

Flankenübertragung von Hochlochziegelmauerwerk mit Leichtbau-Trennwänden

Dipl.-Ing. Kai Naumann
M. Sc. Dipl.-Ing. Martin Schneider
Prof. Dr.-Ing. Berndt Zeitler

Flankenübertragung von Hochlochziegelmauerwerk mit Leichtbau-Trennwänden

Die flankierende Schallübertragung wird bei massiven Bauteilen durch ihre Direktdämmung und die Stoßstellendämmung bestimmt. Bei flankierenden Massivwänden in Verbindung mit einer mehrschaligen Trennwand ist das Stoßstellendämm-Maß bei durchlaufenden Massivwänden deutlich vermindert. Im Flankenprüfstand der Hochschule für Technik Stuttgart wurde die Stoßstellendämmung auf dem Übertragungsweg Außenwand – Außenwand an einem T-Stoß aus Hochlochziegelmauerwerk und einer Leichtbau-Trennwand untersucht. Durch bauliche Maßnahmen konnten unterschiedliche Stoßstellenvarianten realisiert und deren Einfluss auf das Stoßstellendämm-Maß ermittelt werden.

Die Pegeldifferenz bleibt durch einen bauüblichen Anschluss der mehrschaligen Leichtbau-Trennwand an die Hochlochziegel-Außenwand konstant und das Stoßstellendämm-Maß auf diesem Übertragungsweg wird für eine durchlaufende Außenwand durch den Mindestwert des Stoßstellendämm-Maßes $K_{ij,min}$ beschrieben. Durch konstruktive Maßnahmen an der Außenwand im Bereich der Stoßstelle (Trennfuge, Beton- oder Mauerwerksstütze) werden die Schnellepegeldifferenzen und damit die Stoßstellendämm-Maße erhöht. Ein Verkürzen der Außenwandlänge im Prüfstand auf bauübliche Längen zeigt, dass die Norm-Flankenschallpegeldifferenz bei den kleinen Außenwandlängen deutlich größer wird. Mit diesen verkürzten Stößen ist die Messung des Stoßstellendämm-Maßes zwar nicht mehr normgerecht, liefert aber konservative Werte.

Stichworte Hochlochziegelmauerwerk; Lochsteine; Stoßstellendämm-Maß; Schall-Längsdämmung; Bauakustik; Schalldämmung

Flanking sound transmission of highly insulated hollow clay bricks with a light framed gypsum board separating wall

Understanding flanking sound transmission along exterior walls is important to ensure an appropriate sound insulation between dwellings. The flanking sound transmission in massive construction is determined by the direct sound reduction index of the single elements and the vibration reduction index of the junction. For cases constructed with a separating wall of light framed gypsum board, the junction attenuation can be quite low. Therefore, a closer look was taken at the flanking sound transmission along an outer wall constructed of hollow clay bricks, where the separating element was a light framed gypsum board wall. The effect of modifications of this T-junction on the junction vibration reduction index was determined in the flanking facility of the Stuttgart University of Applied Sciences. For the standard butted T-junction, the velocity level along the outer wall – outer wall path stays constant. This suggests the use of the minimum value of the vibration reduction index $K_{ij,min}$. Modifications of the junction, such as introducing joints and blocking masses, can increase the junction attenuation significantly. It is also shown that reducing the length of the outer walls, to simulate windows and doors as found in the real world, increases the normalized flanking level difference. Note, that these “reduced” measurements, although more realistic, over predict the flanking attenuation relative to the standard measurement method.

Keywords highly insulated hollow clay bricks; building acoustics; flanking sound transmission; sound insulation; vibration reduction index; normalized flanking level difference

1 Einleitung

Die flankierende Schallübertragung von Wänden aus Hochlochziegelmauerwerk wird durch die Direktdämmung der Hochlochziegel (HLz) und die Stoßstellendämmung bestimmt. Bei der Verwendung von Leichtbau-Trennwänden (z. B. gipsplattenbeplante Metallständerwände) ist gegenüber massiven Trennwänden die Stoßstellendämmung auf dem Weg entlang der Außenwand (Weg AW–AW) bei durchlaufenden Außenwänden deutlich vermindert. In DIN 4109-32:2016-07 [1] ist dieser Fall nicht direkt abgebildet und üblicherweise wird bei einer Berechnung nach DIN 4109-2:2018-01 [2] für das Stoßstellendämm-Maß von HLz-Außenwänden dann der Mindestwert des Stoßstellendämm-Maßes ($K_{ij,min}$ entspricht keiner Pegelminderung an der Stoßstelle) berücksichtigt.

Es war bislang unklar, inwieweit dieser Ansatz die tatsächlichen Bedingungen widerspiegelt. An verschiedenen Stellen wurden hierzu erste, bislang unveröffentlichte Untersuchungen zur Stoßstellendämmung von HLz-Außenwänden (nachfolgend HLz-AW bezeichnet) mit Leichtbau-Trennwänden (nachfolgend Leichtbau-TW bezeichnet) durchgeführt. Mit den in diesem Bericht dargestellten Ergebnissen stehen nun auf methodischen Untersuchungen basierende Eingangsdaten für den bauakustischen Entwurf zur Verfügung.

Im Rahmen des Projektes sollten für unterschiedliche Knotenpunktausführungen im Bereich der Stoßstelle jeweils die zu erwartende Flankendämmung ermittelt und geeignete Eingangsparameter zur Berechnung der flankierenden Übertragung bereitgestellt werden. Ziel war es unter anderem, durch konstruktive Maßnahmen an der

Stoßstelle von HLz-Mauerwerk und der Leichtbau-TW die Schall-Längsübertragung zu reduzieren, ohne dass sich die Geometrie der Grundkonstruktion ändert.

Die messtechnische Ermittlung von Stoßstellendämm-Maßen erfolgt grundsätzlich gemäß DIN EN ISO 10848-1 [3]. Die normativ geforderten Wandlängen der Prüfaufbauten verlangen einen erheblichen Aufbauaufwand. Ferner sind die am Bau üblicherweise vorkommenden Außenwandlängen im Bereich der Wohnungstrennwände aufgrund angrenzender oft raumhoher Fenster oder Balkontüren deutlich kleiner als der normative Prüfaufbau.

In verschiedenen Literaturstellen [4–8] finden sich Prüfergebnisse der Stoßstellendämm-Maße K_{ij} , die zur Reduzierung des Aufwands an verkleinerten Prüfaufbauten bzw. am Bau durchgeführt wurden. Auswertungen von durch Messungen in ausgeführten Gebäuden ermittelten bewerteten Bau-Schalldämm-Maßen R'_w belegen regelmäßig, dass mit den in den rechnerischen Nachweisen verwendeten Stoßstellendämm-Maßen ausreichend genaue Prognosen erzielt werden, auch wenn die Einzangaben der Stoßstellendämm-Maße an vorgenannten verkürzten Aufbauten ermittelt wurden.

Im Rahmen des Projektes wurde methodisch untersucht, ob Messungen des Stoßstellendämm-Maßes auch an Prüfaufbauten im für übliche Bausituationen vorhandenen Maßstab gegenüber den Geometrieanforderungen nach DIN EN ISO 10848-1 ausreichend genaue Ergebnisse liefern. In dem Flankenprüfstand der HFT Stuttgart, mit unterdrückter Flankenübertragung der sonstigen Übertragungswege, wurden die Flächen der angeregten und abstrahlenden Außenwandflanke dabei, ausgehend vom normativen Format, sukzessiv verkleinert und der Einfluss auf die bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz verglichen.

2 Beschreibung der Prüfaufbauten

2.1 Beschreibung des Prüfaufbaus im Prüfstand

Die messtechnischen Untersuchungen wurden im Flankenprüfstand (Bild 1) der Hochschule für Technik Stuttgart, Zentrum für Bauphysik, durchgeführt. Der Flankenprüfstand besteht aus zwei angrenzenden Raumabschnitten, zwischen denen zunächst kein Trennbauteil vorhanden ist. Ferner ist dieser Prüfstand zu einer Seite offen. Durch den Einbau eines Trennbauteils und der flankierenden Wand entsteht jeweils ein abgeschlossener Sende- und ein Empfangsraum. Zwischen diesen benachbarten Räumen wird die horizontale Schallübertragung gemessen.

Der Fußboden des Prüfstandes ist so aufgebaut, dass das Trennbauteil und die flankierenden Bauteile jeweils auf eigenen, schalltechnisch getrennten Bodenbereichen stehen können. Zudem sind innenseitig im Prüfstand vor

der Decke und der Prüfstandwand Vorsatzschalen vorhanden, durch welche die flankierende Schallübertragung zusätzlich reduziert wird und die Schallübertragung über diese Bauteile vernachlässigt werden kann.

Im Bild 1 ist der Grundriss des Prüfaufbaus im Flankenprüfstand skizziert. Die rote gestrichelte Linie markiert die Lage der Trennfuge des Prüfstandes, die inklusive der Decke und des Fußbodens Sende- und Empfangsraum über die gesamte Höhe und Breite des Prüfstandes akustisch voneinander trennt.

Die flankierende HLz-AW läuft bei den ersten Versuchsreihen über die bereits beschriebenen Trennfugen hinweg und stellt eine massive Verbindung zwischen Sende- und Empfangsraum dar. Die Leichtbau-TW wurde neben der Trennfuge des Prüfstandes positioniert. Somit wurde gewährleistet, dass auch bei den Aufbauvarianten mit einer vertikalen Trennfuge durch die HLz-AW eine massive Verbindung über die Massivdecke vorhanden war (Bild 2). Bei dieser Anordnung der Trennfuge wird Schall über die massiven Verbindungsstellen übertragen (Schallübertragung zweiter Ordnung), wie sie auch in der realen Bausituation zu finden ist.

Die Leichtbau-TW hat eine Höhe von ungefähr 2,75 m sowie eine Breite von ca. 4,20 m und füllt die Prüföffnung zwischen den beiden Prüfandräumen komplett aus. Daraus ergibt sich eine Trennfläche von 11,5 m². Die flankierende HLz-AW hat senderaumseitig eine Länge von ca. 5,2 m und auf der Empfangsraumseite von ungefähr 4,7 m. Die Wandhöhe des Flankenbauteils beträgt ca. 2,75 m. Die hochschalldämmende Leichtbau-TW bildet mit der flankierenden HLz-AW einen T-Stoß.

2.1.1 Trennwand

Das Trennbauteil des Prüfaufbaus ist eine gipsplattenbepunktete Metallständerwand mit Doppelständerwerk und wird in diesem Bericht mit Leichtbau-TW bezeichnet. Der Aufbau ist in Tab. 1 beschrieben.

