DOI: 10.1002/bapi.202100026

Reinhard O. Neubauer

Trittschalldämmung

Norm-Trittschallpegel L'_n und Standard-Trittschallpegel L'_{nT} im Vergleich

In DIN 4109 wird die Trittschalldämmung, ausgedrückt mit der kennzeichnenden Größe bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$, zur Beschreibung des Trittschallschutzes verwendet. Eine für die Zwecke der Beschreibung des Trittschallschutzes brauchbarere Kenngröße stellt der bewertete Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ dar. Durch analytischen Vergleich beider Kenngrößen wird gezeigt, welche Randbedingungen zur Anwendung der Gleichungen eingehalten werden müssen. Die Unterschiede aus dem Vergleich von Messergebnissen werden anhand eines Messdatensatzes von 69 durchgeführten Trittschallmessungen an Trenndecken unterschiedlichster Bauart dargestellt. Die Auswertung der Messergebnisse hat gezeigt, dass sich erhebliche Unterschiede für die gleiche Konstruktion und für den gleichen Empfangsraum ergeben können. Auch hat sich herausgestellt, dass eine vereinfachte Umrechnung beider Kenngrößen aus den Einzahlwerten Fehler von ±2 dB zur Folge haben können. Soll eine Beschränkung des „Fehlers" erfolgen, muss der betrachtete Raum begrenzt werden. Für eine tolerierte Abweichung von ±2 dB beschränkt sich die betrachtete Grundfläche in Abhängigkeit der Raumhöhe von 2,20 m – 4,0 m auf unter 22,5 m^2. Werden größere Räume betrachtet, können erheblich größere Abweichungen auftreten.

Stichworte Trittschalldämmung; Trittschall; Trittschallschutz; Trittschallpegel

Impact sound insulation – Normalized impact sound pressure level L'_n and standardized impact sound pressure level L'_{nT} in comparison

In DIN 4109, the impact sound insulation, expressed with the characteristic quantity of the weighted standard impact sound level $L'_{n,w}$, is used to describe the impact sound protection. A, for the purpose of the description of the impact sound protection more useful characteristic variable, represents the weighted standard impact sound level $L'_{nT,w}$. By analytical comparison of both parameters, it is shown which boundary conditions must be observed for the application of the equations. The differences from the equation of measurement results are shown on the basis of a measurement data set of 69 impact sound measurements carried out on ceilings of different types. The evaluation of the measurement results has shown that there can be considerable differences for the same design and for the same receiving room. It has also been shown that a simplified conversion of both parameters from the single values can cause errors of ±2 dB. If a limitation of the "error" is to take place, the surface of the floor considered must be limited. For a tolerated deviation of ±2 dB, the considered surface area is limited to less than 22.5 m^2 depending on the room height from 2.20 m – 4.0 m. If larger rooms are considered, significantly larger deviations can occur.

Keywords impact sound insulation; impact sound; impact sound protection; impact sound level

1 Einleitung

Das geordnete soziale Zusammenleben ist in Deutschland unter anderem auch über den Schallschutz gesetzlich geregelt. So ist für jedes Wohngebäude bauordnungsrechtlich in den entsprechenden Länder-Bauordnungen (LBO) der für ein sozialverträgliches Miteinander notwendige Mindestschallschutz festgelegt. Die Schutzziele der Bauordnungen werden dabei durch technische Baubestimmungen konkretisiert, um Leib, Leben und Gesundheit zu schützen. Die technischen Anforderungen bezüglich des baulichen Schallschutzes sind in der Eingeführten Technischen Baubestimmung (ETB) DIN 4109 Teil 1 [1] formuliert. In [2] wurde gezeigt, dass der Luftschallschutz, ausgedrückt als „Schalldämmung", kritisch hinterfragt werden kann, wenn es um den tatsächlichen, also gehörten, Schallschutz geht. In DIN 4109 Teil 1 wird der Schallschutz auch für den Trittschallschutz definiert und als Beurteilungsgröße der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ genannt. Der bewertete Norm-Trittschallpegel ist eine bauteilbezogene Größe und entspricht dem Trittschallpegel, der im Empfangsraum vorhanden wäre, wenn der Empfangsraum die Bezugsabsorptionsfläche A_0 = 10 m^2 hätte. Welche Schwierigkeiten dieser Bezug auf die Luftschalldämmung haben kann, wurde in [3] diskutiert. Inwieweit dies auch auf den Trittschallschutz zutrifft, soll unter anderem auch in diesem Artikel angesprochen werden. Neben dem Norm-Trittschallpegel L_n ist in verschiedenen Regelwerken auch der nachhallzeitbezogene Standard-Trittschallpegel $L_{n,T}$ als Kenngröße für den Trittschallschutz angegeben [4–9]. Der Standard-Trittschallpegel wird auf eine Bezugs-Nachhallzeit von T_0 = 0,5 s bezogen, da sich für möblierte Wohnräume in der Praxis gezeigt hat, dass die Nachhallzeit in diesen Räumen im Mittel annähernd 0,5 s beträgt [6, 7].

In den europäischen Nachbarländern werden der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ zu etwa 70 % und der bewertete Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ zu etwa 30 % zur Kennzeichnung des Trittschallschutzes und zur Formulierung von Anforderungen herangezogen [10, 11].

 © 2021 Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin.

Welcher Unterschied zwischen den beiden Kenngrößen besteht, soll in diesem Artikel anhand von Messdaten und rechnerisch entsprechend den anzuwendenden Gleichungen zur Ermittlung der kennzeichnenden Größen untersucht und vergleichend gegenübergestellt werden.

2 Beschreibung der Kenngrößen

Die Trittschalldämmung zwischen Räumen kann nach DIN EN ISO 16283 Teil 2 [6] durch zwei miteinander in Beziehung stehende Größen dargestellt werden. Diese Größen werden in Frequenzbändern (Terz- oder Oktavbändern) ermittelt, aus denen die Einzahlangabe für die Gebäudeeigenschaften, z. B. $L'_{n,w}$, $L'_{nT,w}$, nach DIN EN ISO 717 Teil 2 abgeleitet werden kann.

