

Stoßstellendämm-Maße von Brettsperrholzkonstruktionen

Aline Timpte¹, Simon Mecking¹, Ulrich Schanda¹, Andreas Rabold²

¹ Hochschule Rosenheim, 83024 Rosenheim, E-Mail: Aline.Timpte@gmail.com

² ift Rosenheim GmbH, 83026 Rosenheim, E-Mail: rabold@ift-rosenheim.de

Einleitung

Das DFG-AiF-Clusterforschungsvorhaben „Vibroakustik im Planungsprozess für Holzbauten“ der Hochschule Rosenheim, des ift Rosenheim sowie der TU München hat u.a. die Optimierung des schalltechnischen Planungsaufwandes von Massivholzbauten zum Ziel. Hierzu soll das Prognoseverfahren der DIN EN 12354 für Holzbaukonstruktionen angewendet werden. Zur Berechnung der Flankenübertragung ist dabei ein Stoßstellendämm-Maß als Eingangsgröße erforderlich, das die Reduzierung der Schallübertragung an einer Stoßstelle beschreibt. Im Entwurf E DIN EN ISO 12354 [1] wird ein Vorschlag für frequenzabhängige Stoßstellendämm-Maße eines T- und eines Kreuz-Stoßes in Brettsperrholzbauweise aufgeführt, der bislang jedoch nur auf einzelnen Messungen in der Bausituation basiert [3].

Um bei der Schallschutzprognose mehrgeschossiger Wohn- und Bürogebäude aus Brettsperrholzelementen zukünftig auf weitere Planungswerte zurückgreifen zu können, wurden an der Hochschule Rosenheim bis dato verfügbare oder veröffentlichte Stoßstellendämm-Maße zusammengetragen. Die Sammlung umfasst frequenzabhängige Stoßstellendämm-Maße von unterschiedlich ausgeführten L-, T- und Kreuz-Stoßen in Brettsperrholzbauweise, die von sechs internationalen Instituten gemäß DIN EN ISO 10848 ermittelt wurden.

Schallschutzprognose von Massivholzbauten

Aufgrund der massiven, plattenförmigen Struktur des Brettsperrholzes wird die Massivholzbauweise dem Berechnungsverfahren des Massivbaus zugeordnet. Für die Prognoseberechnung der Luft- und Trittschalldämmung in Gebäuden werden nach DIN EN 12354 zur Bestimmung der Flankenübertragung Stoßstellendämm-Maße für jede Stoßstelle und jeden Übertragungsweg als Eingangsgröße benötigt.

Das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} (1) ist ein Maß für die Übertragung von Körperschallleistung an einer Stoßstelle. Je größer K_{ij} ist, desto weniger Körperschallenergie wird vom Bauteil i ins Bauteil j übertragen.

$$K_{ij} = \overline{D_{v,ij}} + 10 \lg \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i \cdot a_j}} \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

Dabei ist $\overline{D_{v,ij}}$ die richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz zwischen den Bauteilen i und j . Die äquivalente Absorptionslänge eines Bauteils a ergibt sich aus der Körperschall-Nachhallzeit T_s eines Bauteils und der Bauteilfläche S nach Gleichung (2).

$$a = \frac{2,2\pi^2 S}{T_s c_0} \sqrt{\frac{f_{\text{ref}}}{f}} \quad [\text{m}] \quad (2)$$

Die resultierende Schalldämmung von Massivholzbaukonstruktionen wird aus der bauteilbezogenen Direktschallübertragung und den Flankendämm-Maßen sämtlicher flankierender Bauteile ermittelt. Das bewertete Flankendämm-Maß $R_{ij,w}$ von massiven Bauteilen berücksichtigt sowohl die Bauteileigenschaften (Schalldämmung der Bauteile $R_{i,w}$ und Verbesserung durch Vorsatzschalen $\Delta R_{ij,w}$) als auch die Bauteilverbindung in Form des Stoßstellendämm-Maßes K_{ij} (3):

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \lg \frac{S_s}{l_0 \cdot l_f} \quad [\text{dB}] \quad (3)$$

Die Berechnung kann wie dargestellt mit Einzahlwerten oder frequenzabhängig erfolgen. Ähnliches gilt bei der Prognose des Norm-Trittschallpegels. Bei Trittschallanregung wird die Schallleistungsübertragung über die Flanke ebenfalls über das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} beschrieben.

