

# Verbesserung des Trittschallschutzes von Massivdecken durch schwimmende Estriche

Martin Schneider

Hochschule für Technik Stuttgart, 70174 Stuttgart, E-Mail: martin.schneider@hft-stuttgart.de

## Einleitung

Die Anforderungen an den Trittschallschutz von Wohnungstrenndecken werden in der geplanten Neufassung der DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“ [1] von derzeit  $L'_{n,w, erf} \leq 53$  dB um 3 dB auf  $L'_{n,w, erf} \leq 50$  dB erhöht. Da Bodenbeläge aufgrund der Möglichkeit eines Austausches im Wohnungsbau beim Nachweis nicht angerechnet werden dürfen, sind schwimmende Estriche in Deutschland seit vielen Jahren Standard im Geschosswohnungsbau. Durch immer dicker werdenden Rohdecken (meist aufgrund statischer Erfordernisse) in Verbindung mit dem schwimmenden Estrich werden gegenüber den Mindestanforderungen deutlich geringere bewertete Normtrittschallpegel erzielt, so dass in ausgeführten Bauten die Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, z.B. nach VDI 4100 [2] SST 1 und SST 2, regelmäßig und SST 3 häufig erreicht werden. Trotz dieser niedrigeren bewerteten Normtrittschallpegel klagen Bewohner vielfach über einen ungenügenden Trittschallschutz. Eine Umfrage unter Ingenieurbüros zeigt, dass auch mit bewerteten Normtrittschallpegeln von  $L'_{n,w} < 40$  dB Beschwerden auftreten, deren Ursache häufig in hohen Trittschallpegeln im für die Bewertung bislang nicht relevanten Frequenzbereich unter 100 Hz liegen. Die störenden Geräusche werden dabei von den Bewohnern häufig mit dem Begriff „Dröhnen“ beschrieben, wobei die Anregung meist durch das Begehen des Estrichs erfolgt.

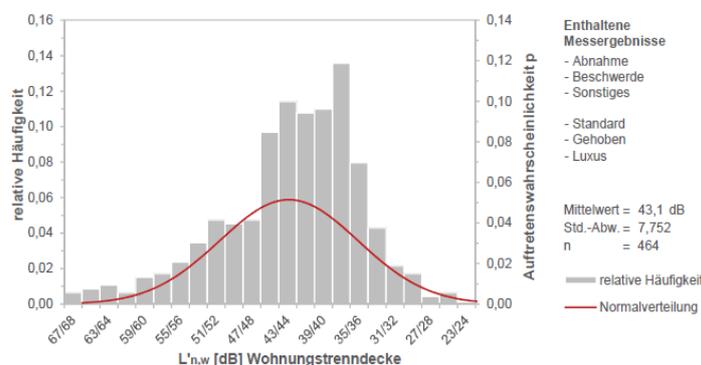
Nachfolgend werden Ergebnisse zum Trittschallschutz einer im Rahmen einer Bachelorarbeit [3] erstellten Umfrage zum aktuellen Stand des Schallschutzes vorgestellt. Weiter wird über messtechnische Untersuchungen im Labor zur tieffrequenten Übertragung von Trittschall bei Massivdecken mit schwimmenden Estrichen berichtet. Aus den Untersuchungen werden Empfehlungen zur Ausführung von schwimmenden Estrichen bezüglich ihrer Resonanzfrequenz abgeleitet, wobei bei der Bewertung des Trittschallschutzes der Frequenzbereich von 50 Hz - 100 Hz mit zu berücksichtigen ist.

