

Schalldämmung von Trennwänden in Holzrahmenbauweise - Einfluss von Konstruktionsdetails

Bernd Nusser¹, Christian Lux¹, Heinz Ferk²

¹ Holzforschung Austria, 1030 Wien, E-Mail: b.nusser@holzforschung.at

² TU-Graz, Labor für Bauphysik, 8010 Graz, E-Mail: ferk@tugraz.at

Einleitung

Aus planerischer Sicht besteht Interesse daran, wie sich die Modifikation verschiedener Bauteilschichten und Konstruktionsdetails auf die Schalldämmung des Bauteils auswirkt. Zur Ermittlung dieser Einflüsse auf die Luftschalldämmung von Trennwänden in Holzrahmenbauweise wurde im Zuge des Projekts Sound.Wood.Austria umfangreiche Variantenstudien durchgeführt. Nachfolgend werden einige Ergebnisse daraus diskutiert.

Einfluss des Verbindungsmittelabstands

Einen wesentlichen, aber häufig unberücksichtigten Einfluss auf die Schalldämmung von Leichtbauteilen hat der Verbindungsmittelabstand. Dieser wurde bereits mehrfach untersucht und bestätigt [1–4]. In Abbildung 1 und Abbildung 2 zeigt sich sehr deutlich, dass durch einen reduzierten Verbindungsmittelabstand, u.a. ein breitbandiger Einbruch im Frequenzverlauf zwischen 160 Hz und 800 Hz entsteht.

Entsprechend [2] verursacht ein geringer Verbindungsmittelabstand folgende Effekte und führt dadurch zu einer reduzierten Schalldämmung:

- geändertes Plattenschwingungsverhalten durch steifere Kopplung der Platte an den Ständer (erhöhte Einspannung)
- Unterdrückung einzelner Modenformen durch Verschraubung an Schwingungsmaxima
- verstärkte Körperschallübertragung über die Ständer
- Erhöhung der dynamischen Steifigkeit der Gesamtkonstruktion

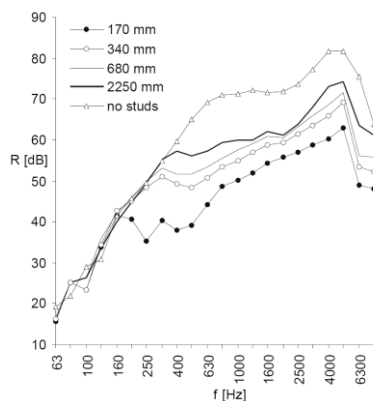


Abbildung 1: Einfluss des Schraubenabstandes bei einem gedämmten Leichtbauelement aus Metallplatten mit Holzständern [3]

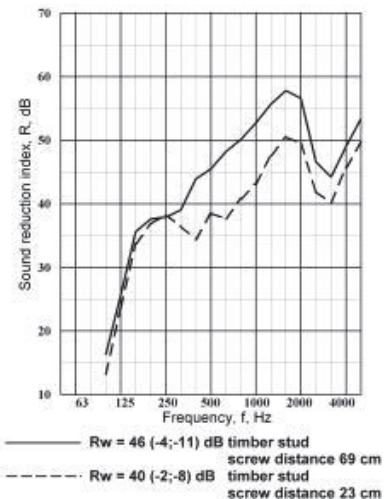


Abbildung 2: Einfluss des Schraubenabstandes bei einem gedämmten Holzrahmenbauteil mit Gipskarton-Bauplatten [4]

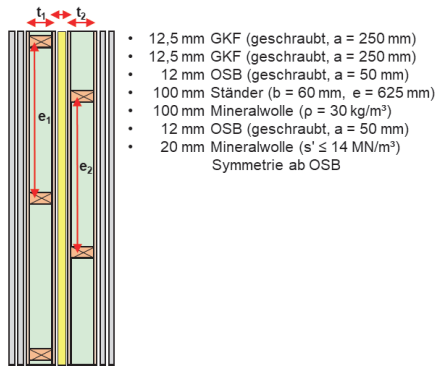
Material und Methode

Abbildung 3 und Abbildung 4 zeigen die Aufbauten der Trennwandvarianten, welche im Zuge der gegenständlichen Parameterstudie untersucht wurden. Folgende Parameter wurden variiert:

