Schallschutz-Klassen. Ist Schallschutz gleich Schalldämmung?

Reinhard O. Neubauer[1]

[1] *IBN Bauphysik GmbH & Co. KG, 85049 Ingolstadt, E-Mail: dr.neubauer@ibn.de*

Einleitung

In der Bauakustik werden häufig Schallschutzklassen verwendet, um eine bestimmte Schallschutzqualität zu charakterisieren, z.B. bei Türen und Fenstern. Wird eine Schallschutzklasse dargestellt, erfolgt dies üblicherweise durch Angabe einer bestimmten Höhe der Schalldämmung, ausgedrückt als bewertetes Bau-Schalldämm-Maß R'_w, oder aber auch durch Angabe einer bestimmten bewerteten Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$. Beide Größen beschreiben eine Qualität die aber nicht zwingend gleichwertig ist [1]. Insbesondere der Schallschutz als Begriffsgröße hat eine subjektive Bedeutung, nämlich den empfundenen Schutz vor störenden Lärmimmissionen. Als Schutz wird eine Wahrnehmungsgröße im Gegensatz zu einer physikalischen Größe beschrieben. In Europa haben sich verschiedene Klassifizierungssysteme etabliert, teilweise als Parameter des Schallschutzes (z. B. $D_{nT,w}$) und teilweise als Parameter der Schalldämmung (z. B. R'_w) [2].
In diesem Beitrag wird der Unterschied zwischen der bauteilbezogenen Größe: R'_w und der raumbezogenen Größe: $D_{nT,w}$ diskutiert und es wird gezeigt, dass eine Klassenbildung mit beiden Größen möglich ist, wenn bestimmte Randbedingungen eingehalten werden oder wenn eine bestimmte Abweichung zwischen beiden Größen akzeptiert wird.

Schallschutz und Schalldämmung

Generell muss zwischen Schallschutz und Schalldämmung unterschieden werden. Der größte Unterschied zwischen Schallschutz und Schalldämmung in diesem Sinne bezogen auf den Luftschall, besteht darin, dass Schallschutz ein Prozess eines gehörten Schalls ist, während sich Schalldämmung auf den Prozess bezieht, Schall daran zu hindern, in einen Raum einzudringen. Schallschutz beschreibt also den „Schutz“ und die Schalldämmung die Fähigkeit, Schall zu „dämmen“. Die Schalldämmung eines Materials hängt im Wesentlichen von drei physikalischen Parametern ab, nämlich der Flächendichte bzw. Flächenmasse, der Steifigkeit und der Dämpfung. Die Luftschalldämmung ist eine Funktion der Frequenz und entspricht bei einschaligen Bauteilen dem allgemeinen Massengesetz. Darüber hinaus gibt es weitere Faktoren, die die Luftschalldämmung eines Materials oder einer Konstruktion beeinflussen, wie z. B. Resonanz- und Koinzidenzeffekte, Flankenübertragung usw. Schalldämmung ist daher die Fähigkeit von Bauteilen oder Konstruktionen, die Schallübertragung zu reduzieren. Andererseits ist der Schallschutz abhängig von der Schalldruckpegeldifferenz, also dem Schalldruckpegel im Empfangsraum, und ist ein Maß für die empfundene Schalldämmung. Dieser Schalldruckpegel ist abhängig von den Schallabsorptionseigenschaften des Empfangsraums. Schallabsorption und Nachhallzeit sind mathematisch verknüpft [3]. Geht man von einem diffusen Schallfeld im Empfangsraum aus, ist die Nachhallzeit ein Maß für die Schallabsorption des Raumes. Die Schallabsorption wird aus der Nachhallzeit berechnet. Die Standard-Schallpegeldifferenz D_{nT} und das Bau-Schall-dämm-Maß R' sind frequenzabhängig und die Ermittlung der Einzahlgrößen $D_{nT,w}$ und R'_w erfolgt nach DIN EN ISO 717-1 [4].