Die flächenbezogene Masse der Leichtbau-Trennwand beträgt ungefähr 50 kg/m². Gemäß Herstellerangaben hat die Konstruktion ein bewertetes Schalldämm-Maß von $R_w = 69$ dB. Das Direktschalldämm-Maß der Leichtbau-TW ist ausreichend hoch, um die Veränderungen der Schallübertragung entlang der flankierenden HLz-AW infolge der untersuchten konstruktiven Änderungen an der Stoßstelle als Norm-Flankenschallpegeldifferenz beurteilen zu können. Im Frequenzbereich unter ca. 100 Hz hat allerdings die zweischalige Konstruktion eine geringe Direktschalldämmung, sodass sich bei zunehmender Flankendämmung ein größer werdender Einfluss der Schallübertragung durch die Trennwand selbst einstellt.

Die vertikalen C-Profile der Leichtbau-TW wurden im horizontalen Abstand von 625 mm eingebaut. Die Gipsplatten GKFI wurden jeweils in beiden Lagen ver-

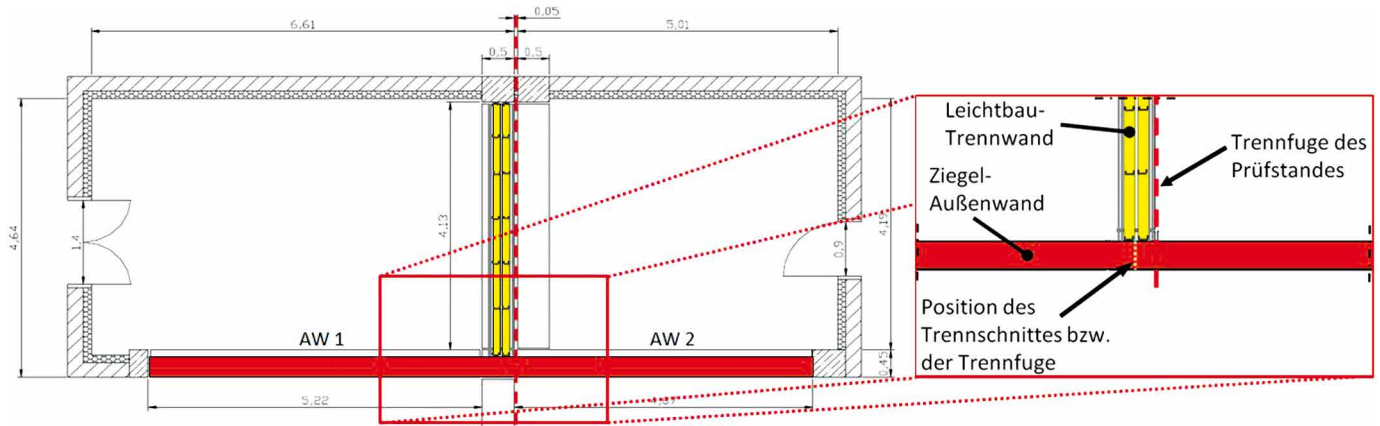


Bild 1 Grundriss-Skizze des Flankenprüfstandes und der untersuchten Stoßstelle
Plan view of the test stand for flanking transmission and of the junction itself

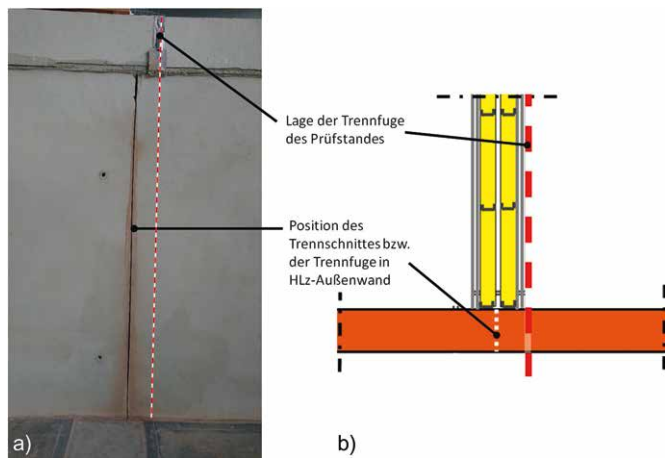


Bild 2 HLz-Außenwand; a) Außenansicht mit vertikaler Trennfuge, b) Horizontalschnitt
HLz-AW; a) Side view of HLz-AW (hollow clay brick outer wall) with vertical joint, b) corresponding plan view; red dotted line depicts position of facility joint

schraubt und die Fugen verspachtelt. Die Gipsplatten hatten keinen massiven Kontakt mit den umgebenden Massivbauteilen. Das Doppelständerwerk der Leichtbau-TW ist durch die äußeren vertikalen C-Profile direkt an der HLz-AW befestigt. An der Fläche zwischen diesen C-Profilen und der HLz-AW ist ein ca. 5 mm dicker Moosgummistreifen aufgeklebt. Die Fuge zwischen den Gipskartonplatten und den umgebenden massiven Bauteilen wurden mit einer Acryl-Fugendichtmasse luftdicht verschlossen.

2.1.2 Außenwand

Die flankierende HLz-AW bestand aus 365 mm dickem Mauerwerk aus hochwärmedämmenden Plan-Hochlochziegeln (Bild 3) gemäß der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-17.1-1120 [9]. Dieser monolithische HLz wird im mehrgeschossigen Wohnungsbau üblicherweise in Verbindung mit einer massiven Trennwand aus Füll- oder Schalungsziegeln eingesetzt. Das auf den mittleren Verlustfaktor am Bau bezogene bewertete Schalldämmmaß beträgt laut Prüfzeugnis $R_{w,Bau,ref} = 48,2$ dB.

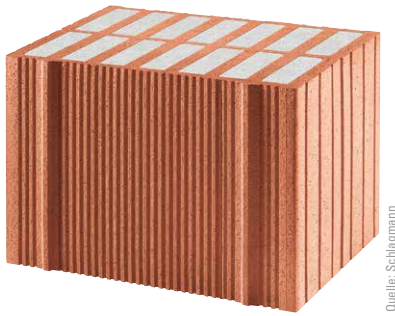
Tab. 1 Aufbau der Leichtbau-TW
Description of dry wall construction

Dicke	Material
2 × 12,5 mm	Gipsplatten GKFI nach DIN 18180, verschraubt und verspachtelt; flächenbezogene Masse einer Gipsplatte $m'_{GKFI} = 12,8$ kg/m ² je 12,5 mm Dicke
75 mm	Metallständerwerk mit 60 mm Mineralfaserdämmplatten
5 mm	Luftschicht
75 mm	Metallständerwerk mit 60 mm Mineralfaserdämmplatten
2 × 12,5 mm	Gipsplatten GKFI nach DIN 18180, verschraubt und verspachtelt; flächenbezogene Masse einer Gipsplatte $m'_{GKFI} = 12,8$ kg/m ² je 12,5 mm Dicke

Die Steine der Rohdichteklasse 0,75 sind Großkammerziegel und verfüllt mit einer integrierten Wärmedämmung. Die Stoßfugen sind mit Nut und Feder ausgebildet und werden zulassungsgemäß nicht vermörtelt. Die Lagerfugen wurden mit deckelndem Dünnbettmörtel ausgeführt. Die Fuge zwischen massiver Mauerwerkswand am Wandkopf und der Prüfstanddecke wurde mit Quellmörtel gefüllt, wodurch eine massive Verbindung zwischen diesen Bauteilen hergestellt wurde. Innenseitig war die Massivwand aus hochwärmedämmenden HLz mit einem 15 mm dicken Kalk-Gips-Maschinenputz verputzt. An der Außenseite war ein 20 mm Kalk-Zement-Leichtputz aufgetragen. Aus der Abbruchmasse wurde eine flächenbezogene Masse der Ziegelwand inklusive Putz von $m'_{Wand} = 326$ kg/m² ermittelt.

2.1.3 Deckenrandschale zur Wärmedämmung der Stützen

Bei den Aufbauten M_8, M_9 und M_10 mit einer massiven Stütze (Tab. 2) ist wärmetechnisch an der Stoßstelle außenseitig eine Dämmung erforderlich. Hierfür wird eine Deckenrandschale verwendet, die als Putzgrund aus



Quelle: Schlagmann

Bild 3 Plan-HLz gemäß abZ Z-17.1-1120 [9]
Hollow clay brick (Plan-HLz) according to the general technical approval number Z-17.1-1120 [9]

einer porierten 15 mm dicken Ziegelschale besteht, an der innenseitig eine 105 mm dicke Dämmschicht aus EPS befestigt ist.

2.2 Untersuchte Stoßstellenvarianten

Verschiedene konstruktive Knotenausbildungen des Anschlusspunktes der TW an die flankierende HLz-AW sollten bezüglich der Schall-Längsübertragung über die HLz-AW untersucht werden.

Bild 4 zeigt einen Horizontalschnitt der Stoßstelle mit durchlaufender, beidseitig verputzter HLz-AW. Die Leichtbau-TW (Aufbau siehe Tab. 1) schließt dabei stumpf an die HLz-AW an.

In Tab. 2 sind die untersuchten Aufbauten dargestellt. Bei den Messungen M_1 und M_3 ist die TW nur grau angedeutet, da diese bei den Messungen nicht aufgebaut bzw. nicht an die HLz-AW angeschlossen war. Diese Messungen ohne und mit der Leichtbau-TW sollten klären, inwieweit sich die Schnellepegeldifferenz bzw. das Stoßstellendämm-Maß durch den Anschluss der Leichtbau-TW an die HLz-AW verändert.

In Tab. 2 werden Prüfaufbauten mit durchlaufender HLz-AW (M_1 und M_2), mit verschiedenen Trennschnitten

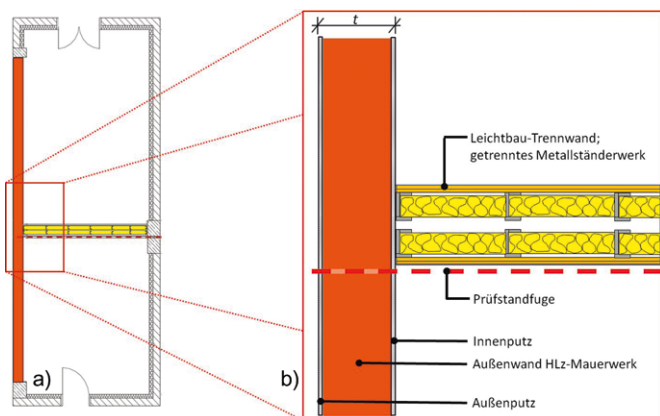


Bild 4 Horizontalschnitt zur Versuchsreihe mit durchlaufender HLz-AW; a) Grundriss, b) Detail
Horizontal section of set-up with continuous hollow clay outer brick wall (HLz-AW); a) horizontal section, b) detailed view

in der HLz-AW (M_3 bis M_7) sowie mit massiven Stützen (M_8 bis M_10) beschrieben. In Tab. 3 sind die Aufbauten zum Einfluss der Wandlängen (M_11 und M_12) dargestellt.

