

TRITTSCHALLDÄMMUNG VON HOLZDECKEN BEI NIEDRIGEN FREQUENZEN

J. Hessinger (1), A. Rabold (1), F. Holtz (1); R. Schläpfer (2)

(1) Labor für Schall- und Wärmemesstechnik, Edlinger Str. 76, D - 83071 Stephanskirchen

(2) LIGNATUR AG, CH - 9104 Waldstatt

1 Einleitung

Mit üblichen Deckenkonstruktionen in Holzbauweise lassen sich bei sorgfältiger Planung und Ausführung bewertete Norm-Trittschallpegel $L_{n,w}$ und Schalldämm-Maße R_w erreichen, die die Mindestanforderungen nach DIN 4109 und sogar die Vorschläge für den erhöhten Schallschutz nach Beiblatt 2 weit übertreffen. Dennoch können für den Bewohner störende Schallübertragungen der Decke auftreten, die sich in Form von "Poltern oder Dröhnen" äußern. Diese tieffrequenten Schallübertragungen, die meist durch Stühlerücken, stark basshaltige Musik oder das Begehen der Decke im darüberliegenden Stockwerk verursacht werden, liegen in einem Frequenzbereich ($f < 100$ Hz), der bei der Bildung von Einzahlwerten ($L_{n,w}$, R_w) nicht berücksichtigt wird. Abbildung 1 zeigt den frequenzabhängigen Norm-Trittschallpegel einer Holzbalkendecke mit einem guten Einzahlwert ($L_{n,w} = 47$ dB) aber hohem Trittschallübertragungen im Tieftonbereich. Da mit derzeit im Holzbau üblichen Maßnahmen nur geringe Verbesserungen im Tieftonbereich unter 100 Hz erzielt werden können sind neue Lösungsansätze zu erarbeiten. Eine durchaus interessante Maßnahme zur Verbesserung dieser niederfrequenten Trittschalldämmung wird nachfolgend dargestellt. Die Untersuchungen wurden motiviert durch die aus dem Ingenieurbau bekannten Schwingungsdämpfer [1], die auch als akustische Blutegel bezeichnet werden [2]. Diese passiven Schwingungsdämpfer werden z.B. bei Brücken und weit gespannten Geschoßdecken eingesetzt um hohe Schwingungsamplituden des Systems zu unterdrücken. Eine Übertragung auf die Bauakustik bei Holzdecken wird in diesem Aufsatz beschrieben.

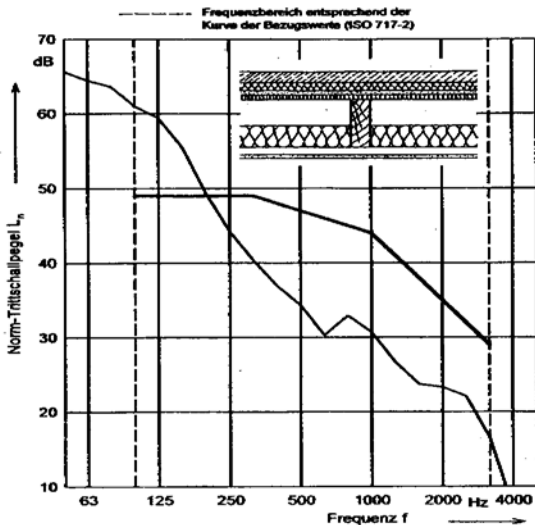


Abbildung 1 : Norm Trittschallpegel einer Holzbalkendecke mit Zementestrich, Rohdeckenbeschwerung und einer Unterdecke, die an einer Lattung befestigt ist. $L_{n,w} = 47$ dB

2 Wirkungsweise von Schwingungsdämpfern

Ein Schwingungsdämpfer im Ingenieurbau besteht aus einer schwingungsfähigen Masse die über Federn mit dem Bauwerk verbunden ist. Wenn das Bauwerk in seiner Bauteilresonanz ange regt wird, überträgt es Schwingungsenergie auf den Schwingungs dämpfer und wird hierdurch in seiner Amplitude abgedämpft.

