

AKUSTIK KOMPAKT (34)

Körperschall im Bauwesen

Körperschall und Erschütterungen | Sehr tieffrequente mechanische Schwingungen können auf Menschen belästigend und auf bauliche Anlagen sogar schädigend einwirken. Wie in diesem Zusammenhang Körperschall und Erschütterungen im Bauwesen akustisch zu bewerten sind, erläutert unser Akustik-Experte Prof. Dr. Ivar Veit in kompakter Weise.

Mechanische Schwingungen lassen sich am einfachsten mithilfe eines Masse-Feder-Systems erzeugen und demonstrieren, das von einer Wechselkraft $F(t)$ angeregt wird. Die Anregung kann sowohl mit der Eigenresonanzfrequenz $\omega_0 = 2\pi f_0$ des Systems selbst (siehe hierzu Abbildung 1 a)

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{m \cdot n}} \quad (1)$$

als auch mit jeder anderen Kreisfrequenz $\omega_0 \neq \omega$ erfolgen. Im letzteren Falle spricht man von erzwungenen Schwingungen.

Nun sind aber mechanische Schwingungen nicht zwangsläufig mit Körperschall gleichzusetzen. Feste Körper, wie z.B. Platten (Wände, Decken), Stäbe und/oder Balken (tragende Konstruktionen) etc., bestehen ebenfalls aus Massen und Elastizitäten bzw. Nachgiebigkeiten, so dass auch sie ihre Eigenresonanzen haben. Außerdem treten bei ihnen bei einer mechanischen Anregung mit

einer Wechselkraft $F(t)$, im Gegensatz zu Gasen und Flüssigkeiten, auch noch Schubspannungen und Schubdeformationen auf.

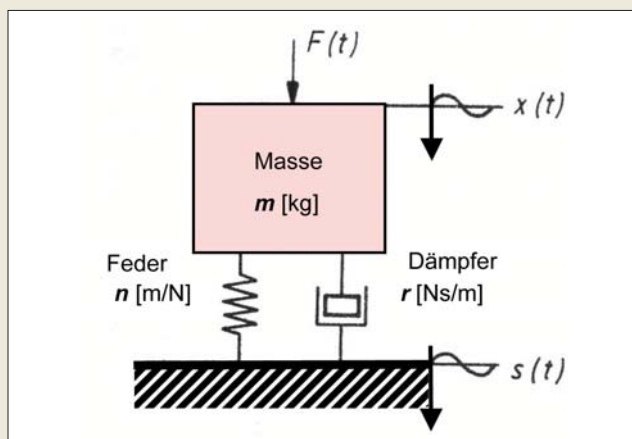
Das bedeutet aber, dass bei mechanisch angeregten Festkörpern nicht nur Kompressionsschwingungen bzw. -wellen, sondern auch noch Schubwellen und Kombinationen beider Wellenarten möglich sind, deren Eigenschaften neben den Materialkennwerten auch von der Geometrie abhängen. Das bedeutet, dass in mechanisch angeregten Festkörpern Schall entsteht, den man im Allgemeinen als Körperschall bezeichnet. Man unterscheidet dabei folgende Wellentypen:

- › Longitudinalwellen (Dichtewellen),
- › Transversalwellen (Schubwellen),
- › Quasilongitudinalwellen (Dichtewellen),
- › Torsionswellen,
- › Oberflächenwellen (Rayleigh-Wellen) und
- › Biegewellen.

Der zuletzt genannte Wellentyp, die Biegewelle, ist der komplizierteste, aber zugleich auch für die Ausbreitung von Körperschall in festen Strukturen der wichtigste Typ. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Biegewellen ist, im Gegensatz zu allen anderen Wellenarten, frequenzabhängig (Dispersion!). In einem früheren Beitrag dieser Serie wurde darüber bereits berichtet [1].