Die Ermittlung der kennzeichnenden Größen zur Beschreibung der Trittschalldämmung und des Trittschallschutzes beziehen sich bei der messtechnischen Erfassung auf einen Schallpegel im Empfangsraum. Dieser Schallpegel ist für die vorliegende Untersuchung für jede Messgröße (L'_n, L'_{nT}) gleich, sodass die Ermittlung des Schalldruckpegels im Empfangsraum (L_E) und die damit zusammenhängenden Fehler und Unsicherheiten an dieser Stelle nicht diskutiert werden. Hierzu wird beispielhaft auf die Literatur verwiesen [12, 13].

2.1 Trittschallpegel L_n, L'_n

Der Trittschallpegel L_n ist über den Schalldruckpegel im Empfangsraum unter Verwendung eines über den zehnfachen dekadischen Logarithmus des Verhältnisses der im Empfangsraum ermittelten äquivalenten Schallabsorptionsfläche A und der Bezugs-Absorptionsfläche A_0 gebildeten Korrekturterms definiert. Werden alle an der Schallübertragung beteiligten Übertragungswege einbezogen, ergibt sich der Norm-Trittschallpegel L'_n. Er wird nach Gl. (1) berechnet:

$$L'_n = L_E + 10\lg\left(A/A_0\right)\ \left[\mathrm{dB}\right] \tag{1}$$

Dabei ist:

L_E der energetisch gemittelte Schalldruckpegel im Empfangsraum, in dB
A die äquivalente Schallabsorptionsfläche im Empfangsraum, in m^2
A_0 die Bezugs-Schallabsorptionsfläche ($A_0 = 10\ m^2$), in m^2

Die Messung der Trittschalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau wird in DIN EN ISO 16283 Teil 2 [6] geregelt, danach muss die äquivalente Schallabsorptionsfläche A des Empfangsraumes auf der Grundlage der gemessenen Nachhallzeit T unter Anwendung der Sabine'schen Gleichung erfolgen. Welcher Unterschied sich bei der Berechnung der äquivalenten Schallabsorptionsfläche A unter Anwendung der Sabine'schen Gleichung im Vergleich zur Berechnung der allgemein als Alternative akzeptierten Formel nach Eyring ergeben kann, wird in [3] diskutiert. Die äquivalente Schallabsorptionsfläche nach Sabine berechnet sich nach Gl. (2).

$$A = 0{,}16V/T\ \left[\mathrm{m^2}\right] \tag{2}$$

Dabei ist

V das Volumen des Empfangsraumes, in m^3
T die Nachhallzeit im Empfangsraum, in s

Das Ergebnis der Berechnungen zur Ermittlung des Norm-Trittschallpegels L'_n ist streng von der Anwendung der Sabine'schen Formel, d. h. der Anwendbarkeit der Gl. (2), abhängig. Es müssen damit bei der Bestimmung des Norm-Trittschallpegels zwei wichtige Voraussetzungen erfüllt sein: Zum einen die Gültigkeit der statistischen Nachhallzeittheorie nach Sabine und zum anderen die Messtechnik der Nachhallzeitmessung im Empfangsraum. Wird Gl. (2) in Gl. (1) eingesetzt, folgt:

$$L'_n = L_E + 10\lg\left(V/T\right) - 18\ \mathrm{dB}\ \left[\mathrm{dB}\right] \tag{3}$$

Der Zahlenwert von 18 dB ergibt sich aus der Anwendung der Sabine'schen Gleichung aus dem Verhältnis (24 ln $10/c_0$), wobei c_0 die Schallgeschwindigkeit in Luft darstellt. Für das mit 0,16 angenommene Verhältnis (24 ln $10/c_0$) ist die Schallgeschwindigkeit mit 345,6 m/s anzunehmen [7].

Der Norm-Trittschallpegel ist frequenzabhängig. Um eine Einzahl des frequenzabhängigen Norm-Trittschallpegels zu erhalten, wird der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ mithilfe einer Bezugskurve nach DIN EN ISO 717 Teil 2 [4] ermittelt und dient zur Kennzeichnung der Trittschalldämmung von Bauteilen (Decken, Treppen, Podeste) in Gebäuden. Der aus Messungen oder Berechnungen ermittelte bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ wird mit den Anforderungen nach DIN 4109 Teil 1 verglichen und dient somit als Nachweisgröße für den baulichen Schallschutz nach DIN 4109.

DIN EN ISO 16283 Teil 2 beschreibt den Sachverhalt, dass der Norm-Trittschallpegel L_n, L'_n im Vergleich mit dem Standard-Trittschallpegel L_{nT}, L'_{nT} eine schwächere Verbindung zum subjektiven Eindruck der Trittschalldämmung aufweist.

2.2 Standard-Trittschallpegel L_{nT}, L'_{nT}

Der Standard-Trittschallpegel L_{nT} ist definiert über den Schalldruckpegel im Empfangsraum unter Verwendung einer Bezugsnachhallzeit T_0, wobei das Hammerwerk die Trittschallquelle bildet. Der Schalldruckpegel wird messtechnisch durch räumliche und zeitliche Mittelung der jeweiligen Schalldruckpegel frequenzabhängig ermittelt. Die im Empfangsraum ermittelte frequenzabhängige Nachhallzeit T wird auf die Bezugsnachhallzeit normiert und berücksichtigt damit die raumakustischen Eigenschaften des Empfangsraumes. Damit stellt der Emp-

fangspegel eine normierte Größe dar. Der Standard-Trittschallpegel wird nach Gl. (4) berechnet:

$$L_{nT} = L_E - 10\lg\left(T / T_0\right) \left[\text{dB}\right] \quad (4)$$

Dabei ist:

L_E der energetisch gemittelte Schalldruckpegel im Empfangsraum, in dB
T die Nachhallzeit im Empfangsraum, in s
T_0 die Bezugsnachhallzeit (T_0 = 0,5 s), in s

Der Standard-Trittschallpegel ist nicht von der Gültigkeit der Sabine'schen Gleichung abhängig. Es muss damit bei der Bestimmung des Standard-Trittschallpegels nur eine Voraussetzung erfüllt sein: die korrekte Nachhallzeitmessung im Empfangsraum (Messgenauigkeit). Die Bezugsnachhallzeit T_0 wurde international für Wohnräume auf 0,5 s festgelegt. Wird die Bezugsnachhallzeit in Gl. (4) eingesetzt, ergibt sich nachstehende Gl. (5):

$$L_{nT} = L_E - 10\lg\left(T\right) + 3\,\text{dB} \left[\text{dB}\right] \quad (5)$$

Der Standard-Trittschallpegel ist frequenzabhängig. Um eine Einzahl des frequenzabhängigen Standard-Trittschallpegels zu erhalten, wird der bewertete Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ mithilfe einer Bezugskurve nach DIN EN ISO 717 Teil 2 ermittelt und dient zur Kennzeichnung des Trittschallschutzes zwischen Räumen. Der aus Messungen oder Berechnungen ermittelte bewertete Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ kann mit den Anforderungen nach VDI 4100 [8] verglichen werden und dient somit als Nachweisgröße für den erhöhten baulichen Schallschutz im Wohnungsbau nach VDI 4100.

