

## Horizontale Stoßstellendämmung von Brettsperrholzwänden

Martin Schneider<sup>1</sup>, Andreas Ruff<sup>1</sup>, Berndt Zeitler<sup>1</sup>, Johannes Weinhold<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> Ed. Züblin AG, Albstadtweg 3, 70567 Stuttgart

### Einleitung

Vorgefertigte Wände aus Brettsperrholz (BSH) mit einer aufgetragenen Wärmedämmung und hinterlüfteter vorgehängter Fassade oder mit Wärmedämm-Verbundsystem werden im Verwaltungsbau, in Seniorenwohnanlagen, in Wohnheimen oder in Hotels häufig als flankierende Außenwände bei Hybridkonstruktionen, bestehend aus Stahlbetonmassivdecken und Brettsperrholzwänden, eingesetzt. Die flankierende Übertragung über diese besonders leichten Bauteile begrenzt dabei häufig die resultierende Schalldämmung zwischen den Wohneinheiten, im Besonderen in der horizontalen Richtung, da hier keine schwereren tragenden Trennbauteile zum Einsatz kommen. Die konstruktive Ausführung der Stoßstelle zwischen der meist als mit Gipsplatten beplankte Ständerwand ausgeführten Trennwand und den flankierenden BSH-Außenwänden bestimmt hierbei die erreichbare Flankendämmung. Über Untersuchungen zur Stoßstellendämmung von Kreuz-Stößen aus BSH-Wänden und -Decken wird z.B. in [1] berichtet. Allerdings sind den Autoren keine Untersuchungen zur Stoß- oder Flankenschalldämmung an T-Stößen von Brettsperrholzelementen mit mehrschaligen Ständerwandkonstruktionen bekannt.

Im Rahmen eines Forschungsauftrages der Ed. Züblin AG wurden im Labor der HFT-Stuttgart am Zentrum für Bauphysik unterschiedliche Stoßstellenvarianten aufgebaut und messtechnisch untersucht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zur horizontalen Flankenübertragung der Brettsperrholzwände werden vorgestellt und diskutiert.

### Prüfobjekte

Bei dem untersuchten Prüfgegenstand handelt es sich um ein 80 mm dickes Leno® -Brettsperrholz-Bauteil, bestehend aus 3 Lagen kreuzweise verklebten Fichtenlamellen, das im Bereich der Stoßstellen verschiedene konstruktive Ausführungen aufweist. Dieses Wand-Bauteil bildet die Außenschale des Gebäudes und erhält am Bau eine Wärmedämmung, auf die jedoch bei den durchgeführten Untersuchungen zur flankierenden Übertragung verzichtet wurde, da davon auszugehen ist, dass solch eine außenseitige Vorsatzkonstruktion die flankierende Übertragung zwischen den Wohnungen nicht maßgeblich beeinflusst.

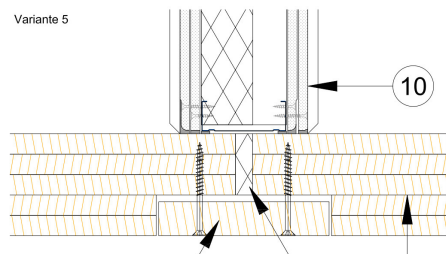
Das BSH-Wandelement hat eine flächenbezogene Masse von ca.  $m' = 40 \text{ kg/m}^2$  und das bewertete Schalldämm-Maß ermittelt im Prüfstand beträgt  $R_w = 33 \text{ dB}$ . Gegenüber Außenlärm erhöht sich das bewertete Schalldämm-Maß der Gesamtkonstruktion durch ein übliches Wärmedämm-Verbundsystem auf Mineralfaserbasis in Abhängigkeit der Resonanzfrequenz des Systems entsprechend.