3 Beschreibung des Prüfelements

Es wurde eine Hohlkastendecke der Firma LIGNATUR® unter sucht. Diese Decke besteht aus einzelnen Kastenelementen mit

einer Breite von 195 mm und einer Höhe von 200 mm, siehe Abbildung 2. Diese Kastenelemente werden in Längen bis zu 12 m hergestellt. Die Einzelelemente werden über Nut- und Feder verbindungen miteinander verbunden und dann verschraubt. Die Schwingungsdämpfer bestanden aus Kalksandsteinen die auf Trittschalldämmplatten gelagert in die Hohlkästen der einzelnen Hohlkastenelemente eingesetzt wurden. Diese bilden ein Masse - Feder - System, dessen Resonanzfrequenz über die Masse der Kalksandsteine und die dynamische Steifigkeit der Trittschalldämmplatte auf 80 Hz berechnet wurde.

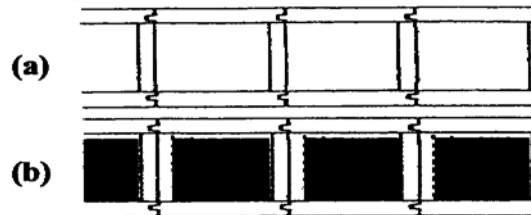


Abbildung 2 : Hohlkastendecke „LIGNATUR®“ ohne (a) und mit (b) Schwingungsdämpfer

4 Kleinversuche

Um die Wirkungsweise von Schwingungsdämpfern zu testen und um mehr über die besonderen Eigenschwingungen dieser Hohlkastendecke zu lernen wurden zunächst Schwingungsmessungen an einzelnen Kastenelementen vorgenommen. Die Kastenelemente wurden an den beiden Enden gelagert und mittels des Norm-Hammerwerks zu Schwingungen angeregt, siehe Abbildung 3. Die Schwingungsamplituden wurden mit Körperschall-Aufnehmern an verschiedenen Punkten des Kastenelements aufgenommen und sind als Körperschallschnelle-Pegel $L_v = 20 \log (v/v_0)$ in Abbildung 4 dargestellt. An den Schwingungsspektren der an verschiedenen Positionen positionierten Schwingungsaufnehmer können die Eigenschwingungen des 5,0 m langen Elements identifiziert werden : Grundschwingung bei ca. 20 Hz, 1. Oberschwingung bei ca. 80 Hz, 2. Oberschwingung bei ca. 250 Hz .

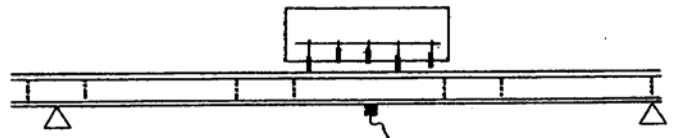


Abbildung 3 : Versuchsaufbau Kleinversuch

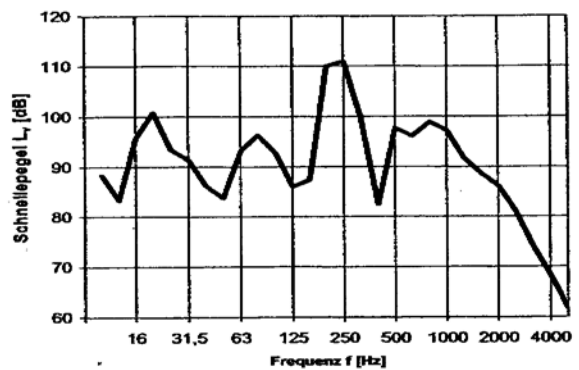


Abbildung 4 : Körperschallspektrum L_v des Hohlkastenelements

Die Änderungen in den Schwingungseigenschaften durch das Einsetzen der Schwingungsdämpfer sind in Abbildung 5 dargestellt. Die Minderung des Körperschallschnellepegels $\Delta L_v = L_v(\text{Grundelement}) - L_v(\text{Hohlkastenelement mit Schwingungsdämpfer})$ ist in den interessierenden Frequenzbereichen unterhalb 100 Hz enorm und beträgt teilweise über 20 dB.

