

Schallabstrahlung biegeweicher Platten

Lutz Weber, Sebastian Laschczok

Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP), 70569 Stuttgart, Deutschland, Email: lutz.weber@ibp.fraunhofer.de

Einleitung

Der Abstrahlgrad von Biegewellen wird unterhalb der Koinzidenz mit abnehmender Frequenz rasch kleiner. Bei biegeweichen Platten liegt die Koinzidenz im oberen Teil des bauakustischen Frequenzbereichs, so dass die Abstrahlung wesentlichen Einfluss auf die Schalldämmung hat. Bei akustischen Berechnungen im Holz- und Leichtbau muss der Abstrahlgrad deshalb explizit berücksichtigt werden, da sich ansonsten - wie z. B. bei EN 12354-1 [1] der Fall - erhebliche Abweichungen ergeben können.

Trotz seiner großen Bedeutung sind die Kenntnisse über den Abstrahlgrad biegeweicher Platten bislang nur lückenhaft. Insbesondere existieren bislang nur wenige belastbare Messdaten. Deshalb wurden im IBP im Rahmen einer Diplomarbeit Messungen des Abstrahlgrades vorgenommen und mit bekannten Berechnungsmodellen verglichen [2].

Grundlagen

Der Abstrahlgrad ist bekanntlich gemäß

$$\sigma = \frac{P}{\rho_L c_L \bar{v}^2 S} \quad [-] \quad (1)$$

definiert, wobei \bar{v}^2 die quadratisch gemittelte Schnelle auf der schwingenden Platte, $\rho_L c_L \cong 413 \text{ kg}/(\text{m}^2\text{s})$ die Schallkennimpedanz in Luft, S die Plattenfläche und P die abgestrahlte Schall-Leistung bezeichnen. Der Abstrahlgrad wird üblicherweise in logarithmischer Form als Abstrahlmaß

$$\sigma' = 10 \lg(\sigma) \quad [\text{dB}] \quad (2)$$

angegeben.

Bei der Schallabstrahlung von Platten ist zwischen erzwungenen Biegewellen (bei Anregung durch Luftschall) und freien Biegewellen (bei Körperschallanregung) zu unterscheiden. Im Folgenden werden vor allem freie Biegewellen betrachtet, da sie für die Schallübertragung in Bauten von besonderer Bedeutung sind. Der Abstrahlgrad freier Biegewellen hängt von folgenden Randbedingungen ab:

- Plattenmaße: Fläche und Verhältnis Höhe / Breite,
- Art der Anregung: Punkt-, Linien- oder Flächenquelle,
- innere Dämpfung: niedrig oder hoch,
- Randeinspannung: frei, drehbar oder fest.

Aus der Literatur sind mehrere Modelle zur Berechnung des Abstrahlgrades bekannt, die sich unter anderem in Bezug auf die zugrundeliegenden Randbedingungen (Anwendungsbereich) voneinander unterscheiden. Am bekanntesten ist das Berechnungsmodell von Maidanik [3], das die Grundlage vieler anderer Modelle bildet. Im vorliegenden Beitrag wird

eine modifizierte Variante des Maidanik-Modells verwendet (siehe Abbildung 1)

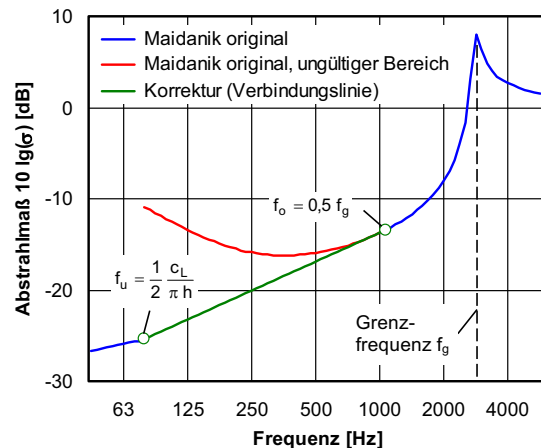


Abbildung 1: Darstellung des Modells von Maidanik am Beispiel einer GKB-Platte mit den Maßen $b \times h \cong 0,8 \text{ m} \times 1,8 \text{ m}$. Das Modell unterscheidet zwischen zwei verschiedenen Frequenzbereichen. An der Bereichsgrenze ist das Berechnungsergebnis nicht verwendbar und wird deshalb zwischen f_u und f_0 durch eine Verbindungslinie ersetzt.