## Zum Stand des Trittschallschutzes im Geschosswohnungsbau in Deutschland

Im Rahmen einer von Jonas Summ an der HFT Stuttgart durchgeführten Bachelorarbeit [3] wurden deutschlandweit Daten zum Schallschutz im Geschosswohnungsbau von Messstellen und Bauphysikbüros angefragt. Dabei konnten 464 Datensätze zum Trittschall von Wohnungstrenndecken ausgewertet werden. Neben den Messwerten zum Trittschallschutz selbst wurde zusätzlich ermittelt, ob eine Abnahmemessung bzw. eine Messung aufgrund einer

Beschwerde der Bewohner durchgeführt wurde. Weiterhin wurde abgefragt, in welche der Qualitätskategorien - „Standard“, „Gehoben“ oder „Luxus“ - das Gebäude einzuordnen ist.

In Abbildung 1 ist die relative Häufigkeitsverteilung als Balkendiagramm und die aus diesen Messwerten berechnete Normalverteilung (rot) der bewerteten Norm-Trittschallpegel von Wohnungstrenndecken dargestellt.

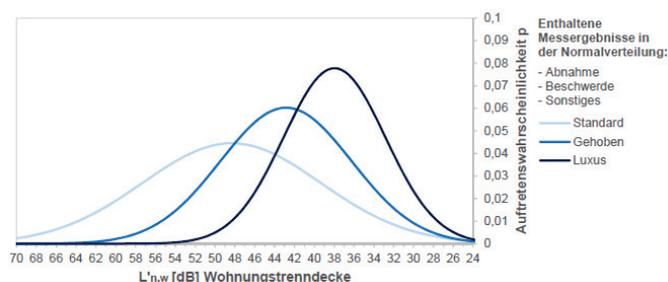


**Abbildung 1:** relative Häufigkeitsverteilung und daraus berechnete Normalverteilung (rot) der bewerteten Norm-Trittschallpegel von Wohnungstrenndecken nach [3]

In dieser Darstellung sind alle 464 ermittelten Datensätze d.h. sowohl Beschwerde- als auch Abnahmemessungen sowie alle Qualitätskategorien (Standard, Gehoben und Luxus) ausgewertet. Der Mittelwert über alle ausgewerteten Decken betrug  $L'_{n,w} = 43$  dB. Der Median der ermittelten Werte liegt sogar bei einem  $L'_{n,w} = 37/38$  dB. Diese Werte der bewerteten Normtrittschallpegel liegen deutlich unter den Mindestanforderungen der derzeitigen DIN 4109, aber auch deutlich unter den üblichen Anforderungen für einen erhöhten Schallschutz.

Vergleicht man nun die verschiedenen Qualitätskategorien miteinander, so ergeben sich die in nachfolgender Abbildung 2 dargestellten Normalverteilungen.

In Abbildung 2 ist gut zu erkennen, dass sich die Bauqualität auch in der Qualität des Trittschallschutzes wiederfindet. Die berechneten Mittelwerte der Kategorie „Standard“ liegen ca. 5 dB über denen der Kategorie „Gehoben“ und diese ebenfalls ca. 5 dB über der Kategorie „Luxus“. Eine Differenzierung des Trittschallschutzes in der Größenordnung von 5 dB für die unterschiedlichen Wohnbauqualitätsstufen, wie sie z.B. in der VDI 4100 [2] oder in der DEGA-Empfehlung 103 [4] gefordert wird, ergibt sich auch als Unterschied in den Mittelwerten für die untersuchten Trenndecken.



**Abbildung 2:** berechnete Normalverteilung der bewerteten Norm-Trittschallpegel von Wohnungstrenndecken für die Qualitätskategorien „Standard“, „Gehoben“ und „Luxus“ nach [3].

In der Kategorie „Standard“ liegt der mittlere bewertete Normtrittschallpegel bei 48,3 dB und damit 4,7 dB unter dem nach DIN 4109 geforderten Maximalwert (erf.  $L'_{n,w} = 53$  dB). Beim Vergleich zwischen Anforderungswert und dem am Bau ermittelten Trittschallschutz ist allerdings zu beachten, dass das Trittschallverbesserungsmaß des Estrichs ein Rechenwert ist und damit ein Vorhaltemaß beinhaltet, so dass zusätzlich beim rechnerischen Nachweis der nachzuweisende Normtrittschallpegel 2 dB unter dem Anforderungswert liegen muss. Damit ist bei Messungen im Mittel ein um 4 dB unter den Mindestanforderungen liegender mittlerer bewerteter Normtrittschallpegel zu erwarten.