- Anzahl der Wandschalen (einschalig/doppelschalig)
- Art und Anzahl der Beplankungen (symmetrisch/asymmetrisch, einlagig/zweilagig, OSB/GKF/Sandplatten)
- Ständerausführung (durchgehend/getrennt, Ständerabstand e 62,5 cm/31,3 cm/20 cm, Ständertiefe t 10 cm/18 cm)
- Trennwandfugenbreite g (20 mm/80 mm)

Als Schraubenabstand wurde für die OSB-Beplankung jeweils 50 mm gewählt. Dieser geringe Schraubenabstand wird aus statischer Sicht für aussteifende Wände im mehrgeschossigen Wohnbau häufig gefordert.

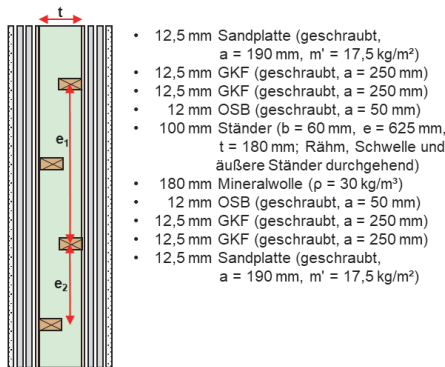
Anhand von Abbildung 5 wird der Aufbau der verwendeten Sandplatten ersichtlich. Aufgrund des Versuchsablaufs wurden die Sandplatten auf der äußeren Gipskarton-Feuerschutzplatten (GKF) aufgebracht, bautechnisch korrekt müssten die Sandplatten jedoch unterhalb der GKF angebracht werden. Die nachfolgend gezeigten Daten mit Sandplattenbeplankung sind somit nicht 1:1 auf die bautechnisch korrekten Schichtenreihenfolge übertragbar, zeigen jedoch die breitbandige Wirkung dieses Beplankungsmaterials.



- 12,5 mm GKF (geschraubt, $a = 250$ mm)
 - 12,5 mm GKF (geschraubt, $a = 250$ mm)
 - 12 mm OSB (geschraubt, $a = 50$ mm)
 - 100 mm Ständer ($b = 60$ mm, $e = 625$ mm)
 - 100 mm Mineralwolle ($\rho = 30$ kg/m³)
 - 12 mm OSB (geschraubt, $a = 50$ mm)
 - 20 mm Mineralwolle ($s' \leq 14$ MN/m²)
- Symmetrie ab OSB

Abbildung 3: Aufbau der untersuchten doppelschaligen Trennwände bei maximaler Beplankungszahl.

a: Schraubenabstand; b: Ständerbreite; e: Ständerabstand;
t: Gefachtiefe; g: Trennwandfugenbreite; p: Rohdichte;
s': dynamische Steifigkeit



- 12,5 mm Sandplatte (geschraubt, $a = 190$ mm, $m' = 17,5$ kg/m²)
- 12,5 mm GKF (geschraubt, $a = 250$ mm)
- 12,5 mm GKF (geschraubt, $a = 250$ mm)
- 12 mm OSB (geschraubt, $a = 50$ mm)
- 100 mm Ständer ($b = 60$ mm, $e = 625$ mm, $t = 180$ mm; Rähm, Schwelle und äußere Ständer durchgehend)
- 180 mm Mineralwolle ($\rho = 30$ kg/m³)
- 12 mm OSB (geschraubt, $a = 50$ mm)
- 12,5 mm GKF (geschraubt, $a = 250$ mm)
- 12,5 mm GKF (geschraubt, $a = 250$ mm)
- 12,5 mm Sandplatte (geschraubt, $a = 190$ mm, $m' = 17,5$ kg/m²)

Abbildung 4: Aufbau der untersuchten einschaligen Trennwand mit getrennten Ständern und maximaler Beplankungszahl. Der Rähm, die Schwelle und die äußeren Ständer sind durchgehend.

a: Schraubenabstand; b: Ständerbreite; e: Ständerabstand;
t: Gefachtiefe; g: Trennwandfugenbreite; p: Rohdichte;
m': Flächenmasse



Abbildung 5: Schnitt durch eine Sandplatte mit Wellstegstruktur und Quarzsandfüllung (www.wolf-bavaria.com, 13.09.2021)

Alle Untersuchungen wurden im Akustik Center Austria [5, 6] gemäß EN ISO 10140-2:2010 [7] durchgeführt. Die Versuchskörpergröße betrug stets 10,6 m².