Planungswerte für Brettsperrholzstoße

Für die Prognoseberechnung der Luft- und Trittschalldämmung standen bis zur Veröffentlichung des Normentwurfs [1] lediglich Einzahlwerte des Stoßstellendämm-Maßes von Brettsperrholzkonstruktionen als Planungsgrundlage zur Verfügung [2].

Ein erster empirischer Vorschlag frequenzabhängiger Stoßstellendämm-Maße von Brettsperrholzkonstruktionen für einen T- sowie einen Kreuz-Stoß ist in den Entwurf für die Anpassung der DIN EN 12354 eingegangen. Dieser Vorschlag basiert auf Baumessungen der CSTB in Frankreich [2]. Die Werte sind in Abbildung 1 und Abbildung 2 aufgetragen.

Um zukünftige Anpassungen in der EN ISO 12354 zur Schallübertragung an Stoßstellen aus Massivholzelementen auf eine umfangreichere Datenbasis stellen zu können wurden 19 internationale Institute und Schalllabore angefragt und um die Bereitstellung gemessener Stoßstellendämm-Maße bzw. um Hinweise zu veröffentlichten Messergebnissen gebeten.

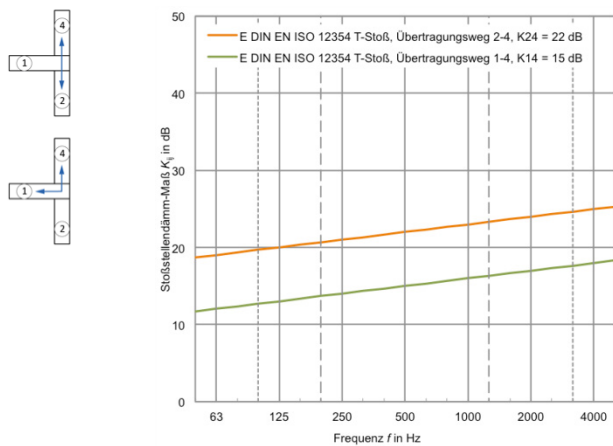


Abbildung 1: Frequenzabhängige Stoßstellendämm-Maße K_{ij} gemäß [1] Anhang F für einen T-Stoß in Brettsperrholzbauweise für die Übertragungswege 2-4 und 1-4.

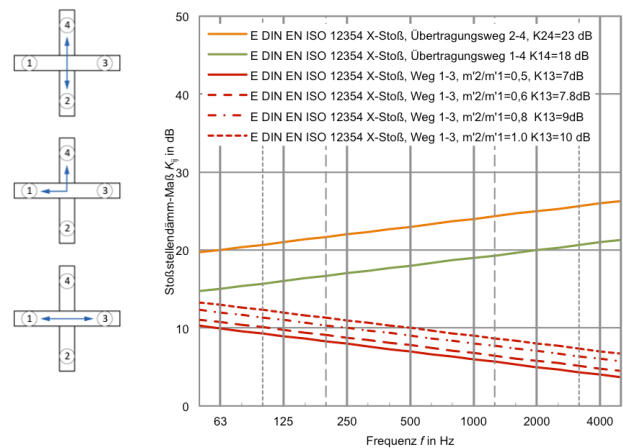


Abbildung 2: Frequenzabhängige Stoßstellendämm-Maße K_{ij} gemäß [1] Anhang F für einen Kreuzstoß in Brettsperrholzbauweise für die Übertragungswege 2-4, 1-4 und 1-3. Die Werte für den Übertragungsweg 1-3 sind massenabhängig.

Die folgenden sechs Institute konnten Messergebnisse zur Verfügung stellen:

- CSTB, Center of Building Science and Technology, Frankreich
- Empa, Schweiz
- Hochschule Rosenheim, Deutschland
- ift Rosenheim, Deutschland
- SINTEF Building & Infrastructure, Norwegen
- University of Bologna/Rotho Blaas GmbH, Italien.

Da die Schallübertragung an Stoßstellen in Massivholzbauweise von diversen Einflussfaktoren abhängt, wurden neben den frequenzabhängigen Stoßstellendämm-Maßen möglichst detaillierte Angaben zum Messverfahren sowie zur Stoßausführung erfragt. Insgesamt konnten 40 Datensätze für L-Stöße, 137 für T-Stöße sowie 42 für Kreuzstöße dokumentiert werden. Die Messungen wurden vorwiegend an freistehenden Stößen im Labor durchgeführt. Teilweise sind in-situ Messungen durchgeführt worden.