Nachfolgend werden die untersuchten unterschiedlichen konstruktiven Ausführungen der Stoßstelle beschrieben. Die Wandscheiben hatten eine Länge von jeweils  $l = 3,0 \text{ m}$  und eine Höhe von  $h = 2,4 \text{ m}$ . Alle beschriebenen Aufbauten wurden in den Flankenprüfstand, ein Teil der Aufbauten wurden zusätzlich im Deckenprüfstand eingebaut. Auf der Außenseite der Massivholzwände verläuft dabei oben und unten ein Balken (80 mm x 80 mm), der teilweise die Stoßstelle überbrückt. Mittels Hydraulikzylinder wurden die Brettsperrholz-Wände zusätzlich mit einer Auflast von 2 t je Wand belastet. Um einen möglichen Einfluss der Kopplung der Außenwände im Bereich der Stoßstelle durch die Wohnungstrennwand (mit Gipsplatten beplankte Holzständerwand) zu untersuchen, wurde teilweise eine ca. 1,25 m lange zweischalige Innenwand an den Stoß angeschlossen. Diese Innenwand bestand aus einer Holzständerkonstruktion ( $d = 80 \text{ mm}$ ), die beidseitig mit zwei Lagen Gipsplatten ( $d = 12,5 \text{ mm}$ ) beplankt war.

Die Stoßstellen waren wie folgt konstruiert und entsprechend den Vorgaben des Auftraggebers kombiniert:

- Geschlitzte, teilgeschlitzte und stumpf gestoßene Brettstichtholzwand
- Stoß mit und ohne Verschraubung
- Stoß mit und ohne Stoßbrett
- Stoß mit und ohne Innenwandanschluss
- Stoß mit und ohne durchlaufende Balken
- Wände mit und ohne Auflast

Beispielhaft ist in nachfolgender Abbildung 1 der Schnitt durch solch eine Stoßstelle mit Schlitz, Stoßbrett und angeschlossener Innenwand dargestellt:



**Abbildung 1:** Horizontalschnitt durch die Stoßstelle mit Anschluss der Trennwand, durch Mineralfaserstreifen getrennte BSH-Wände, mit „Stoßbrett“ überbrückt.

Aufgrund der Vielzahl der zu untersuchenden Varianten wurde im Vorfeld beschlossen, nur Pegeldifferenzen und Stoßstellendämm-Maße an verkürzten Aufbauten zu bestimmen. DIN EN ISO 10848-1 [2] fordert eine Bauteillänge zwischen 3,0 und 6,0 m für die flankierenden Bauteile, wobei sich die Längen um mindestens 10% unterscheiden müssen.

In nachfolgender Abbildung ist die Außenwand (ohne angeschlossene Innenwand) eingebaut im Flankenprüfstand zu sehen. Durch Hydraulikzylinder konnte zwischen Prüfstand und Außenwand auf die zu untersuchenden Wände eine Auflast von bis zu 4 t aufgebracht werden. Die Kraftverteilung erfolgte mit einem auf die Wand aufgelegten Kantholz.



**Abbildung 2:** Einbau der Brettsperrholzwand im Flankenprüfstand der HFT Stuttgart. mit Hydraulikzylinder zur Simulation einer Auflast.

Neben den Untersuchungen im Flankenprüfstand wurden in einem Deckenprüfstand an deutlich verkürzten Wänden ( $l_1 = l_2 = 1,8$  m;  $l_{ij} = 2,5$  m) auch Messungen zur Flankendämmung mit einer direkt aufliegenden Stahlbeton-Fertigteildecke durchgeführt. Ein Foto dieser Untersuchungsvariante (ebenfalls ohne angeschlossene Innenwand) ist in nachfolgender Abbildung 3 zu sehen.