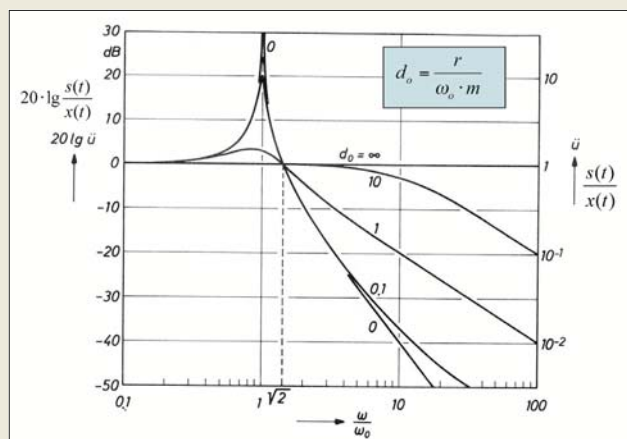
Körperschall kann man nicht hören. Hörbar wird er erst, wenn er von der Oberfläche eines festen Körpers abgestrahlt wird und sich dann als Luftschall ausbreitet (siehe dazu auch den Beitrag über den Koinzidenz- oder Spuranpassungseffekt [2] in dieser Reihe). Die in der Bauakustik bekannteste Form von Körperschall ist der Trittschall (siehe auch [3]). Wie schon bei der Bestimmung der Luftschalldämmung, so erfolgt auch die Bestimmung der Trittschalldämmung in einem eingeschränkten Frequenzbereich, und zwar vornehmlich zwischen 100 Hz und 3150 Hz.

ABBILDUNG 1A



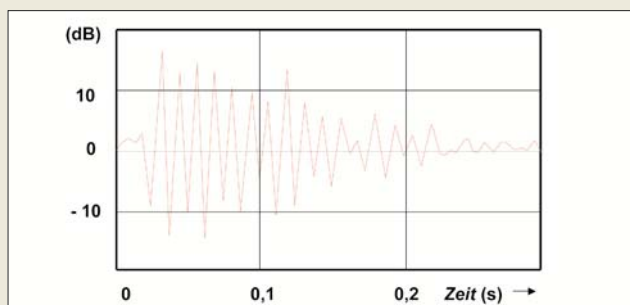
Masse-Feder-System, bestehend aus einer Masse m , einer Feder n und einem Dämpfungswiderstand r

ABBILDUNG 1B



Schwingungs-Übertragungsmaß $G = 20 \cdot \lg s(t)/x(t)$ [in: dB] als Funktion der normierten Kreis-Frequenz ω/ω_0 . Oberhalb der Eigenresonanz nimmt die Übertragung von Schwingungen deutlich ab.

ABBILDUNG 2



Ein beim Begehen eines Fußbodens zu Eigenschwingungen („Dröhnen“) angeregter schwimmender Estrich. Die Frequenz beträgt hier etwa 80 Hz.
– Vertikal aufgetragen sind die Schwingungen als relative Pegel.

Im Baubereich begegnet man gelegentlich auch Körperschall mit Frequenzen unter 100 Hz. Das kann z. B. bei fehlerhaft ausgeführten Fußböden bzw. schwimmenden Estrichen der Fall sein, wo beim Begehen ein als sehr störend empfundenen Dröhnen [3] auftreten kann, siehe Abbildung 2. Als Ursache können dafür meist Eigenschwingungen der Estrichplatte ausgemacht werden. Eine Erhöhung der Systemdämpfung $d_o = r/\omega_o \cdot m$ (siehe Abb. 1 b) kann durch Absenkung der Resonanzüberhöhung bei $\omega/\omega_o = 1$ bereits eine Abhilfe schaffen. – Eine andere, in jedem Falle sehr wirksame Maßnahme zur Beseitigung des Dröhneffekts bildet das Zerschneiden der Estrichplatte in viele kleine Teilstücke.

Bewertete Schwingstärke von 0,1 mm/s gilt als Fühlschwelle

Erschütterungen sind meist sehr tieffrequente mechanische Schwingungen, die z. B. durch Erdarbeiten, Sprengungen, durch das Vorbeifahren von schweren Lastwagen und Schienenfahrzeugen oder durch vergleichbare technische Anlagen und Vorgänge verursacht werden können. Sie belästigen nicht nur Menschen, sie können auch auf Bauwerke schädigend einwirken.

Zum Thema „Erschütterungen im Bauwesen“ findet man in der dreiteiligen DIN 4150 viele wichtige Angaben und Hinweise. Im Rahmen dieses Beitrages soll nur auf die Teile 2 und 3 dieser Norm Bezug genommen werden [4] [5]. Im Teil 1 werden lediglich grundsätzliche Fragen zur praktischen Ermittlung der wichtigsten Messgröße, nämlich der Schwinggeschwindigkeit $v(t)$ [in mm/s], behandelt, und zwar in Abhängigkeit von deren zeitlichem Verlauf. Die

Schwinggeschwindigkeit ist eine vektorielle, d. h. gerichtete Größe. Ihre Messung erfolgt daher gesondert für alle drei Raumrichtungen. Als Sensoren für Erschütterungsmessungen werden sog. Geophone verwendet.