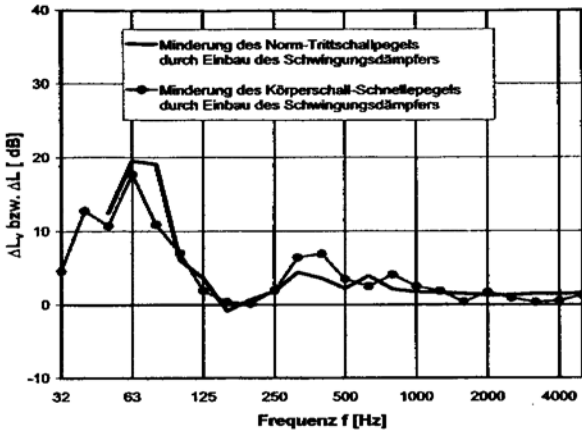


Abbildung 5 : Minderung des Körperschallschnellepegels ΔL_v (Kleinversuch am Einzelement) und des Norm-Trittschallpegels ΔL (Großversuch an der Rohdecke) nach Einbringen von Schwingungsdämpfern in den Hohlraum des Hohlkastenelements

5 Untersuchungen an kompletten Deckenelementen

Nachdem die Ergebnisse der Kleinversuche gezeigt hatten, dass mit den Schwingungsdämpfern eine starke Minderung der Schwingungsamplituden im Niederfrequenzbereich zu erreichen ist, wurden im Großversuch ganze Deckenelemente untersucht. Die Decken wurden als 5,0 m x 5,2 m großes Element in einen Deckenprüfstand nach DIN EN ISO 140-01 eingebaut und Messungen der Luft- und Trittschalldämmung nach DIN EN 20140-03 bzw. DIN EN ISO 140-06 durchgeführt. Die Trittschallmessungen wurden mit dem Norm-Hammerwerk durchgeführt. Ein Vergleich der im Kleinversuch ermittelten Minderungen der Körperschallschnellepegel mit den Verbesserungen des Norm-Trittschallpegels zeigt Abbildung 5.

Die Ergebnisse des Kleinversuchs spiegeln qualitativ und quantitativ die Messungen an den kompletten Deckenelementen wieder. Sowohl die Luft- als auch die Trittschalldämmung werden durch das Einsetzen der Schwingungsdämpfer in den Frequenzen unterhalb 100 Hz deutlich, d.h. um bis zu 20 dB pro Terzband, verbessert.

Oberhalb der Resonanzfrequenz des Schwingungsdämpfers geht die Verbesserung erwartungsgemäß rapid zurück. D.h. der Schwingungsdämpfer bringt im Tieftonbereich die gewünschte Verbesserung, verändert den Einzahlwert jedoch nur unwesentlich.

6 Praktische Umsetzung

Zielsetzung der Untersuchungen war die Entwicklung einer Deckenkonstruktion, die im gesamten Frequenzbereich einen ausreichenden Schallschutz bietet. Da es aus ökonomischer Sicht sinnvoll ist auf bauseits einzubringende Zusatzmaßnahmen wie eine Rohdeckenbeschwerung oder eine abgehängte Unterdecke verzichten zu können, wurden die schmalbandig wirkenden Schwingungsdämpfer mit einer breitbandig wirkenden Beschwerung im Deckenelement kombiniert. Hierzu wurde abwechselnd ein Element mit Schwingungsdämpfern und ein Element mit direkt verklebten Kalksandsteinen ausgerüstet.

In Abbildung 6 ist der Norm-Trittschallpegel eines praxistauglichen Aufbaus mit 55 mm Zementestrich auf einer 40/35 mm Mineralfaser-Trittschalldämmplatte und der oben beschriebenen Hohlkastendecke dargestellt.