Die nachfolgend gezeigten Masse-Feder-Masse (MFM)-Resonanzen f_0 und ersten Eigenfrequenzen $f_{1,1}$ der Beplankungen wurden gemäß [8] berechnet.

Zur Berechnung der MFM-Resonanzen ist anzumerken, dass hierbei vereinfacht lediglich die dynamische Steifigkeit der Dämmschicht und die Flächenmassen der Beplankungen verwendet wurden. Die Steifigkeit bzw. die Kopplung durch die Ständer wurde zur vereinfachten Berechnung von f_0 nicht berücksichtigt.

Ergebnisse und Diskussion

Nachfolgend werden folgende Einflussfaktoren diskutiert:

- Gefachtiefe bei der Einfachständerwand
- Ständerabstand bei Einfachständerwand
- Beplankung in der Trennwandfuge
- Getrennte Ständer bei Einfachständerwand
- Sandplatten auf getrennten Ständern

Einfluss Gefachtiefe bei Einfachständerwand

In Abbildung 6 ist der Einfluss des engen Schraubenabstandes deutlich zu erkennen. Bei allen Varianten kommt es ab etwa 160 Hz zu einem Einbruch der Schalldämmung entsprechend den Untersuchungen in Abbildung 1 und Abbildung 2. Wie ebenfalls zu erkennen ist, kommt es durch die größere Gefachtiefe zu einer Parallelverschiebung des Kurvenverlaufs und somit zu einem Zugewinn an Schalldämmung nahezu über den gesamten Frequenzbereich. Im tiefen Frequenzbereich zeigt sich die reduzierte MFM-Resonanzfrequenz aufgrund der größeren Gefachtiefe durch einen Versatz der Resonanzeinbrüche. Es ist auch ersichtlich, dass sich bei Erhöhung der Beplankungsmassen (+ GKF) die Lage der Einbrüche quasi nicht verändert. Dies ist auf die Überlagerung der MFM-Resonanzfrequenz mit den ersten Eigenfrequenzen der schallabstrahlende Platte zurückzuführen [9]. Bei den OSB beplankten Varianten in Abbildung 6 liegt die erste Eigenfrequenz der Platte im Bereich zwischen 45 Hz und 99 Hz.

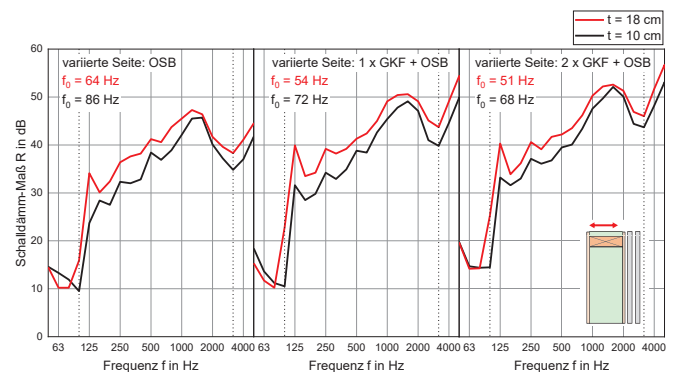


Abbildung 6: Einfluss der Gefachtiefe bei einer Einfachständerwand mit durchgehendem Ständer bei Variation der Beplankung auf einer Seite. Die andere Seite war stets mit 12 mm OSB beplankt. t: Gefachtiefe; f_0 : Masse-Feder-Masse-Resonanzfrequenz

Einfluss Ständerabstands bei Einfachständerwand

Abbildung 7 verdeutlicht, dass sich mit Verringerung des Ständerabstandes die tieffrequente Schalldämmung der Wand verbessert. Bei der lediglich mit OSB beplankten Variante (Grafik ganz links) korrelieren die Einbrüche in der Schalldämmung gut mit den berechneten Frequenzbereichen der ersten Eigenfrequenz. Der Einbruch aufgrund der MFM-Resonanz f_0 ist hingegen nicht ersichtlich, auch nicht bei den anderen Beplankungsvarianten.

