

# Eine neue Konstruktionsweise für Holzdecken mit niedrigem Trittschallpegel

M. Walk und B. Keller

Professur für Bauphysik, Institut für Hochbautechnik  
Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, 8093 Zürich, Schweiz

## Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung eines Holzdeckenelements mit sehr guten Schallschutzeigenschaften. Im Mittelpunkt steht dabei die Trittschalldämmung der Rohdecke ohne zusätzliche Schichten. Es wurde ein neuer Ansatz entwickelt, der sich dadurch auszeichnet, dass die Gehfläche frei auf einer Schüttgutschicht (z.B. Sägemehl) schwimmt, die bekanntermassen eine hohe innere Reibung aufweist. Im Normprüfstand gewonnene Ergebnisse zeigen, dass sehr gute Normtrittschallpegel unter 60 dB erreicht werden.

## Einführung

Das Problem des unbefriedigenden Schallschutzes von Holzbalkendecken ist wohlbekannt [siehe z.B. 1]. Während der letzten Jahre ist im Zuge der Nachhaltigkeitsdebatte das Interesse am vermehrten Einsatz des Baustoffes Holz auch im mehrgeschossigen Wohnungsbau markant gestiegen. Eine Reihe von Forschungsprojekten [2,3] hat – neben grundlegenden messtechnischen Fragen – die Wirkung zusätzlicher Schichten über und unter der Rohdecke geklärt. Wenig Aufmerksamkeit wurde dabei einer Verbesserung der Rohdecke selbst gewidmet. Dieser Beitrag demonstriert anhand eines konkreten Lösungsvorschlags, dass eine solche grundlegende Verbesserung möglich ist. Im Mittelpunkt der Arbeit steht dabei die Trittschalldämmung.

## Theoretische Überlegungen

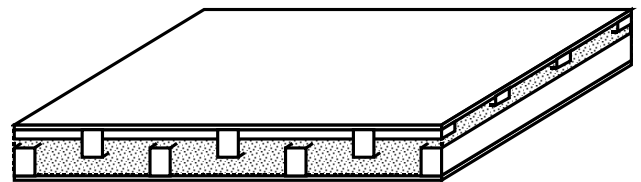
Zunächst wurden aufgrund der wohlbekannten theoretischen Grundlagen des Schwingerverhaltens von Platten und Plattensystemen [4,5] sowie der vorgegebenen Materialeigenschaften von Holz und Holzwerkstoffen [6] die massgebenden Parameter für die Trittschallübertragung identifiziert. Zwei wesentliche Anforderungen an eine trittschalldämmende Konstruktionsweise konnten abgeleitet werden:

- Die Rohdecke muss mehrschichtig aufgebaut sein aus gegeneinander verstimmteten Schichten.
- Nachdem Holz bezüglich der Masse in jedem Fall auf der ungünstigen Seite liegt, muss – sofern man den Einsatz stofffremder Materialien wie Beton vermeiden will – die Schalldämmung auf einer anderen physikalischen Grundlage gewährleistet werden. Eine gute Möglichkeit ist die möglichst effiziente Umwandlung der Schallenergie in Wärme durch innere Reibung.

## Konstruktive Umsetzung

Bekanntermassen verfügen Schüttgüter infolge der Korngrenzflächenreibung über die dazu benötigten Eigenschaften [7,8]. Dieser Ansatz ist auch deshalb vielversprechend, weil mit Sägemehl, Hobelspänen etc., die in der Holzverarbeitung als Abfall in grossen Mengen anfallen, ein für den Holzbau materialeigenes Schüttgut billig zur Verfügung steht.

Das Konzept für den Deckenaufbau (Fig. 1) stellt dabei sicher, dass der Schall auf dem Weg durch die Decke die Schüttgutschicht passieren muss: auf einer tragenden Platte, die mit Rippen entsprechend verstärkt ist, kommt das Schüttgut zu liegen; die Gehplatte – die gegen die tragende Platte durch Längs- und Querrippen verstimmt ist – schwimmt auf der Schüttgutschicht ohne starre Verbindung mit der Tragstruktur.



