

Neue Begriffe und Formeln im Schallschutz

Einleitung

Sowohl die Anforderungen an den baulichen Schallschutz als auch die Nachweisverfahren zum Schallschutz zwischen Räumen erfahren derzeit eine Änderung. Mit DIN 4109-10 „Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz“ [1] ist ein Normentwurf vorgelegt worden, die Anforderungen an den Schallschutz aus der VDI Richtlinie 4100 [2] und die Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz nach Beiblatt 2 zu DIN 4109 [3] zu harmonisieren. Auf europäischer Normungsebene sind kürzlich die Arbeiten zu neuen Bemessungsverfahren des Schallschutzes abgeschlossen und in der DIN EN 12354 [4] veröffentlicht worden. Diese Rechenregeln sollen das Beiblatt 1 zu DIN 4109 „Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren“ [5] in Kürze zumindest teilweise ersetzen. Vor diesem Hintergrund erscheint es angebracht, die zukünftig wichtigsten Begriffe und Basisformeln zusammen zu stellen. Die folgenden Ausführungen beschäftigen sich mit dem Luftschallschutz und damit zusammenhängenden Größen.

Schalldämmung

Die Schalldämmung zwischen zwei Räumen wird durch das bewertete Schalldämm-Maß R'_w gekennzeichnet. Dies ist richtungsunabhängig, d.h. Sende- und Empfangsraum können vertauscht werden, das Ergebnis bleibt gleich. Der Index w bedeutet immer, dass es sich hierbei um eine Einzahlangabe über alle baurelevanten Frequenzen zwischen 100 und 3150 (5000) Hz handelt, die sich aus der Verschiebung zu einer normativ festgelegten

Bezugskurve und Ablesung des Wertes bei 500 Hz ergibt. Berücksichtigung findet aber auch die Nebenwegsübertragung, die durch den Index $'$ gekennzeichnet wird. Darüber hinaus ist zu beachten, dass R'_w bezogen wird auf die Fläche des trennenden Bauteils und die Nachhallzeit sowie das Raumvolumen des Empfangsraumes. Die Messgleichung lautet:

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \lg (S / (0,16 * V / T)) \quad (1)$$

mit:

L_1 = Pegel im Senderaum

L_2 = Pegel im Empfangsraum

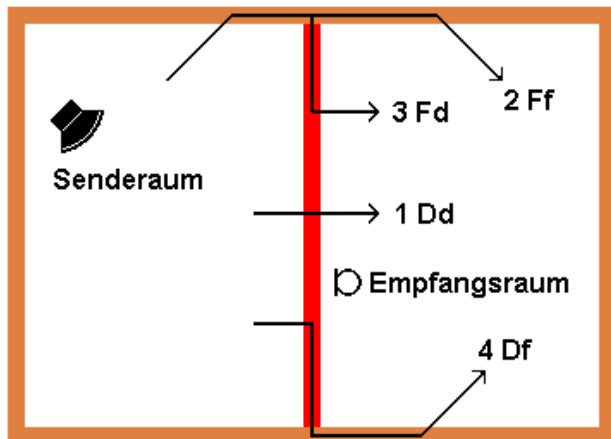
S = Fläche des trennenden Bauteils

V = Volumen des Empfangsraum

T = Nachhallzeit im Empfangsraum = Zeit in der der Schallpegel nach Abschalten der Schallquelle um 60 dB abfällt.

Üblicherweise wird R'_w als Bauteilkennwert angesehen. Dies ist allerdings falsch, da wie zuvor gezeigt, die flankierende Übertragung mit berücksichtigt ist. Es handelt sich also um einen Wert, der die Einbausituation des Trennbauteils ebenso bewertet wie dessen reine Dämmeigenschaften. Gegenüber den Rechenwerten aus Beiblatt 1 DIN 4109 gewonnenen Werten müssen im Prüfstand ermittelte Bauteil-Schalldämm-Maße immer mit einem Vorhaltemaß von 2 dB vom Messwert zum Rechenwert beaufschlagt werden. In Prüfständen ohne Flankenübertragung gewonnene Messwerte $R_{w,P}$ sind darüber hinaus nach Beiblatt 3 DIN 4109 in $R'_{w,R}$ - Werte umzurechnen.