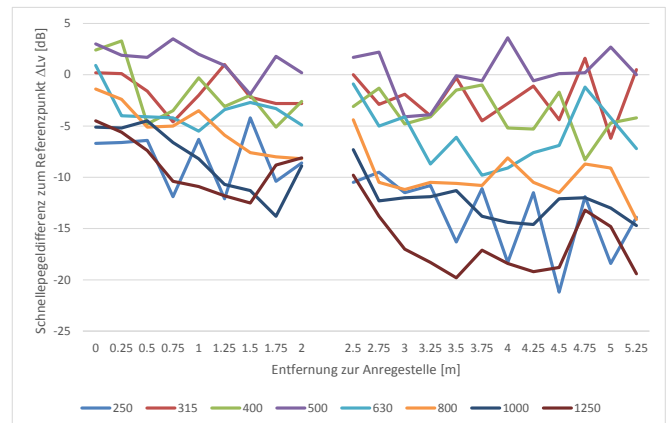


**Abbildung 3:** Einbau der Brettsperrholzwand im Deckenprüfstand der HFT Stuttgart.

## Messergebnisse zur entfernungsbedingten Schnellepegelabnahme

Entsprechend DIN EN ISO 10848 [2] können Bauteile dem Typ A (Bauteile mit einer Körperschall-Nachhallzeit, die vorrangig von den angekoppelten Bauteilen abhängt, wie z.B. massives Mauerwerk, Ortbeton, ...) oder dem Typ B (Bauteile mit einer Körperschall-Nachhallzeit, die nicht von den angekoppelten Bauteilen bestimmt wird wie z.B. Gipsplatten-Ständerwände, ...) zugeordnet werden. Zur Überprüfung der Zuordnung bezüglich Typ A oder B ist im Anhang A der Norm ein Beurteilungsverfahren angegeben. Hierbei ist das Sendebauteil anzuregen und auf dem Empfangsbauteil ist die Pegelabnahme über der Entfernung von der Stoßstelle zu ermitteln. Ist diese Pegelabnahme  $< 6$  dB kann das Bauteil dem Typ A zugeordnet werden.

In nachfolgender Abbildung 4 ist die Pegeldifferenz zu einem Referenzpunkt für die Terzmittenfrequenzen von 250 Hz bis 1250 Hz in Abhängigkeit von der Entfernung des Körperschallaufnehmers zum Anregepunkt dargestellt, wobei im direkten Bereich der Stoßstelle kein Wert ermittelt wurde.



**Abbildung 4:** Pegeldifferenz zu einem Referenzwert für das Sendebauteil links und das Empfangsbauteil rechts für die Terzmittenfrequenzen von 250 Hz bis 1250 Hz.

Insgesamt liegen die Pegel auf dem Empfangsbauteile (rechts in Abbildung 4) ca. 5 dB unter den Pegeln auf dem Sendebauteil (links in Abbildung 4). Sowohl auf dem Sendebauteil als auch auf dem Empfangsbauteil ist allerdings auch eine gewisse Pegelabnahme über der Entfernung zur Stoßstelle zu erkennen. Mithilfe von Regressionsgeraden kann für Sendebauteil und Empfangsbauteil die Pegelabnahme über der Entfernung (Steigung in dB/m) für jede Terzmittenfrequenz ermittelt werden. In nachfolgenden Diagramm in Abbildung 5 sind die so ermittelten Pegelabnahmen (Steigung der Regressionsgeraden) über der Frequenz dargestellt. Sowohl auf der Sende- als auch auf der Empfangsseite ergibt sich im Mittel eine Pegelabnahme von ca. 1 – 2 dB / m. Bei einer entsprechend DIN EN ISO 10848-1 [2] anzusetzenden Länge des Empfangsbauteils von 2,25 m ergeben sich für das Empfangsbauteil (grüne Kurve) erst oberhalb von 3150 Hz Werte von  $> 6$  dB. Somit kann entsprechend DIN EN ISO 10848-1 [2] die BSH-Wand dem Bauteiltyp A zugeordnet werden.

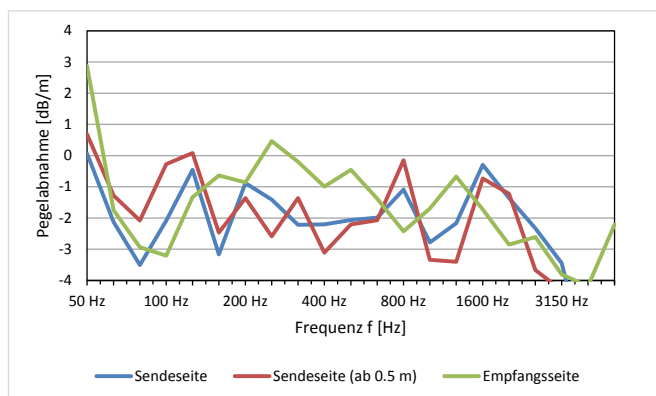


Abbildung 5: Pegelabnahme in dB / m für eine BSH-Wand.

