

21 (1994) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

W. Maysenhölder

Schwingungsverhalten von Doppelbodenplatten

Einleitung

Doppelböden sind aus einzelnen Platten zusammengesetzt, die an ihren Ecken auf Stützen stehen. Auf diese Weise wird unter den Platten ein Installationsraum geschaffen, der durch Herausnehmen einzelner Platten leicht zugänglich ist. Die Platten sind in der Regel quadratisch mit einer Kantenlänge von 60 cm und zwischen 3 cm und 5 cm dick. Dieses Bodensystem, das seiner vielen Vorteile wegen häufig in Bürogebäuden, Krankenhäusern, Forschungszentren etc. eingebaut wird, ist zwar immer wieder Gegenstand schalltechnischer Untersuchungen gewesen; systematische Zusammenhänge zwischen Aufbau und schalltechnischem Verhalten sind jedoch kaum bekannt. Erste Schritte in diese Richtung wurden im Rahmen eines vom Deutschen Institut für Bautechnik geförderten Forschungsvorhabens [1] unternommen, das sich der horizontalen Körperschallübertragung zwischen benachbarten Räumen widmete. Insbesondere sollte dabei auch die Trittschallproblematik untersucht werden.

Charakterisierung einer Platte

Die Körperschallausbreitung über die Doppelbodenplatten wird im wesentlichen von zwei Faktoren bestimmt: von den Eigenschaften einer einzelnen Platte und von der Art des Kontaktes zwischen den Platten sowohl an den Kanten als auch über die Stützen an den Ecken. Zunächst ist also das Schwingungsverhalten einer einzelnen Platte, die an den Ecken aufgestützt ist, zu charakterisieren. Dies geschieht am besten mit Hilfe der Modalanalyse, die am Institut für Bauphysik schon seit einigen Jahren auch für bauakustische Fragestellungen erfolgreich eingesetzt wird. Bei der Suche nach einer einfachen Kennzeichnung stößt man im Frequenzbereich zwischen 100 Hz und 500 Hz auf eine meistens schön ausgeprägte Eigenschwingung mit zwei diagonal verlaufenden Knotenlinien, die wegen ihrer Schwingungsform als „Sattelmode“ bezeichnet wird (Bild 1). Aus ihrer Eigenfrequenz f [Hz] und der Plattenmasse M [kg] läßt sich gemäß

$$B = 0.04 Mf^2 \quad (1)$$

näherungsweise eine effektive Biegesteife B [Nm] bestimmen [1], die als maßgebliche Größe für Berechnungen bei tiefen Frequenzen verwendet werden kann. Die größte gemessene Biegesteife ist ungefähr viermal größer als die kleinste; Platten mit Hartbelag besitzen eine geringfügig höhere Steife als solche mit Textilbelag. Nominell gleiche Platten können, z. B. durch Risse bedingt, deutlich verschiedene effektive Biegesteifen aufweisen.

Als zusätzliche Charakterisierung, die auch höhere Frequenzen berücksichtigt, bei denen sich die Einzelheiten des mehr oder weniger inhomogenen Plattenaufbaus bemerkbar machen, dient eine mittlere Admittanz, die das Verhältnis von mittlerer Schnelle zu einer punktförmig wirkenden Anregekräft beschreibt. Jeder Platte wird gleichsam ein „Fingerabdruck“ zugeordnet, der einerseits Vergleiche zwischen verschiedenen Platten erlaubt und andererseits Änderungen durch „äußere

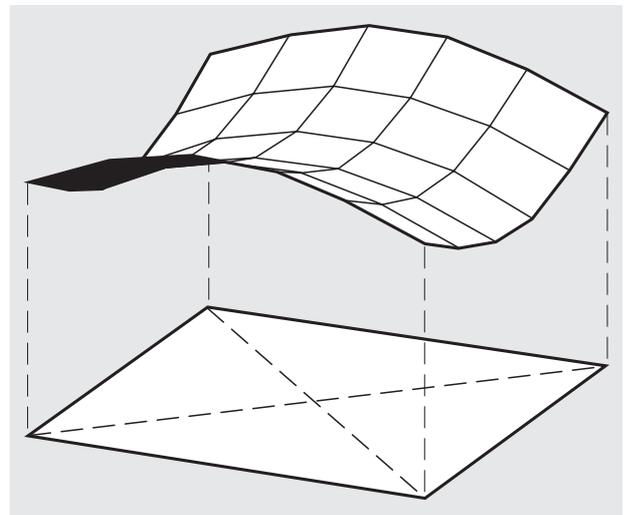


Bild 1: Sattelmode: Knotenlinien und Schwingungsform.