Die besondere Wirksamkeit der Schwingungsdämpfer wird bei der Betrachtung des Spektrum-Anpassungswerts $C_{1,50-5000}$ nach [3]

deutlich, siehe Tabelle 1. Die Hohlkastendecke mit Schwingungsdämpfer besitzt im Gegensatz zur Holzbalkendecke nach Abbildung 1 negative Spektrum-Anpassungswerte $C_{1,50-5000}$. Nimmt man den Schalldämmwert $L_{n,w} + C_{1,50-5000}$ als Maßstab verhält sich die beschriebene Hohlkastendecke mit Schwingungsdämpfer besser als eine vergleichbare Standard Holzbalkendecke ohne Schwingungsdämpfer.

Zeile	Decke	$L_{n,w}$	$L_{n,w} + C_{1,50-5000}$
1	Holzbalkendecke nach Abb. 1	47 dB	56 dB
2	Hohlkastendecke nach Abb. 6	58 dB	52 dB
3	Hohlkastendecke nach Abb. 6 + weichfedernder Gehbelag	44 dB	46 dB

Tabelle 1 Bewertete Norm-Trittschallpegel und Spektrum-Anpassungswerte $C_{1,50-5000}$ für verschiedene Holzdeckenaufbauten

7 Fazit / Zusammenfassung

Es wurde die Wirksamkeit von Schwingungsdämpfern hinsichtlich der tieffrequenten Schalldämmung einer Hohlkastendecke geprüft. Hierzu wurden die Schwingungsdämpfer auf eine Resonanzfrequenz von 80 Hz ausgelegt.

Die Schwingungsdämpfer wirken nur in einem begrenzten Frequenzbereich von zwei Terzbändern, sie erbringen hier jedoch eine enorme Verbesserung von bis zu 20 dB in Luft- und Trittschalldämmung und sind eine sehr effektive Maßnahme zur Reduzierung des lästigen Dröhnens von Holzbauten.

Kombiniert man das Schwingungsdämpfersystem im Deckenhohlraum mit direkt verklebten Kalksandsteinen lassen sich in Verbindung mit einem Zementestrichaufbau ohne weitere kostenintensive Zusatzmaßnahmen Norm-Trittschallpegel erreichen, die auch in den tiefen Frequenzen einen guten Schallschutz bieten.

8 Literatur

- [1] Petersen, Ch., Dynamik der Baukonstruktionen, Vieweg Verlag (2000)
- [2] Cremer, L. und Heckl, M., Körperschall, Springer Verlag (1996)
- [3] DIN EN ISO 717-02:1996-12

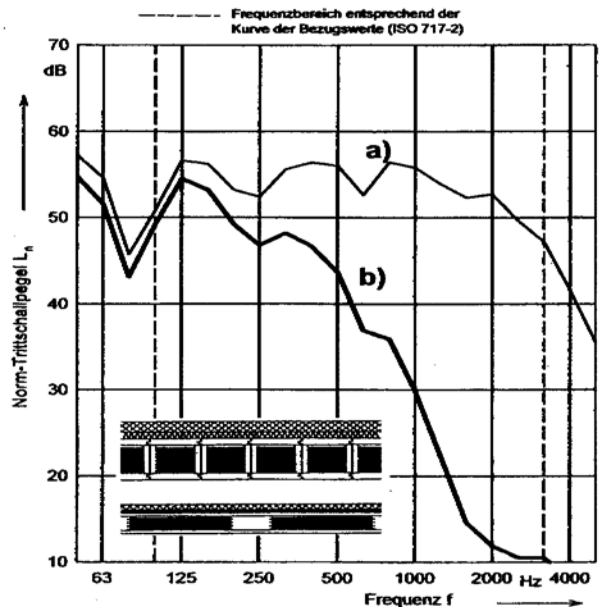


Abbildung 6 : Norm-Trittschallpegels L_n gemessen nach DIN EN ISO 140-06. Die Elemente der Hohlkastendecke sind abwechselnd mit Schwingungsdämpfern und verklebten Steinen ausgerüstet
Kurve a : mit Zementestrichaufbau
Kurve b : mit Zementestrichaufbau und weichfederndem Bodenbelag