DIN EN ISO 16283 Teil 2 beschreibt den Sachverhalt, dass der Standard-Trittschallpegel L_{nT}, L'_{nT} eine direkte Verbindung zum subjektiven Eindruck der Luftschalldämmung liefert.

3 Verknüpfung von $L'_{n,w}$ und $L'_{nT,w}$

In der Literatur [14–16] wird immer wieder dargestellt, dass der Schallschutz und insbesondere der Trittschallschutz im Wohnungsbau trotz Einhaltung öffentlich-rechtlicher Anforderungen beklagt wird. Dies kann zum einen auf die unterschiedlichen Frequenzverläufe der Schalldämmung zurückgeführt werden oder aber auf die inhärenten Eigenschaften der Bauteilkenngröße „Trittschalldämmung". Betrachtet man die Zahlenwertgleichung für die Ermittlung der Trittschalldämmung, ausgedrückt als $L'_{n,w}$, erkennt man, dass der bewertete Norm-Trittschallpegel durch den Schalldruckpegel im Empfangsraum (L_E) und das Korrekturglied 10 lg (A/A_0) bestimmt wird. Auch der bewertete Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ ist durch den Schalldruckpegel im Empfangsraum (L_E) und ein Korrekturglied 10 lg (T/T_0) bestimmt. Beiden Kenngrößen gemeinsam ist also der Schalldruckpegel im Empfangsraum (L_E). Die beiden Größen $L'_{n,w}$ und $L'_{nT,w}$ stimmen zahlenmäßig überein, wenn – unter der Voraussetzung der Gültigkeit der Sabine'schen Gleichung (Gl. 2) – das Raumvolumen (V) dem Wert von 125,89 m^3 entspricht. Beim gewöhnlichen Wohnungsbau beträgt die Raumhöhe mindestens 2,20 m (im Dachgeschoss). Als maximale Raumhöhe wird in dieser Untersuchung eine Höhe von 4 m vorausgesetzt. Die Mindestgrundfläche eines Raumes wird unterschiedlich festgelegt. So ist in dem Wohnungsaufsichtsgesetz (WoAufG) bestimmt, dass den Mindestanforderungen an gesunde Wohnverhältnisse nicht genügt ist, wenn ein zum Wohnen bestimmter Raum nicht wenigstens eine Grundfläche von mindestens 9 m^2 hat [17]. Die Technischen Regeln für Arbeitsstätten (ASR) schreiben vor, dass – unabhängig

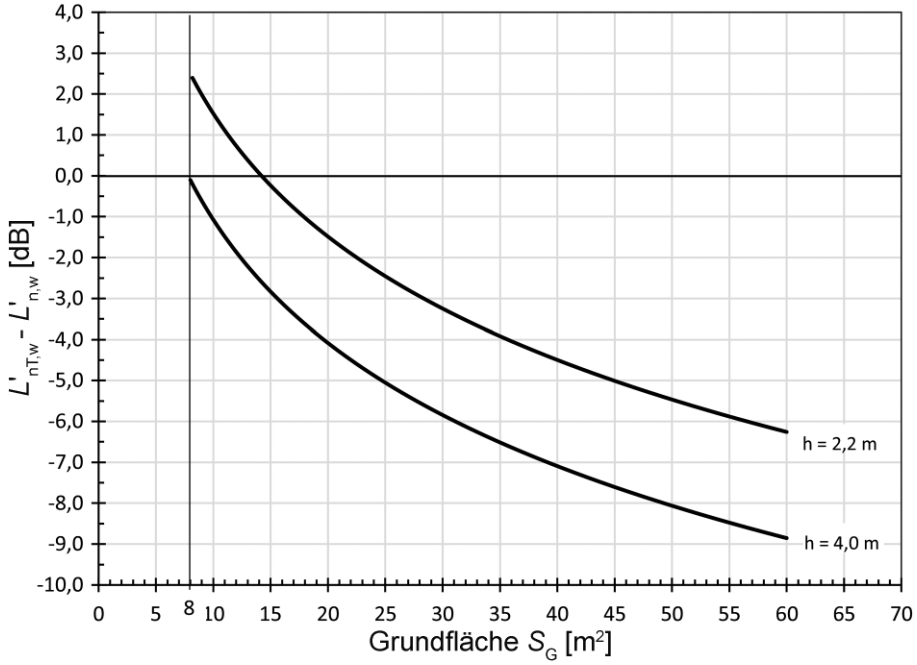

Bild 1 Differenz $L'_{nT,w} - L'_{n,w}$ in Abhängigkeit der Grundfläche S_G. Die Mindestgrundfläche beträgt 8 m^2. Die Raumhöhe beträgt zwischen 2,20 m und 4,0 m.
Difference $L'_{nT,w} - L'_{n,w}$ as a function of floor area S_G. The minimum floor area is 8 m^2. The room height is between 2.20 m and 4.0 m.

