Norm-Trittschallpegel und Standard-Trittschallpegel im Vergleich

Reinhard O. Neubauer

IBN-Bauphysik GmbH & Co. KG, 85049 Ingolstadt, dr.neubauer@ibn.de

Einleitung

Der nach DIN 4109 Teil 1 [1] einzuhaltende Trittschallschutz wird in Deutschland durch Angabe des Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ beschrieben. Die Trittschalldämmung zwischen Räumen kann nach DIN EN ISO 16283 Teil 2 [2] 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 [3] abgeleitet werden kann. Der Trittschallschutz erfolgt also durch Angabe des Norm-Trittschallpegels oder durch Angabe des Standard-Trittschallpegels. Beide Größen beschreiben einen Schallpegel der bei Anregung z. B. einer Decke mit einem Norm-Hammerwerk, im Raum unter der Decke entsteht. Im Unterschied zur Luftschalldämmung wird bei der Trittschalldämmung keine Schallpegeldifferenz gemessen, sondern nur der Schalldruckpegel im Empfangsraum. Der Empfangsraum in dem der Trittschallpegel gemessen wird, weist bestimmte raumakustische Eigenschaften auf, die den gemessenen Trittschallpegel beeinflussen. Der Unterschied der Kenngrößen Norm-Trittschallpegel und Standard-Trittschallpegel, ergibt sich aufgrund der unterschiedlichen Bezugsgrößen. Der Standard-Trittschallpegel wird auf eine Bezugsnachhallzeit und der Norm-Trittschallpegel auf eine Bezugsschallabsorptionsfläche bezogen. Es stellt sich die Frage, ob sich bei Umrechnung der Kenngrößen ineinander Unterschiede ergeben und wenn ja, wie groß sind diese und wodurch werden diese Unterschiede hervorgerufen. In diesem Beitrag wird dieser Frage anhand von Messergebnissen nachgegangen.

Norm-Trittschallpegel

DIN EN ISO 12354 Teil 2 [4] legt Berechnungsmodelle zur Ermittlung der Trittschalldämmung zwischen Räumen in Gebäuden fest. Diese Berechnungsverfahren basieren hauptsächlich auf Messdaten, welche die direkte oder die indirekte Flankenübertragung durch die beteiligten Bauteile kennzeichnen und auf theoretisch abgeleiteten Verfahren der Schallausbreitung in Bauwerken. Nach DIN EN ISO 12354 Teil 2 ist der Norm-Trittschallpegel wie folgt beschrieben:

$$L'_n = L_i + 10\,log\left(\frac{A}{A_0}\right) \qquad (1)$$

mit

L_i der im Empfangsraum gemessene Trittschallpegel, in dB;

A die gemessene äquivalente Schallabsorptionsfläche des Empfangsraums, in m²;

A_0 die Bezugs-Schallabsorptionsfläche (für Wohnungen: A_0 = 10 m²).

Standard-Trittschallpegel

Nach DIN EN ISO 12354 Teil 2 ist der Trittschallpegel, bezogen auf einen Referenzwert der Nachhallzeit im Empfangsraum, wie folgt beschrieben:

$$L'_{nT} = L_i + 10\,log\left(\frac{T}{T_0}\right) \qquad (2)$$

mit

L_i der im Empfangsraum gemessene Trittschallpegel, in dB;

T die Nachhallzeit im Empfangsraum, in s

T_0 die Bezugs-Nachhallzeit (für Wohnungen: T_0 = 0,5 s).

Beziehung zwischen L'_{nT} und L'_n

Die Beziehung zwischen den Größen L'_{nT} und L'_n wird bestimmt durch die Gleichung

$$L'_{nT} = L'_n - 10\,\lg\left(\frac{C_{Sab}V}{A_0T_0}\right) \qquad (3)$$

mit

C_{Sab} die Konstante nach Sabine in s/m mit C_{Sab} = 0,16 s/m

V der Rauminhalt des Empfangsraumes, in m³

Damit ergibt sich:

$$L'_{nT} - L'_n = -10\,\lg(0{,}032\,V) \qquad (4)$$

Der funktionale Zusammenhang von Gleichung (4) ist in Abbildung 1 grafisch dargestellt.

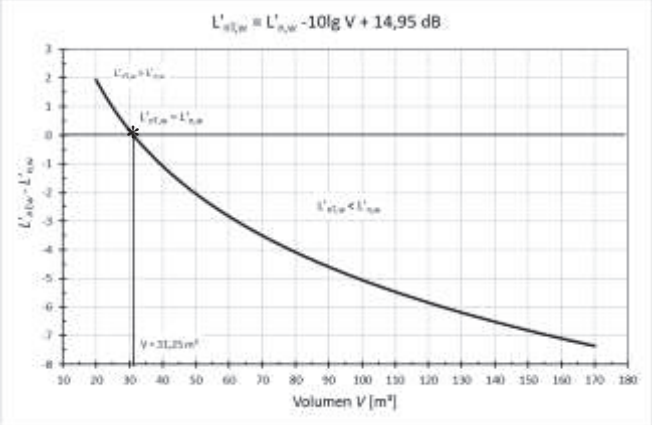

Abbildung 1: Differenz zwischen dem bewerteten Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ und dem bewerteten Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$, in Abhängigkeit des Raumvolumens (V).

