

Trittschall-Dämmmaße anstelle von Trittschall-Pegeln

Werner Scholl

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Bundesallee 100, 38116 Braunschweig.

E-Mail: werner.scholl@ptb.de

Einleitung

Warum sollte man von den gewohnten Norm-Trittschall-Pegeln abgehen und stattdessen das Dämmverhalten von Bauteilen gegenüber Körperschallanregungen ("Trittschall") mit Trittschall-Dämmmaßen beschreiben? Nun, will man Bauteile charakterisieren, muss der entsprechende Kennwert möglichst von der Stärke der hierzu verwendeten Messquellen unabhängig gemacht werden. Das kann die Kenngröße "Norm-Trittschallpegel" nicht, da sie die Quelle in ihrer Definition gar nicht erst enthält. Im Bereich Luftschall werden deshalb auch Schalldämmmaße verwendet.

Die Eigenschaften von Schalldämmmaßen

Der Definition von Schalldämmmaßen liegt folgende Situation zugrunde (Abb. 1): Eine Schallquelle stellt Schallleistung zur Verfügung, die auf ein Bauteil auftrifft. Beim Luftschall heißt diese Leistung "auftreffende Schalleistung", bei Körperschallquellen würde dem die "charakteristische Schalleistung" entsprechen, das ist die (maximal) zur Verfügung gestellte Leistung der Quelle. Diese Leistung wird zum Teil vom Bauteil reflektiert und zum Teil hineingelassen. Die hineingelassene Leistung wird innerhalb des Bauteils ans andere Ende übertragen und dort in den Empfangsraum abgestrahlt. Als "Schalldämmmaß" bezeichnen wir üblicherweise das Verhältnis von auftreffender bzw. charakteristischer Leistung zur abgestrahlten Leistung – und nicht das Verhältnis von eingedrungener zu abgestrahlter Leistung, da ja die Fähigkeit des Bauteils, Schall zu reflektieren, in seine Schalldämm-Kennzeichnung einfließen soll. Das Schalldämmmaß schreibt sich somit:

$$R = 10 \cdot \lg \frac{P_{char}}{P_{rad}} = L_{P, char} - L_{P, rad} \quad (1)$$

bzw. wenn man die abgestrahlte Leistung P_{rad} durch die charakteristische Leistung ausdrückt:

$$R = 10 \cdot \lg \left(\frac{P_{char}}{P_{char}} \cdot \frac{1}{C_{quelle-element} C_{element} C_{element-luft}} \right), \quad (2)$$

wobei die C's die entsprechenden Kopplungs- bzw. Übertragungsfaktoren bedeuten. Wie man sieht, kürzt sich die Quellstärke heraus. Andererseits enthält das Schalldämmmaß neben der eigentlichen Übertragung innerhalb des Bauteils noch Faktoren, die von der angekoppelten Umgebung des Bauteils abhängen: $C_{quelle-element}$ und $C_{element-luft}$. Bei Luftschallwellen spielen an dieser Stelle die Schallfeld-Formen (diffus, Freifeld, modal) und Medien-Eigenschaften (Luft bei unterschiedlichen Drücken und Temperaturen) hinein. Diese Bauteil-fremden Anteile akzeptiert man

notgedrungen als Messunsicherheit. Wirkt nun anstelle einer Luft-Schallwelle eine "Trittschall"-Quelle auf das Bauteil ein, ist die Rolle des Kopplungsfaktors $C_{quelle-element}$ näher zu untersuchen. Insbesondere: Kann ein mit einer Quelle bestimmtes Schalldämmmaß durch einfaches Hinzuaddieren einer "Korrektur" auf das Schalldämmmaß gegenüber einer anderen Quelle umgerechnet werden (also $R_{gehende Person} = R_{Hammerwerk} + x$)? Und: Gibt es Grenzfälle, bei denen die Wechselwirkung von Quelle und Bauelement vernachlässigt werden kann? Für eine senkrecht auf ein Bauteil wirkende Punktkraft – als Beispiel – lautet der Kopplungsfaktor:

$$C_{quelle-element} = \frac{\bar{Y}_S^* \cdot \bar{Y}_R}{|\bar{Y}_S + \bar{Y}_R|^2} \quad (3)$$

