Fraunhofer Institut Bauphysik

IBP-Mitteilung 347

26 (1999) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

W. Maysenhölder

LAYERS - ein Werkzeug zur Untersuchung der Schalldämmung von Platten aus homogenen anisotropen Schichten

Theoretisches Modell

Das Programm LAYERS arbeitet nach einem Rechenverfahren, das von Skelton und James für homogene, elastisch anisotrope Schichten entwickelt wurde [1]. Die seitlich unbegrenzten, beliebig dicken Schichten, die auch fluid sein dürfen, befinden sich zwischen zwei homogenen fluiden Halbräumen (Bild 1). Für die akustische Anregung dieser Schichtenfolge stehen drei Möglichkeiten zur Auswahl: Eine Punktquelle, eine Punktkraft auf eine Grenzfläche oder eine ebene Welle aus dem oberen Halbraum. Die Anregung durch ein diffuses Schallfeld im oberen Halbraum wird durch eine Integration über viele einfallende ebene Wellen modelliert (bis zu einem maximalen Einfallswinkel von üblicherweise 78°). Als Ergebnisse erhält man in den ersten beiden Fällen die abgestrahlte Schalleistung und bei Wellenanregung den Reflexions- oder Transmissionsgrad in Abhängigkeit von der Frequenz. Das Berechnungsmodell setzt die Gültigkeit der linearisierten anisotropen Elastodynamik voraus, wobei die Materialdämpfung der einzelnen Schichten durch die Imaginärteile der Schallgeschwindigkeiten bzw. der elastischen Konstanten berücksichtigt werden kann. Im Rahmen dieses Modells sind die Ergebnisse exakt und nicht durch weitere Annahmen in ihrer Gültigkeit eingeschränkt (etwa auf dünne Schichten).

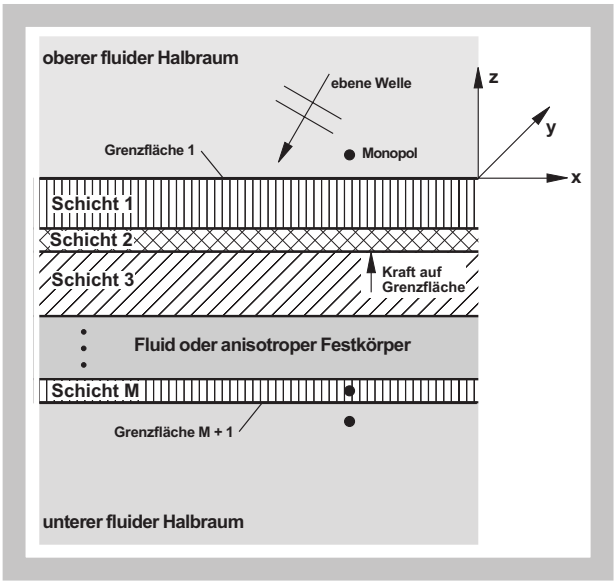

Bild 1: LAYERS: Schematische Darstellung der Schichtenfolge und Anregungsmöglichkeiten (nach [1])