Geometrische Randbedingungen

Für die rechnerische Betrachtung werden die Raumhöhen beschränkt. Aufgrund bauordnungsrechtlicher Festlegungen beträgt die Mindestraumhöhe 2,20 m. Die maximale Raumhöhe wird mit 4,0 m vorausgesetzt. Die Mindestgrundfläche wird in Anlehnung an VDI 4100 [5] mit 8 m² berücksichtigt.

Rechnerische Betrachtung

Für die nachstehenden rechnerischen Betrachtungen werden die vorausgesetzten geometrischen Randbedingung berücksichtigt. Aus Abbildung 1 ist zu erkennen, dass bei einem Raumvolumen von 31,25 m³ der bewertete Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ und der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ zahlenmäßig gleich sind. Wird die Differenz der Trittschallpegel über die Grundfläche des Empfangsraumes aufgetragen, ergibt sich in Abhängigkeit der Raumhöhe in Abbildung 2 wiedergegebener funktionaler Zusammenhang.

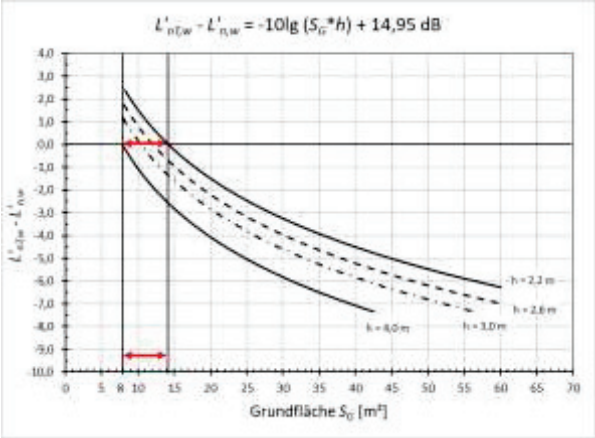

Abbildung 2: Darstellung der Differenz: $L'_{nT,w} - L'_{n,w}$ in Abhängigkeit von der Grundfläche S_G. Die Mindestgrundfläche beträgt 8 m². Die Raumhöhe beträgt zwischen 2,20 m und 4,0 m.

Aus Abbildung 2 ist ersichtlich, dass 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 Werten von +2,49 dB bis -2,60 dB. Bei Grundflächen größer als 14,21 m² sind die Differenzen immer negativ.

Messwerte

Es wurden an 69 Trenndecken Messungen des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ und des bewerteten Standard-Trittschallpegels $L'_{nT,w}$ nach DIN EN ISO 16283 Teil 2 durchgeführt und nach DIN EN ISO 717 Teil 2 ausgewertet. Es wurden die Einzahlwerte des bewerteten Standard-Trittschallpegels $L'_{nT,w}$ und des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ ermittelt. In Abbildung 3 sind die Messergebnisse grafisch wiedergegeben.

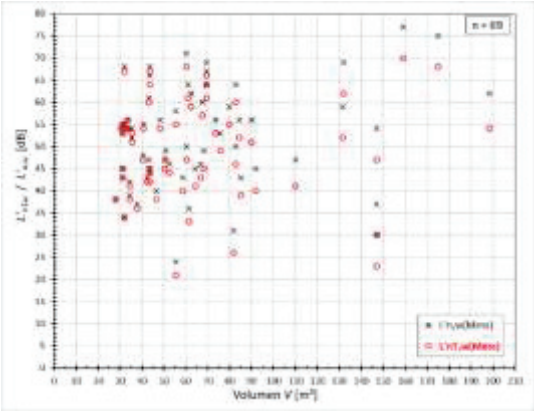

Abbildung 3: Darstellung des gemessenen bewerteten Standard-Trittschallpegels $L'_{nT,w}$ und des gemessenen bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ in Abhängigkeit des Raumvolumens des Empfangsraumes (V).