Gleichung (1) beschreibt die Verknüpfung beider Größen.

$$D_{nT,w} = R'_w + 10\,log\left(\frac{V}{S_T}\right) - 4.95\,dB \quad \text{[dB]} \quad (1)$$

mit

$D_{nT\,w}$	bewertete Standard-Schallpegeldifferenz, in dB
R'_w	bewertetes Bau-Schalldämm-Maß, in dB
V	Empfangsraumvolumen, in m³
S_T	Trennelement-, Trennbauteilfläche, in m²

Der Zusammenhang zwischen dem bauteilbezogenen Maß R'_w und dem nachhallzeitbezogenen Maß $D_{nT,w}$ ist ausführlich in [1] dargestellt. Es wird gezeigt, dass eine pauschale Umrechnung ohne Bezugnahme auf die geometrischen Verhältnisse von Raumvolumen (V) und Trennelementfläche (S_T) nicht möglich ist. R'_w und $D_{nT,w}$ stimmen numerisch überein, wenn das Verhältnis von Raumvolumen (V) zu Trennelementfläche (S_T) dem Wert von 3,125 m³/m² entspricht [1].

Schallschutz-Klassen

Eine Klassenbildung beider Größen ($D_{nT,w}$ / R'_w) ist für jede Kenngröße separat problemlos möglich. Beispielsweise hat Österreich [5] Schallschutzklassen von A bis E definiert und jeder Klasse ein bestimmtes $D_{nT,w}$ zugeordnet. Spanien [6] dagegen hat ein Klassifizierungssystem von A bis F. Auch ISO-TC 19488 [7] ordnet der Standard-Schallpegeldifferenz sogenannte „Klassengrenzen“ von A bis F zu. In allen Klassifizierungssystemen werden immer bestimmte singuläre Werte benötigt, die einer bestimmten Klasse entsprechen. Feste Klassengrenzen und Klassenbreiten sind vorgegeben. Die Klassen bzw. Intervalle werden immer so eingeteilt, dass die Grenzen zwischen zwei Klassen direkt aneinandergrenzen. Der Nachweis einer bestimmten Klasse ist somit immer der gleichen Kenngröße zugeordnet. Es gibt jedoch Schwierigkeiten, wenn eine Kenngröße, d.h. ein Deskriptor aus einem anderen Deskriptor, wie in Gleichung (1) dargestellt, berechnet werden soll. In der Literatur [8] [9] [10] wird gezeigt, dass bei gleich bewerteter Konstruktion die Einzahlwerte R'_w von der empfundenen Schalldämmung abweichen können. Dies ist zum einen auf die unterschiedlichen Frequenzverläufe der Schalldämmung oder auf die inhärenten Eigenschaften der Bauteilcharakteristik „Schalldämmung“ zurückzuführen [1]. Aufgrund der Zuordnung der Kenngrößen $D_{nT,w}$ und R'_w nach Gleichung (1) ist eine direkte Verknüpfung nur in Abhängigkeit des Verhältnisses von (V/S_T) möglich. Eine generelle Übereinstimmung beider Zahlwerte besteht nicht. Wie in [1] gezeigt, lässt sich das geometrische Verhältnis von Raumvolumen zu Trennfläche (V/S_T) grundsätzlich so auflösen, dass sich entweder eine funktionale Abhängigkeit von der Raumbreite (b), der Raumlänge (l) oder der Raumhöhe (h) ergibt. Geht man von einer Mindestgrundfläche von $S_G \geq 8$ m² und Raumhöhen zwischen 2,40 m und 3,0 m aus, ergibt sich für die den Fall: $R'_w = D_{nT,w}$, also die zahlenmäßige Gleichheit beider Kenngrößen, die in Abbildung 1 dargestellten Abhängigkeiten.