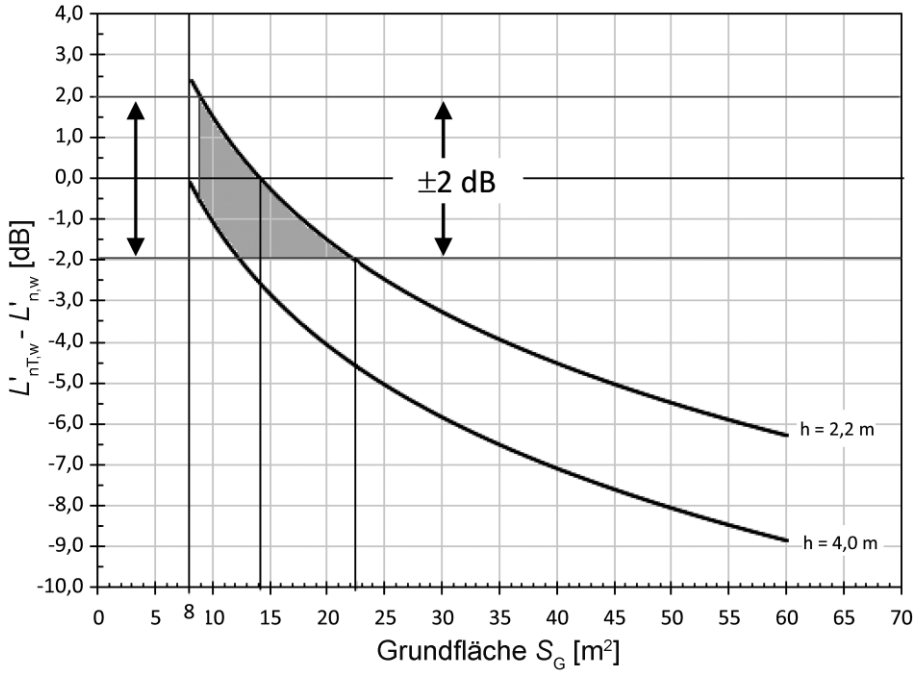

Bild 2 Differenz $L'_{nT,w} - L'_{n,w}$ in Abhängigkeit der Grundfläche S_G (Bild 1). Die grau hinterlegte Fläche kennzeichnet die gemeinsame Schnittfläche bei einer Differenz von ±2 dB.
Difference $L'_{nT,w} - L'_{n,w}$ as a function of the floor area S_G (see Figure 1) The grey area indicates the common-sectional area with a permissible difference of ±2 dB.

von der Tätigkeit als Arbeitsräume – nur Räume genutzt werden dürfen, deren Grundflächen mindestens 8 m² betragen [18]. Auch VDI 4100 bestimmt in ihrem Anwendungsbereich, dass schutzbedürftige Räume eine Grundfläche von ≥ 8 m² aufweisen müssen. Für die vorliegende Untersuchung wird deshalb eine Mindestgröße der Grundfläche eines Raumes von 8 m² festgelegt und die Raumhöhe zwischen 2,20 m und 4,0 m. Damit ergibt sich für die Fallunterscheidung $L'_{n,w} - L'_{nT,w}$ die Grafik in Bild 1.

Aus Bild 1 ist ersichtlich, dass auf Basis der Gln. (3) und (5) die Werte von $L'_{nT,w}$ und $L'_{n,w}$ bei Grundflächen zwischen 8 m² und 14,21 m² rechnerisch unbestimmt sind, d. h. die Schwankungsbreite der Differenzen liegt in diesem Bereich zwischen den Werte von +2,49 dB bis –2,60 dB (graue Fläche in Bild 2). Ab einer Grundfläche von 14,21 m² ergeben sich immer Unterschiede zwischen $L'_{n,w}$ und $L'_{nT,w}$, die kleiner als 0 sind (Negativ-Werte), d. h. der bewertete Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ ist immer kleiner als der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$. Wird eine Differenz ($L'_{nT,w} - L'_{n,w}$) von ± 2 dB zugelassen, dürfen nachstehende Grenzen nicht überschritten werden:

für h = 2,20 m: 8,97 m² ≤ S_G ≤ 22,52 m²
für h = 4,0 m: 8 m² ≤ S_G ≤ 12,39 m²

Damit ergibt sich eine gemeinsame Schnittmenge zwischen den möglichen Raumhöhen h von 2,20 m – 4,0 m mit den zulässigen Grundflächen von rund 9 m² ≤ S_G ≤ 22,5 m².

Weicht bei den vorgegebenen Grenzen der Raumhöhe h die Grundfläche S_G ab, vergrößert sich der Unterschied und Abweichungen von mehreren Dezibel treten auf (Bild 1).

Diese Abweichungen ergeben sich aus den geometrischen Verhältnissen und sind nicht „akustisch“ bedingt. Aus Bild 2 ist ablesbar, dass bei üblichen Grundrissen, also z. B. Räumen zwischen 10 m² und 20 m² Grundfläche, die Differenz zwischen $L'_{nT,w}$ und $L'_{n,w}$ rechnerisch nicht mehr als +2 dB beträgt. Die Standard-Schallpegeldifferenz wird erst dann kleiner, wenn die Grundfläche größer wird als 14,21 m². Dieser Sachverhalt ist in Bild 2 grafisch dargestellt.

Betrachtet man die beiden Gln. (3) und (5) sorgfältig, dann erkennt man, dass beide Gleichungen von der Nachhallzeit (T) abhängen. Obwohl für die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $L'_{n,w}$ die äquivalente Schallabsorptionsfläche (A) im Korrekturglied anzuwenden ist, wird in der Praxis die gemessene Nachhallzeit (T) zur Ermittlung von A herangezogen. Da beide Gl. (3) und (5) von dem gleichen Schalldruckpegel (L_E) abhängen, kann der bewertete Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ auch mithilfe des Norm-Trittschallpegels berechnet werden. Dies führt allgemein zur nachhallzeitunabhängigen Gl. (6).

$$L'_{n,w} = L'_{nT,n} + 10\lg(V) + 10\lg\left(\frac{0{,}16}{A_0\,T_0}\right)\ \left[\text{dB}\right] \qquad (6)$$

$$\text{bzw. } L'_{n,w} = L'_{nT,w} + 10\lg(V) - 14{,}95\ \text{dB}\ \left[\text{dB}\right] \qquad (7)$$

Damit wird der Standard-Trittschallpegel mit dem Norm-Trittschallpegel unter dem stillschweigenden Voraussetzungsanspruch verknüpft, dass die Sabine’sche Gleichung angewendet werden kann. Durch die Verknüpfung

mit dem Norm-Trittschallpegel ist damit auch der Einfluss der geometrischen Größe (V) verbunden. Damit wird das reine „Hörereignis“, ausgedrückt in dem nachhallzeitkorrigierten Empfangspegel, auf eine Größe gebracht, die zwei systemfremde Fehlerquellen – nämlich die Anwendungsvoraussetzung zur Nachhallzeittheorie nach Sabine und die Abhängigkeit der geometrischen Größe Raumvolumen V – enthält. Beide Fehlerquellen wirken sich unabhängig voneinander auf den Standard-Trittschallpegel aus. Wie in Bild 2 dargestellt, weicht der Standard-Trittschallpegel bei gleicher Bauteilqualität bereits durch die geometrische Größe (V) von dem Norm-Trittschallpegel ab. Zwischen Standard-Trittschallpegel und Norm-Trittschallpegel kann es keine „Kongruenz“ geben und eine erzwungene Gleichheit durch Gleichsetzen der geometrischen Anforderungen (10 lg V = 14,95 dB) ist nur dann zulässig, wenn auch die Voraussetzungen der Sabine’schen Nachhalltheorie erfüllt sind.

