

# Schallschutz im Hochbau

## Trittschalldämmung von Fußbodenkonstruktionen

### Teil 2: Berechnung und Messung

von Egbert Müller

veröffentlicht in - Estrichtechnik - (Heft IV/1991)

---

Im Teil 1 des Beitrags wurde eine kurze Einführung in die bauakustischen Begriffe gegeben und die Anforderungen an die Trittschalldämmung von Fußbodenkonstruktionen erläutert.

#### Teil II: Berechnung und Messung

#### 4. Berechnung

Bei der Berechnung der Trittschalldämmung einer Fußbodenkonstruktion ist zwischen Massivdecken und Holzbalkendecken zu unterscheiden. Im folgenden sollen das im Beiblatt 1 zu DIN 4109 (89) für Massivdecken und das im EGH-Bericht «Schallschutz von Holzbalkendecken» (hrsg. von der Entwicklungsgemeinschaft Holz [EGH] in der Deutschen Gesellschaft für Holzforschung, München) für die Berechnung der Trittschalldämmung von Geschossdecken angegebene Berechnungsverfahren erläutert werden.

##### Massivdecken

Die Berechnung der Trittschalldämmung einer in Massivbauweise hergestellten Geschossdecke kann nach folgender Gleichung durchgeführt werden:

$$\bullet \quad L'_{n,w,R} = L'_{n,w,eq,R} - \Delta L_{w,R} + 2 \text{ dB} \quad (TSM_R = TSM_{eq,R} + VM_R - 2 \text{ dB})$$

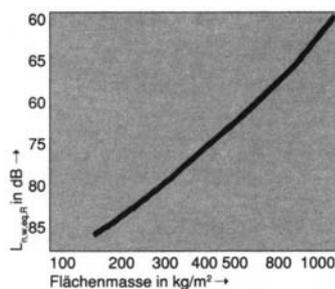
Erläuterung:

$L'_{n,w,R} (TSM_R)$  = bewerteter Normtrittschallpegel (Trittschallschutzmaß) der gesamten Fußbodenkonstruktion

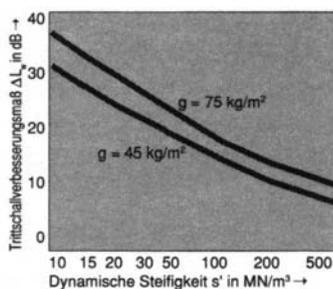
$L_{n,w,eq,R} (TSM_{eq,R})$  = äquivalenter bewerteter Normtrittschallpegel (äquivalentes Trittschallschutzmaß) der Massivdecke ohne Deckenauflage

$\Delta L_{w,R} (VM_R)$  = Trittschall-Verbesserungsmaß der Deckenauflage  
2 dB = Vorhaltemaß (Sicherheitszuschlag)

Das Vorhaltemaß soll Ungenauigkeiten des Berechnungsverfahrens sowie Abminderungen der Trittschalldämmung durch herstellungsbedingte Verlegeeinflüsse berücksichtigen. Bei den auf der Baustelle häufig vorzunehmenden Verlegeuntergründen mit auf der Rohdecke verlegten Heizrohren, Kabelschutzrohren etc. sollte das Vorhaltemaß aufgrund zahlreicher Messergebnisse, die vom Institut für Baustoffprüfung und Fußbodenforschung im Rahmen der Fremdüberwachung für die Gütegemeinschaft Estrich und Belag durchgeführt wurde, zusätzlich um 3 - 5 dB erhöht werden.



**Abb. 3** Abhängigkeit des äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegels ( $L'_{n,w,eq,R}$ ) der Massivdecke ohne Unterdecke von der Flächenmasse



**Abb. 4** Abhängigkeit des Trittschallverbesserungsmaßes von der dynamischen Steifigkeit der Dämmschicht und der flächenbezogenen Masse des Estrichs

Der äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel hängt von der Flächenmasse der Massivdecke (einschließlich Deckenputz, Verbundestrich, Estrich auf Trennschicht) ab (Bild 3). Das Trittschallverbesserungsmaß ist bei schwimmenden Estrichen von der dynamischen Steifigkeit ( $s'$ ) der Dämmschicht und der flächenbezogenen Masse ( $m'$ ) des Estrichs abhängig (Bild 4). Die dynamische Steifigkeit der Dämmschicht wird von den Herstellern für die jeweilige Dämmstoffdicke angegeben. Für die Berechnung sind die in DIN 4109 in Tabellenform zusammengestellten Rechenwerte anzusetzen.

