

# Schallschutz im Hybridbau am Beispiel eines MFH mit Massivholzwänden und Stahlbetondecken

Martin Schneider<sup>1</sup>, Berndt Zeitler<sup>1</sup>, Adrian Blödt<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Hochschule für Technik Stuttgart, Schellingstr. 24, 70174 Stuttgart E-Mail: martin.schneider@hft-stuttgart.de

<sup>2</sup> Blödt Holzkomplettbau GmbH, Ahornweg 3, 92702 Kohlberg

## Einleitung

Die Berechnung der Luft- und Trittschalldämmung für einen schalltechnischen Nachweis zu DIN 4109-1 [1] ist sowohl für Massiv- als auch für Leichtbau in DIN 4109-2 [2] geregelt. Allerdings stellen sich immer wieder Fragen bezüglich der Berechnungsgrundlagen bei Mischbauweisen, wie beispielsweise einer Hybridbauweise mit tragenden Massivholzwänden und Stahlbetondecken. Mit dieser Bauweise können beispielsweise Mehrfamilienhäuser (MFH) aufgrund des hohen Vorfertigungsgrades besonders schnell errichtet werden. In dem Beitrag werden Messergebnisse zur Luft- und Trittschalldämmung aber auch zur Stoßstellen- und zur Flankendämmung von solchen Hybridkonstruktionen ermittelt in einem MFH in Würzburg vorgestellt. Diese Messwerte werden mittels unterschiedlicher Rechenansätze überprüft und es werden Vorschläge zur zukünftigen Berechnung des Luft- und Trittschallschutzes zwischen Räumen mit solchen Hybrid-Konstruktionen gegeben.

## Baukonstruktion

Bei dem untersuchten Gebäude handelt es sich um ein 2020 fertiggestelltes viergeschossiges Mehrfamilienwohnhaus. Die Geschossdecken aus vorgefertigten Stahlbetonhohlkörpern ( $d = 200$  mm,  $m' = 330$  kg/m<sup>2</sup>) sind mit einem schwimmenden Zementestrich ( $d = 70$  mm) auf einer Mineralwolle-Trittschalldämmplatte ( $d = 30$  mm,  $s' = 7$  MN/m<sup>2</sup>) über einer Wärmedämmung (EPS-Platte mit  $d = 50$  mm) versehen. Die Außenwände bestehen aus raumseitig mit Gipskartonplatten (2 x 18 mm) beplankten Brettspertholzwand ( $d = 120$  mm). Außenseitig ist aus Brandschutzgründen eine feuchte resistente Hartgipsplatte ( $d = 15$  mm) sowie die Wärmedämmung aus Mineralwollgedämmplatten ( $d = 160$  mm) und eine Holzverschalung ( $d = 25$  mm) auf einer Konterlattung angebracht. Die nichttragenden Innenwände sind als Gipsplattenbeplankte Metallständerwände (CW 50 mit beidseitig 2 x 12,5 mm GKF) ausgeführt. Tragende Innenwände bestehen aus Brettspertholz ( $d = 180$  mm), wobei Wohnungstrennwände neben der zweifachen Beplankung durch GKF zusätzlich auf einer Seite mit einer freistehenden Vorsatzschale (CW 50) ausgeführt wurden. Der Treppenhaukern wurde in Stahlbeton ( $d = 240$  mm) errichtet.

## Messergebnisse

### Luftschalldämmung der Geschossdecken

Die bewerteten Bau-Schalldämm-Maße der untersuchten Geschossdecken lagen zwischen  $R'_{w} = 68$  dB und  $R'_{w} = 61$  dB. Die Unterschiede ergeben sich im Wesentlichen durch die unterschiedlichen flankierenden Wände. Bei kleiner Außenwandfläche in Verbindung mit einem hohen Flächenanteil der Metallständerwände ergeben sich höhere

bewertete Bau-Schalldämm-Maße, während bei Eckräumen (siehe Abbildung 2), mit größerem Anteil an flankierenden Außenwänden, geringere Werte erreicht werden.