Ein Einfluss des Anschlusses der Leichtbau-TW auf das Stoßstellendämm-Maß wurde durch die Messungen M_1 und M_2 bzw. M_3 und M_4 ermittelt. Die Messung M_2 (stumpf angeschlossene Leichtbau-TW mit durchlaufender HLz-AW) wird beim Vergleich der unterschiedlichen Aufbauten als Referenz verwendet. Mit den Messungen M_2, M_4, M_5 und M_6 wird der Einfluss unterschiedlich ausgeführter Trennungen der HLz-AW (ohne, hälftige, vollständige und überputzte Trennung) untersucht.

Die Trennschnitte wurden in die HLz-AW gesägt. Die Trennfugen über die gesamte Wanddicke wurden bei den Messungen M_7, M_11 und M_12 mittels dauerelastischer Masse geschlossen, um eine Luftschallübertragung über die offene Fuge zu unterbinden. Mit der Messung M_7 (zwei zusätzliche Trennfugen) wird die maximal mit dem gewählten Aufbau erreichbare Stoßstellendämmung (begrenzt durch Übertragung über Stoßstellen zweiter Ordnung) und Schalldämmung zwischen den Räumen (begrenzt durch die Übertragung über die TW) ermittelt. Mit den Messungen M_8, M_9 und M_10 wird im Vergleich zur Messung M_2 das Verbesserungspotential von im Bereich der Stoßstelle eingebauten Stützen untersucht.

Die Aufbauten M_11 und M_12 dienen dem Vergleich mit Messung M_10 bzw. zum Einordnen der Ergebnisse an verkürzten Laborstößen [4] oder in Gebäuden an kleinen Außenwandflächen, wie sie häufig aufgrund der Anordnung von Türen bzw. großen Fenstern im Bereich der Trennwände zu finden sind. Bild 5 zeigt die Außenansicht der HLz-AW mit den vertikalen Trennfugen.

3 Messtechnische Untersuchungen

3.1 Direktschalldämm-Maß

Aufgrund des Einbaus der HLz-AW in den Flankenprüfstand konnte das Schalldämm-Maß dieser Wand nicht

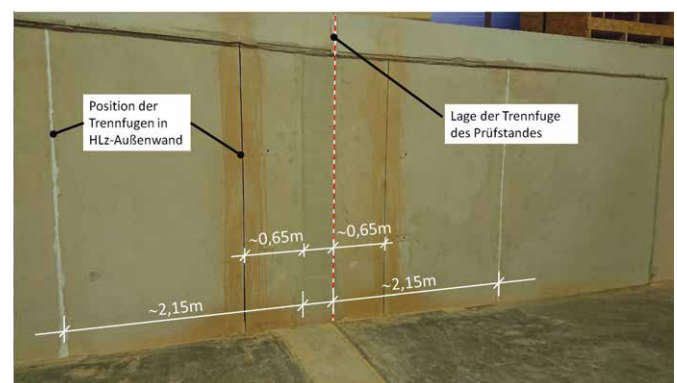
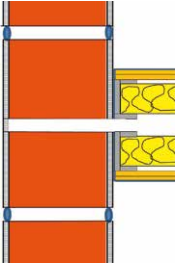
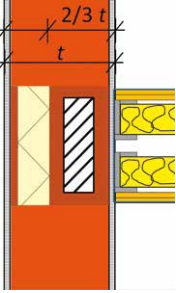
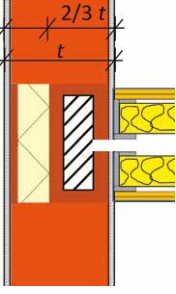
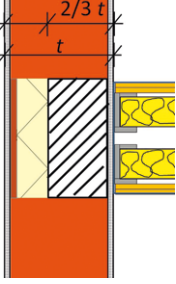


Bild 5 Außenansicht der HLz-AW mit Trennfugen bei M_12
Side view of hollow clay brick outer wall (HLz-AW) with inserted joints at approx. 0.65 m from the center-joint of the flanking facility corresponding to set-up M_12

Tab. 2 Übersicht der untersuchten Aufbauten mit Trennschnitten bzw. Trennfugen und Stützen in der HLz-AW
 Overview of studied set-ups including inserted joints and added homogenous elements

Messnr.	Kurzbezeichnung	Horizontalschnitt der Stoßstelle	Beschreibung
M_1	AW ohne TW		Durchlaufende HLz-AW ohne Leichtbau-TW.
M_2	AW mit TW		Durchlaufende HLz-AW mit Leichtbau-TW.
M_3	18 cm Schlitz in AW; ohne TW		Durchlaufende HLz-AW ohne Leichtbau-TW. Im Bereich der vertikalen Wandmitte zwischen dem Doppelständerprofil der Leichtbau-TW wurde von der Innenseite der Massivwand ein vertikaler Schnitt bis Wandmitte in die HLz-AW eingebracht.
M_4	18 cm Schlitz in AW; mit TW		Wie M_3, aber mit angeschlossener Leichtbau-TW.
M_5	Trennfuge in AW		Vertikale Trennfuge über die gesamte Wanddicke der HLz-AW.
M_6	Trennfuge in AW mit überputzter Trennfuge		Wie M_5, aber vertikale Trennfuge wurde außenseitig nachträglich überputzt und somit eine Verbindung (Schallbrücke) der beiden HLz-AW hergestellt.

Tab. 2 Fortsetzung
Continued

Messnr.	Kurzbezeichnung	Horizontalschnitt der Stoßstelle	Beschreibung
M_7	Zwei zusätzliche Trennfugen in AW		Wie M_6, aber beiderseits der angeschlossenen Leichtbau-TW im Abstand von jeweils ca. 14 cm von Mitte TW je eine vertikale Trennfuge über die gesamte Wanddicke der massiven HLz-AW als Vorbereitung für den späteren Rückbau. Somit wurde auch die flankierende Schallübertragung zweiter Ordnung über die Decke des Prüfstandes vermindert.
M_8	Stütze aus Schalungsziegel in AW		Rückbau eines vertikalen, ca. 280 mm breiten Streifens der HLz-AW im Bereich des Anschlusses zur Leichtbau-TW. Innenseitig Einbau eines halben Schalungsziegels (Z-15.20-334, d. h. ca. 250 mm Stützenbreite) mit einer Dicke von 240 mm (ca. 2/3 Wanddicke der HLz-AW); Schalungsziegel eingemörtelt und Kern mit Beton verfüllt. Außenseitig Einbau einer Deckenrandschale mit ca. 105 mm Wärmedämmung aus Polystyrol. Nachträglich vor Wiedereinbau der Leichtbau-TW innen- und außenseitig verputzt.
M_9	Schalungsziegel mit innenseitigem Schlitz in AW		Wie M_8, aber vertikaler Schlitz durch Innenputz und inneren Ziegelsteg des Schalungsziegels.
M_10	Betonstütze in AW		Rückbau der Schalungsziegelstütze und der Deckenrandschale aus Aufbau M_9. Innenseitig Einbau einer ca. 240 mm dicken Betonstütze. Außenseitig Einbau einer Deckenrandschale mit ca. 105 mm Wärmedämmung aus Polystyrol. Nachträglich vor Wiedereinbau der Leichtbau-Trennwand innen- und außenseitig verputzt.

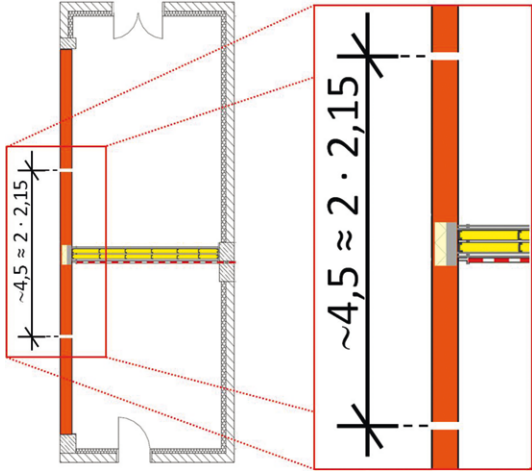
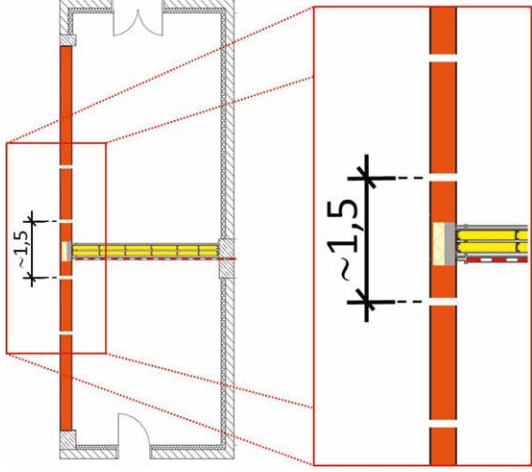
entsprechend der Normenreihe DIN EN ISO 10140 ermittelt werden. Das Schalldämm-Maß der HLz-AW kann jedoch durch Körperschallmessungen entsprechend Bild 6 bestimmt werden. Hierbei werden bei Luftschallanregung der Pegel im Senderaum L_1 sowie der mittlere Schnellepegel auf der Oberfläche des Bauteils im Senderaum (Innenseite $L_{v,i}$) oder auf der gegenüberliegenden Seite (Außenseite $L_{v,a}$) gemessen. Das mittels Schnellmessungen entsprechend Gl. (1) ermittelte Schalldämm-Maß erhält deshalb den Index v (R_v). Der Abstrahlgrad σ der HLz-Wand kann in einem weiten Frequenzbereich wie bei anderen massiven Bauteilen mit $\sigma = 1$ angenommen werden. Oberhalb der Koinzidenzgrenzfrequenz (f_g ca. 200 Hz) und unterhalb von ca. 2 kHz (oberhalb der Dickenresonanz) ist diese Annahme realistisch, in

den außerhalb liegenden Frequenzbereichen sind die mittels Körperschallmessungen ermittelten Schalldämm-Maße gegenüber der Norm-Luftschallmessung geringer, weil dort $\sigma < 1$ ist. Die Bewertung zur Einzahlangabe erfolgt nach DIN EN ISO 717-1:2013-06 [10].

$$R_{v,i} = L_1 - L_{v,i} - 6 \text{ dB} - 10 \cdot \lg \sigma \quad (1)$$

Im Bild 7 sind die Ergebnisse der durchgeführten Messungen dargestellt. Die Vielzahl der Ergebnisse ergibt sich aufgrund der durchgeführten Umbauten, wie z. B. Einbau der Leichtbau-TW, Schlitzen der HLz-AW im Bereich der Leichtbau-TW etc., entsprechend den in Tab. 2 und Tab. 3 dargestellten Umbauten. Hierdurch verändert sich das Schallfeld auf der HLz-AW und deren Energieableitung

Tab. 3 Übersicht der untersuchten Aufbauten mit unterschiedlichen Wandlängen der flankierenden HLz-Außenwände
 Overview of set-ups to investigate the influence of outer wall (HLz-AW) lengths on flanking transmission.