Wie wirken nun Erschütterungen auf den Menschen ein? – Hierzu wird in dem zu untersuchenden Raum an der Stelle der stärksten Erschütterung gemessen. Für die vertikale Schwingungskomponente ist das im Allgemeinen die Mitte des Fußbodens. Gemessen wird innerhalb eines Frequenzbereichs zwischen 1 Hz und 80 Hz, gelegentlich auch bis zu 315 Hz.

Die gemessenen Schwinggeschwindigkeiten werden gemäß DIN 4150, Teil 2, frequenzbewertet. Dabei wird der Einfluss der Frequenz auf die menschliche Empfindlichkeit berücksichtigt, ähnlich wie das in der Akustik mit der A-Bewertung von Schallpegeln geschieht. Neben der Frequenzbewertung werden die Messergebnisse auch noch einer zeitlichen Bewertung mit einer Zeitkonstante $\tau = 125$ ms (Fast-Bewertung) unterzogen. Als Resultat erhält man zum Schluss die sog. Wahrnehmungsstärke oder auch Bewertete Schwingstärke KBF(t). Die genaue Berechnungsformel für diese Größe findet man im Teil 2 der Norm.

Als gerade noch spürbar werden Bewertete Schwingstärken zwischen 0,1 bis 0,4 mm/s eingestuft. Der Wert von 0,1 mm/s gilt als Fühlschwelle. Als sehr stark spürbar gelten bewertete Schwingstärken $> 6,3$ mm/s.

Die Einwirkung von Erschütterungen auf Bauwerke wird danach beurteilt, ab wann direkte bzw. indirekte Schäden an Bausubstanzen entstehen. Man unterscheidet dabei zwischen kurzzeitig auftretenden Erschütterungen und Dauerschütterungen. Im letzteren Falle können Resonanzeffekte an Bauteilen oder ganzen Bauwerken wirksam werden, die letztlich zu Materialermüdungen und Schäden führen. Das gilt ganz besonders für schwach gedämpfte Gebäudestrukturen.

Messtechnisch geht man in der Weise vor, dass zunächst an bestimmten Stellen eines Gebäudes Messpunkte zur Durchführung von Schwingungsmessungen ausgewählt werden, an denen meist triaxial gemessen wird. Auch bei der Untersuchung von Erschütterungen wird gemäß der Norm bevorzugt die Schwinggeschwindigkeit v_i [in mm/s] gemessen und mit zulässigen, frequenzabhängigen Anhaltswerten gemäß der DIN 4150, Teil 3 [5], verglichen. Diese Anhaltswerte sind umso höher, je höher auch die Frequenz ist. Zur Messung verwendet man auch hier meist Geophone.

Für die Beurteilung der Wirkung von kurzzeitigen Erschütterungen findet man in der genannten Norm beispielsweise für Wohngebäude sowie in ihrer Struktur bzw. Nutzung vergleichbare Bauwerke folgende Anhaltswerte für die Schwinggeschwindigkeit v_i : Bezogen speziell auf Fundamente liegen diese Werte bei 5 mm/s für Frequenzen unterhalb von 10 Hz und 15 bis 20 mm/s für Frequenzen zwischen 50 und 100 Hz. □

LITERATUR

- [1] Veit, I.: Guter Vorsatz zählt, Trockenbau-Akustik, Nr. 5, 2006, S. 44–46
- [2] Veit, I.: Der Koinzidenz- oder Spuranpassungseffekt, Trockenbau-Akustik, Nr. 7, 2007, S. 34–35
- [3] Veit, I.: Der bewertete Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$, Trockenbau-Akustik, Nr. 9, 2006, S. 28–29
- [4] DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 2, Einwirkung auf Menschen in Gebäuden
- [5] DIN 4150 Erschütterungen im Bauwesen – Teil 3, Einwirkung auf bauliche Anlagen

Autor

Prof. Dr.-Ing. Ivar Veit ist Akustiker und Sachverständiger mit Büros in Nauheim (Groß Gerau) und Riga (Lettland). An der FH Wiesbaden/Rüsselsheim hat er einen Lehrauftrag für Akustik.
E-Mail: i.veits@gmx.net

Frühere Beiträge unserer Serie „Akustik kompakt“ können Sie auf unserer Website unter der Rubrik „Akustik“ nachlesen.

www.trockenbau-akustik.de

www.trockenbau-akustik.de

› Archiv
– Schallschutz (Körper)