Neben den Messungen zur Luftschalldämmung nach DIN EN ISO 16283-1 [3] wurden die Flankenschalldämm-Maße der an der Schallübertragung beteiligten Bauteile messtechnisch ermittelt. Hierzu wurde ein mittlere Schnellepegel  $L_{v,i}$  bei Luftschallanregung im Senderraum ( $L_1$ ) auf dem Bauteil  $i$  gemessen und das Flankenschalldämm-Maß  $R_{v,i}$  über nachfolgende Gl. (1) mithilfe der Trennbauteilfläche  $S_s$  und der Bauteilfläche  $S_i$  ausgewertet.

$$R_{v,i} = L_1 - L_{v,i} - 10 \lg(\sigma_i) - 6 + 10 \lg(S_s / S_i) \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

Der Abstrahlgrad  $\sigma$  der Bauteile wurde für die Massivbauteile nach EN 12354-1 Anhang B [4] berechnet, für die Metallständerwand aus eigenen Messungen [5] entnommen und ist als Abstrahlmaß in Abbildung 1 für die verschiedenen Bauteile dargestellt.

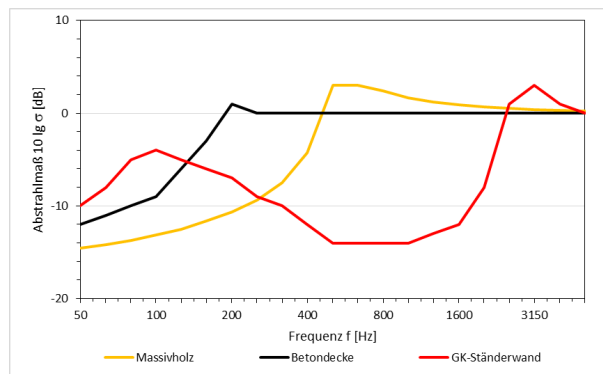


Abbildung 1: Abstrahlmaß  $10 \lg(\sigma)$  der untersuchten Massivholzaußenwand, der Betondecke und der Metallständerwand

Für die in Abbildung 2 dargestellte Übertragungssituation

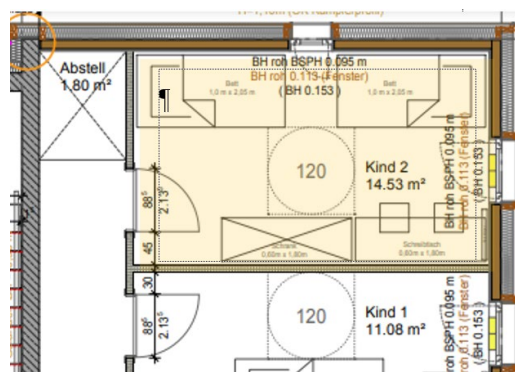
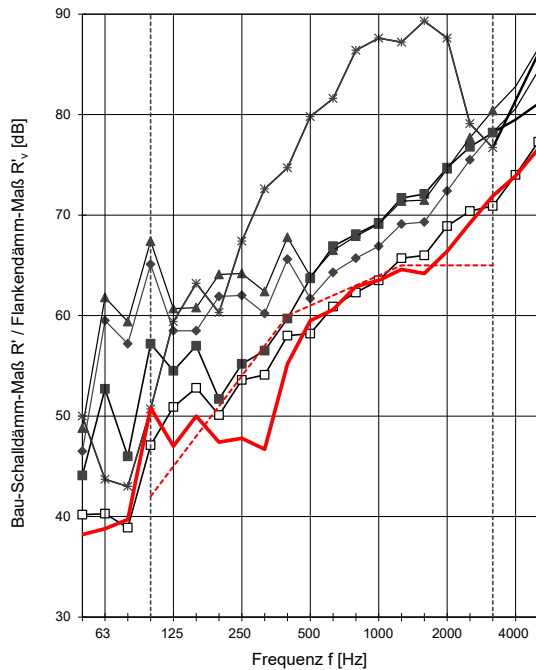


Abbildung 2: Grundriss vertikale Übertragungssituation mit Massivholzaußenwänden und Metallständer-Innenwänden

wurden dann Flankenschalldämm-Maße ermittelt. Diese Flankenschalldämm-Maße  $R_v$  sind in nachfolgender Abbildung 3 frequenzabhängig dargestellt, zu einer gesamten Schalldämmung  $R'_v$  zusammengefasst und der Luftschalldämmung  $R'$  gegenüber gestellt.