Es wurden sowohl verleimte als auch gedübelte Brettsperrholzelemente verwendet. Für Wandelemente kamen 3- und 5-schichtige Brettsperrholzelemente mit einer Dicke zwischen 78 mm und 140 mm zum Einsatz. Die untersuchten Deckenelemente waren meist 5-schichtig mit Dicken von 115 mm bis 162 mm. Das Massenverhältnis der Elemente, die einen Stoß bilden, beläuft sich auf 0,5 für Wand-Decken-Stöße bis 1,0 bei Wand-Wand-Konstruktionen. Es wurden sowohl klein- (Elementbreite 125 cm) sowie großformatige Elemente von mehr als acht verschiedenen Herstellern verwendet. Als Verbindungsmittel kamen Holzschrauben, Metallwinkel (teils elastisch entkoppelt), Zuganker oder Stahlkonsolen zum Einsatz. Zudem wurden Stöße mit neun verschiedenen elastischen Zwischenlagen von drei Herstellern untersucht.

Alle Daten wurden in einer englischsprachigen Dokumentation zusammengefasst [5]. Zudem werden die Planungswerte in die vibroakustische Datenbank *VaBDat* der Hochschule Rosenheim übernommen, die Eingangsdaten für das excelbasierte Prognosetool *VBAcoustic* des ift Rosenheim bereitstellt. Hiermit ist auf Grundlage einer 3D-Geometrie, die seitens der Architekten als BIM-Modell zur Verfügung gestellt wird, eine computergestützte Schallschutzprognose sowie Optimierung der Konstruktion möglich.

Gegenüberstellung der Messdaten

In diesem Abschnitt werden exemplarisch einige Messergebnisse des Stoßstellendämm-Maßes K_{ij} verglichen, um den Einfluss unterschiedlicher Stoßausführungen darzustellen. Bei den gesammelten Datensätzen sind teilweise deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Instituten sowie zwischen Labor- und Baumesungen erkennbar. Ob sich die Abweichungen zwischen den Instituten durch die Prüfsituation, die Messdurchführung oder die unterschiedlichen Brettsperrholzelemente ergeben, konnte bisher nicht festgestellt werden.

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Diagrammen, die sich an den Vorgaben der DIN EN ISO 10140 orientieren. Zusätzlich zu der Markierung des bauakustischen Frequenzbereiches (100 Hz bis 3150 Hz) durch eine punktierte Linie wird der Einzahlwertbereich durch eine Strichlinie eingegrenzt. Einzahlwerte \bar{K}_{ij} des Stoßstellendämm-Maßes sind das arithmetische Mittel aus den Terzbändern 200 Hz bis 1250 Hz. Bei den Vergleichen der frequenzabhängigen Stoßstellendämm-Maße werden der bauakustische Bereich und insbesondere der Einzahlwertbereich betrachtet. Der hoch- und tieffrequente Bereich (< 100 Hz, > 3150 Hz) wird dargestellt, jedoch nicht weiter bewertet.