Messaufbau

Zur Messung des Abstrahlgrades müssen die mittlere Schnelle der schwingenden Platte sowie die abgestrahlte Schall-Leistung ermittelt werden. Bei den durchgeführten Messungen wurde die Schnelle durch berührungsloses Abtasten der Bauteiloberfläche mit einem Laservibrometer bestimmt. Die Schall-Leistung wurde aus dem Schallpegel und der Nachhallzeit im Empfangsraum berechnet. Der Messaufbau ist in Abbildung 2 schematisch dargestellt:

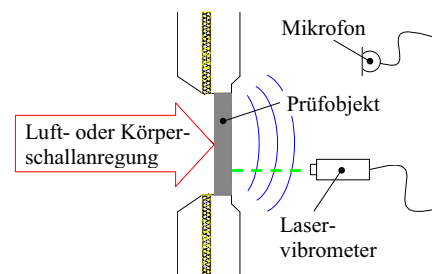


Abbildung 4: Messaufbau zur Bestimmung des Abstrahlgrades biegeweicher Platten im Türenprüfstand des IBP. Die Abmessungen der geprüften Platten betragen ca. $0,9 \text{ m} \times 1,9 \text{ m}$.

Die Messungen erfolgten an drei verschiedenen Platten (Spanplatte, GKB-Platte und Aluminiumblech). Neben der Anregungsart wurde außerdem die Randeinspannung der Platten variiert.

Messergebnisse

Wegen der Vielzahl der durchgeführten Messungen können hier nur wenige Beispiele gezeigt werden. Eine Übersicht über die wichtigsten Untersuchungsergebnisse ist der Zusammenfassung zu entnehmen.

Wie aus Abbildung 3 hervorgeht, ergibt sich bei Luftschallanregung erwartungsgemäß ein deutlich höheres Abstrahlmaß als bei Anregung durch Körperschall. Wegen $\sigma' \ll 0$ ist aber auch bei Luftschallanregung davon auszugehen, dass infolge von Reflexionen an den Bauteilrändern ein erheblicher Anteil freier Biegewellen vorhanden ist.

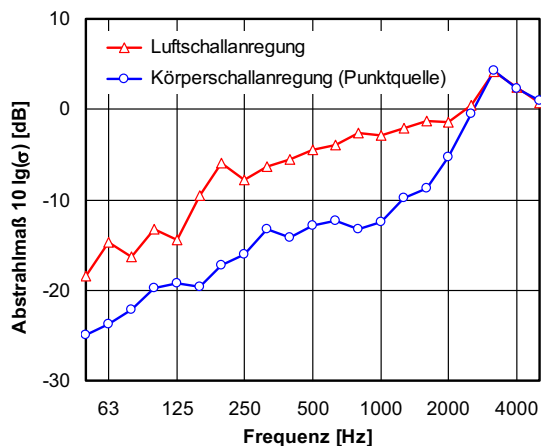


Abbildung 3: Abstrahlmaß einer GKB-Platte (feste Randeinspannung) bei Anregung durch Luft- und Körperschall. Die Körperschallanregung erfolgte punktförmig mit einem Shaker.

Wesentliche Unterschiede zwischen punkt- und linienförmiger Körperschallanregung ergeben sich erst deutlich unterhalb der Grenzfrequenz (siehe Abbildung 4). Linienquellen weisen hier ein ca. 5 - 10 dB höheres Abstrahlmaß auf.