4 Trittschalldämmung in situ

Die rechnerischen Ergebnisse der Untersuchung zur Trittschalldämmung werden nachstehend im Vergleich zu gemessenen Werten dargestellt. Hierzu wurden Messungen der Trittschalldämmung frequenzabhängig durchgeführt und ausgewertet. Die Ermittlung der entsprechenden Kennwerte erfolgte nach DIN EN ISO 717 Teil 2. Zur Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ und des bewerteten Standard-Trittschallpegels $L'_{nT,w}$ wurden an 69 Trenndecken Messungen der Trittschalldämmung nach DIN EN ISO 16283 Teil 2 durchgeführt und nach DIN EN ISO 717 Teil 2 ausgewertet. Die Ergebnisse sind in Tab. 1 und grafisch in Bild 3 wiedergegeben. Die Umrechnung der jeweiligen Trittschalldämmwerte ergeben sich aus den miteinander in Beziehung stehenden Größen nach Gl. (6).

Die Messergebnisse der ermittelten bewerteten Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ und der bewerteten Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ sind über dem Raumvolumen grafisch in Bild 3 aufgetragen und wiedergegeben. Der kleinste bewertete Norm-Trittschallpegel beträgt 24 dB und der maximale bewertete Norm-Trittschallpegel 77 dB. Der kleinste bewertete Standard-Trittschallpegel beträgt 21 dB und der maximale bewertete Standard-Trittschallpegel 70 dB. Die ermittelte Differenz zwischen den Messwerten $L'_{n,w}$ und $L'_{nT,w}$ ist grafisch in Bild 4 dargestellt.

Aus Bild 4 ist zu erkennen, dass die Differenz der gemessenen Trittschallpegel ($L'_{nT,w} - L'_{n,w}$) für den vorliegenden Datensatz immer negativ ist. Das heißt, der bewertete Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ ist immer kleiner als der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$. Die maximale Abweichung der beiden Kennwerte beträgt für den untersuchten Datensatz –8 dB.

Tab. 1 Ergebnisse der Trittschalldämmungsmessungen nach DIN EN ISO 16283 Teil 2 an 69 Deckenkonstruktionen in unterschiedlichen Räumen sowie die in Beziehung stehenden Umrechnungswerte der Trittschalldämmungen.
Results of the impact sound insulation measurements according to DIN EN ISO 16283 Part 2 on 69 ceiling constructions in different rooms, as well as the related conversion values of the impact sound insulation.

			Messung		Diff (Mess)	Berechnet				Diff(Rech)
Nr.	V [m³]	h [m]	$L'_{n,w}$	$L'_{nT,w}$	$L'_{nT,w} - L'_{n,w}$	$L'_{n,w}$	gerundet	$L'_{nT,w}$	gerundet	$L'_{nT,w} - L'_{n,w}$
1	27,90	2,50	38	38	0	37,51	38	38,49	38	0
2	30,60	2,69	54	54	0	53,91	54	54,09	54	0
3	31,30	2,41	43	43	0	43,01	43	42,99	43	0
4	31,30	2,41	53	53	0	53,01	53	52,99	53	0
5	31,30	2,41	45	45	0	45,01	45	44,99	45	0
6	31,67	2,80	55	55	0	55,06	55	54,94	55	0
7	31,70	2,80	55	55	0	55,06	55	54,94	55	0
8	32,00	2,78	34	34	0	34,10	34	33,90	34	0
9	32,10	2,80	68	67	–1	67,12	67	67,88	68	1
10	33,47	2,80	54	54	0	54,30	54	53,70	54	0
11	33,50	2,65	54	54	0	54,30	54	53,70	54	0
12	33,60	2,40	56	56	0	56,31	56	55,69	56	0
13	34,40	2,50	42	41	–1	41,42	41	41,58	42	1
14	34,60	2,50	39	38	–1	38,44	38	38,56	39	1
15	35,50	2,50	52	51	–1	51,55	52	51,45	51	–1
16	35,50	2,50	54	53	–1	53,55	54	53,45	53	–1
17	37,90	2,46	37	36	–1	36,84	37	36,16	36	–1
18	40,50	2,60	48	47	–1	48,12	48	46,88	47	–1
19	40,85	2,80	55	54	–1	55,16	55	53,84	54	–1
20	42,50	2,59	43	42	–1	43,33	43	41,67	42	–1