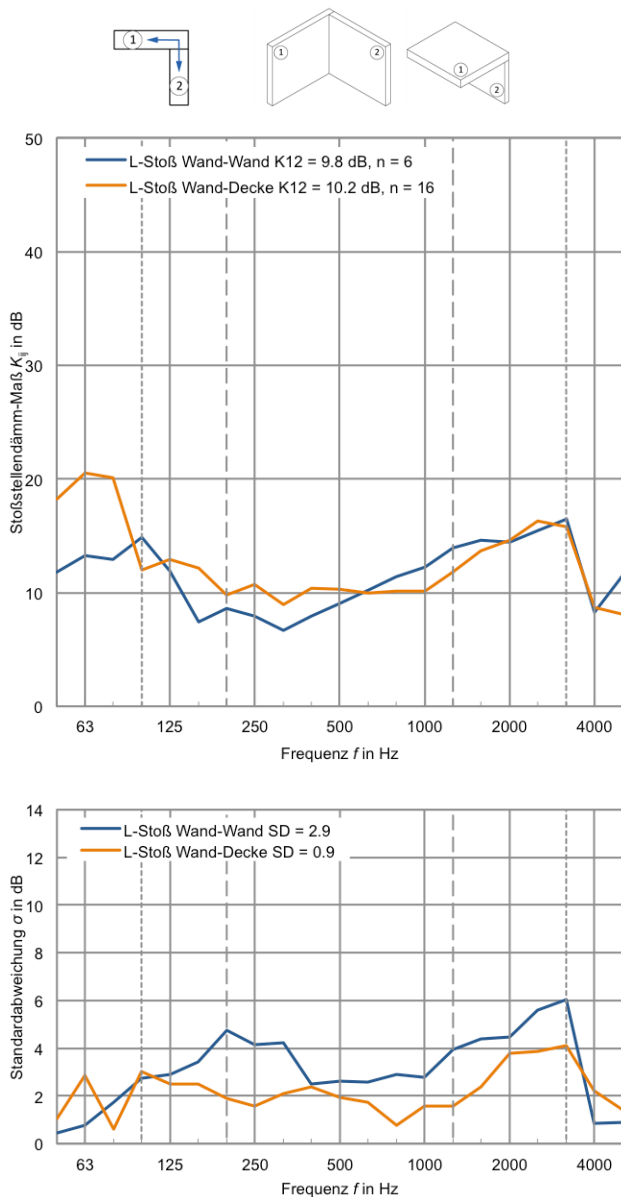


Abbildung 3: Stoßstellendämm-Maße und Standardabweichung für die L-Stöße Wand-Wand und Wand-Decke auf dem Übertragungsweg 1-2 [4].

In [1] ist nicht eindeutig definiert, ob die dort angegebenen Planungswerte unabhängig der vertikalen oder horizontalen Ausrichtung eines Stoßes verwendet werden können. Dieses wurde anhand der gesammelten Messdaten untersucht und hier exemplarisch für den L-Stoß aufgezeigt (vgl. Abbildung 3). Sowohl im Einzahlbereich als auch im erweiterten bauakustischen Frequenzbereich weichen die Stoßstellendämm-Maße nur geringfügig voneinander ab (maximale Abweichung von 2,2 dB bei 315 Hz). Aufgrund des nahezu ähnlichen Frequenzverlaufes für den L-förmigen Wand-Wand- und Wand-Decken-Stoß, können die Ergebnisse der beiden Stöße für die Vereinfachung der Schallschutzprognose zusammengefasst werden, zumal hierbei alle am Bau möglichen Verbindungsarten von starr bis zu schwach verbunden berücksichtigt sind.

Betrachtet man die Messdaten detaillierter hinsichtlich der Verbindungsart (Abbildung 4), wird der Einfluss des Verbindungsmittels sehr deutlich. Eine sehr starre

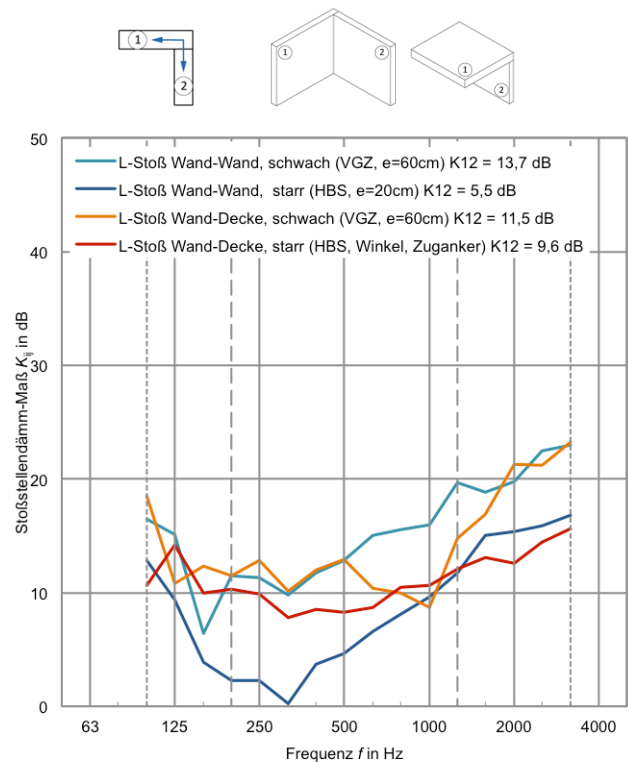


Abbildung 4: Stoßstellendämm-Maße für die L-Stöße Wand-Wand und Wand-Decke auf dem Übertragungsweg 1-2 für Konstruktionen mit besonders schwacher bzw. starrer Verbindung der Stoßstellen [6].