mit den komplexen Admittanzen von Quelle, Y_S , und Empfängerbauteil, Y_R . Für kein Verhältnis von Y_S und Y_R nimmt der Kopplungsfaktor Werte an, die eine Vernachlässigung der Quell- oder der Bauteil-Admittanz erlauben würden. Mit anderen Worten: ein Schalldämmmaß, das mit einem Trittschall-Normhammerwerk gemessen wurde, gilt für Trittschall-Normhammerwerke und sonst nichts. Natürlich kann man z.B. auf die Anregung durch eine gehende Person umrechnen. Dazu muss man nach (3) aber die beteiligten Admittanzen ermitteln. Und diese Umrechnung gilt wiederum lediglich für die gewählte spezielle Kombination von Bauteil und Quelle.

D.h.: Zunächst muss festgelegt werden, welcher Quelltyp für die Schalldämmbestimmung interessiert. Dann muss eine Quelle zum Messen verwendet werden, die der Admittanz des gewählten Quelltyps entspricht. Die Quellstärke hingegen beeinflusst das Schalldämmmaß nicht.

Welche Trittschall-Dämmmaße könnten derzeit bereits gemessen werden und wie?

Trittschall-Dämmmaße werden prinzipiell genauso gemessen wie Luftschall-Dämmmaße. Man bildet für jedes interessierende Terzband die Differenz von angebotener (auftreffender, charakteristischer) Leistung und durch das Bauteil abgestrahlter Leistung. Die abgestrahlte Leistung wird, wie bisher auch, aus dem mittleren Schalldruckpegel und der Nachhallzeit des Empfangsraums bestimmt. Die angebotene Leistung könnte auch jeweils gemessen werden, z.B. mit der sog. Zwei-Platten-Methode. Für genormte Quellen, wie z.B. das Trittschall-Normhammerwerk, könnte aber mit guter Näherung das Leistungsspektrum als Tabelle in einer entsprechenden Messnorm angegeben werden.

Einzahlwerte werden am besten entsprechend dem " R_w+C "-Verfahren (das mit R_w nichts zu tun hat) durchgeführt. Dabei ist der Einzahlwert die Differenz der Gesamtpegel vor und

hinter dem zu beurteilenden Bauteil. Da das Spektrum der Quellleistung das Schalldämmmaß eines Bauteils nicht ändert (s. Gleichung 2), kann hier das Quellspektrum z.B. A-bewertet werden, um den Höreindruck zu berücksichtigen.

Zwei wichtige Anwendungsfälle können bereits jetzt behandelt werden:

1) das Auftreffen kleiner, harter Gegenstände auf den Fußboden. Hinsichtlich der Admittanz ist die passende Messquelle das Normhammerwerk nach ISO 10140. Sein charakteristisches Leistungsspektrum zeigt Abbildung 2, zusammen mit dem A-bewerteten Verlauf zur Berechnung des Einzahlwertes.

2) Trittschall-Geräusche von weichen Quellen, z.B. gehenden Personen. Für diesen Fall wurde das sog. "modifizierte Hammerwerk" nach ISO 10140 entwickelt, das zur Admittanzanpassung einen elastischen Streifen unter den Hämmern aufweist. Das charakteristische Leistungsspektrum ist in Abbildung 3 dargestellt.

Derzeit wird regelmäßig nur das Norm-Hammerwerk ohne erkennbaren Quell- und Wahrnehmungsbezug verwendet.

Tabelle 1 gibt Einzahlwerte aus Messungen wieder, bei denen eine Holz bzw. eine Betondecke jeweils mit einem

Trockenestrich verbessert wurde und die Verbesserungen jeweils mit harten bzw. weichen Trittschallquellen ermittelt wurden. Die in Form von Schalldämmmaßen ausgedrückten Verbesserungen geben in allen Fällen die eingetretenen A-Schallpegelsenkungen genau wieder. Die Verhältnisse bei weichen Quellen werden vom Norm-Trittschallpegel überhaupt nicht erfasst. Bemerkenswert ist auch die starke Abnahme der Verbesserung beim Übergang von $L_{n,w}$ auf $L_{n,w}+C_{I,50}$. Hier schlagen die tiefen Frequenzen voll durch, da sie keiner Frequenzbewertung unterliegen.