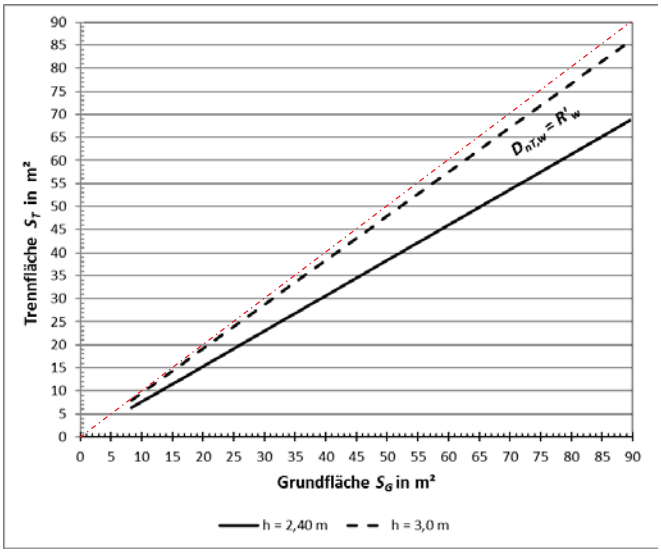

Abbildung 1: Darstellung der Differenz: R'_w - $D_{nT,w}$ = 0 in Abhängigkeit der geometrischen Verhältnisse: Trennfläche S_T und Grundfläche S_G. Die Mindestgrundfläche beträgt 8 m². Die Raumhöhe beträgt zwischen 2,40 m und 3,0 m. Die gestrichelte Linie (Diagonale) stellt die Gleichheit: $D_{nT,w} = R'_w$ dar, wenn h = 3,125 m beträgt, d.h. $S_G = S_T$.

In Abbildung 1 ist grafisch dargestellt, dass nach Gleichung (1) die Gleichheit von R'_w und $D_{nT,w}$ dann gegeben ist, wenn bei den vorausgesetzten Raumhöhen die Grundfläche (S_G) größer als die Trennfläche (S_T) ist. Bei genau der Raumhöhe h = 3,125 m ist die Grundfläche dann gleich der Trennfläche und es gilt $D_{nT,w} = R'_w$. Weicht die Trennfläche von der Grundfläche ab, ergeben sich Unterschiede zwischen R'_w und $D_{nT,w}$. Wird eine Differenz (R'_w - $D_{nT,w}$) von ±1 dB und von ±2 dB zugelassen, ergibt sich die grafische Darstellung wie in Abbildung 2 wiedergegeben.

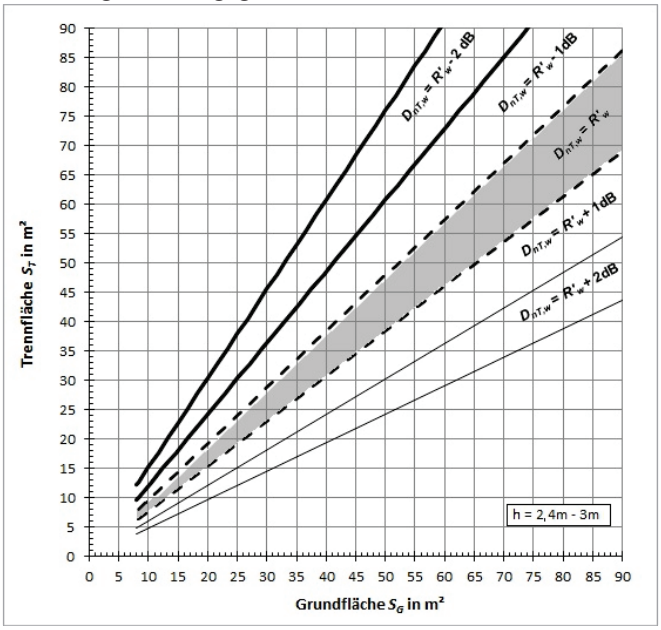

Abbildung 2: Darstellung der unterschiedlichen Differenzen von R'_w - $D_{nT,w}$ in Abhängigkeit der geometrischen Verhältnisse: Trennfläche S_T zu Grundfläche S_G. Die Mindestgrundfläche beträgt 8 m². Die Raumhöhe beträgt zwischen 2,40 m und 3 m.

Rechnerische Analyse

Für eine rechnerische Analyse der charakterisierenden Größen werden folgende Randbedingungen angenommen [11].

- Die Mindestgrundfläche beträgt S_G = 8 m²
- Die Mindestraumhöhe beträgt h = 2,4 m, daraus ergibt sich ein Mindestraumvolumen von V = 19,2 m³
- Die Mindesttrennbauteilfläche beträgt S_T = 10 m² und bleibt konstant
- Daraus ergibt sich eine untere Grenze für das Verhältnis von Volumen zu Trennfläche von V/S_T = 1,92 m³/m²
- Es wird ein idealisierter Verlauf der Schallpegeldifferenz angenommen
- Die Nachhallzeit wird auf T = 0,5 s pro Terzfrequenz eingestellt und bleibt konstant.