### Messergebnisse Pegeldifferenz

Nachfolgend werden für einige der untersuchten Stoßstellenkonstruktionen die ermittelten richtungsgemittelten Schnellepegeldifferenzen angegeben. Die Anregung erfolgte mit einem Gummihammer durch „manuellen Mehrfachschläge“ entsprechend DIN EN ISO 10848-1 [2] mit einer Schlagfrequenz von 1 Hz – 2 Hz über einen Zeitraum von 30 s. Die Schnellepegeldifferenz wird dabei mit zwei Körperschallaufnehmern parallel auf dem Sende- und Empfangsbauteil gemessen und sowohl für die vier verwendeten Aufnehmerpositionen als auch für die beiden Übertragungsrichtungen arithmetisch gemittelt. In nachfolgender Abbildung sind beispielhaft für fünf Konstruktionen die richtungsgemittelten Schnellepegeldifferenzen  $D_{v,ij}$  dargestellt.

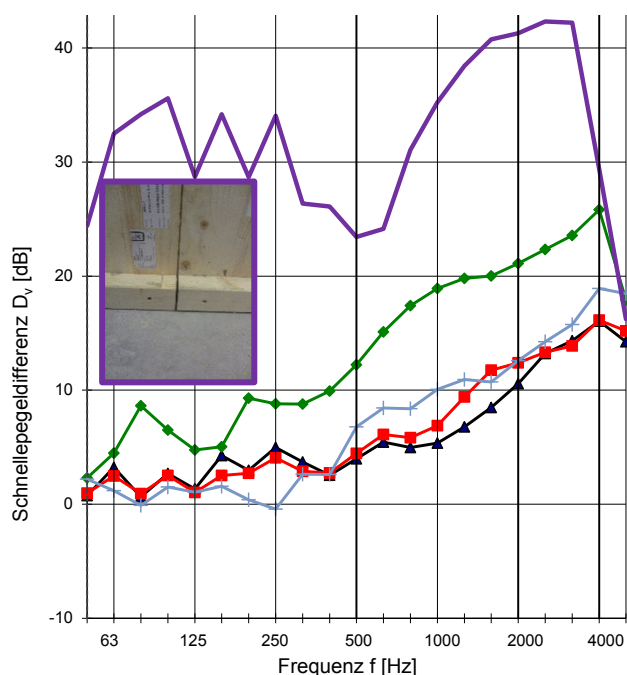


Abbildung 6: Richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz  $D_{v,Ff,n}$  auf dem Weg Ff für unterschiedliche Ausführungen der Stoßstelle: blau: Stumpfstoß; rot: 2/3 Trennfuge; schwarz: Trennfuge mit Stoßbrett; grün: Trennfuge mit durchlaufenden Balken; lila: Trennfuge und getrennte Balken (wie in dem kleinen Bild dargestellt).

Die blaue, rote und schwarze Linie in Abbildung 6 wurde für den Stumpfstoß, für eine 2/3 Trennfuge und eine Trennfuge mit Stoßbrett zwischen den beiden Wänden ermittelt. Für diese Varianten der Stoßstellen liegen die, entsprechend DIN EN ISO 10848-1 [2] durch arithmetische Mittelung der Terzwerte zwischen 200 Hz und 1250 Hz ermittelten, Einzahlwerte der richtungsgemittelten Schnellepegeldifferenz zwischen 4,5 dB und 5,5 dB. Die grüne Linie zeigt die ermittelte Pegeldifferenz bei einer Stoßstelle mit völliger Trennung der beiden Wandschalen, allerdings mit zwei durchlaufenden Balken im Bereich oben und unten ( $\overline{D_{v,Ff,n}} = 13,4 \text{ dB}$ ). Werden diese Balken schließlich auch akustisch getrennt, wie in dem kleinen Bild in Abbildung 6 zu sehen, ergibt sich die lila Messkurve und eine entsprechend hohe Schnellepegeldifferenz ( $\overline{D_{v,Ff,n}} = 29,7 \text{ dB}$ ).