Die DIN 4109 enthält darüber hinaus Angaben über Trittschallverbesserungsmaße von weichfedernden Bodenbelägen, die unmittelbar auf Massivdecken verlegt werden. Wird der weichfedernde Bodenbelag auf einen schwimmenden Estrich aufgebracht, ist zu beachten, dass die für weichfedernde Bodenbeläge angegebenen Werte des Trittschallverbesserungsmaßes nicht zu den für schwimmende Estriche angegebenen Rechenwerten hinzuaddiert werden dürfen. Das zusätzliche Trittschallverbesserungsmaß ist dann wesentlich kleiner.

### Rechenbeispiele (Rechenwerte nach DIN 4109)

- a) 18 cm Stahlbetondecke (flächenbezogene Masse  $\sim 400 \text{ kg/m}^2$ )

$$L_{n,w,eq,R} = 73 \text{ dB}$$

45 mm Zementestrich auf 20 mm Trittschalldämmplatten  
(Dynamische Steifigkeit  $s' \leq 20 \text{ MN/m}^3$ )

$$\Delta L_{w,R} = 28 \text{ dB}$$

Daraus errechnet sich:

$$L'_{n,w,R} = 73 \text{ dB} - 28 \text{ dB} + 2 \text{ dB} = 47 \text{ dB}$$

(Anforderungen an die Trittschalldämmung von  $L'_{n,w} \leq 53 \text{ dB}$  erfüllt)

- b) 45 mm Zementestrich auf 20 mm Trittschalldämmplatten

(Dynamische Steifigkeit  $s' \leq 10 \text{ MN/m}^3$ )

$$\Delta L_{w,R} = 30 \text{ dB}$$

Daraus errechnet sich:

$$L'_{n,w,R} = 73 \text{ dB} - 30 \text{ dB} + 2 \text{ dB} = 45 \text{ dB}$$

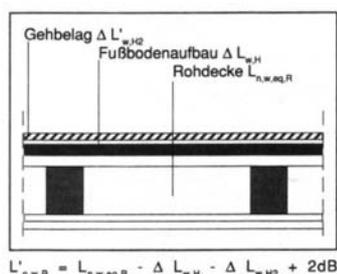
(Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz von  $L'_{n,w} \leq 46 \text{ dB}$  erfüllt)

- c) wie b) mit weichfederndem Bodenbelag ( $\Delta L_{w,R} = 20 \text{ dB}$ )

$$\Delta L_{w,R} = 34 \text{ dB}$$

Daraus errechnet sich:

$$L'_{n,w,R} = 73 \text{ dB} - 34 \text{ dB} + 2 \text{ dB} = 41 \text{ dB}$$



**Abb. 5** Bestimmung des bewerteten Normtrittschallpegels bei Holzbalkendecken

Der Bodenbelag aus einem Teppich mit einem Trittschallverbesserungsmaß von 20 dB verbessert also das Trittschallschutzmaß der Massivdecke mit schwimmendem Estrich nur um 4 dB.

Bei Einbauten auf der Rohdecke (Heizungsrohre etc.) sind die berechneten Werte bei dem in der Regel vorgenommenen Ausgleich mit Wärmedämmplatten nach unseren Erfahrungen nicht immer zu erreichen. Hier sollte das bereits oben angegebene Vorhaltemaß um 3 - 5 dB erhöht werden. Die Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz von  $L'_{n,w} \leq 46$  dB können bei Einbauten auf der Rohdecke mit Sicherheit nur dann erreicht werden, wenn ein Ausgleichestrich und darauf die schwimmende Estrichkonstruktion (mit Trittschalldämmplatten mit einer dynamischen Steifigkeit  $s' \leq 10$  MN/m<sup>3</sup>) normgemäß eingebaut wird.