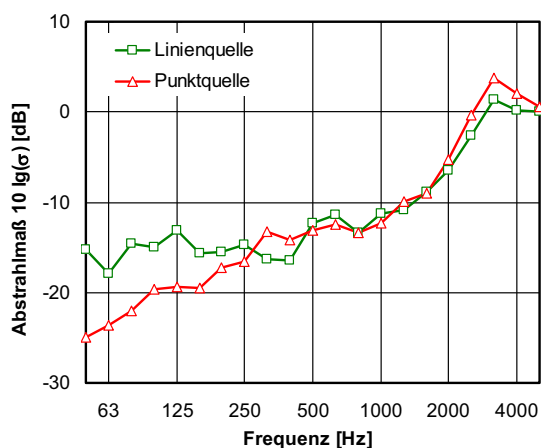


Abbildung 4: Abstrahlmaß einer GKB-Platte (feste Randeinspannung) bei Körperschallanregung durch eine Punkt- und eine Linienquelle.

Ein Vergleich zwischen gemessenem und berechnetem Abstrahlmaß ist in Abbildung 5 dargestellt. Die beste Übereinstimmung ergibt sich, wenn man verschiedene Modelle miteinander kombiniert (im betrachteten Fall die Modelle von Maidanik für $f < f_g$ und von Leppington für $f \geq f_g$).

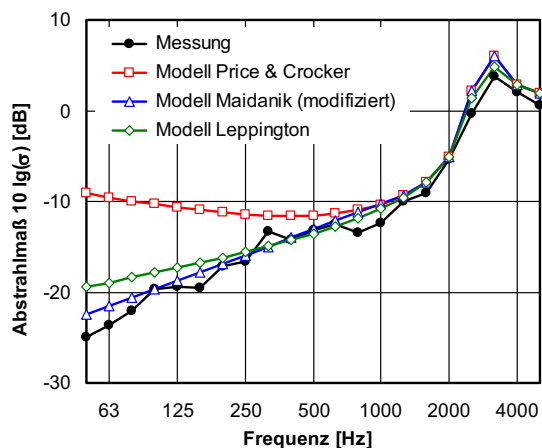


Abbildung 5: Gemessener Abstrahlgrad einer GKB-Platte (feste Einspannung, punktförmige Körperschallanregung) im Vergleich zu verschiedenen Berechnungsmodellen.

Zusammenfassung

Der Abstrahlgrad biegeweicher Platten wurde unter verschiedenen Anregungs- und Einbaubedingungen gemessen und mit vorhandenen Berechnungsmodellen verglichen. Die wichtigsten Untersuchungsergebnisse sind:

- Bei Luftschallanregung ergibt sich ein deutlich höheres Abstrahlmaß als bei Körperschallanregung. Zwischen punkt- und linienförmigen Körperschallquellen bestehen hingegen - abgesehen von tiefen Frequenzen - nur geringe Unterschiede.
- Neben der Anregungsart hängt der Abstrahlgrad im Wesentlichen nur von der Grenzfrequenz, den Bauteilabmessungen und der Randeinspannung ab.
- Bei schwacher Dämpfung dominiert die Abstrahlung der Plattenränder. Der Nahbereich um die Anregerstelle ist nur bei hoher Dämpfung von Bedeutung.
- Bei frei beweglichen Plattenrändern ergibt sich ein etwa 5 - 10 dB niedrigeres Abstrahlmaß als bei fester Randeinspannung. Zwischen drehbarer und fester Einspannung bestehen hingegen keine merklichen Unterschiede.
- Der bauakustische wichtigste Anwendungsfall (linienförmige Körperschallanregung bei fester Randeinspannung) lässt sich in guter Näherung durch ein modifiziertes Modell von Cremer / Heckl beschreiben.
- Der Einfluss der Plattenmaße konnte aus zeitlichen Gründen nicht untersucht werden. Hierzu sind weitere Messungen erforderlich.

Literatur

- [1] EN 12354-1 (2000-04): Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen
- [2] Laschczok, S.: Schallabstrahlung biegeweicher Platten. Diplomarbeit am Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Stuttgart und der Hochschule für Technik, Stuttgart, Januar 2007
- [3] Maidanik, G.: Response of Ribbed Panels to Reverberant Acoustic Fields, JASA 34 (6), S. 809 - 826, 1962