Bei Variation des Volumens und konstanter Trennfläche werden die theoretisch zu erwartenden Kenngrößen frequenzabhängig berechnet und eine Bewertung der frequenzabhängigen Größen anhand des Auswerteverfahrens nach [4] und der Differenz ($D_{nT,w}$ - R'_w) grafisch als Funktion des Verhältnisses (V/S_T) aufgetragen . Der ideale Frequenzgang der Schallpegeldifferenz wurde iterativ mehreren Variationen unterzogen. Abbildung 3 fasst die theoretisch zu erwartenden Differenzwerte ($D_{nT,w}$ - R'_w) als Funktion des Verhältnisses (V/S_T) inklusive der Toleranzgrenzen zusammen [11].

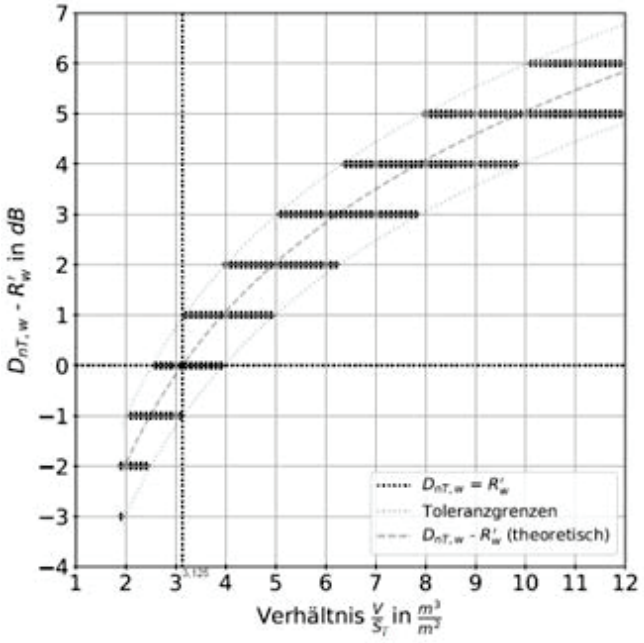

Abbildung 3: Theoretischer Zusammenhang der Differenz ($D_{nT,w}$ - R'_w) und des Verhältnisses (V/S_T).

Die in Abbildung 3 dargestellte vertikale Linie stellt das Verhältnis von V/S_T = 3,125 m³/m² dar, bei dem die Zahlenwerte der beiden Kenngrößen R'_w und $D_{nT,w}$ gleich sind. Dementsprechend ist bei Verhältnissen, die kleiner als dieser Schwellwert sind, das bewertete Bau-Schalldämm-Maß immer größer als die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz und bei größeren Verhältnissen stets kleiner. Aus Abbildung 3 lässt sich weiter ableiten, dass bei einer maximal zulässigen Differenz von +2 dB das V/S_T-Verhältnis 5 beträgt und bei der vorausgesetzten Mindesttrennbauteilfläche von S_{Tmin} = 10 m² das zulässige Volumen dann 50 m³ beträgt. Damit kann eine Abgrenzung der Volumina mit einem Mindestvolumen von V_{min} = 8 m² x 2,40 m = 19,2 m³ und einem „Schwellenvolumen“ bei dem die Zahlenwerte der Differenz gleich sind von 31,25 m³, sowie einem „Grenzvolumen“ von 50 m³, bei dem die maximale Abweichung +2 dB beträgt, angegeben werden. Die daraus abgeleiteten Volumenintervalle betragen dann: 19,2 m³ < V < 31,25 m³ und 31,25 m³ < V ≤ 50 m³.

In diesem Zusammenhang lassen sich Volumenklassen und Trennflächenklassen ableiten und werden in [12] im Detail diskutiert. Eine grafische Zusammenfassung ist in Abbildung (4) und in Abbildung (5) wiedergegeben.

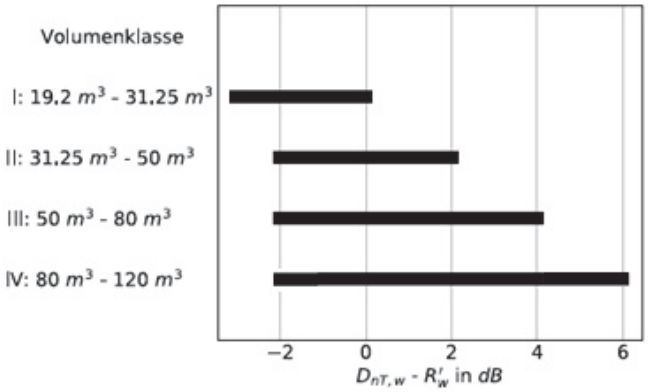

Abbildung 4: Volumenklassen und die zu erwartende Differenz aus R'_w und $D_{nT,w}$.