Zusammenfassung

Mit den vorgeschlagenen **Trittschalldämmmaßen** können Dämmwirkungen von Bauteilen für alle berücksichtigten Quellen und für alle Bauteile gehörig beschrieben werden. Die bisherigen Kenngrößen $L_{n,w}$ und $L_{n,w}+C_I$ können dies nicht, da ihnen der Quellbezug bzw. eine Gehörbewertung fehlt.

Danksagung

Meinen Kollegen Heinrich Bietz, Radosław Ciszewski und Volker Wittstock danke ich herzlich für die Durchführung von Messungen und fachliche Diskussionen.

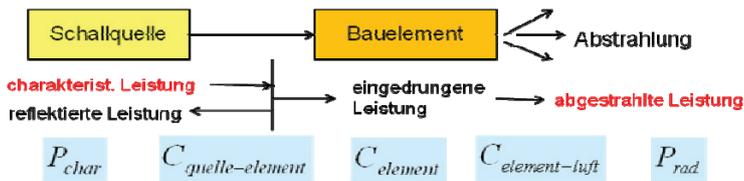


Abbildung 1: Schalldämmung – Übertragung von der Quelle mit der charakteristischen Schalleistung P_{char} bis zur Abstrahlung der Leistung P_{rad} in einen Empfangsraum

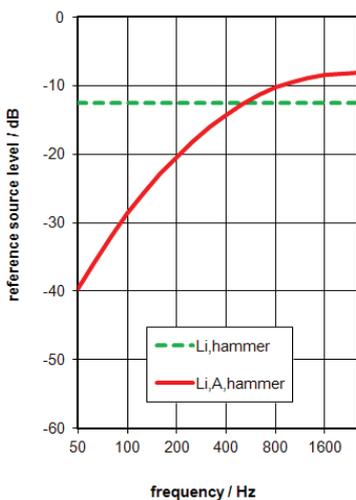


Abbildung 2: gestrichelte Kurve: Charakteristische Schalleistung eines Trittschall-Normhammerwerks, normiert auf 0 dB. Der absolute Pegel liegt bei 114,6 dB.

Durchgezogene Kurve = A-bewertet

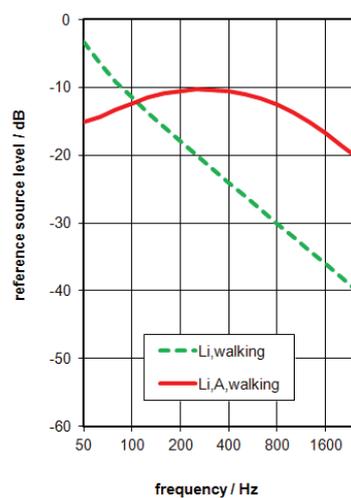


Abbildung 3: gestrichelte Kurve: Charakteristische Schalleistung des modifizierten Trittschall-Normhammerwerks, normiert auf 0 dB. Der absolute Pegel bei 50 Hz liegt bei 114,1 dB.

Durchgezogene Kurve = A-bewertet

Tabelle 1: Verbesserung der Trittschalldämmung durch Aufbringen eines Trockenestrichs, ausgedrückt als Pegelabnahme bzw. Schalldämmungserhöhung ΔR . ISO-TM: Normhammerwerk. mod.TM: modifiziertes Normhammerwerk. K., W. und H. sind Personen

	Test mit harten fallenden Gegenständen				Test mit weichen Quellen				
	A-Schallp.-Senkung		$\Delta L_{n,w}$	$\Delta(L_{n,w}+C_{I50})$	ΔR_{hard}	A-Schallpegel-Senkung			ΔR_{soft}
	ISO-TM	K.Stiefel				mod.TM	W.Stiefel	H.Socken	
Holzbalkendecke +Trockenestrich	5	4	5	6	5	6	6	---	6
Betondecke +Trockenestrich	16	7	20	9	16	2	0	2	2