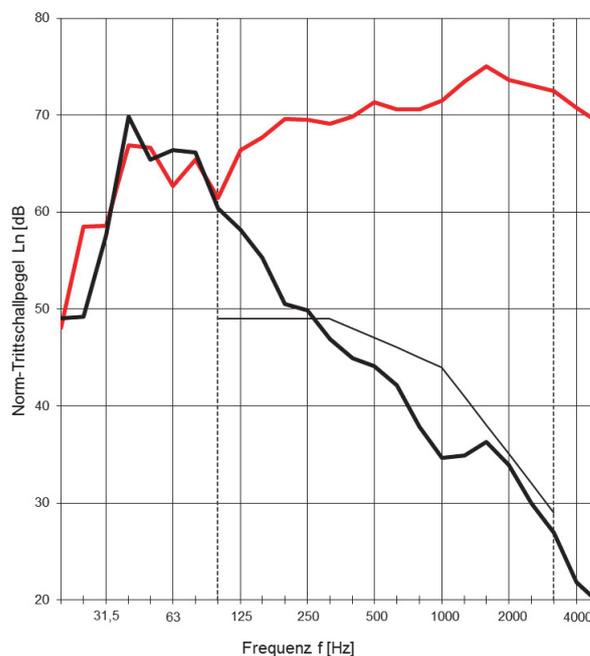
Differenziert man die ermittelten Normtrittschallpegel in Bezug darauf, ob es sich um eine Beschwerdemessung bzw. um eine Abnahmemessung handelt ergibt sich eine ähnliche Verteilung mit einer Erhöhung des Mittelwertes um nur 2 dB bei Beschwerdemessungen. Bei den Trittschallwerten überrascht, dass sich die Mittelwerte der bewerteten Norm-Trittschallpegel für Abnahme- und Beschwerdemessungen nicht wesentlich unterscheiden. Aufgrund des fehlenden Zusammenhangs zwischen Messwert und Beschwerde scheint die Anforderungsgröße  $L'_{n,w}$  nicht die geeignete Einzahlangabe, um die von den Bewohnern geforderte akustische Qualität zu beschreiben.

Die steigende Zahl an Beschwerdemessungen bezüglich eines mangelhaften Schallschutzes kann auch auf einen immer geringeren Hintergrundgeräuschpegel in den Wohnungen zurückgeführt werden. Aufgrund steigender Anforderungen an die energetische Qualität der Außenfassaden wird bei der Sanierung bestehender Gebäude der Schallschutz dieser Fassaden verbessert bzw. liegt der Schallschutz der Fassade bei Neubauten mit geringer Außenlärmbelastung über dem geforderten Mindestwert. Mit den damit verbundenen sinkenden Hintergrundgeräuschpegeln in der Wohnung steigt bei gleichbleibendem Schallschutz innerhalb des Gebäudes die Wahrnehmung von Geräuschen aus den Nachbarwohnungen und damit deren Störpotential. Ein höherer Schallschutz innerhalb des Gebäudes wäre deshalb für die Gebäude mit geringem Hintergrundpegel wünschenswert.

### 3 Messtechnische Untersuchungen zum schwimmenden Estrich

Im Rahmen eines mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung geförderten Forschungsvorhabens (Aktenzeichen: SF-10.08.18.7-11.43 / II 3-F20-10-1-082) wurden zum akustischen Verhalten von schwimmenden Estrichen messtechnische Untersuchungen am Bau und im Labor durchgeführt. Zwei Bachelorarbeiten, die im Rahmen des Forschungsvorhabens durchgeführt wurden, befassten sich mit Messungen im Labor zur tieffrequenten Trittschallübertragung (Rittig [5]) und mit Hörversuchen zur Störwirkung von Trittschallgeräuschen (Retzbach [6]).