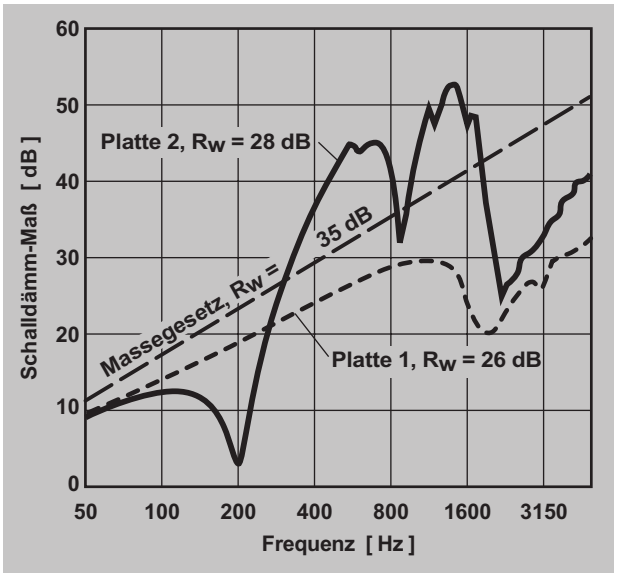

Bild 2: Schalldämmung zweier dreischichtiger Platten (Sperrholz-Papierwaben-Sperrholz) mit Wabenachse parallel (Platte 1) und senkrecht (Platte 2) zur Plattennormalen in Abhängigkeit von der Frequenz

Implementation

LAYERS ist in FORTRAN geschrieben. Die Anisotropie ist auf orthotrope Materialien beschränkt, so daß maximal neun (komplexe) elastische Konstanten einzugeben sind. Außerdem sind Dicke und Dichte jeder Schicht sowie die Art der Anregung und ein Frequenzbereich zu spezifizieren. Die Ergebnisse werden sowohl schmalbandig als auch über Terzbandbreite gemittelt ausgegeben. Auf mögliche Ungenauigkeiten der Integration über die Einfallswinkel (adaptives Verfahren) weist eine Indikatorvariable hin. Die Anzahl der Stützstellen sollte dann zur Kontrolle vergrößert werden.

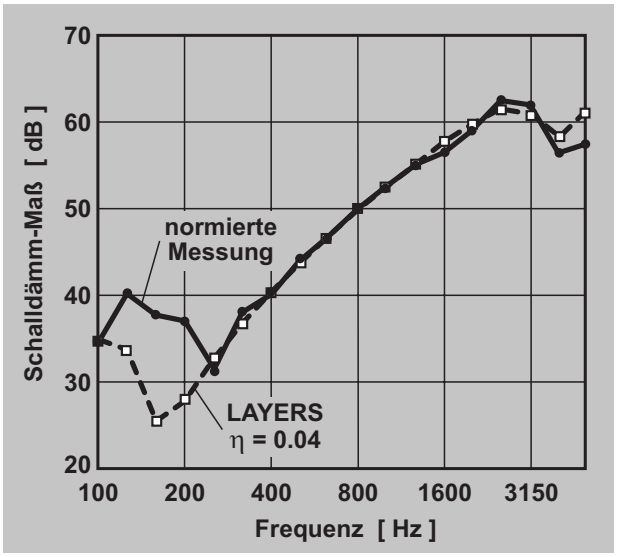

Bild 3: Schalldämmung einer 25 cm starken Porenbetonwand in Abhängigkeit von der Frequenz: Vergleich zwischen Messung und Rechnung [3]

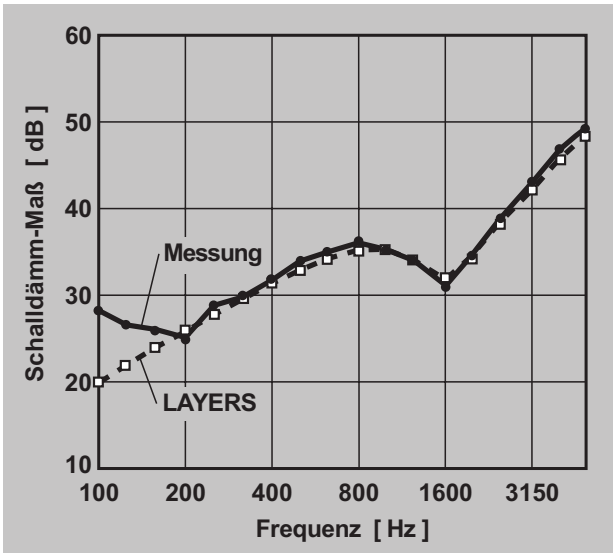

Bild 4: Schalldämmung einer fünfschichtigen Sicherheitsglasscheibe (3 x 3 mm Glas, 2 x 0.8 mm PVB-Folie) in Abhängigkeit von der Frequenz