Messnr.	Kurzbezeichnung	Skizze	Beschreibung
M_11	Betonstütze; Fugen in AW in 2,15 m Abstand von TW		Wie M_10, zusätzlich zwei vertikale Trennfugen in ca. 2,15 m Abstand zur Leichtbau-TW, sodass die Wandgröße den Laboraufbauten für K_{ij} -Messungen entspricht.
M_12	Betonstütze; Schlitz in AW in ca. 0,65 m Abstand von TW		Wie M_11, zusätzlich zwei vertikale Trennfugen in ca. 0,65 m Abstand zur Leichtbau-TW, sodass die Wandgröße bauüblichen HLz-AW entspricht.

in den Prüfstand, wodurch auch bei den Messungen zur Schalldämmung der Wand mit einer gewissen Streuung zu rechnen ist.

Insgesamt liegt die Standardabweichung der ermittelten Schalldämm-Maße im Frequenzbereich von 200 Hz bis 2 kHz im Mittel bei 1,4 dB. Augenfällig sind allerdings die Unterschiede im Schalldämm-Maß zwischen Innen- und Außenseite im Frequenzbereich oberhalb von 2 kHz. Hier zeigt sich, dass die Steinoberflächen auf der angeregten Seite gegenüber der Außenseite um bis zu 10 dB stärker schwingen. Ursache hierfür sind Eigenschwingungen des Lochsteins, die in diesem Frequenzbereich auf der angeregten Seite deutlich stärker ausgeprägt sind [11]. Die Unterschiede zwischen Innen- und Außenseite liegen im Frequenzbereich oberhalb 2 kHz und spielen weder bei der Bewertung zur Einzahlangabe für die Direkt- noch für die Flankendämmung eine signifikante Rolle.

Das bewertete Schalldämm-Maß der HLz-AW lag im Mittel bei $R_{v,w} = 45$ dB. Werden die gemessenen Schalldämm-Maße entsprechend den Vorgaben in DIN 4109-4:2016-07 [12] auf den mittleren Bauverlustfaktor bezogen, ergibt sich

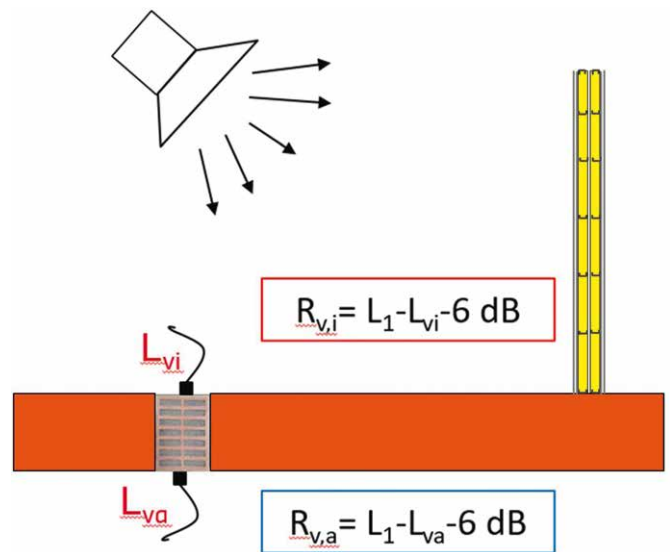


Bild 6 Schematische Darstellung der Messung des Direktschalldämm-Maßes mittels Körperschallmessungen auf der Innen- (L_{vi}) und auf der Außenseite (L_{va}) der HLz-AW
 Schematic diagram of measurement method to determine direct sound transmission loss of hollow clay brick outer wall (HLz-AW) with velocity level measurements on the inner (L_{vi}) and outer (L_{va}) surfaces.

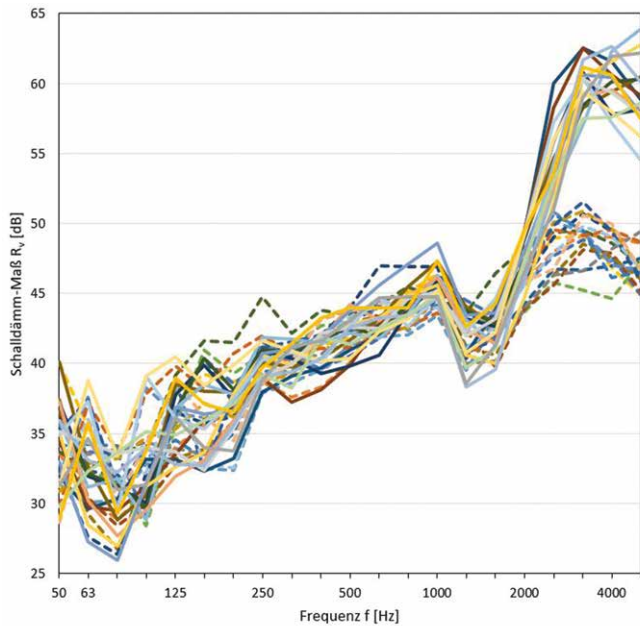


Bild 7 Mittels Körperschallmessungen ermittelte Schalldämm-Maße R_v auf der Innenseite (gestrichelte Linien) und auf der Außenseite (durchgezogene Linien) der HLz-AW
Estimated direct sound reduction index R_v with structure-borne velocity measurements on inner (dashed lines) and outer (solid lines) of outer hollow clay brick wall (HLz-AW)

ein bewertetes Schalldämm-Maß von $R_{v,Bau,ref,w} = 47,8$ dB. Diese Einzahlangabe aber auch die Terzwerte oberhalb 200 Hz stimmen relativ gut mit den verlustfaktorkorrigierten Schalldämm-Maßen aus einer Prüfung im Wandprüfstand gemäß DIN EN ISO 10140 überein.

3.2 Schnellepegeldifferenz

Die Messung der Schnellepegeldifferenz ist in DIN EN ISO 10848-1 geregelt und erfolgt, indem ein Bauteil, das Sendebauteil, mit Luft- oder Körperschall angeregt wird und auf diesem der Sendepiegel bestimmt wird. Parallel dazu wird der Empfangspegel auf dem zweiten Bauteil gemessen. Anschließend werden Sendebauteil und Empfangsbauteil vertauscht und die Messung in umgekehrter Richtung durchgeführt. Auf jedem Bauteil werden dabei an sechs Anrege- bzw. Empfangspositionen die Schnellepegel bestimmt. Die für die einzelnen Anrege- und Empfangspositionen ermittelten Schnellepegeldifferenzen werden arithmetisch zu einer mittleren Schnellepegeldifferenz gemittelt. Aus den beiden Schnellepegeldifferenzen für jede Übertragungsrichtung wird wiederum durch arithmetische Mittelung die richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz ermittelt. Bei den durchgeführten Messungen waren die beiden HLz-AW jeweils Sendebauteil und Empfangsbauteil. Der Übertragungsweg zwischen Massivwand und mehrschaliger Leichtbau-TW wird als vernachlässigbar angenommen und wurde deshalb nicht untersucht.

Die Körperschallanregung zur Bestimmung der Schnellepegel erfolgte mit einem Kunststoffhammer (ca. 500 g),

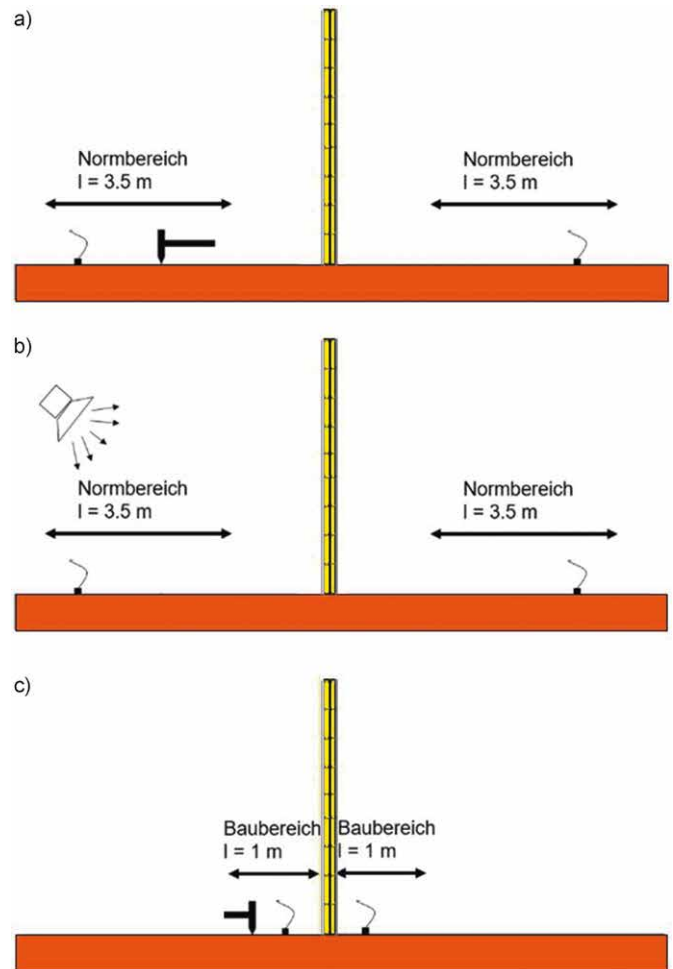


Bild 8 Messung der Schnellepegeldifferenz; a) bei Anregung mit einem Hammer im Normbereich, b) mit Luftschall, c) in einem für den Bau typischen Abstandsbereich
Measurement of velocity level difference; a) using standard excitation and receiving regions for structure-borne, b) airborne excitation, c) for reduced regions typically available in construction for structure-borne excitation

mit dem ungefähr zweimal in der Sekunde über einen Zeitraum von 20 Sekunden die Senderaumseite auf einer Fläche von ca. 2 m² angeregt wird. Die flächige Anregung mit Hammerschlägen entsprechend DIN EN ISO 10848-1 führt aufgrund der Anregung über eine Fläche von 1–2 m² besonders bei Lochsteinmauerwerk zu gesicherten Ergebnissen.

Weiterhin erfolgte bei einigen Messungen parallel hierzu eine Anregung im Senderaum mit Luftschall. Auch hierbei wurde die Pegeldifferenz zwischen Sendebauteil und Empfangsbauteil ermittelt.

Anregung und Messung der Schnellepegel erfolgten zunächst in dem normativ in DIN EN ISO 10848-1 festgelegten Bereich. Weiterhin wurde aber auch, wie im Bild 8 zu sehen, in einem direkt an das Trennbauteil angrenzenden AW-Bereich (Baubereich) angeregt und der Schnellepegel gemessen. Dieser zusätzliche Messbereich wurde hier mit einer Breite von $l = 1$ m gewählt, da er der typischen Bausituation einer, die TW flankierenden, Außenwand entspricht.