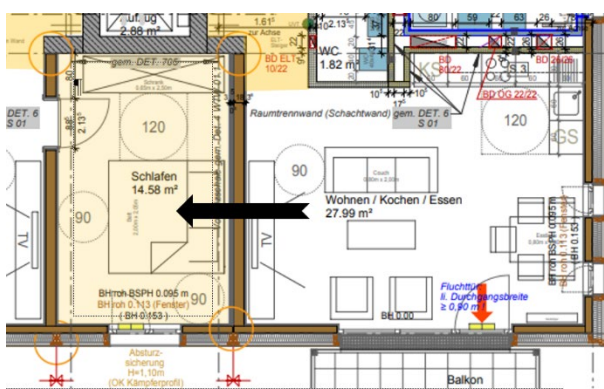


**Abbildung 3:** Flankenschalldämm-Maße der Decke (Quadrat gefüllt), der Außenwände (Dreieck und Raute) und der beiden Innenwände (Kreuz), sowie Bau-Schalldämm-Maß ermittelt aus diesen Körperschallmessungen (Quadrat leer) und aus Luftschalldämmung (rote Linie)

Die Körper- und Luftschalldämmungen stimmen gut überein, wobei zwischen 200 Hz und 315 Hz etwas größere Abweichungen vorhanden sind. In diesem Frequenzbereich bestimmt die Schallübertragung über die Decke selbst das Bau-Schalldämm-Maß. Ab ca. 500 Hz dominieren dann die Außenwände die Gesamtschallübertragung. Die Übertragung über die Metallständerwand ist am geringsten.

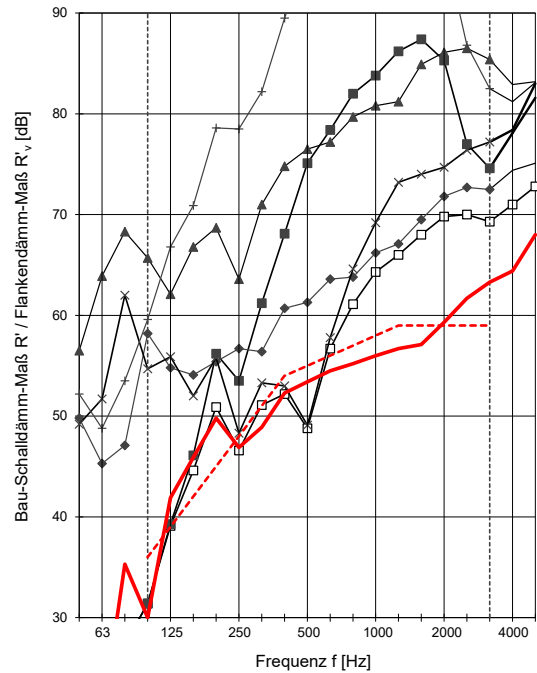
**Luftschalldämmung der Wohnungstrennwand**

Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß der in Abbildung 4 dargestellte Übertragungssituation beträgt  $R'_{v,w} = 55$  dB.



**Abbildung 4:** Grundriss horizontale Übertragungssituation Die ermittelten Flankenschalldämm-Maße  $R_v$  sind in nachfolgender Abbildung 5 frequenzabhängig dargestellt, und

wie in Abbildung 3 zu einem resultierenden Bau-Schalldämm-Maß  $R'_v$  zusammengefasst bzw. der Luftschalldämmung  $R'$  gegenüber gestellt.