21	43,10	3,15	61	60	–1	61,39	61	59,61	60	–1
22	43,10	3,15	47	45	–2	46,39	46	45,61	46	0
23	43,60	2,38	44	42	–2	43,44	43	42,56	43	0
24	43,60	2,38	45	44	–1	45,44	45	43,56	44	–1
25	43,60	2,38	68	67	–1	68,44	68	66,56	67	–1
26	43,60	2,38	66	64	–2	65,44	65	64,56	65	0
27	46,50	2,46	40	38	–2	39,72	40	38,28	38	–2
28	48,30	2,65	56	54	–2	55,89	56	54,11	54	–2
29	50,50	3,15	47	45	–2	47,08	47	44,92	45	–2
30	50,80	2,43	49	47	–2	49,11	49	46,89	47	–2
31	52,70	3,15	46	44	–2	46,27	46	43,73	44	–2
32	55,50	3,26	24	21	–3	23,49	23	21,51	22	–1
33	55,60	2,70	58	55	–3	57,50	58	55,50	55	–3
34	58,70	2,63	43	40	–3	42,74	43	40,26	40	–3
35	60,20	3,16	71	68	–3	70,85	71	68,15	68	–3
36	60,20	3,16	50	47	–3	49,85	50	47,15	47	–3
37	60,97	2,53	64	61	–3	63,90	64	61,10	61	–3
38	61,60	2,99	36	33	–3	35,95	36	33,05	33	–3
39	62,40	2,53	62	59	–3	62,00	62	59,00	59	–3
40	62,40	2,63	62	59	–3	62,00	62	59,00	59	–3
41	64,50	2,63	45	41	–4	44,15	44	41,85	42	–2
42	66,80	2,50	46	43	–3	46,30	46	42,70	43	–3
43	67,60	2,63	60	57	–3	60,35	60	56,65	57	–3
44	67,60	2,62	60	57	–3	60,35	60	56,65	57	–3
45	68,30	2,50	49	45	–4	48,39	48	45,61	46	–2
46	69,60	2,85	69	66	–3	69,48	69	65,52	66	–3
47	69,60	2,85	64	61	–3	64,48	64	60,52	61	–3
48	69,60	2,85	67	64	–3	67,48	67	63,52	64	–3
49	73,50	2,65	56	53	–3	56,71	57	52,29	52	–5
50	73,50	2,80	56	53	–3	56,71	57	52,29	52	–5
51	75,70	3,20	53	49	–4	52,84	53	49,16	49	–4
52	79,80	2,50	59	55	–4	59,07	59	54,93	55	–4
53	81,90	2,75	31	26	–5	30,18	30	26,82	27	–3
54	82,70	3,16	64	60	–4	64,23	64	59,77	60	–4
55	82,70	3,16	50	46	–4	50,23	50	45,77	46	–4
56	84,40	2,50	56	52	–4	56,31	56	51,69	52	–4
57	85,30	2,50	43	39	–4	43,36	43	38,64	39	–4
58	90,00	2,66	56	51	–5	55,59	56	51,41	51	–5
59	90,00	2,80	56	51	–5	55,59	56	51,41	51	–5
60	92,00	2,51	45	40	–5	44,69	45	40,31	40	–5
61	110,00	2,50	47	41	–6	46,46	46	41,54	42	–4
62	131,50	2,52	59	52	–7	58,24	58	52,76	53	–5
63	131,90	2,85	69	62	–7	68,25	68	62,75	63	–5
64	147,00	2,60	30	23	–7	29,72	30	23,28	23	–7
65	147,00	2,60	37	30	–7	36,72	37	30,28	30	–7
66	147,00	2,60	54	47	–7	53,72	54	47,28	47	–7
67	159,00	3,79	77	70	–7	77,06	77	69,94	70	–7
68	175,00	4,22	75	68	–7	75,48	75	67,52	68	–7
69	198,40	3,65	62	54	–8	62,03	62	53,97	54	–8

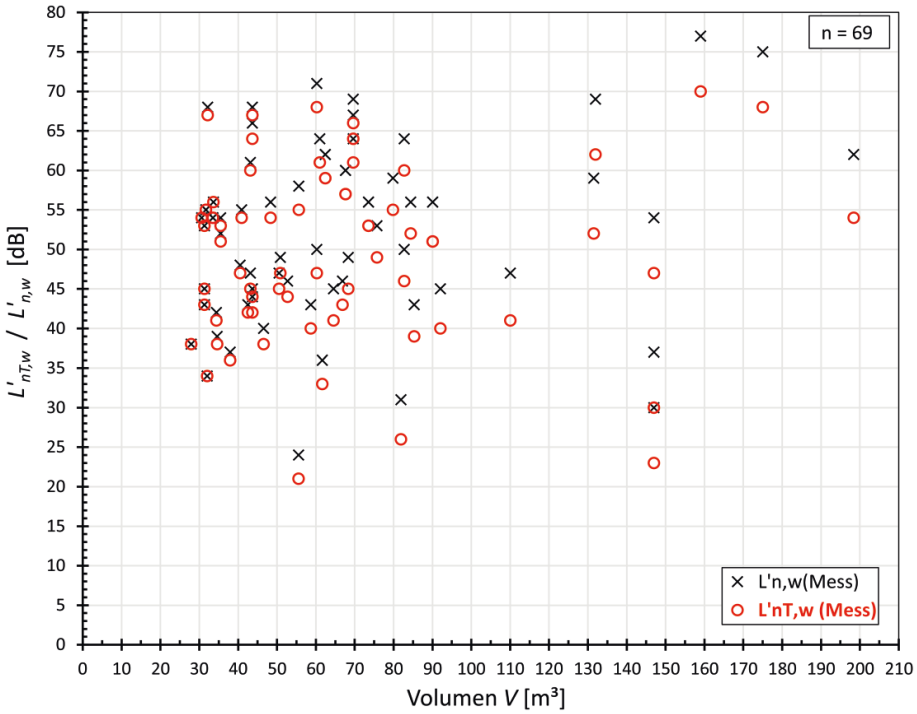

Bild 3 Gemessener bewerteter Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ und gemessener bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ in Abhängigkeit des Raumvolumens des Empfangsraumes (V_E).
Measured values of the weighted standardized impact sound pressure level $L'_{nT,w}$ and the measured values of the weighted normalized impact sound pressure level $L'_{n,w}$ as a function of the room volume of the receiving room (V_E).

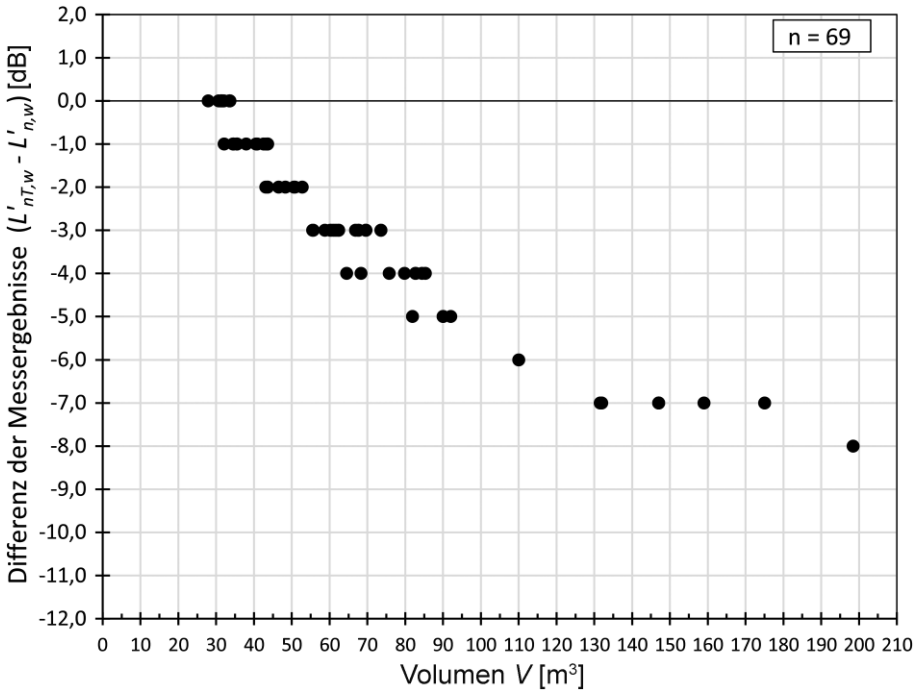

Bild 4 Differenz des gemessenen bewerteten Standard-Trittschallpegels $L'_{nT,w}$ und des gemessenen bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$, aufgetragen über dem Raumvolumen (V).
Difference between the measured weighted standardized impact sound pressure level $L'_{nT,w}$ and the measured weighted normalized impact sound pressure level $L'_{n,w}$, plotted over the room volume (V).