Für jede Konstruktion wurde der Norm-Trittschallpegel und der Standard-Trittschallpegel bestimmt. Jede Konstruktion ist damit mit zwei Messwerten ausgewiesen (Kreuze und Ringe). Aus Abbildung 3 wird deutlich, dass die Mehrzahl der Messergebnisse für $L'_{nT,w}$ und $L'_{n,w}$ einer Konstruktion nicht gleiche Zahlenwerte liefert. Die ermittelte Differenz zwischen den Messwerten $L'_{nT,w}$ und $L'_{n,w}$ ist grafisch in Abbildung 4 dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Differenz der gemessenen Trittschall-pegel ($L'_{nT,w} - L'_{n,w}$) immer negativ ist. Das heißt, der bewertete Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ ist für den vorliegenden Datensatz immer kleiner als der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$. Die maximale Abweichung der beiden Kennwerte beträgt -8 dB. In keiner Messung des untersuchten Datensatzes mit 69 Konstruktionen wurde der bewertete Standard-Trittschallpegel größer als der bewertete Norm-Trittschallpegel ermittelt.

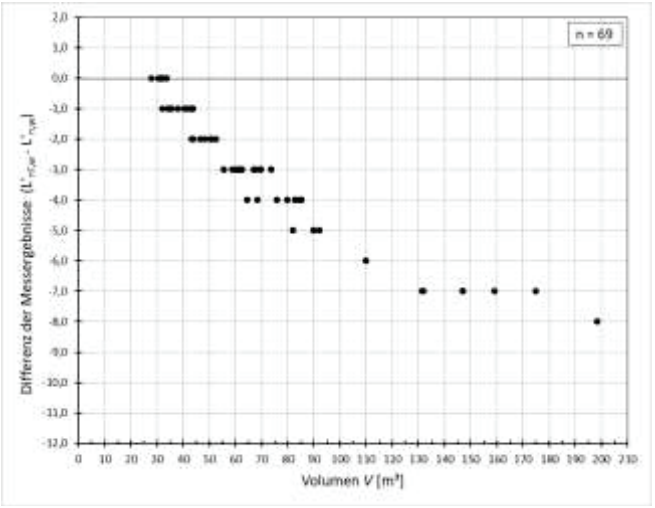

Abbildung 4: Dargestellt ist die Differenz des gemessenen bewerteten Standard-Trittschallpegels $L'_{nT,w}$ und des gemessenen bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$, in Abhängigkeit des Raumvolumens des Empfangsraumes (V).

Werden die Messergebnisse über der Grundfläche des Empfangsraumes aufgetragen, ergeben sich Differenzen in Abhängigkeit der Raumhöhe. In der Abbildung 5 sind die Differenzen der Ergebnisse grafisch dargestellt.

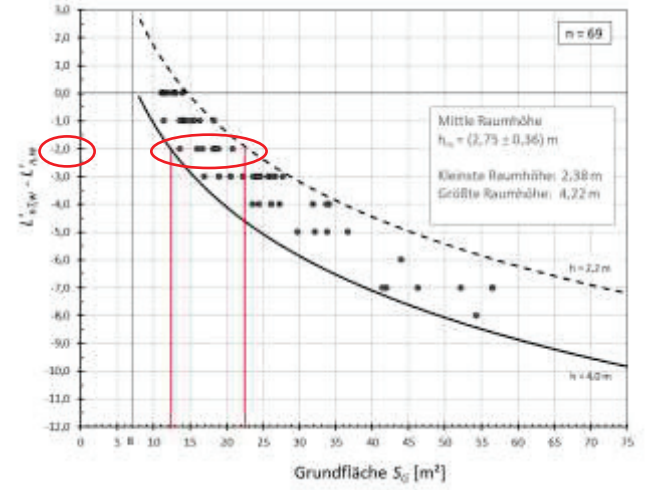

Abbildung 5: Dargestellt sind die Differenzen aus Abbildung 4 in Abhängigkeit der Grundfläche S_G. Markiert sind die Werte für eine Differenz von -2 dB sowie die dazugehörigen Grundflächenbereiche.

Wird eine Abweichung von -2 dB akzeptiert, folgt:

$$L'_{nT,w} = L'_{n,w} - 2 \text{ dB}$$

Gültig für:

$$12{,}4 \text{ m}^2 \leq S_G \leq 22{,}5 \text{ m}^2$$

oder $27{,}3 \text{ m}^3 \leq V \leq 90{,}1 \text{ m}^3$

Außerhalb des Gültigkeitsbereichs ist die Differenz zwischen den Werten $L'_{nT,w}$ und $L'_{n,w}$ von -2 dB verschieden und für größere Grundflächen als 22,5 m² kann die Differenz mehrere dB betragen.

Vergleich

Wird der bewertete Standard-Trittschallpegel als Einzahlwert aus dem bewerteten Norm-Trittschallpegel berechnet, ergeben sich zu den gemessenen und nach DIN EN ISO 717 Teil 2 ermittelten Einzahlwerten Abweichungen wie in Abbildung 6 grafisch dargestellt. In Abbildung 6 sind zusätzlich die Differenzen der Messergebnisse mit eingetragen, um die Abweichungen zwischen Messung und Berechnung zu verdeutlichen.