Die in Abbildung 4 dargestellten Differenzen zeigen, dass für wachsende Volumina die Abweichungen größer werden. Die Zahlengleichheit von R'_w und $D_{nT,w}$ ist für jede Volumenklasse eine singuläre Situation die bei einem Volumen von $V = (S_T \bullet 3{,}125)$ m³ gilt. Unter- und Überschreitungen dieses Raumvolumens bedingen eine zunehmende Streuung. Aus der theoretischen Betrachtung, gültig für die vorausgesetzten Randbedingung, ergibt sich eine Streubreite von -3 dB bis +6 dB.

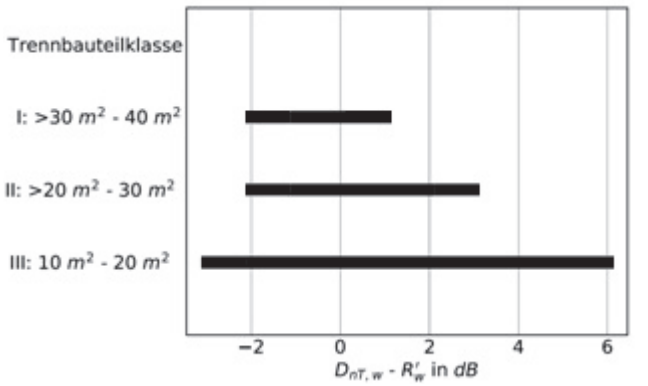

Abbildung 5: Trennbauteilklassen und die zu erwartende Differenz aus R'_w und $D_{nT,w}$.

Aus Abbildung 5 wird deutlich, dass für wachsende Trennbauteilflächen die Abweichungen kleiner werden. Die Zahlengleichheit von R'_w und $D_{nT,w}$ ist für jede Trennbauteilklasse eine singuläre Situation die volumenabhängig bei einer Trennbauteilfläche von $S_T = (V/3{,}125)$ m² auftritt. Unter- und Überschreitungen dieser Trennbauteilfläche bedingen eine abnehmende Streuung. Aus der theoretischen Betrachtung, gültig für die vorausgesetzten Randbedingung, ergibt sich eine Streubreite von -3 dB bis +6 dB.

Beispiel einer Klassifizierung

Um eine Klassifizierung beispielhaft aufzuzeigen, werden nachstehende Voraussetzungen getroffen.
Raumhöhe: 2,40 m - 3,0 m
Raumvolumen: 20 m³ - 120 m³
Trennfläche: 10 m² - 40 m²

Die Gleichung (1) zeigt, dass $D_{nT,w}$ nur dann gleich R'_w ist, wenn die Verhältnisgröße: $S_T/V = 0{,}32$ ist. Davon abweichende Verhältnisse ergeben mehr oder weniger große Streuungen in der Differenz zwischen $D_{nT,w}$ und R'_w (siehe Abb. 3). In einem ersten Schritt muss also ein Bereich gewählt werden in dem eine bestimmte Abweichung akzeptiert wird. Wenn z.B. eine Abweichung von ±2 dB erlaubt ist, kann das zulässige Verhältnis von V/S_T nach Abbildung 3 ermittelt werden. Die in Abbildung 3 dargestellte vertikale Linie stellt das Verhältnis von $V/S_T = 3{,}125$ m³/m² dar, bei dem die Zahlenwerte der beiden Kenngrößen R'_w und $D_{nT,w}$ gleich sind. Wird das Verhältnis V/S_T in einem bestimmten Intervall unterteilt, ergeben sich bei einer Abweichung von ±2 dB, zwei Bereiche:

V/S_T [1,9; 5,0] m
V/S_T [5,1; 12,0] m

Nachstehende Einteilungen der Schallschutzklassen kann mit der akzeptierten Streuung von ±2 dB vorgenommen werden. Der kleinste Werte für $D_{nT,w}$ ist dabei frei gewählt und die R'_w-Werte ergeben sich daraus.