**Abbildung 5:** Flankenschalldämm-Maße der Trennwand (Quadrat gefüllt), der Außenwand (x), der Decke (Raute), der Beton-Innenwand (Dreieck) und des Bodens mit schw. Estrich (Kreuz) sowie Bauschalldämm-Maß ermittelt aus Körperschallmessungen (Quadrat leer) und aus Luftschalldämmung (rote Linie)

Bei den tiefen Frequenzen bis 200 Hz bestimmt allein die Trennwand mit der Vorsatzschale, aufgrund der Resonanzfrequenz bei ca. 50 Hz, die Gesamtübertragung zwischen den Räumen. Im mittleren Frequenzbereich (200 Hz bis 1 kHz) bestimmt die Übertragung über die Massivholz-Außenwand und im höheren Frequenzbereich die Übertragung über die Stahlbetondecke die Gesamtschalldämmung. Aufgrund dessen werden die Ergebnisse der messtechnischen Untersuchung der Stoßstellen Decke-Trennwand im Abschnitt Stoßstellendämmung vorgestellt. Die Körper- und Luftschalldämmungen stimmen bis ca. 4000 Hz sehr gut überein, Im höheren Frequenzbereich ergab sich über die provisorisch zugestellten Türöffnungen eine deutlich wahrnehmbare Luftschallübertragung für diese Messsituation. Ohne diese Luftschallübertragung ergibt sich ein bewertetes Bau-Schalldämm-Maß von  $R'_{v,w} = 58$  dB.

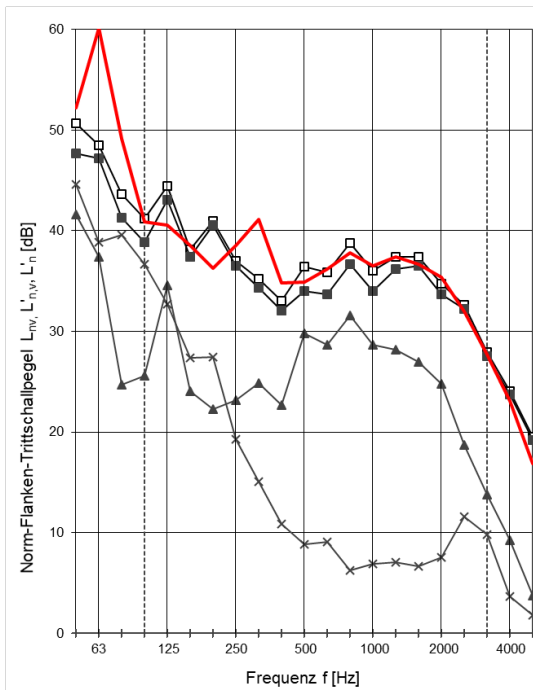
**Trittschalldämmung der Geschossdecken**

Die bewerteten Norm-Trittschallpegel in den untersuchten Räumen lag zwischen  $L'_{n,w} = 33$  dB und 42 dB. Unter Berücksichtigung des Spektrum-Anpassungswert  $C_{1,50-2500}$  ergeben sich Werten zwischen  $L'_{n,w} + C_{1,50-2500} = 34$  dB und 47 dB. Neben den Messungen zur Trittschalldämmung nach DIN EN ISO 16283-2 wurden die Norm-Flankentrittschallpegel der an der Schallübertragung beteiligten Bauteile messtechnisch ermittelt. Hierzu wurde ein mittlere Schnellepegel  $L_{v,i}$  bei Trittschallanregung des Trennbauteils  $i$  mit dem Normhammerwerk auf dem Bauteil  $j$  gemessen und der Norm-

Flankentrittschallpegel  $L_{n,v,ij}$  über nachfolgende Gleichung (2) ausgewertet.

$$L_{n,v,ij} = L_{v,j} + 10 \log(\sigma) + 6 \text{dB} + 10 \lg(S_i / 10) \quad [\text{dB}] \quad (2)$$

Die, für die in Abbildung 2 dargestellte Übertragungssituation, ermittelten Norm-Flankentrittschallpegel  $L_{n,v,ij}$  für die Bauteile sowie die sich daraus ergebende gesamte Trittschallübertragung  $L'_{n,v}$  ist in Abbildung 6 über der Frequenz der mittels Luftschallmessung ermittelten Norm-Trittschallpegeln  $L'_n$  gegenüber gestellt.