Figur 1. Schematische Darstellung des Konzepts für den Rohdeckenaufbau.

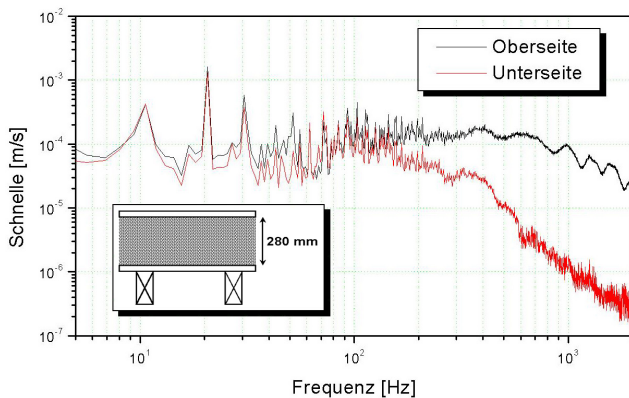
## Experimentelle Untersuchungen

Verschiedene Varianten dieser Konstruktion bezüglich der Dicke der Schüttgutschicht, der Versteifung der Gehplatte, sowie des Schüttmaterials (Sägemehl und als Referenzmaterial Sand) wurden an einem 1:1-Modell getestet und miteinander verglichen. Um das Schwingverhalten der Decke besser zu verstehen, wurden lokale Messungen mit Beschleunigungsaufnehmern durchgeführt und mit Hilfe der Modalanalyse [9,10] ausgewertet. Als Schwingungsanreger kamen Normhammerwerk, Impulshammer und ein elektromagnetischer Shaker zum Einsatz.

Ein typisches Messergebnis ist in Fig. 2 wiedergegeben. Es zeigt deutlich, dass im höheren Frequenzbereich ab ca. 200 Hz das Schüttgut sehr wirksam dem Schallfeld Energie entzieht. Im tiefen Frequenzbereich ist das Schwingverhalten durch Resonanzen bestimmt; dort werden Verbesserungen durch das Verstimmen der Schichten erzielt. In diesem Sinne ergänzen sich die oben genannten Massnahmen gegenseitig.

Im Prinzip können die gemessenen Schnellepegel in den Normtrittschallpegel umgerechnet werden. Allerdings geht hier wesentlich der Abstrahlgrad der Decke ein, der stark von den Randbedingungen und Raumabmessungen

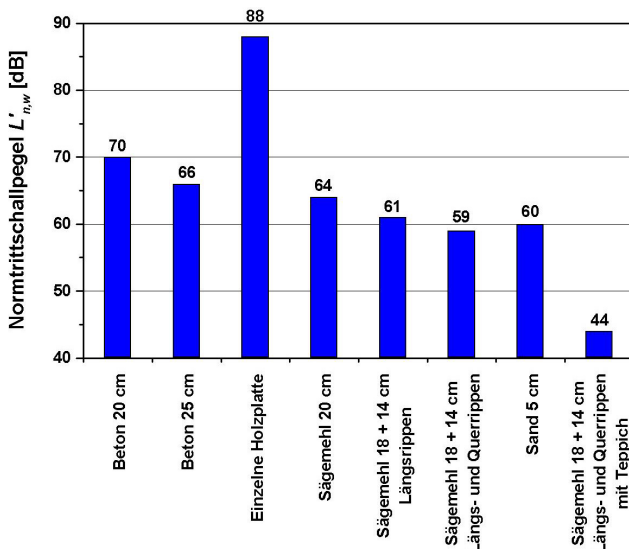
abhängt. Um diese Unsicherheiten auszuräumen, wurde zur Eichung der Umrechnung eine simultane Messung von Schnelle- und Normtrittschallpegeln mit einer repräsentativen Deckenvariante im Normprüfstand für Holzdecken an der EMPA Dübendorf durchgeführt.