Überraschend war der Einfluss einer direkt auf der BSH-Wand aufliegenden Massivdecke (wie in Abbildung 3 gezeigt) auf die ermittelte Schnellepegeldifferenz. Durch das Auflegen der Decke auf die mittels 2 mm Fuge getrennte Wand, wurde die Schnellepegeldifferenz im Frequenzbereich unter 1 kHz um bis zu 10 dB verbessert, während sich im darüber liegenden Frequenzbereich keine Änderung ergibt (siehe Abbildung 7). Vermutlich liefern die durchlaufenden Balken - solange diese sich frei bewegen können - eine starke Übertragung der Biegeschwingung von der angeregten Wandscheibe auf die über den Balken verbundene zweite Wandscheibe. Durch das Auflegen der Decke werden nun die Biegeschwingungen im Bereich des Balkens durch die Steifigkeit der Betonplatte stark behindert und somit die Pegeldifferenz im Frequenzbereich unter 1 kHz deutlich erhöht.

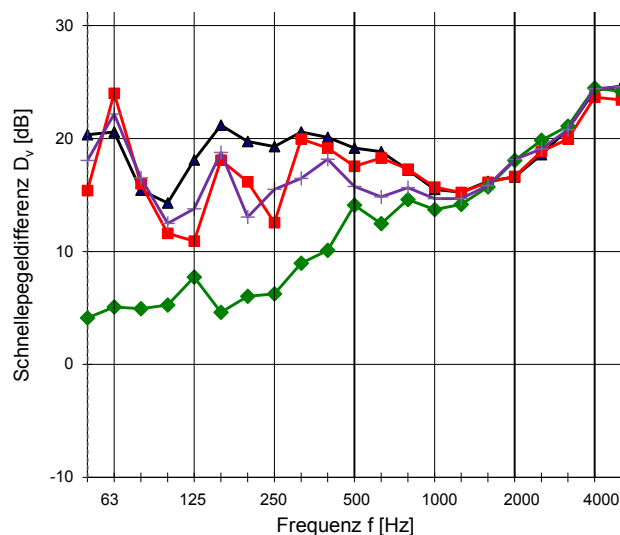


Abbildung 7: Schnellepegeldifferenz für 2 mm Trennung der Wandscheiben an der Stoßstelle mit durchlaufenden Balken:

grün: ohne Decke  $\overline{D_{v,ij,n}} = 11,2 \text{ dB}$

lila: mit Decke  $\overline{D_{v,ij,n}} = 15,4 \text{ dB}$

rot: mit Decke und zusätzlicher Auflast

schwarz: mit Decke, zusätzlicher Auflast und Innenwand

## Erzielbare Flankenschalldämm-Maße

Das Flankenschalldämm-Maß zur Charakterisierung der flankierenden Schallübertragung über die Außenwand in horizontaler Richtung kann entsprechend nachfolgender Gleichung (1) aus dem Schalldämm-Maß  $R_i$  der BSH-Wand, der normierten richtungsgemittelten Schnellepegeldifferenz  $\overline{D_{v,ij,n}}$ , der gemeinsamen Kantenlänge  $l_{ij}$  und der Trennwandfläche  $S_s$  bestimmt werden.

$$R_{ij} = R_i + \overline{D_{v,ij,n}} + 10 \lg \left( \frac{S_s}{l_{ij} l_0} \right) \text{ dB} \quad (1)$$

Mit den, nach Gleichung 1 aus dem Schalldämm-Maß und der gemessenen Schnellepegeldifferenz ermittelten, frequenz-abhängigen Flankenschalldämm-Maßen kann mit DIN EN ISO 717-1 [3] das bewertete Flankenschalldämm-Maß  $R_{ij,w}$  ermittelt werden. Die so ermittelten bewerteten Flankenschalldämm-Maße  $R_{ij,w}$  liegen für den untersuchten Schallübertragungsweg Ff (Außenwand–Außenwand) zwischen  $R_{Ff,w} = 38 \text{ dB}$  und  $R_{Ff,w} = 62 \text{ dB}$ .