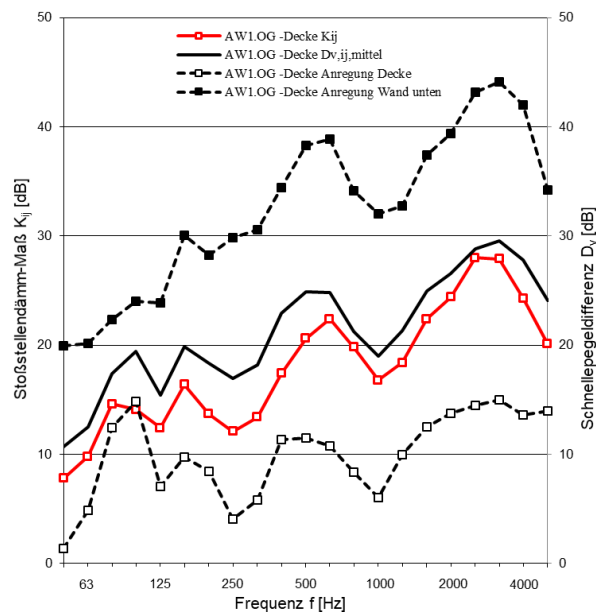
**Abbildung 6:** Norm-Flankentrittschallpegel der Decke (Quadrat gefüllt), der Außenwand (Dreieck) und der beiden Innenwände (Kreuz), sowie Norm-Trittschallpegel ermittelt aus Körperschallmessungen (Quadrat leer) und aus Luftschallmessung (rote Linie)

Bei der Trittschallschallübertragung zeigt sich, dass die massive Trenndecke die meiste Schallenergie überträgt und die leichten flankierenden Bauteile (hier die Holzmassiv-Außenwand und GK-Metallständerwand) nur sehr wenig zur gesamten Schallübertragung beisteuern. Der mittels Körperschallmessungen ermittelte Normtrittschallpegel stimmt im gesamten Frequenzbereich sehr gut mit dem aus den Luftschallmessungen überein.

**Messungen zur Stoßstellendämmung**

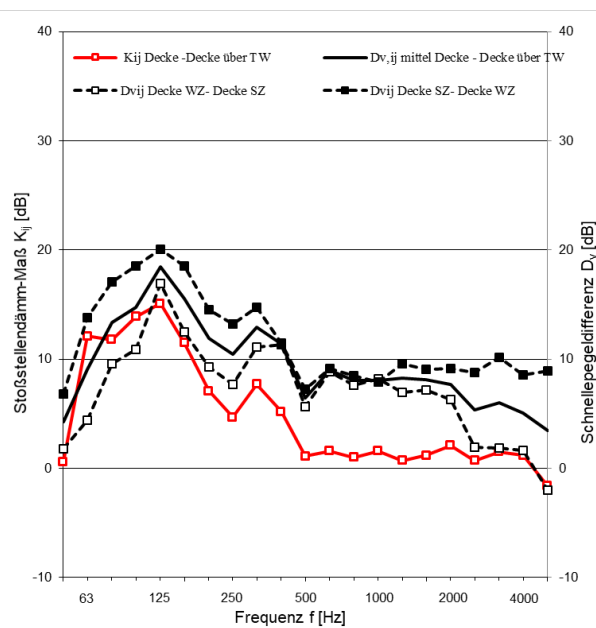
Das Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  wurde nach DIN EN ISO 10848 messtechnisch aus der Schnellepegeldifferenz  $D_{v,ij}$  und der Körperschall-Nachhallzeit  $T_S$  für den Knotenpunkt Massivholz-Außenwand - Stahlbeton-Decke ermittelt. In nachfolgender Abbildung 7 sind für den Weg Fd (AW – Decke) die beiden Schnellepegeldifferenzen  $D_{v,ij}$ , und  $D_{v,ji}$  sowie die richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz und das Stoßstellendämm-Maß gegenübergestellt. Der im Bereich von 200 Hz bis 1250 Hz ermittelte Einzahlwert für das Stoßstellendämm-Maß liegt bei  $K_{ij} = 17,2 \text{ dB}$  und damit fast 10 dB über dem, aus den flächenbezogenen Massen zu erwartenden Rechenwert. Wie zu erwarten ist die Schnellepegeldifferenz

