ ohne

Ortsabhängigkeit) und der Summe der modalen Anteile mit Ortsabhängigkeit und resonanzartigem Amplitudenverlauf besteht. Zur Pegel-Prognose werden die Resonanzfrequenzen f_N und modalen Verlustfaktoren η_N benötigt.

3. Experimentelle Untersuchungen

In schallharten Laborräumen und durchschnittlich ausgestatteten Büros wurde die Pegelverteilung in Kopf-Höhe gemessen. Das Schallfeld wurde mit einem kleinen Tieftöner in geschlossenem Gehäuse mit Sinus und zur Simulation einer Lüftungsanlage mit Rosa Rauschen angeregt [4]. Die modalen Verlustfaktoren η_N und die Resonanzfrequenzen f_N wurden aus den zwischen den Raumecken gemessenen Transferfunktionen mit Hilfe der Curve-fit-Funktion eines Analysators ermittelt.

4. Ergebnisse

Bild 1 zeigt Transferfunktionen im leeren Laborraum mit $V = 60 \text{ m}^3$ zwischen dem Lautsprecher- und dem Mikrofon-

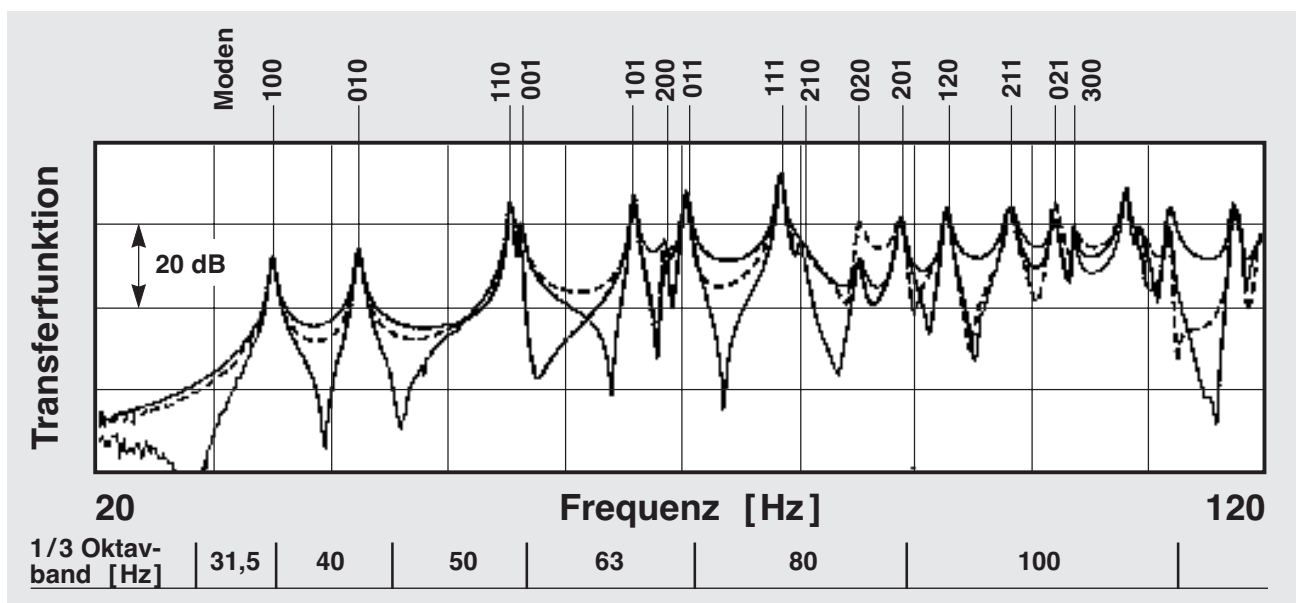


Bild 1: Transferfunktionen im leeren Laborraum

signal (der Frequenzgang des Lautsprechers wurde bei der Berechnung berücksichtigt). Die Raumresonanzen sind scharf ausgeprägt. Bild 2 zeigt im gleichen Raum die Pegelverteilung bei Sinus-Anregung konstanter Amplitude. Gemäß Bild 1 ist der Pegel unterhalb der ersten Mode 100 gering. Die Rechnung weicht in der Nähe der Quelle (linke vordere Ecke) erheblich von der Messung ab. Grund dafür ist das Nahfeld, das in der Rechnung nicht berücksichtigt ist. Bei der ersten Resonanz ist der Pegel hoch und die modale Verteilung scharf ausgeprägt. Die Differenz Maximum-Minimum beträgt über 40 dB! Die Rechnung stimmt mit der Messung ausgezeichnet überein. Für die Terzpegel