Verbindung (Holzbauschrauben im Abstand von 20 cm) des Wand-Wand-Stoßes führt zu einem Einzahlwert \bar{K}_{12} von 5,5 dB. Eine Verschraubung mit Vollgewindeschrauben in 60 cm Abstand ergibt ein wesentlich höheres \bar{K}_{12} von 13,7 dB.

Ein weiterer Aspekt, der deutlich aus den Messdaten hervorgeht, ist beispielweise der Einfluss der verwendeten Elementgröße. In Abbildung 5 werden Stoßstellendämm-Maße für verleimte Brettsperrholzelemente bei T-Stößen über eine durchgehende Flanke dargestellt. Kleinformatige Brettsperrholzelemente werden über Breitenverbindungen zu einem Wand- oder Deckenelement zusammengefügt. Diese Verbindungen stellen weitere Stoßstellen dar, die die Schallübertragung reduzieren und zu einem relativ hohen Stoßstellendämm-Maß führen ($\bar{K}_{24} = 9,6$ dB). Wird die Flanke durch ein großformatiges Brettsperrholzelement gebildet, ist das Stoßstellendämm-Maß wesentlich geringer ($\bar{K}_{24} = 4$ dB). Dieses Ergebnis unterschreitet sogar die Vorgaben für das Stoßstellendämm-Maß eines T-Stoßes in Massivbauweise. Die DIN EN 12354 gibt massenabhängige Einzahlwerte für den Massivbau an. Für den Übertragungsweg 2-4 ergibt sich bei einem Massenverhältnis von 1,0 ein Einzahlwert \bar{K}_{24} von 5,7 dB.

In Abbildung 6 werden die in der Norm vorgeschlagenen Stoßstellendämm-Maße für einen T-Stoß den messtechnisch ermittelten Werten gegenübergestellt. Die Kurven nähern sich stark aneinander an. Tendenziell liegen die Planungswerte in [1] minimal höher als die Messdaten.

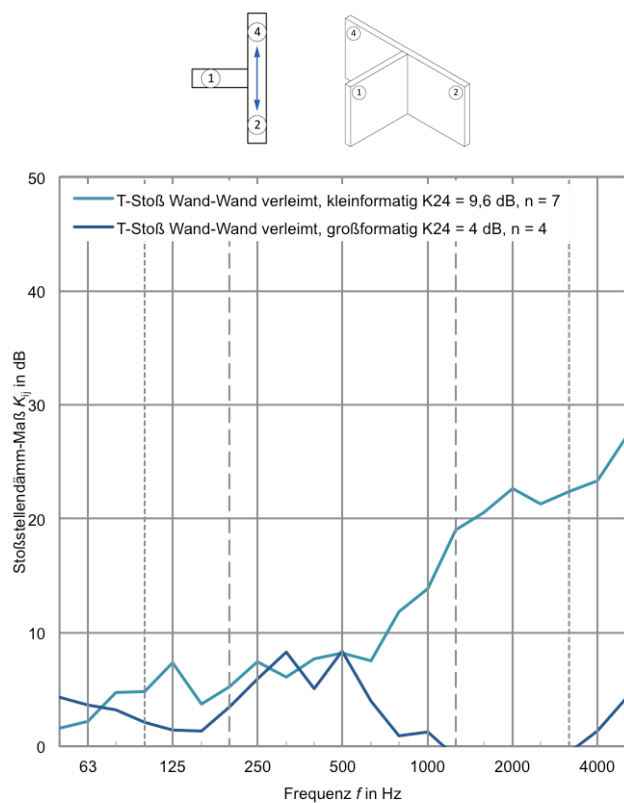


Abbildung 5: Stößstellendämm-Maße für den T-Stoß Wand-Wand mit verleimten, kleinformatischen sowie großformatigen Brettsperrholzelementen [4]

Zusammenfassung

Die umfangreiche Dokumentation frequenzabhängiger Stößstellendämm-Maße von Brettsperrholzkonstruktionen soll sowohl als Ergänzung der Planungswerte in [1] als auch als Diskussionsgrundlage für weitere Anpassungen der Norm hinsichtlich des Holzbaus dienen. Insbesondere ist die Aufnahme von Werten für L-Stöße sowie weiterer Ausführungsvarianten von T- und Kreuz-Stößen zu diskutieren.