Die folgende Grafik zeigt die prinzipiellen Übertragungswege des Luftschalls am Beispiel einer Wohnungstrennwand.



Berücksichtigt man die zwei flankierenden Wände, die Decke und den Fußboden eines Raumes, ergeben sich für eine derartige Geometrie $4 \cdot (Df + Ff + Fd) = 12$ Flankenwege zzgl. Dem Weg Dd der Direktübertragung. Messungen des Schalldämm-Maßes von Einzelbauteilen erfolgt in Prüfständen ohne Flankenübertragung. Der so gewonnene R_w – Wert oder auch Direktdämm-Maß oder Durchgangsdämmung genannt definiert sich ansonsten wie R'_w , beinhaltet aber die Übertragungswege 2,3 und 4 nicht. Er stellt somit nahezu eine reine Bauteilkenngröße dar.

Aus einer Vielzahl von Baumesungen hat sich ergeben, dass auch die Art und Weise eines Bauteilanschlusses zwischen Trennbauteil und Flanke das Schalldämm-Maß beeinflusst. Dieses Phänomen wird als Stoßstellendämmung bezeichnet. Im Massivbau gilt, je höher die flächenbezogene Masse des Trennbauteils und je steifer dessen Verbindung desto höher ist die Dämmwirkung der Stoßstelle. Dagegen führt auch eine akustische Trennung der Flankenwege zu einer hohen Stoßstellendämmung, da alle Wege Ff, Fd und Df nahezu unterbrochen werden. Die Schallenergie, die ausschließlich über die Wege Fd, Ff und Df übertragen wird, kann durch

das in der Vergangenheit verwendete sog. Schall-Längsdämm-Maß oder besser Flankenschalldämm-Maß $R_{ij,w}$ beschrieben werden. Dies ist eine Kombination aus Direktdämmung der Flankenbauteile und der Stoßstellendämmung. Diese Größe fand schon immer im Leichtbau als $R_{L,w}$ Verwendung und muss zukünftig im Massivbau für jeden Flankenweg einzeln ermittelt werden:

$$R_{ij,w} = (R_{i,w} + R_{j,w})/2 + K_{ij} + 10 \lg (S / l_0 \cdot l_f) \quad (2)$$

mit:

$R_{i,w}$ = Direkt Dämm-Maß Flankenbauteil 1

$R_{j,w}$ = Direkt Dämm-Maß Flankenbauteil 2

K_{ij} = Stoßstellen-Dämm-Maß des Knotens

S = Fläche des trennenden Bauteils

l_f = Verbindungs-länge der Bauteile in [m]

l_0 = Bezugs-Verbindungs-länge = 1m

Ist eine biege-weiche Vorsatzschale vorhanden, muss der Term $\Delta R_{ij,w}$ (Verbesserungsmaß der Vorsatzschale) zu $R_{ij,w}$ addiert werden. Sind die $R_{ij,w}$ aller Bauteile bekannt, ergibt sich das resultierende Schalldämm-Maß aus dem Direktdämm-Maß R_{Dd} des trennenden Bauteils und der Summe der Längsdämm-Maße aller flankierenden Bauteile zwischen den betrachteten Räumen zu:

$$R'_w = -10 \lg \left(10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{ij} 10^{-R_{ij,w}/10} \right)$$

Die Bilanzierung dieser Einzelübertragungswege entspricht einer akustischen Energiebilanz, die zukünftig mit einem PC-Rechenprogramm geführt werden kann. Als Eingabewerte können Direktdämm-Maße und Stoßstellendämm-Maße den derzeit in Arbeit befindenden Bauteilkatalogen entnommen werden. Im zukünftigen Schallschutznachweis müssen dann allerdings die Raumabmessungen bekannt sein und somit objektbezogene Schallschutznachweise erstellt werden. Bauteilkennwerte dürfen sich damit nur noch auf das Direktdämm-Maß R_w beziehen!