Im Zuge des Forschungsvorhabens wurde im Labor der HFT Stuttgart die Luft- und Trittschalldämmung einer Stahlbetondecke,  $d = 140$  mm, ohne und mit schwimmendem Estrich ( $m' = 90$  kg/m<sup>2</sup>,  $s' = 15$  MN/m<sup>3</sup>,  $f_R = 66$  Hz) messtechnisch ermittelt. Neben den üblichen bauakustischen Messungen wurden auch ergänzende Untersuchungen wie eine Modalanalyse oder die Bestimmung von Transferfunktionen durchgeführt und die Verlustfaktoren und Abstrahlgrade der Decke jeweils ohne und mit Estrich bestimmt. In nachfolgender Abbildung 3 sind der Normtrittschallpegel und das Schalldämm-Maß der Prüfstanddecke jeweils mit und ohne Estrich dargestellt.



**Abbildung 3:** Normtrittschallpegel der Massivdecke ohne (rot) und mit (schwarz) schwimmendem Estrich

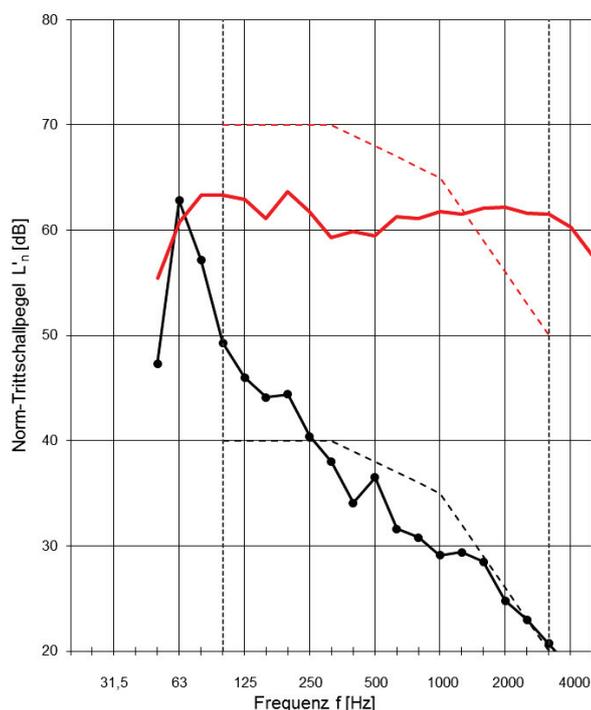
Eine typische Verminderung der Trittschalldämmung im Frequenzbereich der Resonanzfrequenz des schwimmenden Estrichs ist in Abbildung 3 allerdings kaum zu erkennen. Die Verbesserung des Trittschallschutzes durch den schwimmenden Estrich oberhalb der Resonanzfrequenz ist jedoch deutlich ausgeprägt.

Obwohl sich der bewertete Normtrittschallpegel der Prüfstanddecke durch den schwimmenden Estrich von  $L_{n,w} = 80$  dB auf  $L_{n,w} = 47$  dB verbessert, bleiben die

Trittschallpegel im Frequenzbereich unter 100 Hz nahezu konstant bei Pegeln um 65 dB.

Im Rahmen der Bachelorarbeit von Rittig [5] konnte gezeigt werden, dass diese hohen Pegel im Frequenzbereich zwischen 50 Hz und 100 Hz dann häufig zu Beschwerden bezüglich eines mangelhaften Trittschallschutzes führen. Auch im Leichtbau zeigen Untersuchungen von Späh [7], dass beim Trittschallschutz eine Anforderungsgröße mit einem erweiterten Frequenzbereich ( $L'_{n,w} + C_{150-2500}$ ) wesentlich besser mit dem subjektiven Empfinden der Bewohner übereinstimmt.