stark richtungsabhängig mit relativ geringen Pegeldifferenzen bei Anregung der Decke und hohen Werten bei Anregung der relativ leichten Außenwand. Gegenüber der richtungsgemittelten Schnellepegeldifferenz ergibt sich für das Stoßstellendämm-Maß ein um 2 – 4 dB geringerer Wert.



**Abbildung 7:** Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  und Schnellepegeldifferenzen  $D_{v,ij}$  für den Stoß Stahlbetondecke Massivholz-Außenwand für den Übertragungsweg AW - Decke

In Abbildung 8 werden die Messergebnisse für den Kreuz-Stoß: Stahlbetondecke - Massivholz-Trennwand auf dem horizontalen Übertragungsweg Ff dargestellt.



**Abbildung 8:** Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  und Schnellepegeldifferenzen  $D_{v,ij}$  für den Stoß Stahlbetondecke – Stahlbetondecke für den Übertragungsweg über die Massivholz-Trennwand hinweg

Im Bereich oberhalb von 500 Hz liegen die Stoßstellendämm-Maße bei dem, aus den flächenbezogenen Massen nach DIN 4109-32, zu erwartenden Rechenwert von  $K_{ij} = 1,0 \text{ dB}$ .

## Rechenmodell

Die Berechnung des zu erwartenden Luftschallschutzes aus direkter und flankierender Übertragung nach DIN 4109-2 mit Massivholzkonstruktionen ist bislang nicht explizit geregelt.

Im Holzbauhandbuch [6] werden Angaben zur Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes von Massivholzbauteilen aus deren flächenbezogenen Masse  $m'$  (incl. direkt aufgebrachtener Bekleidungen z.B. aus Gipsplatten) gemacht.

$$R_w = 25 \lg\left(\frac{m'}{m_0}\right) - 7 \text{ dB} \quad [\text{dB}] \quad (3)$$

Für den untersuchten Hybridbau (Stahlbetondecken und Massivholzwände) kann der zu erwartende Luftschallschutz der Trenndecken mit den Vorgaben der DIN 4109-2 in Verbindung mit der Berechnung der Direktdämmung für Massivholzbauteile ermittelt werden. Für das bewertete Flankendämm-Maß  $R_{ij,w}$  gilt:

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w}}{2} + \frac{R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \lg\left(\frac{S_s}{l_0 l_f}\right) \quad [\text{dB}] \quad (4)$$

Beim Vergleich der rechnerisch und messtechnisch ermittelten bewerteten Bau-Schalldämm-Maße zeigt sich allerdings, dass mit den normativ in DIN 4109-32 für den Massivbau, aus dem Verhältnis der flächenbezogenen Massen berechneten Stoßstellendämm-Maßen  $K_{ij}$  der rechnerisch zu erwartende Luftschallschutz deutlich unterschätzt wird. Gleichzeitig zeigen erste Berechnungen aber auch, dass, bei Verwendung der am Bau gemessenen Stoßstellendämm-Maße  $K_{ij}$  als Eingangswerte, der berechnete Schallschutz gegenüber den Messwerten überschätzt wird. Es wird vermutet, dass die bei Körperschallanregung ermittelten Stoßstellendämm-Maße bei elementierten Bauteilen, wie Sie hier bei den Massivholzwänden zu finden sind, gegenüber der Luftschallanregung geringere Werte annehmen und ein entsprechender Sicherheitsabschlag anzuwenden ist.