Schallschutz zwischen Räumen

Im Gegensatz zur Schalldämmung, die im wesentlichen die Eigenschaften der beteiligten Bauteile beschreibt, gelangt der für die Bewohner wichtige Schallschutz zwischen den Nutzungseinheiten stärker in den Mittelpunkt bezüglich der Festlegung von Anforderungen. Wie zuvor erläutert, wird bei der Bestimmung von R'_w gemäß Formel (1) eine Bereinigung der baulichen Situation durch Normierung der Trennwandfläche und der Nachhallzeit vorgenommen. Ein und dasselbe Trennbauteil wie auch die Konstruktion der Flankenbauteile können in unterschiedlichen Raumsituationen zu einem völlig voneinander abweichenden Schallschutz führen können. Um diesem Umstand Rechnung zu tragen, wird derzeit die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$ im Normungsbereich als Bewertungskriterium diskutiert. Sie wird frequenzabhängig wie folgt definiert:

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \lg(T/T_0) \quad (4)$$

mit:

T_0 = Bezugs-Nachhallzeit = 0,5 s
übrige Variablen siehe Formel (1)

Gegenüber Formel (1) spielt sowohl die Größe des Trennbauteils als auch das Raumvolumen des Empfangsraumes keine Rolle bei einer Messung. Lediglich die Nachhallzeit wird normiert und auf Wohnnutzung widerspiegelnde 0,5 s bezogen. Diese Prozedur erleichtert die Baumessungen, macht es allerdings erforderlich, einen Richtungsbezug aufzunehmen für den Fall, dass Send- und Empfangsraum unterschiedliche Geometrien aufweisen.

Wird zwischen zwei Raumpaaren die gleiche horizontale Pegeldifferenz gemessen, dann ist bei einer kleinen Trennwandfläche bezogen auf das Raumvolumen der $D_{nT,w}$ Wert günstiger als der entsprechende R'_w Wert. Bei großen Trennwandflächen bezogen auf das Raumvolumen ungünstiger. Dies bedeutet eine dominierende Wertung

des trennenden Bauteils innerhalb der akustischen Energiebilanz.

Weitere Begriffe

Körperschallnachhallzeit T_s

Die Körperschallnachhallzeit beschreibt das Abklingverhalten eines maximalen Pegels auf einer Bauteiloberfläche. Die Anregung erfolgt über einen Gummihammer, die Nachhallzeit liegt häufig unter 20 ms. Sie kann ebenfalls rechnerisch und frequenzabhängig aus dem Verlustfaktor eines Bauteils ermittelt werden.

Verlustfaktor η

Der Verlustfaktor η definiert sich nach DIN EN 12354-1 aus den inneren Verlusten, den Abstrahlverlusten und vor allem den Verlusten an den Bauteilrändern. Diese Randverluste ergeben sich aus der Qualität der Bauteilanbindung. Ein akustisch biege-steifer Bauteilanschluss leitet erheblich Energie in die benachbarten Bauteile ab und verbessert dadurch seine Dämmwirkung hinsichtlich der Direktämmung [5]. Ein kontaktfreier Anschluss verhindert die Energieableitung und reduziert damit die Direktämmung. Insgesamt kann aber das resultierende Schalldämm-Maß besser werden, da eine Schalleinleitung in mögliche Flanken unterbleibt! Der Verlustfaktor wird nach Prüfstandsmessungen benutzt, um die Randeinspannung des Bauteils im Prüfstand auf bauähnliche Situationen bei der Festlegung des Direktämm-Maßes zu übertragen.