Die nachfolgende Abb. 4 zeigt ein am Bau ermitteltes Trittschalldämm-Maß einer Massivdecke mit und ohne schwimmenden Estrich.



**Abbildung 4:** Normtrittschallpegel einer Massivdecke ( $d=200$  mm) ohne (rot) und mit (schwarz) schwimmendem Estrich ( $d=80$  mm) ermittelt am Bau.

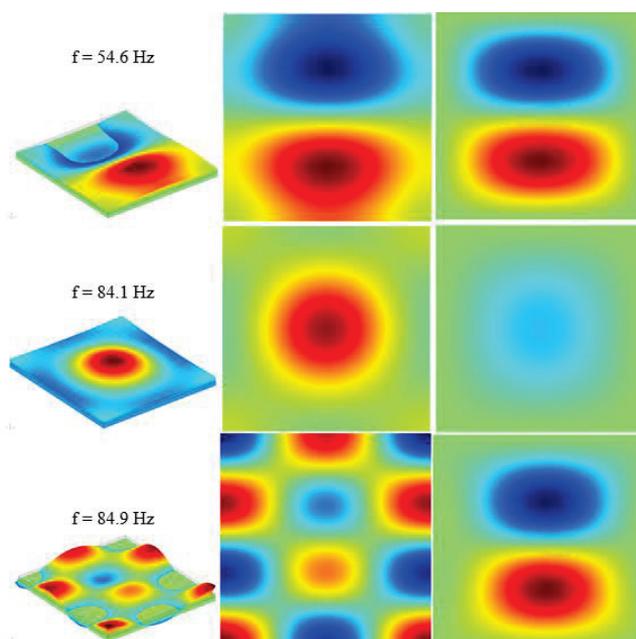
Der hier ermittelte maximale Normtrittschallpegel der Decke mit Estrich liegt mit etwas über 60 dB im Terzband 63 Hz. Vermutlich aufgrund der hohen Estrichmasse liegen die weiteren Normtrittschallpegel deutlich unter 60 dB. Und zeigen damit ein deutlich geringeres Störpotential.

#### 4 Modellierung der Stahlbetondecke mit schwimmendem Estrich mittels FEM

Um das Schwingungsverhalten des schwimmenden Estrichs besser zu verstehen, wurde das Übertragungssystem Stahlbetondecke (eingespannte Platte) mit schwimmendem Estrich (elastische Zwischenschicht mit „freier Estrichplatte“) mittels FEM für eine Prüfstandsituation modelliert. Neben der Darstellung der Eigenmoden konnten auch die mittleren Schnellepegel auf den Bauteilen und daraus die Schnellepegeldifferenz zwischen angeregter Stahlbetondecke und der schwimmenden Estrichplatte berechnet werden. Nachfolgend ist die Auslenkung für drei

der ersten Moden farbkodiert links in einer 3-d Darstellung in der Mitte als Draufsicht auf den schwimmenden Estrich und rechts als Untersicht der Stahlbetondecke dargestellt.

Während für die erste dargestellte Mode noch ein nahezu gleiches Schwingverhalten sichtbar ist, schwingen bei der zweiten dargestellten Mode die beiden Platten in der Mitte phasenverschoben. Aufgrund der unterschiedlichen Einspannbedingungen sind auf der Estrichplatte in den Ecken bereits geringe Auslenkungen zu erkennen. Die tieffrequent vorliegende Kopplung der beiden Platten über die elastische Zwischenschicht ändert sich in diesem Frequenzbereich (berechnete Resonanzfrequenz für ein einfaches Masse – Feder – Massesystem) und wird mit steigender Frequenz immer geringer wie dann bei der dritten Mode sehr gut zu erkennen ist.