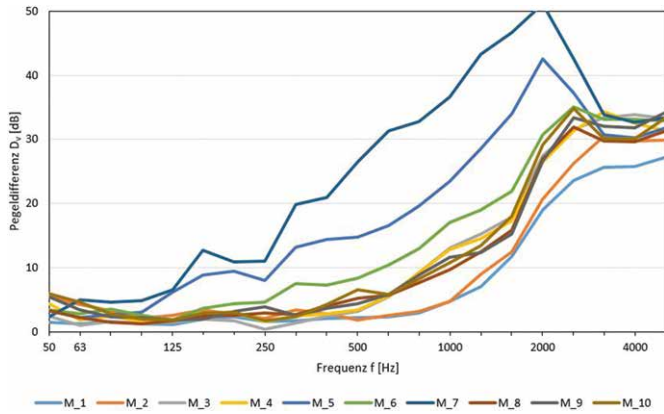


Bild 9 Richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz bei Anregung mit einem Hammer im Normbereich bei unterschiedlicher Ausführung der Stoßstelle (Tab. 2)
 Direction averaged velocity level difference for structure-borne excitation in standard area for different junction set-ups (Tab. 2)

Im Bild 9 sind die normgerecht entsprechend DIN EN ISO 10848-1 ermittelten Schnellepegeldifferenzen mit Hammeranregung für die Messungen M_1 bis M_10 dargestellt. Die Messungen M_1 (durchlaufende HLz-AW ohne TW) und M_2 (durchlaufende HLz-AW mit TW) zeigen sehr geringe Pegeldifferenzen von ca. 2 dB, die erst ab einer Frequenz von 800 Hz signifikant aufgrund der Ausbreitungsdämmung der HLz [13] ansteigen. Bis zu einer Frequenz von ca. 2 kHz ergibt sich durch den Einbau der TW keine nennenswerte Änderung der Schnellepegeldifferenz. Der Anschluss der leichten mehrschaligen TW an die HLz-AW bewirkt demnach keine Pegelminde- rung auf der HLz-AW.

Die Messungen M_3 (*t/2* geschlitzt ohne TW), M_4 (*t/2* geschlitzt mit TW), M_8 (Stütze Schalungsziegel), M_9 (Stütze Schalungsziegel geschlitzt) und M_10 (Stütze Beton) zeigen gegenüber der durchlaufenden HLz-AW (M_1 und M_2) einen sehr ähnlichen Verlauf mit nahe- zu keiner Verbesserung im Frequenzbereich unter 400 Hz und mit einer Verbesserung von ca. 5 dB im Frequenzbereich oberhalb von 500 Hz. Deutlich größer sind die Schnellepegeldifferenzen bei den Messungen M_5 (Trennschnitt), M_6 (Trennschnitt verputzt) und M_7 (zwei Trennschnitte). Die Schnellepegeldifferenz fällt um ca. 5 dB, wenn der Trennschnitt (M_5) verputzt wird (M_6) und zwei weitere Trennschnitte (M_7) erhöhen die Schnellepegeldifferenz deutlich. Die für alle Messungen nahezu konstanten Pegeldifferenzen ober- halb von 2500 Hz sind durch Grundgeräuschpegel ver- ursacht.

Neben der Hammeranregung wurde die Schnellepegeldif- ferenz auch bei Anregung mit Luftschall gemessen. Ver- gleicht man nun unterschiedliche Anregungen und Mess- bereiche, so ergibt sich Bild 10.

Die Unterschiede aufgrund der Anregung mit Luftschall gegenüber der Anregung mit dem Hammer sind sehr ge- ring und treten nur bei Frequenzen über 2000 Hz auf.

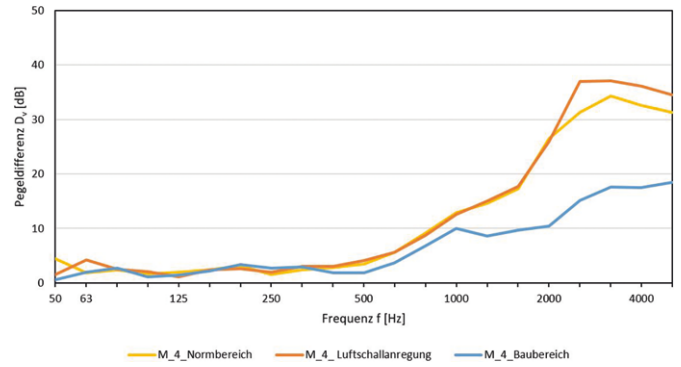


Bild 10 Richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz für die Stoßstelle M_4 (*t/2* Schlitz) bei Anregung mit einem Hammer im Normbereich, bei Anregung mit Luftschall und bei Messung im Baubereich (Anregung mit Hammer und Pegelmessung nur in bis max. 1 m von der Stoß- stelle entfernt)
 Direction averaged velocity level difference of set-up M_4 (slit of half wall depth) for three different measurement methods: structure-borne excitation at standard region (yellow), airborne excitation at standard region (orange), and structure-borne excitation at construction region (blue)

Wird allerdings im Nahbereich der Stoßstelle („Baubereich“) gemessen, ergeben sich oberhalb von 1000 Hz deutlich höhere Pegel auf der Empfangsseite und damit geringere Pegeldifferenzen. Diese geringeren Pegeldiffe- renzen erklären sich aus der verminderten Ausbreitungs- dämmung, da hier die Körperschallaufnehmer im Emp- fangsraum in geringeren Abständen zur Stoßstelle ange- bracht werden. Aufgrund der Ausbreitungsdämmung ergeben sich an kleineren Aufbauten messtechnisch ge- ringere Schnellepegeldifferenzen.

3.3 Körperschall-Nachhallzeiten

Zur Ermittlung des Stoßstellendämm-Maßes braucht es eine Messung der Körperschall-Nachhallzeit T_s . Der Ein- fluss der unterschiedlichen Stoßstellenausführungen auf die Körperschall-Nachhallzeit (KS-NHZ) der HLz-AW ist im Bild 11 dargestellt. Die in DIN EN ISO 10848-1 ge- nannte Messgrenze aufgrund der Einschwingzeiten der Terzfilter bei der Messung von Nachhallzeiten ist eben- falls dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Messgrenze nur unter 80 Hz (schwarz gestrichelte Linie) unterschrit- ten wird.

Im Bild 11 ist für beide Teile der AW zu erkennen, dass sich nur für die Messaufbauten M_11 (verkürzen auf 2 m) und besonders M_12 (verkürzen auf 0.5 m) systematisch deutlich kürzere Nachhallzeiten ergeben. Die durchge- führten Trennschnitte im Bereich der TW (M_3, M_4, M_5, M_6 und M_7) führen nicht zu einer systemati- schen Veränderung der Körperschall-Nachhallzeiten. Die Energieableitung über die TW hinweg ist demnach zu vernachlässigen. Unklar ist allerdings, warum durch die Trennschnitte beim Kürzen der Wand erheblich kür- zere Nachhallzeiten auftreten, da bei einer geringeren Energieableitung eigentlich mit längeren Nachhallzeiten zu rechnen ist.

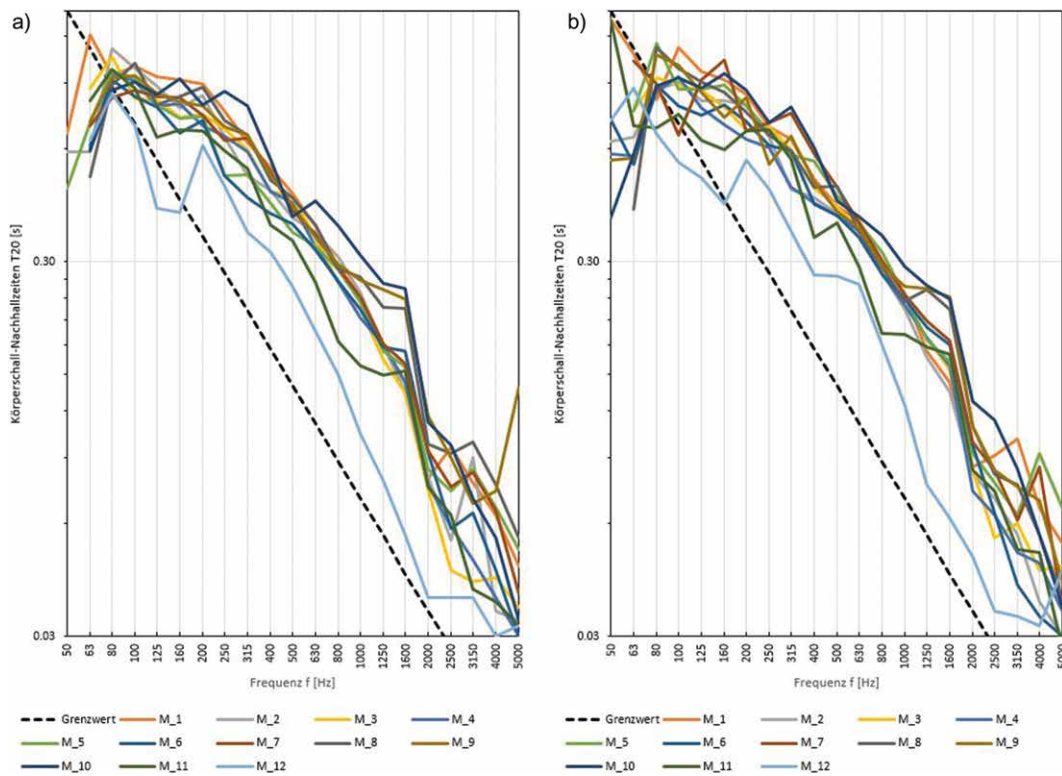


Bild 11 Vergleich der Körperschall-Nachhallzeiten (KS-NHZ); a) ermittelt auf der HLZ-AW 1, b) ermittelt auf HLZ-AW 2
Comparison of structure-borne reverberation times (KS-NHZ); a) on the hollow clay brick wall, HLZ-AW1; b) HLZ-AW2

3.4 Stoßstellendämm-Maß

Das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} wird als Eingangswert für die Berechnung der flankierenden Übertragung im Massivbau nach DIN 4109-2 benötigt. Messtechnisch wird es nach DIN EN ISO 10848-1 mit nachfolgender Formel aus der richtungsgemittelten Schnellepegeldifferenz $D_{v,ij}$ berechnet. Ein Korrekturterm berücksichtigt dabei die Länge der Stoßstelle l_{ij} und die Energieableitung in benachbarte Strukturen mithilfe der äquivalenten Absorptionslängen a_i und a_j .

$$K_{ij} = \overline{D_{v,ij}} + 10 \cdot \lg \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i \cdot a_j}} \quad (2)$$

Anzumerken ist, dass das Stoßstellendämm-Maß nach DIN EN ISO 10848-1 bei „starker Kopplung“ der Bauteile nicht relevant ist. Eine starke Kopplung ist nach DIN EN ISO 10848-1 bei den untersuchten Send- und Empfangswänden bei Schnellepegeldifferenzen kleiner 3 dB gegeben. Eine Messung des Stoßstellendämm-Maßes einer durchlaufenden Wand ohne Stoßstelle ist demnach nicht normgerecht. Da der Anschluss der mehrschaligen TW an die HLZ-AW keine Erhöhung der Schnellepegeldifferenz bewirkt, sollte auch bei dieser Konstruktionsvariante keine Auswertung des Stoßstellendämm-Maßes erfolgen. Anders ausgedrückt: bei der durchlaufenden HLZ-AW (M_1 und M_2) handelt es sich schalltechnisch nicht um zwei durch eine Stoßstelle getrennte Bauteile, sondern um eine Gesamtwand, an welcher eine Ermittlung des Stoßstellendämm-Maßes physikalisch nicht sinnvoll ist.