Bei einer zusätzlichen GKF-Beplankung auf der OSB ändert sich die schallabstrahlende Platte. Wird jedoch zur Berechnung von $f_{1,1}$ nur die GKF-Steifigkeit verwendet, führt dies zu einem Eigenfrequenzbereich ($f_{1,1} = 32$ Hz – 71 Hz) in

dem keine Einbrüche in den Schalldämm-Maßen in Abbildung 7 zu sehen sind. Die Kombination mit der OSB zeigt offenbar einen Einfluss auf die Lage der ersten Eigenfrequenz. Diese Annahme wird durch den abgeflachten Kurvenverlauf der GKF-Varianten mit $e = 20$ cm im Bereich um 500 Hz – der erste Eigenfrequenzbereich der OSB-Beplankung – unterstützt.

Die Grafiken zeigen außerdem, dass die Tiefe der vorhandenen Eigenfrequenzeinbrüche bei allen Varianten durch die zusätzliche GKF-Beplankung reduziert wird.

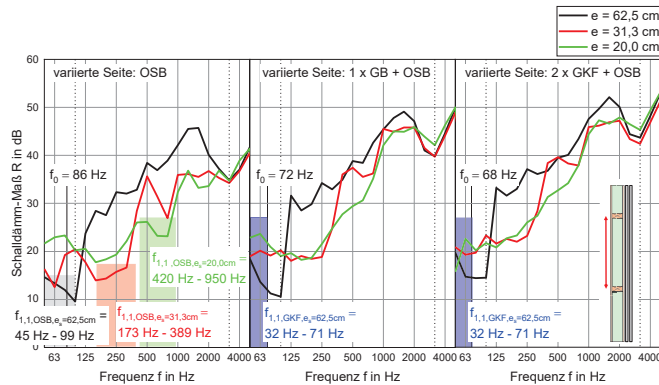


Abbildung 7: Einfluss des Ständerabstandes bei einer Einfachständerwand mit durchgehendem Ständer bei Variation der Beplankung auf einer Seite. Die andere Seite war stets mit 12 mm OSB beplankt. e : Ständerabstand; e_s : Schraubenabstand; f_0 : Masse-Feder-Masse-Resonanzfrequenz; $f_{1,1}$: Erste Eigenfrequenz

Einfluss Beplankung in der Trennwandfuge

Anhand von Abbildung 8 wird ersichtlich, dass durch das Entfernen der OSB im Trennwandfuge vor allem die tieffrequente Schalldämmung beeinflusst wird. Bei der so modifizierten Wand ist ein scharfer Einbruch im 63 Hz Terzband zu erkennen. Auf die vereinfacht errechnete MFM-Resonanz ist dies nicht zurückzuführen, diese liegt bei 30 Hz. Der Einbruch könnte u. a. auch auf eine reduzierte Torsionssteifigkeit des Ständers durch die fehlende innere OSB und somit einer verringerten Einspannung der äußeren Beplankungen zurückzuführen sein. Bei einer einfach aufgelegten Lagersituation der Beplankungen liegt die erste Eigenfrequenz der OSB bei 45 Hz und der GKF bei 32 Hz. Real herrscht jedoch eine gewisse Einspannung der Beplankungen vor, weshalb $f_{1,1}$ höher liegt. Eventuell im 63 Hz Terzband, wo der scharfe Einbruch zu erkennen ist.

Des Weiteren ist in der Grafik der Einfluss der Verschraubung auch bei Doppelwänden deutlich zu erkennen. Die Grafik zeigt außerdem, dass bei einer fehlenden inneren OSB der Verschraubungseinfluss etwas stärker zutage tritt. Dies unterstützt die These des geänderten Schwingungsverhaltens der äußeren Beplankung durch die fehlende innere OSB.