bei Anregung mit Rosa Rauschen (rechnerische Simulation mit 41 Tönen/Terz bei schwankender Phase) liegen die Verhältnisse ähnlich. Die Modenstruktur ist aber dann weniger ausgeprägt, die Minima liegen etwa 20 dB unter den Maxima. Die Rechnung weicht weniger als 3 dB von der Messung ab. Bild 3 zeigt in einem Büro (V=35 m³) die berechneten Terzpegel und die Abweichungen zur Messung. Trotz Möblierung und absorbierender Unterdecke ist die Übereinstimmung erstaunlich gut. Die größeren Abweichungen in der Nähe der Knotenlinien sind bedeutungslos, weil dort die Lärmsituation ohnehin unkritisch ist. Eine modale Rechnung oberhalb etwa 80 Hz in eingerichteten Räumen scheint nicht mehr sinnvoll. Dort ist die Abschätzung als quasi-diffuses Schallfeld mit größerer Streubreite ausreichend.

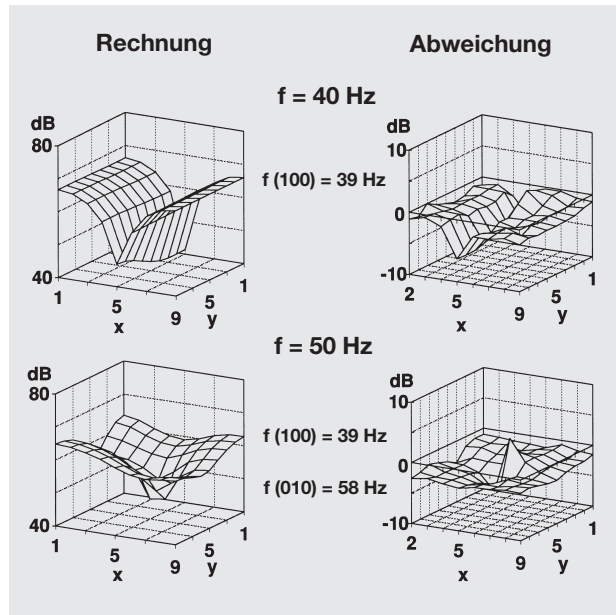


Bild 3: Pegelverteilung im Büroraum bei Anregung mit Rosa Rauschen,

links: Rechnung
rechts: Differenz zwischen Rechnung und Messung

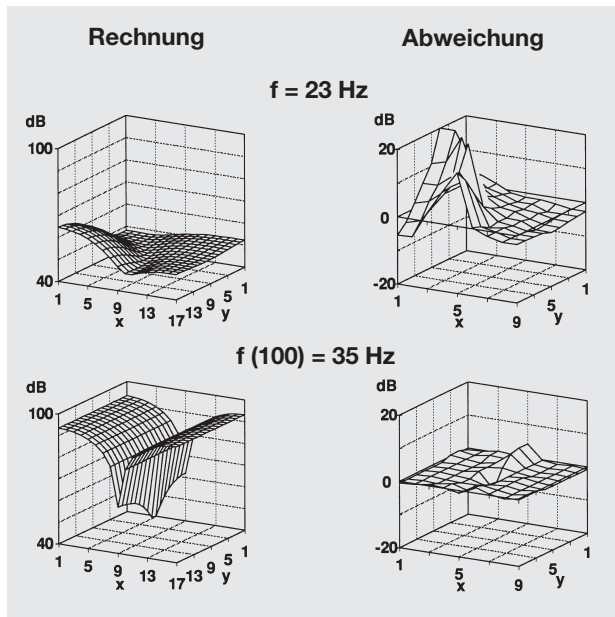


Bild 2: Pegelverteilung im leeren Laborraum bei Anregung mit Sinus,

links: Rechnung
rechts: Differenz zwischen Rechnung und Messung

Literatur

- [1] Frommhold, W.: Tieffrequenter Lärm in Reinräumen. DAGA (1992), S. 421-424.
- [2] Morse, P.M.; Ingard, K.U.: Theoretical Acoustics. McGraw-Hill (1969).
- [3] Cremer, L.; Müller, H.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Raumakustik. Hirzel-Verlag, Stuttgart (1976), 2. Aufl.
- [4] Frommhold, W.; Teige, K.; Fleischmann, T.: Tieffrequente Schallfelder in kleinen belüfteten Räumen. DAGA 1994.



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