Mit den einfachsten Ausführungen des Trennwandanschlusses (Stumpfstoß) können nur die niedrigen Empfehlungen im Verwaltungsbau (z.B. Entwurf zur VDI 2569 [4], Schallschutzklasse C zwischen Einzelbüros:  $D_{nTw} \geq 32 \text{ dB}$ ) sicher erfüllt werden. Zur Erfüllung der Empfehlungen an höhere Schallschutzklassen werden bereits konstruktiv aufwändigere Varianten im Bereich der Stoßstelle benötigt um eine ausreichende Flankendämmung sicherzustellen.

Die Mindestanforderungen der DIN 4109-1 [5], z.B. an Trennwände in Hotels ( $R'_w \geq 47 \text{ dB}$ ), können im Allgemeinen mit Flankenschalldämm-Maßen von  $R_{Ff,w} \geq 55 \text{ dB}$  erfüllt werden. Hierzu ist allerdings eine vollständige Trennung der beiden Wandschalen inklusive der Balken erforderlich. Auch die Mindestanforderungen der DIN 4109-1 [5] an Trennwände im Wohnungsbau ( $R'_w \geq 53 \text{ dB}$ ) können bei einer vollständigen Trennung der Wandschalen rechnerisch mit der im Labor gemessenen Stoßstellendämmung erreicht werden. Inwieweit allerdings diese vollständige Trennung am Bau realisiert werden kann, ist noch durch entsprechende Messungen auf der Baustelle zu überprüfen.

## Zusammenfassung

Die durchgeführten Untersuchungen zur Pegelabnahme auf den Wandschalen zeigen, dass sich Brettsperrholzwände akustisch wie Massivbauteile verhalten, so dass ihre Flankendämmung aus der Direktschalldämmung und der Stoßstellendämmung bestimmt werden kann. Weiterhin können bei der Flankendämmung zusätzlich auf der Innenseite angeordnete Vorsatzkonstruktionen durch ihre Luftschallverbesserung rechnerisch berücksichtigt werden.

Aufgrund der geringen Masse der untersuchten Brettsperrholzwände und des damit verbundenen geringen Schalldämm-Maßes dieser Wandschalen ergeben sich für Stoßstellenkonstruktionen wie dem Stumpfstoß sehr geringe Flankendämm-Maße. Deutlich höhere Flankendämm-Maße

können mit aufwändiger konstruierten Stoßstellen erreicht werden, vor allem wenn die beiden flankierenden Wandschalen konsequent getrennt werden. Mit den im Labor untersuchten Varianten sind dann rechnerisch bewertete Flankenschalldämm-Maße von bis zu  $R_{ij,w} = 62 \text{ dB}$  erreichbar. Die bei vollständiger Trennung ermittelten Werte sollten am Bau durch entsprechende Messungen überprüft werden.

Die Schalldämmung der Außenwand gegenüber Außenlärm ergibt sich aus der Direktschalldämmung der Brettsperrholzelemente und der Luftschallverbesserung des aufgetragenen Wärmedämm-Verbundsystems oder der hinterlüfteten Fassadenkonstruktion. Für typische Wärmedämm-Verbundsysteme mit einer Wärmedämmung aus Mineralwolle oder elastifiziertem Polystyrol ergibt sich besonders im mittleren Frequenzbereich eine deutliche Verbesserung des Schalldämm-Maßes und damit eine deutliche Erhöhung des bewerteten Schalldämm-Maßes der Gesamtkonstruktion.

## Literatur

- [1] Schönwald, S., Zeitler, B., Sabourin, I., King, F.: Sound insulation performance of Cross Laminated Timber Building Systems, Proceedings of Internoise 2013, Innsbruck
- [2] DIN EN ISO 10848-1:2018-02: Akustik –Messung der Flankenübertragung von Luftschall, Trittschall und Schall von Gebäudetechnischen Anlagen zwischen benachbarten Räumen im Prüfstand und am Bau –Teil 1: Rahmendokument
- [3] DIN EN ISO 717-1:2013-06: Akustik - Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 1: Luftschalldämmung
- [4] E VDI 2569:2016-02: Schallschutz und akustische Gestaltung im Büro (Entwurf)
- [5] DIN 4109-1:2018-01: Schallschutz im Hochbau - Teil 1: Mindestanforderungen