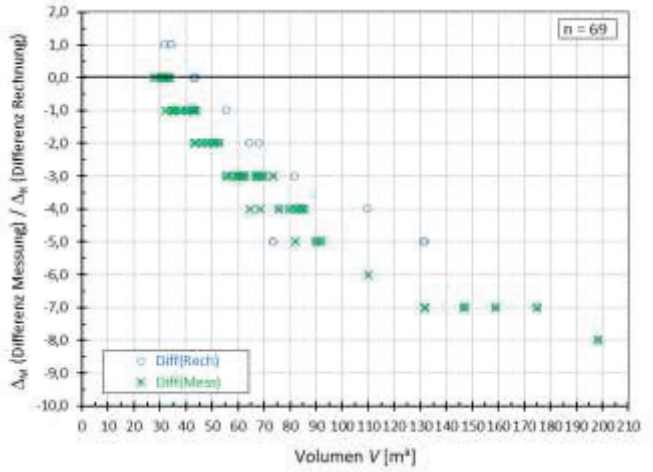

Abbildung 6: Differenz der Rechenwerte nach Gleichung (3) für $L'_{nT,w}$ und $L'_{n,w}$, in Abhängigkeit des Raumvolumens (V). Im Vergleich die Differenzen der Messergebnisse ($L'_{nT,w} - L'_{n,w}$).

Aus dem Vergleich der Messergebnisse und den aus den Messergebnissen berechneten Differenzen der Trittschallpegel wird deutlich, dass die Ergebnisse differieren. Die ermittelten Differenzen zwischen Berechnung und Messung, sind in Abbildung 7 grafisch dargestellt.

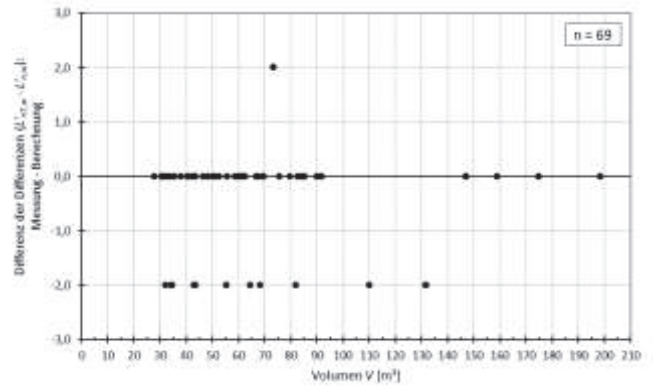

Abbildung 7: Differenz der Differenzen zwischen den Einzahlwerten von ermitteltem bewerteten Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$, aus Messwerten nach Gleichung (2) und Rechenwerten nach Gleichung (3) in Abhängigkeit des Raumvolumens (V).

Aus der grafischen Darstellung der Differenzbildung in Abbildung 7 wird deutlich, dass die Abweichungen ±2 dB betragen können. Im Vergleich der Ergebnisse aus Abbildung 6 und Abbildung 7 erkennt man, dass die Umrechnung beider Größen mit einem Fehler behaftet ist, der in Abhängigkeit des Raumvolumens mehrere Dezibel betragen kann.

Schlussbetrachtung

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 Deckenkonstruktionen 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. Es muss deshalb kritisch hinterfragt werden, ob tatsächlich eine Umrechnung beider Kenngrößen ineinander uneingeschränkt möglich ist, oder die Umrechnung nur für einen vorgegebenen Fehlerbereich zulässig ist. Insbesondere im Hinblick auf andere „fehlerbehaftete Umrechnungen“, wie z. B. die Anwendung der Sabine’schen Nachhallzeitformel für die Bestimmung der äquivalenten Schallabsorptionsfläche A zur Ermittlung des Norm-Trittschallpegels, lässt die ineinander umrechenbaren Kenngrößen fraglich erscheinen. Für die Bewertung des Trittschallschutzes und insbesondere für den Vergleich mit Anforderungswerten qualifiziert sich der Standard-Trittschallpegel L'_{nT} als nachhallzeitbezogene Kenngröße bestens. Die nachhallzeitbezogene Kenngröße ist ausschließlich messtechnisch durch die Messung des Schalldruckpegels und der Nachhallzeit bestimmt und unterliegt nicht einer durch Berechnungsvorschrift verursachten Ergebnisverzerrung.
Insbesondere im Hinblick auf die Bewertung des Trittschallschutzes im Vergleich zu öffentlich-rechtlichen oder auch privat-rechtlichen Anforderungswerten ist eine sorgfältige und fehlerreduzierte Bestimmung des Trittschallschutzes, wie er durch den bewerteten Standard-Trittschallpegel $L'_{nT,w}$ ausgedrückt wird, zu bevorzugen.

Literatur

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

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

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

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

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