Die zusammengetragenen Daten berücksichtigen zahlreiche mögliche Einflussfaktoren. Es lassen sich aus den Messdaten erste entscheidende Einflussparameter ablesen. Es kann zusammenfassend festgehalten werden, dass die Herstellungsart (verleimt oder gedübelt) und die Abmessungen der Brettsperrholzelemente entscheidend sind. Zudem haben die Wahl des Verbindungsmittels sowie die Festigkeit der Stoßverbindung einen starken Einfluss auf die Schallübertragung. Durch elastische Entkopplung der Stöße und der Verbindungsmittel lässt sich das Stößstellendämm-Maß wesentlich verbessern. Inwiefern diese Einflussparameter bei der Schallschutzprognose Berücksichtigung finden sollten, ist noch zu klären.

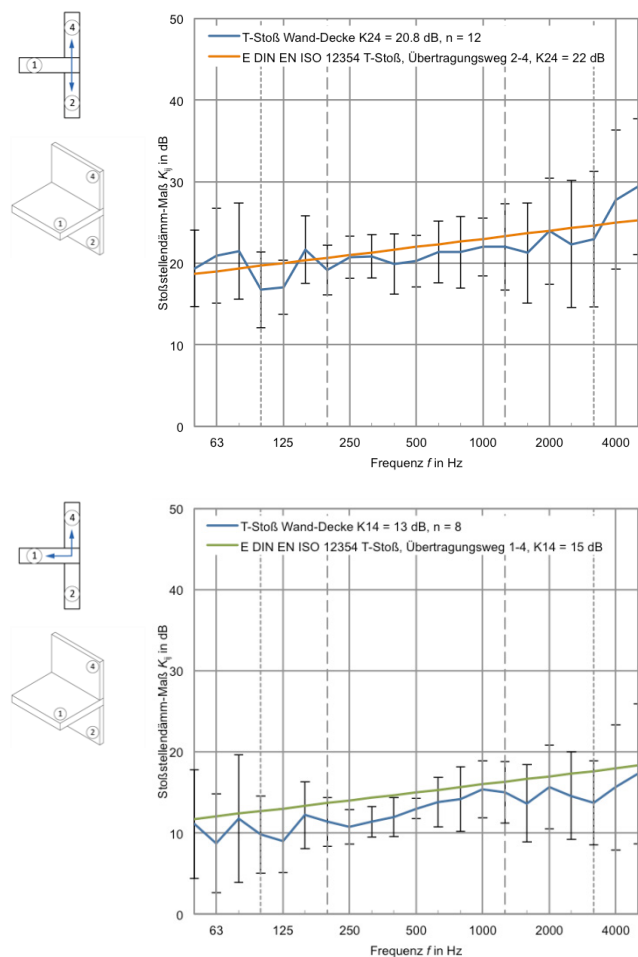


Abbildung 6: Frequenzabhängige Stößstellendämm-Maße K_{ij} gemäß [1] Anhang F im Vergleich zum Mittelwert aus den Messdaten für einen T-Stoß in Brettsperrholzbauweise für die Übertragungswege 2-4 und 1-4 [4].

Literatur

- [1] E DIN EN ISO 12354: Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus der Bauteileigenschaft Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen, Berlin, März 2016
- [2] Schramm, Markus u.a. Stößstellen im Holzbau - Planung, Prognose und Ausführung. Tagungsband DAGA 2010. Berlin, 2010
- [3] Guigou-Carter, C., Villot, M. Junction characteristics for predicting acoustic performances of lightweight wood-based buildings. Proceedings of Internoise 2015, San Francisco, USA
- [4] Timpte, A. Stößstellen im Massivholzbau – Konstruktionen, akustische Kenngrößen, Schallschutzprognose. Masterarbeit an der Technische Universität Berlin in Kooperation mit der Hochschule Rosenheim, Berlin, 2016
- [5] Timpte, A. Vibration reduction indices of cross laminated timber structure, Technische Universität Berlin und Hochschule Rosenheim, Berlin, 2017
- [6] Rotho Blaas GmbH: Lösungen zur Schalldämmung Flanksound project Update. Kurtatsch, 2016