Beim Trittschallschutz wird wie auch von Rabold et. al [7] vorgeschlagen, abweichend von DIN 4109-2 nicht eine pauschale Minderung des Trittschallpegels durch die Flankenübertragung zu berücksichtigen sondern, den bewerteten Norm-Flankentrittschallpegel für den jeweiligen Übertragungsweg entsprechend dem vereinfachten Modell in DIN EN ISO 12354-2 getrennt zu berechnen.

$$L_{n,ij,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + \frac{R_{i,w} - R_{j,w}}{2} - \Delta R_{j,w} - K_{ij} - 10 \lg\left(\frac{S_i}{l_0 l_{ij}}\right) \quad (5)$$

Mit den in Gl. 3 genannten Angaben zur Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes  $R_{j,w}$  der Massivholzkonstruktion und den entsprechend DIN 4109-32 berechneten aus den flächenbezogenen Massen berechneten Eingangswerten kann mit Gl. (5) eine gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten bewerteten Norm-Trittschallpegel der flankierenden Bauteile erzielt werden. Weiter rechnerische Untersuchungen wurden im Rahmen einer Bachelorarbeit an der HFT Stuttgart durchgeführt [8].

## Zusammenfassung

Mit entsprechenden konstruktiven Maßnahmen wie z.B. eine Dämmschicht mit geringer Steifigkeit unter einer schweren Estrichplatte kann ein erhöhter Schallschutz in Mehrfamilienhäusern in Hybridbauweise mit relativ leichten Stahlbetondecken und Massivholzwänden erreicht werden. Aufgrund der hohen Stoßstellendämmung durch die Stahlbetondecke ergeben sich für die untersuchten Raumsituationen sowohl für den Luftschallschutz als auch für den Trittschallschutz ausreichend hohe Werte. Die Schallübertragung über Massivholztrennwände kann durch entsprechende Vorsatzschalen vor dem Trennbauteil ebenfalls soweit vermindert werden, dass ein erhöhter Schallschutz erreicht wird, wenn z.B. die flankierende Übertragung über eine Massivholzaußenwand und über die Stahlbetondecke durch entsprechende Maßnahmen begrenzt wird.

Die Berechnung des Schallschutzes kann entsprechend DIN 4109-2 bzw. EN 12354-2 mit Einzahlangaben erfolgen. Die bislang aus der flächenbezogenen Masse berechneten Einzahlwerte aus DIN 4109-32 für das Stoßstellendämm-Maß von Stoßstellen mit Massivholzkonstruktion liegen deutlich unter den gemessenen Werten so dass die Berechnung mit diesen Werten die tatsächliche Leistungsfähigkeit der Konstruktion unterschätzt.

**Danksagung:** Die Autoren möchten sich bei dem Verband des Zimmerer- und Holzbaugewerbes Baden-Württemberg für die Unterstützung bedanken.

## Literatur

- [1] DIN 4109-1: Schallschutz im Hochbau - Teil 1: Mindestanforderungen, 2018-01
- [2] DIN 4109-2: Schallschutz im Hochbau - Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen
- [3] DIN EN ISO 16283-1: Akustik - Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau - Teil 1: Luftschalldämmung, 2014 + A1:2017
- [4] DIN EN ISO 12354-1: Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften - Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen, 2017
- [5] Schneider, M., Reinhold, S., Fischer, H.-M.: Measured Sound Insulation of Double Leaf Plasterboard Walls Part 1: Measurements concerning the basic acoustical behaviour, Meran, Fortschritte der Akustik – DAGA (2013), S. 786 – 789
- [6] Holzbau Deutschland-Institut e.V., Berlin (Herausgeber) Schallschutz im Holzbau – Differenzierte Flankenbewertung bei der Trittschallübertragung
- [7] Rabold, A.; Schneider, M.; Fischer, H.-M., Zeitler, B.: Neue Berechnungsverfahren zur Trittschallübertragung; Bauphysik 42 (2020), Heft 4; S 160-172
- [8] Schewior Andrea: Untersuchungen zur flankierenden Schallübertragung im Hybridbau – Stahlbetondecken und Massivholzwände, Bachelorarbeit im Studiengang Bauphysik, HFT Stuttgart, 2020