Tabelle 1: Schallschutzklassen im Intervall [1,9; 5,0] m

Schallschutzkriterium	Schallschutzklasse V/S_T [1,9 – 5,0] m						
	n.k.	F	E	D	C	B	A
Bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$	≤45 dB	46-48 dB	51-53 dB	56-58 dB	61-63 dB	66-68 dB	>70 dB
Bemessungswert R'_w [dB]	43	48	53	58	63	68	70

n.k.: nicht klassifiziert

Tabelle 2: Schallschutzklassen im Intervall [5,1; 12,0] m

Schallschutzkriterium	Schallschutzklasse V/S_T [5,1 – 12,0] m						
	n.k.	F	E	D	C	B	A
Bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$	≤45 dB	46-48 dB	51-53 dB	56-58 dB	61-63 dB	66-68 dB	>70 dB
Bemessungswert R'_w [dB]	39	44	49	54	59	64	66

n.k.: nicht klassifiziert

Die beiden Tabellen 1 und 2 zeigen, dass ein Sprung von 4 dB zwischen den Schalldämmwerten R'_w in einer Klasse auftritt (z.B. zwischen den Klassen F mit $R'_w = 44$ dB und 48 dB). Dieser Sprung ist auch in der Abbildung 3 dargestellt und resultiert aus der festgelegten Streubreite von ±2 dB. Wird eine andere Abweichung, bzw. Streubreite festgelegt, ergeben sich andere „Sprünge“ in der Festlegung des Wertes für das Bau-Schalldämm-Maß R'_w.
Die Ermittlung des erforderlichen Bau-Schalldämm-Maßes bei Vorgabe einer bestimmten Schallschutzklasse erfolgt anhand des V/S_T -Verhältnisses. Zum Beispiel wird für einen Raum ($V = 4{,}85$ m • 3,60 m • 2,50 m; $S_T = 4{,}85$ m • 2,50 m) die Klasse C für die Trennwandfläche gewählt. Das V/S_T -Verhältnis beträgt: 3,6 m. Der erforderliche R'_w-Wert wird mit Hilfe von Gleichung (1) wie folgt ermittelt:

$D_{nT,w} = R'_w + 10\lg(0{,}32 \bullet V/S_T)$
$R'_{w,\,Bemessung} = D_{nT,w\,(Klasse)} - 10\lg(0{,}32 \bullet V/S_T) = R'_{w,soll}$

Gewählt wurde die Klasse C: $D_{nT,w\,(Klasse)}$ ist 63 dB
$V/S_T = 3{,}6$ m (Anwendung der Tabelle 1)
$R'_{w,\,Bemessung} = 63$ dB - 10lg (0,32 • 3,6) = $R'_{w,soll} = 62{,}4$ dB
Die Tabelle 1 weist für die Klasse C ein erforderliches Bau-Schalldämm-Maß aus von $R'_w = 63$ dB. Da die Klassenbreite ±2 dB beträgt, ist die Klasse C mit einem $D_{nT,w} = 61 – 65$ dB eingehalten.
Wäre das Raumvolumen bei gleicher Trennwandfläche doppelt so groß, würde das V/S_T-Verhältnis 7,2 m betragen (Anwendung Tabelle 2). Damit ergäbe sich für die Klasse C ein erforderliches Bau-Schalldämm-Maß von $R'_w = 59{,}4$ dB.

Die Tabelle 2 weist für die Klasse C ein erforderliches Bau-Schalldämm-Maß aus von $R'_w = 59$ dB.
Die Klasse C ist mit einem $D_{nT,w} = 61 – 65$ dB eingehalten.
Zusammenfassend wäre also die „Nachweisgröße“ nicht das Bau-Schalldämm-Maß R'_w, sondern die Schallschutzklasse mit der Kenngröße $D_{nT,w}$ und einem definierten Streubereich. Die Bemessungsgröße R'_w kann z.B. nach DIN 4109 Teil 2 [13] oder nach DIN EN ISO 12354 Teil 1 [14] berechnet werden.