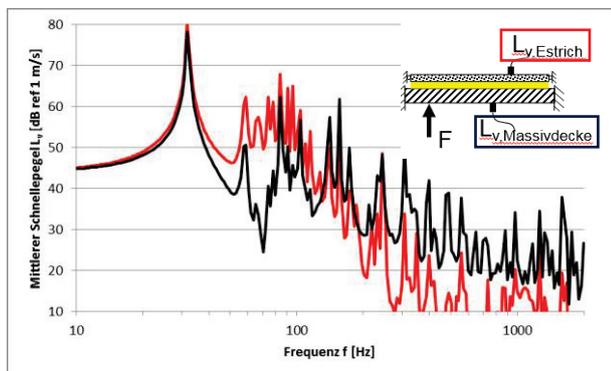


**Abbildung 5:** Mittels FEM berechnete modale Auslenkung einer Massivdecke mit schwimmendem Estrich für drei Eigenfrequenzen (links, mitte: Estrichplatte, rechts: Stahlbetondecke).

In nachfolgender Abbildung 6 sind die Pegel auf der angeregten Massivdecke und der entkoppelten Estrichplatte dargestellt. Im Frequenzbereich unter ca. 30 Hz sind die beiden Platten starr gekoppelt und die beiden Platten schwingen in Phase mit nahezu gleicher Amplitude. Die erste Spitze entspricht dabei der Grundmode der Betondecke. Im Bereich der Resonanzfrequenz ( $\pm 65$  Hz) erkennt man ein verstärktes Schwingen der Estrichplatte. Im Bereich oberhalb der Resonanzfrequenz wiederum nehmen die Pegel auf der Estrichplatte aufgrund der verringerten Kopplung der beiden Platten durch die elastische Dämmschicht mit zunehmender Frequenz ab.

Dieses Verhalten kann auch in nachfolgender Abbildung 6 beobachtet werden. Hier ist der mittels FEM berechnete mittlere Schnellepegel auf einer angeregten massiven Betondecke und auf dem durch eine Trittschalldämmschicht entkoppelten schw. Estrich dargestellt. Während sich für Frequenzen unter 40 Hz nahezu keine Unterschiede im Schnellepegel ergeben, liegen die berechneten Schnellen auf der Estrichplatte im Bereich der Resonanzfrequenz

( $f_0 = 65$  Hz) deutlich über denen der angeregten Massivplatte. Für Frequenzen deutlich über der Resonanzfrequenz ergibt sich die gewünschte Verminderung der Schnellen durch die elastische Lagerung der Estrichplatte.



**Abbildung 6:** Mittels FEM berechnete mittlere Schellepegel auf einer angeregten massiven Betondecke (schwarz) und auf dem durch eine Trittschalldämmschicht entkoppelten schw. Estrich (rot).

## Zusammenfassung

Im Geschosswohnungsbau werden in Deutschland von wenigen Ausnahmen abgesehen schwimmende Estriche eingebaut. Der mit dieser Konstruktion erreichte Trittschallschutz liegt im Mittel bei ca.  $L'_{n,w} = 43$  dB sodass die baurechtlichen Anforderungen der DIN 4109 [1], aber auch erhöhte Anforderungen aus anderen Regelwerken meist erreicht werden. Zwischen der schalltechnischen Qualität der Konstruktion und der qualitativen Ausstattung der Wohnung (Standard – Gehoben – Luxus) konnte ein klarer Zusammenhang nachgewiesen werden. Neben einer Verschiebung des Mittelwertes um 5 dB zwischen den Qualitätsstufen ergibt sich für die Standard-Qualität eine viel größere Streubreite mit einer überraschend hohen Anzahl an Wohnungen mit einem ungenügenden Schallschutz (=Mindestanforderung nicht erreicht).