In keiner Messung des untersuchten Datensatzes mit 69 Konstruktionen wurde der bewertete Standard-Trittschallpegel größer als der bewertete Norm-Trittschallpegel ermittelt. Wird der bewertete Standard-Trittschallpegel als Einzahlwert nach Gl. (6) aus dem bewerteten Norm-Trittschallpegel berechnet, ergeben sich zu den gemessenen und nach DIN EN ISO 717 Teil 2 ermittelten Einzahlwerten Abweichungen wie in Bild 5 grafisch dargestellt. Zusätzlich sind dort nochmals die Differenzen der Messergebnisse mit eingetragen, um die Abweichungen zwischen Messung und Berechnung deutlicher zu zeigen.

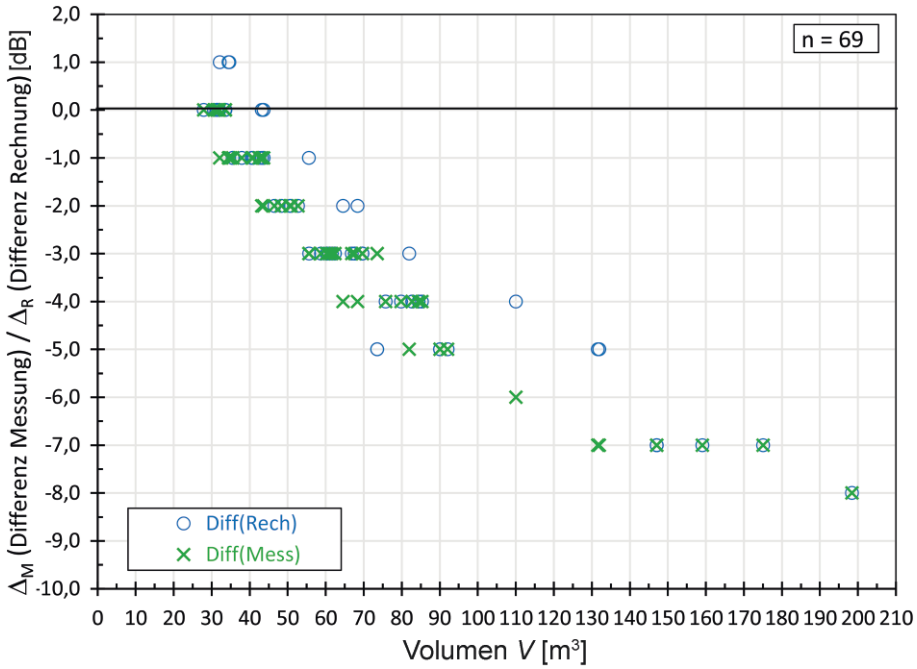

Bild 5 Differenz der Rechenwerte nach Gl. (6) des bewerteten Standard-Trittschallpegels $L'_{nT,w}$ und des berechneten bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$, aufgetragen über dem Raumvolumen (V). Im Vergleich sind auch die Differenzen der Messergebnisse ($L'_{nT,w} - L'_{n,w}$) dargestellt..
Difference of the calculation results according to equation (6) of the weighted standardized impact sound pressure level $L'_{nT,w}$ and the calculated value of the weighted normalized impact sound pressure level $L'_{n,w}$ plotted over the room volume (V). In comparison, the differences of the measurement results ($L'_{nT,w} - L'_{n,w}$) are also shown.

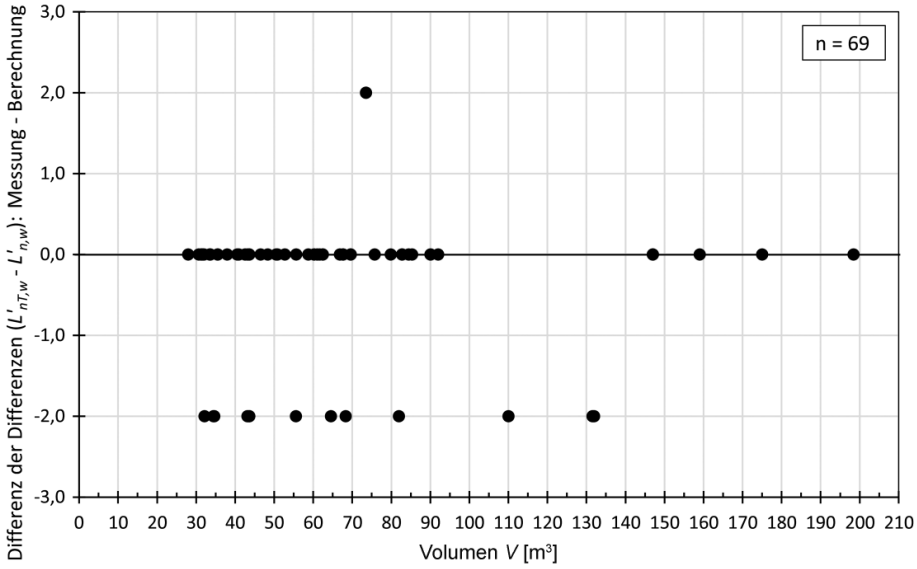

Bild 6 Differenz der Differenzen zwischen den Einzahlwerten von ermitteltem bewerteten Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ aus Messwerten nach Gl. (4) und Rechenwerten nach Gl. (6), aufgetragen über das Raumvolumen (V).
Difference of the differences of the single values of the determined weighted standardized impact sound pressure level $L'_{nT,w}$ and the weighted normalized impact sound pressure level $L'_{n,w}$ from measured values according to equation (4) and calculation values according to equation (6) plotted over the room volume (V).