Einflüsse“ (Einspannung durch Nachbarplatten, Art der Aufstützung u. a.) erkennen läßt. Die mittlere Admittanz einer Platte ist ein Maß für ihre Körperschallanregbarkeit, die in der Einbausituation des Doppelbodens möglichst gering sein sollte.

Einfluß eines Belags

An der mittleren Admittanz, die ebenfalls aus der Modalanalyse gewonnen wird, läßt sich die Wirkung einer unterseitigen Beschichtung mit einem 0,5 mm dicken Stahlblech ablesen (Bild 2). Ohne Blech liegt die Sattelmode der Gipsfaserplatte bei 222 Hz; die Versteifung durch das Blech führt zu einer Verschiebung zu 287 Hz bei gleichzeitiger Reduzierung der Admittanzspitzen und einem Anwachsen der Dämpfung von 0,7% auf 0,8%. Bei 222 Hz bewirkt das Stahlblech eine Erniedrigung der Admittanz um ungefähr 25 dB, bei 287 Hz entsprechend eine Erhöhung um ungefähr 17 dB. Die effektive

Biegesteife erhöht sich durch das Blech von 35,6 kNm auf 64,5 kNm. Selbstverständlich wirkt sich das Stahlblech auch bei höheren Frequenzen stark auf das Schwingungsverhalten der Platte aus. Der Einfluß von oberseitigen Hart-PVC- oder Textilbelägen wurde ebenfalls in dieser Weise untersucht. Wie

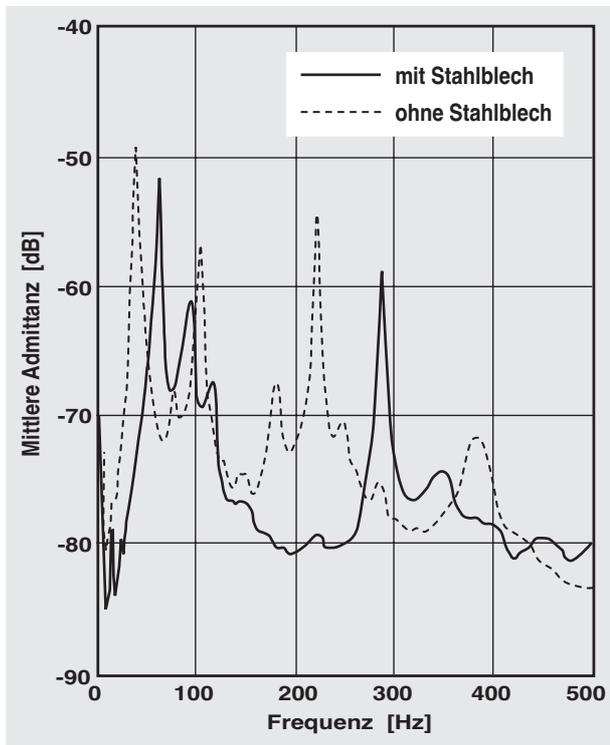


Bild 2: Einfluß einer unterseitigen Beschichtung: Mittlere Admittanz [dB re $1 \text{ ms}^{-1}/\text{N}$] einer Gipsfaserplatte mit bzw. ohne unterseitigem Stahlblech.

zu erwarten, wirkt sich ein Teppichbelag bei tiefen Frequenzen weniger auf das Schwingungsverhalten aus als ein Hartbelag, der die mittlere Admittanz typischerweise um 5 dB reduziert.