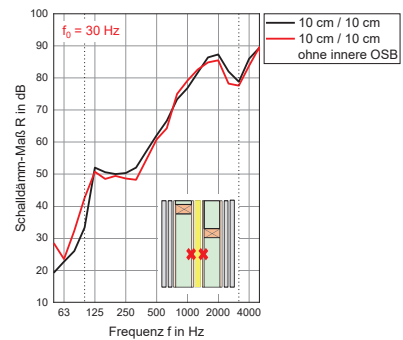


Abbildung 8: Einfluss der OSB-Beplankung in der Trennwandfuge einer Doppelständerwand mit doppelter GKF-Beplankung. f_0 : Masse-Feder-Masse-Resonanzfrequenz

Einfluss getrennte Ständer bei Einfachständerwand

Wie anhand von Abbildung 9 zu erkennen ist, wird die Schalldämmung der Wand durch getrennte Ständer vor allem unterhalb 125 Hz und oberhalb 400 Hz deutlich verbessert. Im Frequenzbereich dazwischen wird der Einbruch aufgrund der Verschraubung durch die getrennten Ständer zwar abgeschwächt, ist aber nach wie vor deutlich vorhanden.

Wird nur der Frequenzbereich unter 125 Hz betrachtet, so zeigt sich bei der Variante mit OSB-Beplankung und getrennten Ständern (d. h. nur einseitiger Beplankung der Ständer) ein scharfer Einbruch im 63 Hz Terzband. Dies entspricht dem Verhalten der Doppelständerwandvariante mit fehlender innerer Beplankung in Abbildung 8.

Während sich der tieffrequente Kurvenverlauf bei den Varianten mit getrennten Ständern durch die zusätzlichen Beplankungen (und somit auch geänderten MFM-Resonanzen) deutlich ändert, bleibt dieser bei den Varianten mit durchgehenden Ständern sehr ähnlich. Es zeigt sich bei den Varianten mit durchgehenden Ständern stets der breitbandige Einbruch aufgrund der ersten Eigenfrequenzen. Diese Unterschiede können ggf. wieder unter anderem auf die verschiedenen Torsionssteifigkeiten der einseitige/zweiseitig belankten Ständer und somit unterschiedlichen Freiheitsgrade der Beplankung zurückgeführt werden.

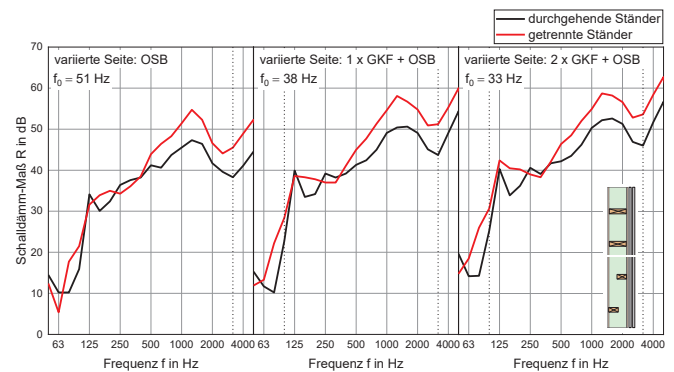


Abbildung 9: Einfluss des Ständertyps einer Einfachständerwand bei Variation der Beplankung auf einer Seite. Die andere Seite war stets mit 12 mm OSB beplankt. f_0 : Masse-Feder-Masse-Resonanzfrequenz

Einfluss Sandplatten auf getrennten Ständern

Abbildung 10 verdeutlicht, dass durch den Einsatz von Sandplatten auf getrennten Ständern deutlich höhere Schalldämm-Maße erreicht werden als bei Verwendung einer zweiten GKF-Bepankung (Flächenmassenunterschied je Seite 7,05 kg/m²). Die Verbesserungen erstrecken sich nahezu über den gesamten Frequenzbereich, wobei vor allem die Zugewinne im tiefen Frequenzbereich beachtlich und relevant sind. Die Grafik zeigt außerdem, dass der Einfluss der engen Verschraubungen der OSB auch bei einer Sandplattenbepankung die Schalldämmung zwischen 125 Hz und 400 Hz stark reduziert.