Die Ergebnisse der ermittelten Differenzen zwischen Berechnung und Messung sind in Bild 6 grafisch dargestellt.

Aus der grafischen Darstellung der Differenzbildung in Bild 6 zeigt sich, dass die Abweichungen ±2 dB betragen können. Im Vergleich der Ergebnisse aus Bild 5 und Bild 6 wird deutlich, dass die Umrechnung beider Größen mit einem Fehler behaftet ist, der in Abhängigkeit des Raumvolumens mehrere Dezibel betragen kann.

5 Fazit

Die Untersuchung zur Bewertung des Norm-Trittschallpegels im Vergleich zum Standard-Trittschallpegel hat gezeigt, dass bei gleichen akustischen Verhältnissen der bewertete Norm-Trittschallpegel von dem Raumvolumen abhängig ist. Diese nicht-akustische Größe erweist sich umso kritischer, je größer das Volumen wird. Der Vergleich der gemessenen Kenngrößen $L'_{n,w}$ und $L'_{nT,w}$ hat für den untersuchten Datensatz von 69 Deckenkonstruk-

tionen ergeben, dass eine Abweichung beider Kenngrößen für die gleiche Konstruktion und für den gleichen Empfangsraum mehrere Dezibel betragen kann. Auch die vereinfachte Umrechnung der Einzahlwerte kann einen Fehler von ±2 dB ergeben. Damit qualifiziert sich der Standard-Trittschallpegel L'_{nT}, als nachhallzeitbezogene Kenngröße bestens für die Bewertung des Trittschallschutzes. Insbesondere im Hinblick auf die Bewertung des Trittschallschutzes im Vergleich zu öffentlich-rechtlichen oder auch privatrechtlichen Anforderungswerten ist eine sorgfältige und fehlerreduzierte Bestimmung des tatsächlichen Trittschallschutzes, wie er durch den bewerteten Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ ausgedrückt wird, von höchster Zweckmäßigkeit.

Literatur

[1] DIN 4109-1:2018-01 (2018) *Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen.* Berlin: Beuth.

[2] Neubauer, R. O. (2021) *Schalldämmung und Schallschutz – Vergleich von bewertetem Bau-Schalldämm-Maß R'_w und bewerteter Standard-Schallpegeldifferenz $D_{nT,w}$.* Bauphysik 43, H. 1, S. 18–26. https://doi.org/10.1002/bapi.202000024.

[3] Neubauer, R. O. (2021) *Einfluss der äquivalenten Schallabsorptionsfläche auf das Schalldämm-Maß.* Bauphysik 43, H. 2, S. 79–86. https://doi.org/10.1002/bapi.202100003.

[4] DIN 4109-4:2016-04 (2016) *Schallschutz im Hochbau – Teil 4: Bauakustische Prüfungen.* Berlin: Beuth.

[5] DIN EN ISO 717-2:2021-05 (2021) *Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 2: Trittschalldämmung.* Berlin: Beuth.

[6] DIN EN ISO 16283-2:2020-11 (2020) *Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau – Teil 2: Trittschalldämmung*. Berlin: Beuth.

[7] DIN EN ISO 12354-2:2017-11 (2017) *Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 2: Trittschalldämmung zwischen Räumen*. Berlin: Beuth.

[8] VDI 4100:*2010-12 (2010) Schallschutz im Hochbau – Wohnungen – Beurteilung und Vorschläge für erhöhten Schallschutz.* Berlin: Beuth.

[9] ISO-TC 19488:*2021-04 (2021) Akustik – Akustisches Klassifizierungssystem für Wohngebäude*. Berlin: Beuth.

[10] Lang, J. *(2009) Schallschutz in Europa* in: Fouad, N. A. [Hrsg.] *Bauphysik-Kalender 2009*. Berlin: Ernst & Sohn, Kap. A4, S. 75–127. https://doi.org/10.1002/9783433600368.ch4

[11] Rasmussen, B. (2010) *Harmonization of sound insulation descriptors and classification schemes in Europe: COST Action TU0901*. Paper presented at European symposium of EAA TC-RBA and Cost Action TU0901, Florence, Italy.

[12] DIN EN ISO 12999-1:2021-04 (2021) *Akustik – Bestimmung und Anwendung der Messunsicherheiten in der Bauakustik – Teil 1: Schalldämmung*. Berlin: Beuth.

[13] Worch, A.; Stange-Kölling, S.; Wittstock, V. (2016) *Schallschutz-Vergleichsmessungen der VMPA anerkannten Prüfstellen 2013–2015* in: Fortschritte der Akustik: DAGA 2016, Aachen, S. 51–54.

[14] Grimwood, C. (1997) *Complaints about poor sound insulation between dwellings in England and Wales*. Applied Acoustics 52, H. 3–4, S. 211–223.

[15] Rasmussen, B.; Rindel, J. H. (2005) *Concepts for evaluation of sound insulation of dwellings – from chaos to consensus?* in: Proceedings of the Forum Acusticum 2005, Budapest, http://orbit.dtu.dk/files/2460104/oersted-dtu1603.pdf

[16] Vardaxis, N.-G.; Bard, D. (2018) *Review of acoustic comfort evaluation in dwellings: part II – impact sound data associated with subjective responses in laboratory tests*. Building Acoustics 25, H. 2, S. 171–192.

[17] Gesetz zur Beseitigung von Wohnungsmissständen (Wohnungsaufsichtsgesetz-WoAufG)*.
*(in Bayern mit Ablauf 31.12.2004 aufgehoben durch §1 G v. 27.12.2004 (GVBl. S. 540).

[18] Technische Regeln für Arbeitsstätten A1.2 (2018) zuletzt geändert GMBl 2018, S. 471.

Autoren
Dr. Dr. Reinhard O. Neubauer, M.Sc. (Korrespondenzautor)
dr.neubauer@ibn.de
IBN Bauphysik GmbH & Co. KG
Theresienstraße 28
85049 Ingolstadt

Zitieren Sie diesen Beitrag

Neubauer, R. O. (2021) *Trittschalldämmung – Norm-Trittschallpegel L'_n und Standard-Trittschallpegel L'_{nT} im Vergleich.* Bauphysik 43, H. 5, S. 326–334. https://doi.org/10.1002/bapi.202100026