Aber auch bei niedrigen bewerteten Norm-Trittschallpegeln beklagen sich Bewohner. Häufig ist hier eine starke Trittschallübertragung im Frequenzbereich zwischen 50 Hz und 100 Hz vorhanden. Ursache ist dabei eine Auslegung der Masse - Feder Resonanzfrequenz in diesen Frequenzbereich. Die schwimmende Estrichplatte ist über die Trittschalldämmschicht mit der Rohdecke unterhalb der Resonanzfrequenz starr gekoppelt, während sie oberhalb der Resonanzfrequenz akustisch entkoppelt ist. Im Bereich der Resonanzfrequenz schwingen die Estrichplatte und die Rohdecke phasenverschoben mit den Eigenmoden der über die Zwischenschicht gekoppelten Platten. Die Berechnung der Resonanzfrequenz und die Verbesserung der Trittschallschalldämmung mit dem vereinfachten Modell eines Eimassenschwingers liefert für schwimmende Estriche eine überraschend gute Übereinstimmung.

Im Massivbau scheint besonders eine Auslegung der Resonanzfrequenz des schwimmenden Estrichs zwischen 50 Hz und 100 Hz zu Beschwerden bezüglich eines ungenügenden Trittschallschutzes zu führen. Dieser Frequenzbereich wird bislang in Deutschland bei den

bauakustischen Anforderungen nicht berücksichtigt. Eine konsequente Auslegung der Resonanzfrequenz des Estrichs unter 50 Hz durch entsprechend weiche Trittschalldämm-Platten ( $s' < 10$  MN/m<sup>3</sup>) in Verbindung mit einer ausreichend schweren Estrichplatte ( $m' > 100$  kg/m<sup>2</sup>) senkt die Trittschallpegel im Bereich zwischen 50 Hz und 100 Hz und führt zu einer qualitativen Verbesserung des Trittschallschutzes. Eine Erweiterung des bauakustischen Frequenzbereichs erscheint zumindest beim Trittschallschutz notwendig. Geringe Hintergrundgeräuschpegel in Wohnungen führen zu einer höheren Wahrnehmung der Trittschallgeräusche aus den Nachbarwohnungen. In Verbindung mit einem steigendem Qualitätsanspruch auf Seiten der Bewohner führt dies zu einer Zunahme von Beschwerden bezüglich eines ungenügenden Trittschallschutzes trotz Erreichen eines erhöhten Schallschutzniveaus. Eine Verminderung des zulässigen bewerteten Normtrittschallpegels um 3 dB, wie es in der neuen DIN 4109 geplant ist, erscheint nicht als adäquates Mittel, Beschwerden hinsichtlich eines ungenügenden Trittschallschutzes zu verhindern. Stattdessen sollte darüber nachgedacht werden, die Anforderungsgröße entsprechend zu ändern.

## Literatur

- [1] DIN 4109: „Schallschutz im Hochbau: Anforderungen und Nachweise“ (1989)
- [2] VDI 4100: „Schallschutz im Hochbau – Wohnungen – Beurteilung und Vorschläge für erhöhten Schallschutz“ (2012)
- [3] Summ, J; Stand des Luft- und Trittschallschutzes im Geschosswohnungsbau in Deutschland; Bachelorarbeit im Studiengang Bauphysik an der Hochschule für Technik Stuttgart 2015
- [4] DEGA-Empfehlung 103: „Schallschutz im Wohnungsbau – Schallschutzausweis“ (2009)
- [5] Rittig, C.: „Übertragung tieffrequenter Trittschallgeräusche auf Massivdecken mit schwimmendem Estrich“, Bachelorarbeit im Studiengang Bauphysik an der Hochschule für Technik Stuttgart, 2013
- [6] Retzbach, S.: „Beschreibung tieffrequenter Trittschallgeräusche auf Basis von Hörversuchen“, Bachelorarbeit im Studiengang Bauphysik an der Hochschule für Technik Stuttgart, 2013
- [7] Späh, M., Liebl, A., Weber, L., Leistner, P.: Hörgerechte Beurteilung von Trittschall im Holzbau, DAGA 2012 – 38, Jahrestagung für Akustik, Darmstadt, 19. - 22. März 2012