## Holzbalkendecken

Die Berechnung der Trittschalldämmung von Holzbalkendecken kann nach dem EGH-Bericht «Schallschutz von Holzbalkendecken» nach folgender Gleichung erfolgen (Bild 5):

- $L'_{n,w,R} = L'_{n,w,eq,R} - \Delta L_{w,H} - L_{w,H2} + 2 \text{ dB}$  (TSM<sub>R</sub> = TSM<sub>eq</sub> - VM<sub>H</sub> + VM<sub>H2</sub> - 2 dB)

Erläuterung:

- $L'_{n,w,R}$  (TSM<sub>R</sub>) = bewerteter Normtrittschallpegel (Trittschallschutzmaß) der gesamten Fußbodenkonstruktion
- $L_{n,w,eq,R}$  (TSM<sub>eq</sub>) = äquivalenter bewerteter Normtrittschallpegel (äquivalentes Trittschallschutzmaß) der Holzbalkendecke ohne Deckenauflage
- $\Delta L_{w,H}$  (VM<sub>H</sub>) = Trittschall-Verbesserungsmaß der Deckenauflage, die unmittelbar auf die Holzbalkendecke verlegt wird
- $\Delta L_{w,H2}$  (VM<sub>H2</sub>) = Trittschall-Verbesserungsmaß von Gehbelägen, die auf eine bereits vorhandene Deckenauflage auf die Holzbalkendecke verlegt werden
- 2 dB = Vorhaltemaß (Sicherheitszuschlag) in Anlehnung an das Berechnungsverfahren für Massivdecken

Aufgrund des unterschiedlichen schalltechnischen Verhaltens können, wie aus dem Berechnungssatz ersichtlich ist, mit weichfedernden Bodenbelägen, die z.B. auf einen bereits vorhandenen schwimmenden Estrich aufgebracht werden, bei Holzbalkendecken im Gegensatz zu Massivdecken noch wesentliche Verbesserungen der Trittschalldämmung erzielt werden.

Rechenwerte für verschiedene Holzbalkendecken-Konstruktionen und Fußbodenaufbauten sowie Gehbeläge sind in den Tabellen in dem oben erwähnten EGH-Bericht zusammengestellt.

## Rechenbeispiele (Rechenwerte nach EGH-Bericht „Schallschutz von Holzbalkendecken“)

- alte Holzbalkendecke mit Sandfüllung, unterseitiger Lattung (Putz auf Putzträger)  
 $L_{n,w,eq} = 66$  dB  
 50 mm Zementestrich auf 30/25 mm Mineralfaser-Trittschalldämmplatten  
 $\Delta L_{w,H} = 16$  dB

Daraus errechnet sich:

$$L'_{n,w} = 66 \text{ dB} - 16 \text{ dB} + 2 \text{ dB} = 52 \text{ dB}$$

(Anforderungen an die Trittschalldämmung von  $L'_{n,w} = 53 \text{ dB}$  erfüllt)

b) wie a) mit weichfederndem Pol-Teppich

$$\Delta L'_{w,H2} = 6 \text{ dB}$$

Daraus errechnet sich:

$$L'_{n,w} = 66 \text{ dB} - 16 \text{ dB} - 6 \text{ dB} + 2 \text{ dB} = 46 \text{ dB}$$

(Empfehlungen für einen erhöhten Schallschutz von  $L'_{n,w} \leq 46 \text{ dB}$  erfüllt)

Die Berechnungsbeispiele zeigen, dass auch bei alten Holzbalkendecken bei einem entsprechenden Aufbau des Fußbodens hohe Werte für die Trittschalldämmung erzielt werden können, in der Regel allerdings nur, wenn die Holzbalkendecke unterseitig geschlossen ist. In DIN 4109 sind einige Standardkonstruktionen für den Neubau angegeben, bei deren Anwendung wie bei Massivdecken ein Nachweis der Schalldämmung entfällt.