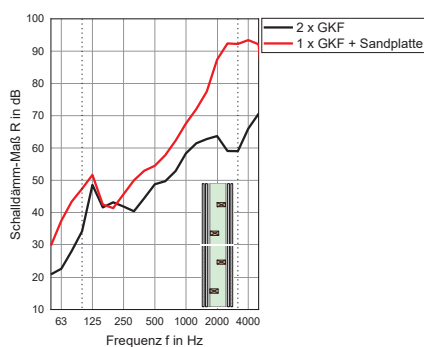


Abbildung 10: Vergleich einer doppelten GKF-Bepankung ($m'_{\text{GKF}} = 10,45 \text{ kg/m}^2$) mit einer Sandplattenbepankung ($m'_{\text{Sandpl.}} = 17,5 \text{ kg/m}^2$) auf einer Trennwand mit getrennten Ständern

Zusammenfassung

Die getätigten Untersuchungen verdeutlichen u. a. den starken baupraktischen Einfluss des Verbindungsmitteleinbaus. Die untersuchten Holzrahmenwände zeigen durchwegs einen deutlichen Einbruch im Verlauf der Schalldämm-Maße aufgrund des gering gewählten Schraubenabstandes der OSB-Bepankung.

Des Weiteren wird ersichtlich, dass die ersten Eigenschwingungen der Holzrahmenwände die Schalldämmung im tieferen Frequenzbereich sehr deutlich beeinflussen. Hierbei kann unter anderem die geänderte Torsionssteifigkeit der Ständer durch eine einseitige/zweiseitige Bepankung eine Rolle spielen. Um dies zu überprüfen und einen tieferen Einblick in die bauakustischen Effekte der Eigenschwingungen von Holzrahmenwänden zu bekommen sind jedenfalls weiterführende Untersuchungen u.a. in höherer Frequenzauflösung notwendig. Auch muss der Einfluss der Ständer auf die Berechnung der Masse-Feder-Masse-Resonanzen tiefergehend analysiert werden.

Die Verwendung von getrennten Ständern bringt im Vergleich zu durchgehenden Ständern vor allem tieffrequent bauakustische Vorteile mit sich. Durch die Bepankung mit Sandplatten werden dadurch im Frequenzbereich unter 100 Hz sehr hohe Schalldämm-Maße mit einer einschaligen Trennwand erreicht.

Literatur

- [1] N.B. Roozen, H. Muellner, L. Labelle, M. Rychtáriková, C. Glorieux: Influence of panel fastening on the acoustic performance of light-weight building elements: study by sound transmission and laser scanning vibrometry. In: Journal of Sound and Vibration (2015), Heft 346.
- [2] Neusser, M.: Analyse des Einflusses von Verbindungsmitteln auf das Schalldämm-Maß von leichten Trennwandkonstruktionen durch realitätsnahe Modellierung von Schraub- und Klebeverbindungen. Wien, Dissertation, 2017.
- [3] Hongisto, V.; Lindgren, M.; Helenius, R.: Sound Insulation of Double Walls – An Experimental Parametric Study. In: Acta Acustica united with Acustica Vol. 88/ 1-6, 2002, S. 904-923.
- [4] Müllner, H.; Plotizin, I.: The influence of the screw position on the airborne sound insulation of plasterboard-walls. In: Forum Acusticum 2002.
- [5] Dolezal, F.; Neusser, M.; Teibinger, M.: Akustik Center Austria - neue Prüf- und Forschungskompetenz für Holzkonstruktionen in Österreich mit Fokus auf tiefe Frequenzen. In: DAGA 2016, Tagungsband, S. 413-414.
- [6] Nusser, B.; Pirch, P.: Das Akustik Center Austria – von der Planungsphase zur Umsetzung. In: Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift 162 (2017), Heft 1, S. 187-190.
- [7] ÖNORM EN ISO 10140-2:2010: Akustik - Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand - Teil 2: Messung der Luftschalldämmung.
- [8] Blevins, R.D.: Formulas for natural frequency and mode shape. Krieger Publishing, Florida, 2001.
- [9] Holtz, F.: Schalltechnische Optimierung des Holzbaus durch Verbesserung der Wandkonstruktionen – Schlussbericht. Labor für Schall- und Wärmemesstechnik, Stephanskirchen, 2004.