Weiterhin nicht relevant sind Stoßstellendämm-Maße an Bauteilen, die eine starke Abnahme des Schnellepegels mit der Entfernung aufweisen. Aufgrund der periodischen Struktur des Mauerwerks wird bei HLZ-AW oberhalb des Frequenzbereichs der Dickenresonanzen eine deutliche Pegelabnahme über die Entfernung festgestellt [14]. Die Anforderung nach DIN EN ISO 10848-1, Anhang A (Beurteilung der entfernungsbedingten Abnahme des Schnellepegels) mit einer Pegelabnahme < 6 dB auf der zu prüfenden Wand wird im Frequenzbereich oberhalb der Dickenresonanz nicht erfüllt. Der starke Anstieg der Schnellepegeldifferenz oberhalb von 1250 Hz im Bild 10 ist auf diese Pegelabnahme zurückzuführen. Dieser Frequenzbereich wird allerdings bei der Bestimmung einer Einzahlangabe des Stoßstellendämm-Maßes (arithmetischer Mittelwert im Frequenzbereich 200 Hz bis 1250 Hz) nicht herangezogen.

Aufgrund der geringen Unterschiede, die sich bei den Umbauten in den messtechnisch ermittelten Nachhallzeiten finden, ergeben sich für das Stoßstellendämm-Maß gegenüber der Schnellepegeldifferenz die gleichen Veränderungen aufgrund der unterschiedlichen konstruktiven Ausbildung im Bereich der Stoßstelle.

3.5 Norm-Flankenschallpegeldifferenz

Die Norm-Flankenschallpegeldifferenz wird nach DIN EN ISO 10848-1 in einem Prüfstand mit ausschließlich Flankenübertragung auf einem definierten Übertragungsweg ermittelt. Sie wird entsprechend Gl. (3) aus der

Schallpegeldifferenz zwischen Sende- und Empfangsraum entsprechend Bild 12 bestimmt und über die äquivalente Absorptionsfläche im Empfangsraum normiert. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Schallübertragung nur über einen festgelegten Flankenweg stattfindet. Für bestimmte Messvarianten (z. B. bei Trennschnitten) ist dies nicht mehr im gesamten Frequenzbereich aufgrund der Schallübertragung über die Leichtbau-TW sichergestellt. Vor allem tieffrequent konnte durch Messungen der Schallschnelle auf der flankierenden Wand nachgewiesen werden, dass eine Schallübertragung über die Leichtbau-TW aus gipsplattenbeplankten Metallständern erfolgt. Die ermittelten Norm-Flankenschallpegeldifferenzen werden deshalb als Mindestwerte angegeben.

$$D_{n,f} = L_1 - L_2 - 10 \cdot \lg \left(\frac{A}{A_0} \right) \quad (3)$$

Um den Einfluss der Luftschallübertragung durch die Leichtbau-TW auf das Messergebnis auszuschließen, wurde die Norm-Flankenschallpegeldifferenz auch durch Messungen des Schnellepegels auf dem Empfangsbauteil L_{v2} entsprechend Gl. (4) bestimmt:

$$D_{n,f,v} = L_1 - L_{v2} - 10 \cdot \lg \sigma - 10 \cdot \lg \left(\frac{4 \cdot S_f}{A_0} \right) \quad (4)$$

Die Berechnung der bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ und die Ermittlung der Spektrum-Anpassungswerte erfolgt nach DIN EN ISO 717-1. Auch hier wird der Abstrahlgrad σ der HLZ-AW wie bei anderen massiven Bauteilen mit $\sigma = 1$ angenommen (Abschnitt 3.2). Damit verbunden ist eine Unterschätzung der damit messtechnisch ermittelten Flankendämmung.

Die ermittelten Flankenschallpegeldifferenzen mit den entsprechenden Einzahlangaben sind im Bild 13 dargestellt.

Die ermittelten bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenzen liegen zwischen $D_{nf,w} = 47$ dB bei durchlaufender HLZ-AW (M_2) und $D_{nf,w} = 61$ dB bei zwei Trennschnitten in der HLZ-AW (M_7). Die Norm-Flankenschallpegeldifferenz im Bild 13a (Messung des Empfangsraumpegels entsprechend Bild 12a) ist im Frequenzbereich unter 125 Hz aufgrund der Schallübertragung über die Trennwand bei unterschiedlicher Stoßstellenausbildung nahezu konstant.

Die aus dem Schnellepegel auf der flankierenden HLZ-AW ermittelte Norm-Flankenschallpegeldifferenz (Bild 13b, Messung entsprechend Bild 12b) wird auch bei den tiefen Frequenzen von der Stoßstellenausbildung bestimmt. Bei den Messungen mit Trennfuge (M_5, M_7) sowie bei den Messungen an den verkürzten Wandscheiben (M_11 und M_12) werden die höchsten Norm-Flankenschallpegeldifferenzen ermittelt. Insgesamt steigt die Norm-Flankenschallpegeldifferenz mit der Frequenz, wobei oberhalb von 1250 Hz der stärkste Anstieg zu beobachten ist. Besonders deutlich ist dieser Anstieg bei

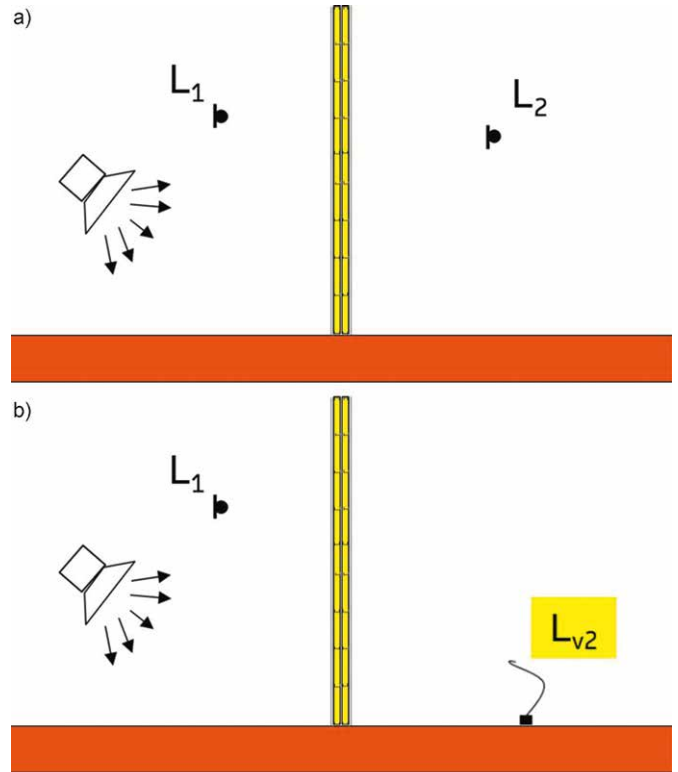


Bild 12 Ermittlung der Norm-Flankenschallpegeldifferenz der HLZ-AW (grau); a) durch Messung des Schalldruckpegels L_2 im Empfangsraum, b) durch Messung des Schnellepegels L_{v2} auf dem flankierenden Bauteil im Empfangsraum

Method to determine normalized flanking level difference of hollow clay brick wall (HLZ-AW gray), a) through measurements of sound pressure levels in source L_1 and receiving room L_2 , b) measurement of L_1 in source and velocity levels L_{v2} on flanking outer wall in receiving room

den Körperschallmessungen (Diagramm im Bild 13b) zu erkennen. Ursache sind hier wiederum Steinschwingungen [13], die sich nur bedingt im flankierenden Bauteil ausbreiten können und so zu einer hohen Norm-Flankenschallpegeldifferenz führen.

Bei sehr hohen Norm-Flankenschallpegeldifferenzen zeigt sich auch im Frequenzbereich oberhalb von 2 kHz eine gewisse Schallübertragung durch die TW, erkennbar am Einbruch bei der Grenzfrequenz, typisch für Gipskartonplatten.

Zu beachten sind auch Unterschiede, die sich bei den Messungen M_10, M_11 und M_12 ergeben. In dieser Messreihe wurde die Stoßstelle selbst nicht verändert, jedoch wurde die Länge der flankierenden Außenwände von Prüfstandsgröße (M_10: $l_1 = 5,2$ m und $l_2 = 4,7$ m) in einem ersten Schritt auf eine Wandlänge von je 2,15 m (M_11: $l_1 = l_2 = 2,15$ m) und in einem zweiten Schritt auf eine Wandlänge von je 0,65 m (M_12: $l_1 = l_2 = 0,65$ m) vermindert. Mit einer kleineren Außenwandfläche, wie sie häufig im mehrgeschossigen Wohnungsbau flankierend zu den Trennwänden vorzufinden ist, ergibt sich gegenüber der Prüfstandsituation für die untersuchte HLZ-AW eine bis zu 7 dB höhere bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz.

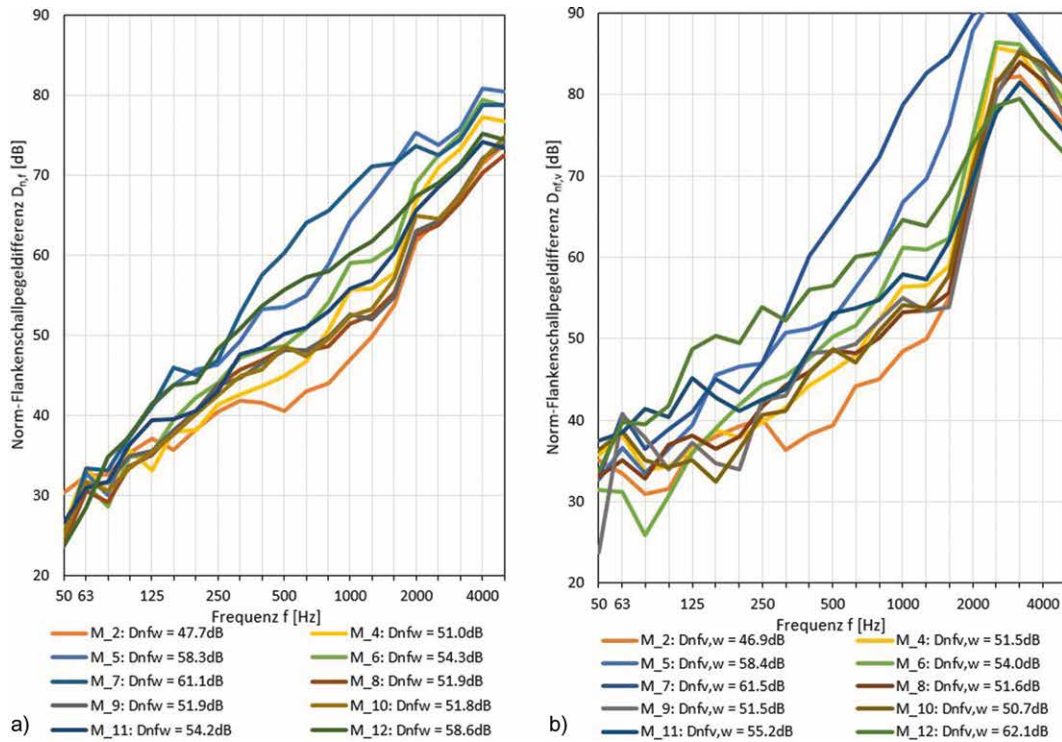


Bild 13 Norm-Flankenschallpegeldifferenz; a) ermittelt durch Messung des Schalldruckpegels L_2 im Empfangsraum, b) durch Messung des Schnellepegels L_{v2} auf dem flankierenden Bauteil im Empfangsraum
Normalized flanking level difference; a) determined through measurement of sound pressure level L_2 , b) velocity level L_{v2} in the receiving room (note with different scaling)