Zur Berechnung der bisher benutzten Größen  $TSM_R$ ,  $TSM_{eqR}$  und  $VM_R$  aus den Werten  $L'_{n,w,R}$ ,  $L'_{n,w,eq,R}$  und  $\Delta L'_{w,R}$  gelten folgende Beziehungen:

$$\begin{aligned} TSM_R &= 63 \text{ dB} - L'_{n,w,R} \\ TSM_{eq} &= 63 \text{ dB} - L'_{n,w,eq,R} \\ VM_R &= \Delta L_{w,R} \end{aligned}$$

Die Berechnung der Trittschalldämmung einer Fußbodenkonstruktion sollte, wenn möglich in jedem Falle, vor allem aber bei nicht klar überschaubaren Deckenaufbauten (z.B. Altbausanierung) von einem auf dem Gebiet des Schallschutzes erfahrenen Fachmann oder Fachinstitut durchgeführt werden.

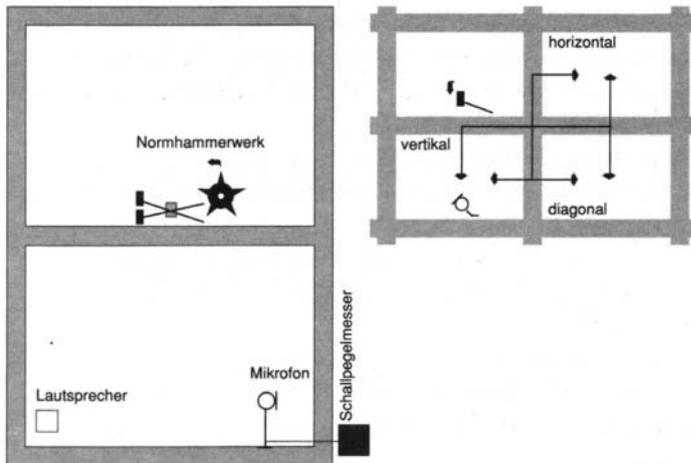
## 5. Messung

Die Messung der Trittschalldämmung einer Fußbodenkonstruktion erfolgt nach den in DIN 52 210 Teil 1 «Bauakustische Prüfungen; Luft- und Trittschalldämmung, Messverfahren» und DIN 52 210 Teil 3 «Bauakustische Prüfungen; Luft- und Trittschalldämmung, Eignungs-, Güte- und Baumusterprüfungen» beschriebenen Messverfahren und Messvorschriften.

Die für die Messungen erforderliche Geräteausrüstung umfasst

- Präzisionsschallpegelmesser
- Kondensator-Mikrofon mit Vorverstärker
- Terzfilter
- Nachhallmessgerät
- Nachhall-Lautsprecher und bauakustischer Lautsprecher (für Luftschallmessungen) mit vorgeschaltetem Kraftverstärker
- Rauschgenerator mit Terzfilter
- Normhammerwerk
- Kalibrator

Die Messanordnung bei der Bestimmung der Trittschalldämmung einer Fußbodenkonstruktion ist in Bild 6 dargestellt.



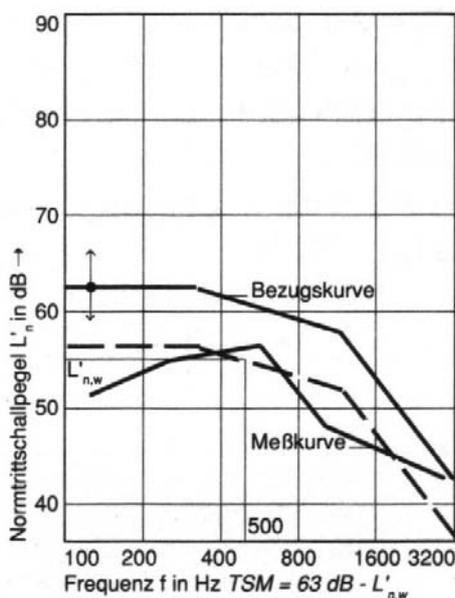
**Abb. 6** Messanordnung zur Messung der Trittschalldämmung von Fußbodenkonstruktionen