**Figur 2.** Schnellespektren in ca. 1.5 m Entfernung von der Anregung (Normhammerwerk) an der Ober- resp. Unterseite der Decke für die im Bild skizzierte Aufbauvariante.

## Resultate

Die mit Hilfe der Eichmessung aus den gemessenen Schnellepegeln errechneten gewichteten Normtrittschallpegel sind in Fig. 3 im Vergleich zu entsprechenden Werten für Beton-Rohdecken dargestellt. Die Resultate zeigen: Trittschallpegel unter 60 dB sind bereits mit der Rohdecke allein erreichbar. Aufgrund dieser ersten Erkenntnisse wurde ein Patent angemeldet.



**Figur 3.** Zu erwartende Normtrittschallpegel von schüttgutgefüllten Holzdecken im Vergleich zu Beton-Rohdecken.

Eine Vergleichsmessung mit Sand als Schüttgut liefert ähnlich gute Werte. Allerdings ist hier auch die erhöhte Masse zu berücksichtigen: 5 cm Sandschicht entsprechen vom Gewicht her 40 cm Sägemehl. Dennoch stellt sich die Frage, ob dem Phänomen der Kornrenz-

flächenreibung bei Sandschüttungen bisher nicht zu wenig Beachtung geschenkt wurde.

Bemerkenswert ist auch, dass die Messungen für einen Teppich in Kombination mit der sägemehlgefüllten Holzdecke ein Trittschallverbesserungsmass von 15 dB ergeben haben, also einen wesentlich besseren Wert, als man bei Holzbalkendecken üblicherweise erwartet [1,2].

## Offene Fragen

Der hier präsentierte Deckenaufbau wirft Fragen bezüglich der praktischen Umsetzbarkeit auf, deren Lösung für einen Einsatz im realen Bau zwingend ist, insbesondere im Bereich des Brandschutzes und der Langzeitstabilität. Erste Vorstellungen bestehen, entsprechende Abklärungen sind im Gange.

Des weiteren muss die Decke noch bezüglich ihrer Luftschalldämmung optimiert werden, da die bisher gemessenen Werte von bis zu 52 dB Bauschalldämmmass noch ungenügend sind.

## Danksagung

Diese Arbeit wurde im Rahmen des Forschungsprojekts Nr. 3268 von der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) finanziert und in Zusammenarbeit mit der LIGNUM Schweizerischen Gesellschaft für das Holz und der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (EMPA) Dübendorf durchgeführt.

## Literaturangaben

- [1] W. Fasold, E. Veres: Schallschutz und Raumakustik in der Praxis. Berlin: Verlag für Bauwesen, 1998. Kapitel 5.2.4.4 und 5.2.4.5, sowie dortige Referenzen
- [2] E. Veres: Entwicklung von Holzbalkendecken mit hoher Trittschalldämmung. Bericht aus dem Fraunhofer-Institut für Bauphysik B-BA 1/1992
- [3] P. Hammer (Ed.): COST Action E5 Workshop. Acoustic Performance of Medium-Rise Timber Buildings. Dublin, Ireland, December 3-4, 1998
- [4] L. Cremer, M. Heckl: Körperschall. 2. Aufl. Berlin: Springer, 1996
- [5] S. Timoshenko, S. Woinowsky-Krieger: Theory of Plates and Shells. 2<sup>nd</sup> Ed. New York: McGraw-Hill, 1987
- [6] P. Niemz: Physik des Holzes und der Holzwerkstoffe, Leinfelden-Echterdingen: DRW-Verlag, 1993
- [7] H. J. Herrmann, J.-P. Hovi, S. Luding (Eds.): Physics of dry granular media. Dordrecht: Kluwer Acad. Publishers, 1998
- [8] E. Clément: Rheology of granular media. Curr. Opin. Colloid Interface Sci. **4**(4): 294-299 (1999)
- [9] D. J. Ewins: Modal Testing. 2<sup>nd</sup> Ed. Somerset: Research Studies Press, 1998
- [10] N. M. M. Maia, J. M. M. Silva: Theoretical and Experimental Modal Analysis. Taunton: Research Studies Press, 1997