Grenzfrequenz f_g

Die Grenzfrequenz f_g bezeichnet die Frequenz unterhalb der die Schalldämmung des einschaligen Bauteils nahezu ausnahmslos von dessen flächenbezogener Masse abhängt. In der Nähe der Grenzfrequenz weisen Bauteile eine schlechte Schalldämmung auf. Oberhalb der Grenzfrequenz steigt die Schalldämmung wiederum in Abhängigkeit der Masse an und erhält darüber hinaus einen Bonus für den sog. Verlustfaktor aus der Bauteilkonstruktion und dem Bauteilanschluss. Die Grenz-

frequenz massiver Bauteile liegt in der Regel unter 200 Hz im bauakustischen weniger relevanten Bereich. Biegeeweiche, 2-schalige Konstruktionen weisen ein f_g über 1600 Hz auf.

Dickenresonanz, Dickenschwingungen

Besonders dicke, homogene aber vor allem gelochte Mauersteine zeigen Eigenschwingungsformen, die nicht herkömmlichen Biegeschwingungen entsprechen. Die Oberflächen der Steine verformen sich nicht parallel zueinander, sondern es können sog. Pumpeffekte auftreten in denen sich die Steinoberflächen aufeinander zu- und voneinander weg bewegen. Dieses Phänomen führt zu einem Einbruch in der Schalldämmung in einem Frequenzbereich um etwa 1000 Hz.

Spektrumanpassungswerte C und C_{tr}

Durch das Kürzel C gekennzeichnete Werte, die zur Einzahlangabe des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w addiert werden können. C bewertet die subjektiv empfundene Wirkung der Schalldämmung unter Berücksichtigung des Frequenzgangs der Lärmquelle [6]. C ohne Index beschreibt die Differenz des bewerteten Schalldämm-Maßes zur sog. A-Schallpegeldifferenz aus einem A bewerteten Anregungsspektrum, ohne „Versmieren“ einzelner Dämmeinbrüche im Frequenzgang. C liegt daher in der Regel bei -1 dB für massive, einschalige Bauteile und beträgt etwa -2 dB für mehrschalige Bauteile oder z.B. Fenster. Zur Charakterisierung des Verkehrslärms mit einer Pegelerhöhung im tieffrequenten Bereich wird der Spektrumanpassungswert C_{tr} benutzt. Dieser liegt für massive Baustoffe bei ca. - 3 dB, bei Fenstern bei etwa - 5 dB bis -10 dB

ebenso wie bei Verwendung von WDVS auf Massivwänden. Wichtig ist allerdings, dass nach derzeitiger DIN 4109 bauordnungsrechtlich keine Anforderungen an R'_w inklusive C bzw. C_{tr} gestellt werden! [7]

Weiterführende Literatur

[1] DIN 4109-10: Schallschutz im Hochbau – Teil 10: Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Normvorlage, Febr. 2002, Beuth Verlag, Berlin.

[2] VDI Richtlinie 4100: Schallschutz von Wohnungen, Kriterien für Planung und Beurteilung, Sept. 1994, Beuth Verlag, Berlin.

[3] Beiblatt 2 zu DIN 4109: Schallschutz im Hochbau, Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren, Nov. 1989, Beuth Verlag, Berlin.

[4] DIN EN 12354-1: Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen, Dez. 2000, Beuth Verlag, Berlin.

[5] Späh, M., Blessing, S., Fischer, H.-M.: Verifizierung des Rechenverfahrens für die Luftschalldämmung nach EN 12354-1 für den Massivbau; Teil 1 : Einfluss von Eingangsgrößen, Vortrag DAGA 2000.

[6] Weber, L., Koch, S.: Anwendung von Spektrum- Anpassungswerten Teil 1: Luftschalldämmung, Bauphysik 21 (1999), Heft 4, S. 167-170.

[7] Fischer, H.-M., Scholl, W.: Schallschutz im Mauerwerksbau, Mauerwerk-Kalender 2002, S. 547-599.

Bonn, Juni 2002
Gi-GdJ AMz