Die Messung der Trittschalldämmung erfolgt in einem Frequenzbereich zwischen 100 Hz und 3150 Hz in Terzabständen. Bei kleineren Frequenzen als 100 Hz nimmt die Empfindlichkeit des menschlichen Ohres rasch ab, so dass die Störfähigkeit solcher Frequenzen gering ist. Höhere Frequenzen als 3150 Hz kommen in Sprachen und üblichen Wohngeräuschen nur selten vor und können ebenfalls vernachlässigt werden.

Im Senderraum wird der Fußboden mit dem Normhammerwerk, das aus 5 Hämmern besteht, die mit bestimmtem zeitlichen Abstand aus festgelegter Fallhöhe auf den Boden schlagen, an verschiedenen Stellen angeregt. Im

Empfangsraum wird der entstehende Schallpegel für jede Hammerwerkstellung über das Kondensatormikrofon mit dem Schallpegelmesser ebenfalls an verschiedenen Stellen des Raumes gemessen. Der zwischen Kondensatormikrofon und Schallpegelmesser geschaltete Terzfilter ermöglicht die Messung des Schallpegels in Terzabständen in dem oben angegebenen Frequenzbereich.

Der im Empfangsraum gemessene Schallpegel hängt von der Absorptionsfläche (Schallschluckfläche) des Raumes ab. In einem möblierten Raum würden für die gleiche Fußbodenkonstruktion wegen der größeren Absorptionsfläche kleinere Schallpegel als im leerstehenden Raum gemessen. Um unabhängig von der Absorptionsfläche zu gleichen Messergebnissen zu gelangen, wird die Absorptionsfläche im Empfangsraum durch Messungen der Nachhallzeit bestimmt und die festgelegten Schallpegel auf eine festgelegte Bezugs-Absorptionsfläche von 10 m<sup>2</sup> umgerechnet.



**Abb. 7** Bestimmung des bewerteten Norm-Trittschallpegels ( $L'_{n,w}$ ) mit Hilfe der Bezugskurve

Die Nachhallzeit wird bei den gleichen Frequenzen, bei denen der Schallpegel gemessen wird, bestimmt. Mit dem Rauschgenerator und dem zwischengeschalteten Terzfilter wird der Senderraum mittels des Nachhall-Lautsprechers bei den entsprechenden Frequenzen angeregt. Gemessen wird die Zeit nach dem Abschalten der Schallquelle, während der der Schallpegel um einen bestimmten Betrag abnimmt (Nachhallzeit).

Aus den gemessenen Werten für den Schallpegel und der Nachhallzeit ergibt sich als Endergebnis eine in Bild 7 beispielhaft aufgetragene Messkurve. In der Darstellung sind die Schallpegel über der Frequenz aufgetragen. Die Einzahlangabe des Trittschallschutzmaßes bzw. des bewerteten Norm-Trittschallpegels ergibt sich durch Vergleich mit einer festgelegten Bezugskurve. Die Bezugskurve wird dazu um ganze dB verschoben und nach einem bestimmten Berechnungsverfahren mit der Messkurve zur Deckung gebracht.

Der Wert der verschobenen Bezugskurve bei 500 Hz ist der bewertete Norm-Trittschallpegel.

Die Messung der Trittschalldämmung kann nicht nur vertikal in dem unmittelbar unter dem zu messenden Fußboden liegenden Raum erfolgen, sondern je nach vorliegenden örtlichen Gegebenheiten und Anforderung auch horizontal oder diagonal in versetzt angeordneten Räumen durchgeführt werden.

Neben dem hier beschriebenen genormten Messverfahren gibt es weitere nicht genormte Kurz-Messverfahren, die zwar den Vorteil einer weniger zeitaufwendigen Messung haben, deren Messgenauigkeit allerdings unter der des genormten Verfahrens liegt.