Beispiele

Beim Schalldurchgang durch mehrschichtige Platten begegnet man einer schier unübersehbaren Vielfalt von Phänomenen [2]. Oft sind die Schalldämmkurven mit etwas Intuition und einigem Nachdenken anschaulich und plausibel erklärbar. In zahlreichen anderen Fällen wünscht man sich jedoch eine Visualisierung der komplexen Wellenvorgänge, um zu einer abgesicherten Interpretation zu gelangen.

Bei anisotropen Materialien, bei denen die elastischen Eigenschaften richtungsabhängig sind, kann sich die Orientierung relativ zur Plattennormalen auf die Schalldämmung erheblich auswirken. Im Falle einer Platte (13 kg/m^2) aus zwei Sperrholzschichten (1 cm dick) und einer Zwischenschicht aus Papierwaben (8 cm dick) ergeben sich Unterschiede von mehr als 10 dB über große Frequenzbereiche (Bild 2).

Validierung

Es ist naheliegend zu fragen, inwieweit Rechnungen für unendlich ausgedehnte Schichtfolgen für die Schalldämmung von Wänden, Fenstern und dergleichen von Bedeutung sind. Bild 3 belegt, daß dies für einen überraschend großen Frequenzbereich zutrifft. Offensichtlich werden bei genügend hohen Frequenzen die Randeinflüsse innerhalb einer Terzbandbreite weitgehend herausgemittelt. Außerdem kann durch Anpassung des Verlustfaktors η die Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung verbessert werden. Ein entsprechendes Diagramm für eine 115 mm starke Bimswand [4] bestätigt die Anwendbarkeit von LAYERS in einem weiteren Fall. Beide genannten Wände waren beidseitig verputzt, die Rechnungen wurden entsprechend für dreischichtige Platten durchgeführt. Bild 4 schließlich zeigt die Schalldämmung einer fünfschichtigen Sicherheitsglasscheibe mit ebenfalls kleinen Differenzen zwischen Rechnung und Messung.

Anwendungsmöglichkeiten

LAYERS stellt ein vielseitiges Werkzeug zur Analyse und Optimierung der Schalldämmung von zahlreichen plattenförmigen Bauteilen dar. Auch in Fällen, in denen keine quantitative Prognose der tatsächlichen Verhältnisse erwartet werden kann, ist oft eine zuverlässige Aussage über die Unterschiede zwischen ähnlichen Bauteilkonfigurationen möglich. In gewissen Grenzen können mit LAYERS auch inhomogene Schichten behandelt werden, etwa aus Lochsteinen gemauerte Wände, wenn die dafür notwendigen, durch "Homogenisierung" ermittelten, in der Regel anisotropen "effektiven Moduln" bekannt sind.

Literatur

[1] Skelton, E. A.; James, J. H.: Acoustics of anisotropic planar layered media. J. Sound Vib. 152 (1992) H. 1, S. 157 - 174.

[2] Balci, R.: Rechnerische Optimierung der Schalldämmung unendlicher Wände aus mehreren homogenen, anisotropen Schichten. Diplomarbeit, Universität Stuttgart (1998).

[3] Maysenhölder, W.: Mauerwerk, ein akustisches Beugungsgitter? Berechnung und Visualisierung der Schalldämmung. Bauphysik 20 (1998), H. 6, S. 233-238.

[4] Maysenhölder, W.: Einfluß der Eigenschaften von Steinmaterial, Mörtel und Putz auf die Schalldämmung von Bimsmauerwerk. IBP-Mitteilung 26 (1999), Nr. 346.

Die Programmierung der wesentlichen Teile von LAYERS stammt von Mr. J. H. James [1]. Die Berechnungen zu Bild 4 wurden von Herrn cand.-Ing. S. Blocher durchgeführt.

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

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