Vergleicht man die ermittelten Einzahlangaben der Norm-Flankenschallpegeldifferenz für die untersuchten Konstruktionen mit Zielwerten für einen Einsatz im Geschosswohnungsbau (Mindestanforderung bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'_w \geq 53$ dB, erhöhte Anforderung $R'_w \geq 56$ dB mit Zielwerten von $D_{n,f,w} \geq 60$ dB bzw. 63 dB) so erkennt man, dass diese Anforderungen bei sorgfältiger Planung nur unter Verwendung von HLz-AW mit einem hinreichend hohen Direktschalldämm-Maß, bei kleinen Flankenflächen bzw. entsprechender Wahl der Stoßstellenausbildung erreicht werden.

4 Erkenntnisse aus den Untersuchungen

4.1 Vergleich der verschiedenen Konstruktionen

Der Anschluss einer Leichtbau-TW an eine HLz-AW hat keinen Einfluss auf die Stoßstellendämmung der HLz-AW. Läuft die HLz-AW ohne zusätzliche Maßnahme (Trennschnitt oder Materialwechsel) durch, so kann zur Berechnung des Flankenschalldämm-Maßes $R_{ij,w}$ zur Berücksichtigung der Stoßstelle der Wert $K_{ij,min}$ herangezogen werden. Mit den durchgeführten Messungen konnte gezeigt werden, dass bei Außenwänden aus hochwärmedämmenden HLz in Verbindung mit Leichtbau-Trennwänden keine verstärkte Längsleitung aufgrund von Dickenschwingung auftritt.

Eine vollständige Trennung der durchlaufenden HLz-AW (im Forschungsvorhaben durch einen Trennschnitt reali-

siert) erhöht das Stoßstellendämm-Maß und die Norm-Flankenschallpegeldifferenz deutlich, wobei bei den Messungen im Labor, wie auch am Bau die Trennung sowohl durch die TW selbst als auch im Bereich Wandfuß und Wandkopf über die durchlaufenden Decken „überbrückt“ wird. Durch solch eine Trennung sind Verbesserungen im Bereich von ca. $\Delta K_{ij} = 12$ dB gegenüber $K_{ij,min}$ zu erwarten. Wird die Trennung im Außenbereich durch eine Putzschicht überbrückt, vermindert sich die Verbesserung auf ca. $\Delta K_{ij} = 6$ dB.

Wird die HLz-AW im Bereich der Stoßstelle durch einen Trennschnitt mit einer halbsteinstarken Schnitttiefe getrennt oder werden die HLz im Bereich der Stoßstelle auf einer Breite von mindestens 25 cm durch Vollsteine bzw. Verfüllziegel oder ein Betonelement mit außenseitiger Wärmedämmung ersetzt, kann das Stoßstellendämm-Maß um $\Delta K_{ij} = 3$ dB erhöht werden.

4.2 Bauübliche Prüfaufbauten

Die Auswertungen im Abschnitt 3 zeigen, dass bei einer Anwendung des vereinfachten Nachweisverfahrens nach DIN 4109-2 mit Einzahlwerten der Direktschalldämm-Maße R_w bzw. $R_{w,Bau,ref}$ und der Stoßstellendämm-Maße K_{ij} keine höhere Genauigkeit erreicht wird, wenn die Stoßstellendämm-Maße an Prüfaufbauten mit Abmessungen nach den Vorgaben von DIN EN ISO 10848-1 ermittelt werden. Werden Stoßstellendämm-Maße von HLz-AW am Bau oder an verkürzten Modellstößen ermittelt,

Tab. 4 Ermittelte Einzahlwerte für Norm-Flankenschallpegeldifferenz, Stoßstellendämm-Maß und richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz für die unterschiedlichen Untersuchungsvarianten M_1 bis M_12
Measured single number values of normalized flanking level difference, vibration reduction index, and velocity level difference for set-ups M_1 to M_12

		M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9	M_10	M_11	M_12
$D_{nf,w}$	[dB]		47,7		51,0	58,2	54,1	61,1	51,3	51,7	51,7	54,3	58,2
K_{ij}	[dB]	2,7 ¹⁾	2,9 ¹⁾	5,2	5,4	15,8	9,3	25,6	5,6	6,0	6,5		
$K_{ij,1m^2}$	[dB]		1,3 ¹⁾	3,8	3,9	14,4	7,6	25,0	3,8		5,7	3,6	1,6
$D_{v,KS, Norm}$	[dB]	3,0	3,6	5,8	6,2	16,5	10,2	25,9	5,9	6,3	6,2		
$D_{v,KS, Bau}$	[dB]	1,0	2,0	4,4	4,6	15,0	8,4	25,3	4,2		5,4	5,0	4,3

¹⁾ Auswertung aufgrund geringer Pegeldifferenz nach DIN EN ISO 10848-1 nicht zulässig.
Leere Felder: hier wurden keine Messungen durchgeführt.

ergeben sich gegenüber einer Normmessung geringfügig niedrigere Stoßstellendämm-Maße. Auch die mit diesen Werten ermittelten Flankenschalldämm-Maße führen bei der Berechnung der zu erwartenden Schalldämmung zu einer guten Übereinstimmung von Berechnung und Messung.

Bauakustische rechnerische Nachweise können mit Prüfwerten der Stoßstellendämm-Maße K_{ij} geführt werden, die durch Messungen an – verglichen mit Prüfaufbauten gemäß DIN EN ISO 10848-1 – verkürzten Laborstößen ermittelt wurden.

Der bauübliche Anschluss einer Leichtbau-TW (gipsplattenbeplante Metallständerwand) hat keinen signifikanten Einfluss auf das Stoßstellendämm-Maß der flankierenden Außenwand aus HLz-Mauerwerk. Bei der Messung des Stoßstellendämm-Maßes mit verschiedenen Konstruktionsvarianten der Knotenpunktausbildung kann bei der Messung des Stoßstellendämm-Maßes K_{ij} auf den Aufbau der Leichtbau-TW verzichtet werden.

4.3 Berechnung von Einzahlangaben

Entsprechend DIN EN ISO 12354-1 [15] kann das Flankenschalldämm-Maß mit dem vereinfachten Modell mithilfe der entsprechenden Einzahlangaben oder mit dem detaillierten Modell frequenzabhängig ermittelt werden. Vergleicht man die messtechnisch ermittelten bewerteten Flankenschalldämm-Maße mit rechnerisch, aus gemessenen Schall- und Stoßstellendämm-Maßen, sowohl frequenzabhängig als auch über Einzahlangaben, ermittelten Werten, ergibt sich für die meisten Konstruktionsvarianten eine zufriedenstellende Übereinstimmung. Für den Aufbau M_7 (doppelter Trennschnitt) ergibt sich allerdings keine gute Übereinstimmung, aufgrund der hier dominierenden Übertragung über die Trennwand selbst.

Bei der durchlaufenden Wand (M_1 und M_2) wurden Pegeldifferenzen von unter 3 dB ermittelt, so dass für diese Konstruktion nach DIN EN ISO 10848-1 keine Auswertung des Stoßstellendämm-Maßes erfolgen darf. Wird für diesen Fall dennoch das Stoßstellendämm-Maß

ausgewertet, liegen die ermittelten Werte deutlich über den rechnerisch zu erwartenden Werten von $K_{ij,min}$. Eine Berechnung des Flankenschalldämm-Maßes mit diesen messtechnisch ermittelten Stoßstellendämm-Maßen der durchlaufenden HLz-AW führt zu einer Überschätzung der zu erwartenden Flankendämmung. Daher ist bei der Berechnung der Schalldämmung nach DIN 4109-2 von trennenden Bauteilen aus Leichtbau-Trennwänden (gipsplattenbeplante Metallständerwände), die stumpf an die flankierende Außenwand aus HLz-Mauerwerk angeschlossen sind, das Mindest-Stoßstellendämm-Maß $K_{ij,min}$ anzusetzen.

Im Frequenzbereich der Dickenschwingungen (bis 3 Terzen unter dem lokalen Minimum des Dämmungseinbruchs bei $f = 1250$ Hz [16]) und oberhalb werden die Gesamtverluste der HLz-Wand allerdings nicht durch die Randverluste bestimmt. In diesem Frequenzbereich ist deshalb entsprechend DIN EN ISO 10848-1 die richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenz auszuwerten. Der Frequenzbereich zur Ermittlung der Einzahlangaben des Stoßstellendämm-Maßes (Mittelwert im Frequenzbereich: 200 Hz bis 1250 Hz) liegt größtenteils in dem Bereich, in dem die Randverluste die Gesamtverluste bestimmen, sodass die Angabe des Stoßstellendämm-Maßes K_{ij} in Form einer Einzahlangabe für übliche HLz möglich ist.

Die Berechnung der zu erwartenden Schalldämmung von trennenden Bauteilen aus Leichtbau-Trennwänden (z. B. gipsplattenbeplante Metallständerwände) mit flankierenden Bauteilen aus HLz-Mauerwerk kann nach DIN 4109-2 erfolgen. Als Eingangsdaten können für die untersuchte HLz-AW die im Prüfstand ermittelten Einzahlangaben der Stoßstellendämm-Maße bzw. die bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenzen für die messtechnisch erfassten Stoßstellenvarianten der HLz-AW verwendet werden.

4.4 Vorschlag für normative Berechnung

Die in dem Abschnitt 4.1 beschriebenen ermittelten Verbesserungen der Stoßstellendämm-Maße ΔK_{ij} gegenüber

einer durchlaufenden HLz-AW können nach Auffassung der Autoren allgemein auf massives, monolithisches, hochwärmedämmendes HLz-Mauerwerk nach DIN 4109-32, 4.1.4.3 (Dicke > 240 mm und Rohdichteklasse < 1,0) angewendet werden.¹

Die Berechnung des bewerteten Schalldämm-Maßes R'_w zwischen Räumen mit einer Leichtbau-TW (z. B. gipsplattenbeplankte Metallständerwand) und einer Außenwand aus massivem, monolithischem, hochwärmedämmendem Mauerwerk aus Hochlochziegeln nach DIN 4109-32, 4.1.4.3 ist unter Anwendung von DIN 4109-2 wie folgt durchzuführen:

Für den stumpfen Anschluss der Leichtbau-TW an die HLz-AW wird für den Schallübertragungsweg AW-AW (Ff) entlang des HLz-Außenmauerwerks das Mindest-Stoßstellendämm-Maß $K_{ij,min}$ gemäß DIN 4109-2, 4.2.2.2 angesetzt. Die Wege AW-TW (Fd) bzw. TW-AW (Df) werden im rechnerischen Nachweis nicht berücksichtigt.