Fazit

Die dargestellten Ergebnisse zeigen, dass Schallschutz, ausgedrückt mit der bewerteten Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$, nicht gleich der Schalldämmung, ausgedrückt mit dem bewerteten Bau-Schalldämm-Maß R'_w, ist. Soll eine Klassenbildung mit diesen Größen erfolgen, kann dies eine klare Hilfe sein, um schnelle und zielgerichtete Einteilungen vornehmen zu können. Der Vorteil einer Darstellung in Klassen ist eine einfachere Abschätzung der zu erwartenden Differenzen der beiden Parameter $D_{nT,w}$ und R'_w. Die vereinfacht dargestellten Beziehungen auf Basis der Volumenklassen und Trennbauteilklassen sind jedoch aufgrund der beschriebenen Voraussetzungen und Annahmen komplexer. Sie haben umfassendere Beziehungen hinsichtlich der Grenzen der jeweiligen Klassen und der zu erwartenden Differenzwerte. Aus dem Verhältnis von Raumvolumen (V) und Trennbauteilfläche (S_T) kann jedoch eine sinnvolle Klassenbildung gewonnen werden. Eine Klassifizierung ist aber nur dann sinnvoll möglich, wenn die Abweichungen, also die Unterschiede zwischen den beiden Deskriptoren ($D_{nT,w}$ und R'_w) definiert sind. Wird neben einer Abweichungsgrenze (Streubreite) auch eine Klassenbreite angegeben, so ist eine Klassenbildung in Abhängigkeit von den Verhältnissen (V/S_T) möglich. Für eine feste Klasse muss immer ein bestimmtes V/S_T-Verhältnis berücksichtigt werden, um die vereinbarte Fehlergrenze einzuhalten. Ein direkter Vergleich von R'_w und $D_{nT,w}$ ist nur bei festem V/S_T-Verhältnis zulässig und führt immer zu einer Differenz (Streuung), außer bei der Singularität $V/S_T = 3{,}125$ (m^3/m^2). Je nach Größe der Trennbauteilfläche und des Raumvolumens kann die Streubreite -3 dB bis +6 dB betragen.

Literatur

[1] Neubauer, R. O. Schalldämmung und Schallschutz - Vergleich von bewertetem Bau-Schalldämm-Maß R'_w und bewerteter Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$. *Bauphysik* **43(1)**, 18-26 (2021).

[2] Birgit Rasmussen & María Machimbarrena (editors), COST Action TU0901 – Building acoustics throughout Europe. Volume 1: Towards a common framework in building acoustics throughout Europe, 2014

[3] Neubauer, R. O. Einfluss der äquivalenten Schallabsorptionsfläche auf das Schalldämm-Maß. Bauphysik **43(2)**, S. 79–86 (2021).

[4] ÖNorm B 8115-5: 2021-04. Schallschutz und Raumakustik im Hochbau - Teil 5: Klassifizierung. Austrian Standards, Vienna (2021).

[5] UNE 74201:2021. Acústica. Esquema de clasificación acústica de edificios. (Akustik. Akustisches Klassifizierungsschema für Gebäude UNE 74201:2021). Madrid: UNE.

[6] ISO-TC 19488:2021-04. Acoustics - Acoustic classification of dwellings. International Organization for Standardization, Geneva (2021).

[7] Rasmussen, B. & Lang, J. How much protection do the sound insulation standards give and is this enough? *Proceedings of EURONOISE* 2009. Action on noise in Europe. 8th European Conference on Noise Control, 26-28 October 2009, Edinburgh, United Kingdom (2009).

[8] Neubauer, R. O.; Kang J. Airborne sound insulation in terms of a loudness model. *Applied Acoustics* **85**, 34-45 (2014).

[9] Rychtáriková, M.; et al. Perceived loudness of neighbour sounds heard through heavy and light-weight walls with equal $R_w + C_{50\text{-}5000}$. *Acta Acustica United Acustica* **102(1)**, 58-66 (2016).

[10] Rauscher, T. E. *Subjektive und objektive Bewertung der Qualität der zur Kennzeichnung der Schalldämmung verwendeten Einzahlwerte R'_w und $D_{nT,w}$*, [Masterarbeit]. Universität Stuttgart (2020).

[11] DIN EN ISO 717-1: 2021-05. Akustik - Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 1: Luftschalldämmung. Beuth Verlag, Berlin (2021).

[12] Neubauer, R. O. Die Klassifizierung des Schallschutzes $D_{nT,w}$ mit Hilfe des Schalldämm-Maßes R'_w. *Bauphysik* **43(6)**, 400-410 (2021).

[13] DIN 4109-2:2018-01. Schallschutz im Hochbau - Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen. Beuth Verlag, Berlin (2018).

[14] DIN EN ISO 12354-1:2017-11. Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen. Beuth Verlag, Berlin (2018).