Einfluß benachbarter Platten

Wird eine Platte durch benachbarte Platten eingespannt, kann sich ihr Schwingungsverhalten drastisch verändern. Bei genügend starker Einspannung (Bild 3) wird beispielsweise die Sattelmode bei 298 Hz vollständig unterdrückt, und die mittlere Admittanz reduziert sich auf ungefähr -85 dB: ein Wert, wie man ihn für eine unendlich ausgedehnte Platte aus der effektiven Biegesteife B berechnet! Die Admittanz ist jedoch nur in einem kleinen Bereich frequenzunabhängig; unterhalb 200 Hz und oberhalb 500 Hz macht sich die diskrete, inhomogene Struktur des Doppelbodens wieder deutlich bemerkbar. Einen Doppelboden als homogene Platte zu betrachten ist also in der Regel eine unzulässige Näherung.

Schlußfolgerungen

Mit Sattelmode und mittlerer Admittanz, zwei aus einer Modalanalyse gewonnenen Kennzeichen, kann das Schwingungsverhalten von Doppelbodenplatten in einer Weise charakterisiert werden, die zum einen Vergleiche zwischen verschiedenen Platten erlaubt, und zwar sowohl zwischen nominell gleichen Platten als auch zwischen verschiedenen Plattensorten, und zum andern die Randbedingungen der Platte wie Aufstüt-

zung und Einspannung widerspiegelt. Im Forschungsvorhaben [1] wurde eine Vielzahl derartiger Analysen vorgenommen. Eine eindeutige Korrelation zwischen Platteneigenschaften und horizontaler Körperschallausbreitung konnte bisher allerdings nicht hergestellt werden. Dies läßt sich nicht allein damit erklären, daß die Platten in einem Doppelboden nicht exakt gleich sind und durchaus unterschiedliche Eigenschaften besitzen können. Vielmehr muß im Gegensatz zu früheren Ansichten aus diesem negativen Ergebnis geschlossen werden, daß die Kontakte zwischen den Platten eine ganz entscheidende Rolle spielen. Insbesondere dürften es die Schwankungen in der Einspannung sein, die die erwartete Korrelation zwischen Platteneigenschaften und Körperschallausbreitung zerstören. Dadurch entstehen erhebliche Schwierigkeiten bei dem Versuch, die Schallängsleitung aufgrund der Platteneigenschaften vorherzusagen. Um diesem Ziel näher zu kommen, muß einerseits die Art und das Ausmaß der Schwankungen genauer bestimmt und andererseits ein theoretisches Modell entwickelt werden, das die Berechnung der Schallausbreitung in solchen Strukturen mit gestörter Periodizität gestattet.

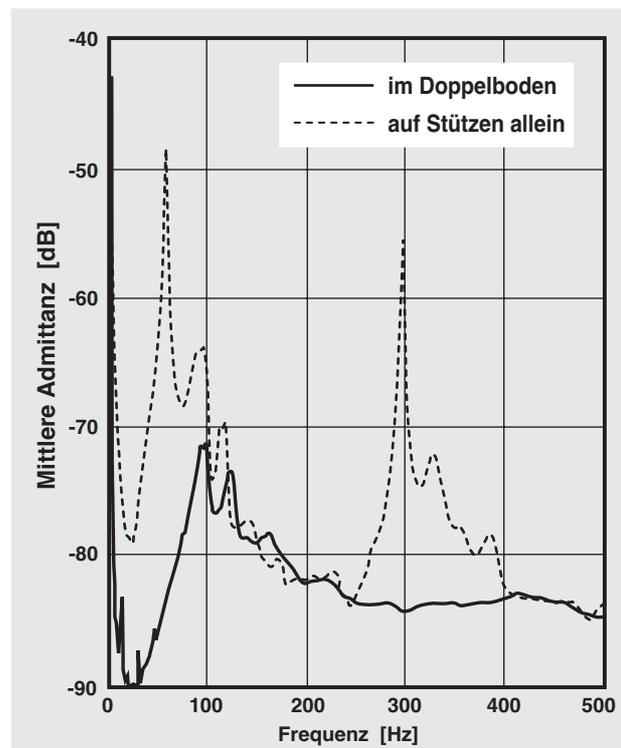


Bild 3: Einfluß starker Einspannung: Mittlere Admittanz [dB re $1 \text{ ms}^{-1}/\text{N}$] einer Platte (Anhydrit in Stahlwanne) im Doppelboden und allein auf Stützen.

Literatur

- [1] Maysenhölder, W.: Untersuchung der schalltechnischen Eigenschaften und der Dröhneffekte von Doppelböden. Bericht B-BA 2/1993 des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik.



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