Das Mindest-Stoßstellendämm-Maß $K_{ij,min}$ kann um folgende Werte ΔK_{ij} erhöht werden, wenn im HLz-Außenmauerwerk im Bereich des Anschlusspunktes der Leichtbau-TW eine der folgenden konstruktiven Maßnahmen durchgeführt wird:

- a) $\Delta K_{ij} = +3$ dB:
- Einbau eines Schlitzes im HLz-Außenmauerwerk raumseitig bis zur Tiefe der halben Wanddicke.
 - Einbau einer ca. 30 cm breiten Stütze aus Schallschutzziegeln, Beton oder Stahlbeton mit einer Stärke von ca. 2/3 der Wanddicke, verfüllt mit unbewehrtem Beton in der Ebene des HLz-Außenmauerwerks. Außenseitig ca. 1/3 der Wanddicke Stirndämmung aus Mineralwolle oder Polystyrol.
- b) $\Delta K_{ij} = +6$ dB:
- Einbau einer Trennfuge im HLz-Außenmauerwerk über die gesamte Wanddicke; Trennfuge im Außenbereich überputzt.

¹ Der Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V. wird beim DIN-Ausschuss NA 005-55-75 AA (Arbeitsausschuss Nachweisverfahren, Bauteilkatalog, Sicherheitskonzept) beantragen, die Ergebnisse in das Bemessungsverfahren nach DIN 4109-2 in Verbindung mit DIN 4109-32 aufzunehmen.

Literatur

- [1] DIN 4109-32:2016-07 (2016) *Schallschutz im Hochbau – Teil 32: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Massivbau*. Beuth, Berlin.
- [2] DIN 4109-2:2018-01 (2018) *Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen*. Beuth, Berlin.

c) $\Delta K_{ij} = +12$ dB:

- Einbau einer Trennfuge im HLz-Außenmauerwerk über die gesamte Wanddicke; Trennfuge dauerelastisch geschlossen.

5 Zusammenfassung

Im Flankenprüfstand der Hochschule für Technik Stuttgart wurde die Stoßstellendämmung auf dem Übertragungsweg AW-AW (Ff) an einem T-Stoß mit einer Außenwand aus HLz-Mauerwerk und einer Leichtbau-TW untersucht. Mit den durchgeführten Umbauten konnte der Einfluss unterschiedlicher Knotenpunktausbildungen auf die Stoßstellendämmung und damit die flankierende Übertragung ermittelt werden (siehe Tab. 4). Die Ergebnisse dieser messtechnischen Untersuchungen können wie folgt zusammengefasst werden:

- Ein bauüblicher Anschluss der Leichtbau-TW an die HLz-Außenwand hat keinen Einfluss auf die Pegeldifferenz oder das Stoßstellendämm-Maß auf dem Weg Ff.
- Das Stoßstellendämm-Maß auf diesem Übertragungsweg kann für eine durchlaufende HLz-Außenwand durch $K_{ij,min}$ beschrieben werden.
- Durch konstruktive Maßnahmen an der HLz-Außenwand im Bereich der Stoßstelle (Trennfuge, Beton- oder Mauerwerksstütze) kann die Schnellepegeldifferenz und damit das Stoßstellendämm-Maß erhöht werden.
- Ein Verkürzen der Außenwandlänge im Prüfstand auf bauübliche Längen durch entsprechende Trennschnitte zeigt, dass die Norm-Flankenschallpegeldifferenz bei den bauüblichen kleinen Außenwandlängen deutlich größer wird, obwohl die messtechnisch ermittelten Stoßstellendämm-Maße an diesen verkürzten Stößen geringer sind.
- Die an den betrachteten genannten hochwärmedämmenden Plan-Hochlochziegeln ermittelten Differenzen der Stoßstellendämm-Maße sind auf andere HLz entsprechend DIN 4109-32, 4.1.4.3 übertragbar.

Die Schallübertragung zwischen der Leichtbau-TW und der Außenwand aus HLz-Mauerwerk hatte bei diesen Untersuchungen keinen Einfluss auf die resultierende Schalldämmung. Die Übertragungswege von Leichtbau-TW auf die HLz-Außenwand und umgekehrt können daher im Rahmen einer Berechnung der Schalldämmung zwischen Räumen vernachlässigt werden.

- [3] DIN EN ISO 10848-1:2018-02 (2018) *Akustik – Messung der Flankenübertragung von Luftschall, Trittschall und Schall von gebäudetechnischen Anlagen zwischen benachbarten Räumen im Prüfstand und am Bau – Teil 1: Rahmendokument*. Beuth, Berlin.

- [4] Gierga, M.; Schneider, M.; Fischer, H.-M. (2016) *Luftschalldämmung im mehrgeschossigen Wohnungsbau mit Hochlochziegelmauerwerk – Prognosen nach DIN 4109:2016 und Vergleich mit Messwerten* in: Bauphysik 38, H. 4.
- [5] Astolfi, A.; Schiavi, A. et al. (2008) *In situ evaluation of the vibration reduction index Kij* in: The Journal of the Acoustical Society of America 123, 3615.
- [6] Crispin, C.; Ingelaere, B.; Vermeir, G. (2008) *Innovative building systems to improve the acoustical quality in lightweight masonry constructions: Application of resilient joints at junctions-PART 1: analysis of the experimental results*, Paris, Proceedings of Acoustics08 EURONOISE, 2008 S. 3053-3058
- [7] Naumann, K. (2019) *Bauakustische Bemessung von Mehrgeschossbauten mit monolithischen Ziegel-Außenwänden*. Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im BV der Deutschen Ziegelindustrie e. V., DAGA 2019.
- [8] Naumann, K. (2020) *Bauakustische Bemessung von Mehrgeschossbauten mit monolithischen Ziegel-Außenwänden*, Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel im BV der Deutschen Ziegelindustrie e. V., DAGA 2020.
- [9] Deutsche Poroton GmbH (2019) *Allgemein bauaufsichtliche Zulassung Z-17.1-1120*. DiBt, Berlin.
- [10] DIN EN ISO 717-1:2013-06 (2013) *Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung (ISO 717-1:2013)*. Beuth, Berlin.
- [11] Schneider, M., Fischer, H.-M. (2008) *Einfluss des Verlustfaktors auf die Schalldämmung von Lochsteinmauerwerk* in: Bauphysik 30 (2008), Heft 6, S. 453–462.
- [12] DIN 4109-4:2016-07 (2016) *Schallschutz im Hochbau – Teil 4: Bauakustische Prüfungen*. Beuth, Berlin.
- [13] Schneider, M.; Fischer, H.-M. (2006) *Direkt- und Flanken-dämmung von Hochlochziegelmauerwerk – Teil 1: Neue Entwicklungen und normative Umsetzung*. Tagungsband 81, S. 31–4, Bauphysikertreffen der HfT Stuttgart.
- [14] Ade, S. (1999) *Schalltechnische Besonderheiten bei der Ermittlung des Stoßstellenverhaltens gemauerter Wände* [Diplomarbeit]. Fachhochschule Stuttgart.
- [15] DIN EN ISO 12354-1:2017-11 (2017) *Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen (ISO 12354-1:2017)*; Deutsche Fassung EN ISO 12354-1:2017. Beuth, Berlin.
- [16] Schneider, M.; Weber, L.; Fischer, H.-M.; Müller, S.; Gierga, M. (2010) *Verlustfaktor-Korrektur bei gefülltem Ziegelmauerwerk* in: Bauphysik 32, H.1, S. 17–26.

Autoren

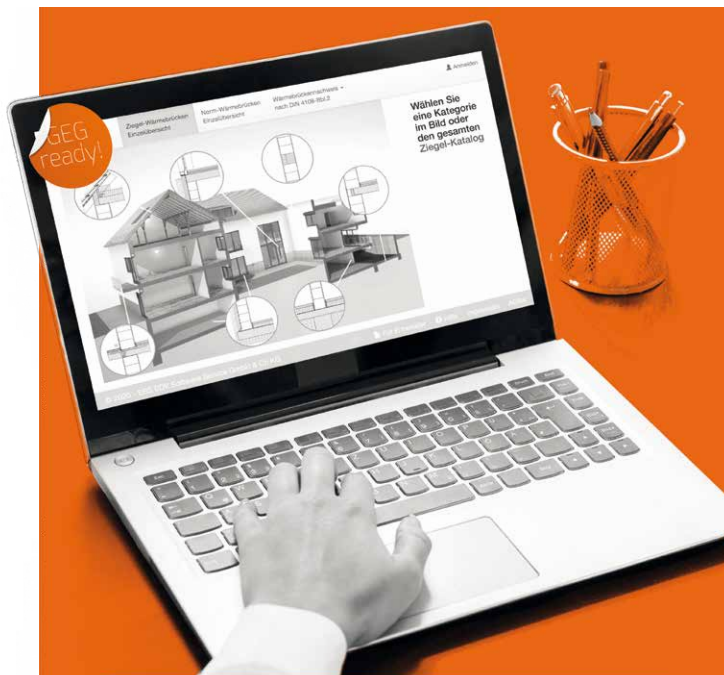
M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Martin Schneider
martin.schneider@hft-stuttgart.de
Hochschule für Technik Stuttgart
Zentrum für akustische und thermische Bauphysik
Schellingstr. 24
70174 Stuttgart

Dipl.-Ing. Kai Naumann (Korrespondenzautor)
naumann@ziegel.de
Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V.
Fachgruppe Hintermauerziegel
Reinhardtstraße 12–16
10117 Berlin

Prof. Dr.-Ing. Berndt Zeitler
berndt.zeitler@hft-stuttgart.de
Hochschule für Technik Stuttgart
Zentrum für akustische und thermische Bauphysik
Schellingstr. 24
70174 Stuttgart

Zitieren Sie diesen Beitrag

Schneider, M.; Naumann, K.; Zeitler, B. (2021) *Flankenübertragung von Hochlochziegelmauerwerk mit Leichtbau-Trennwänden*. Bauphysik 43, H. 4, S. 243–257. <https://doi.org/10.1002/bapi.202100019>



**WÄRMEBRÜCKEN
ENERGIE
SCHALL**



www.lebensraum-ziegel.de/software

Die IT-Tools der Ziegelindustrie für einfache Nachweisführung und verlässliche Prognosesicherheit



**BROSCHÜREN DER
ZIEGELINDUSTRIE**



kostenlos zum Download auf
www.ziegel.de/hintermauerziegel