

Schallübertragung von Hochlochziegelmauerwerk bei leichten mehrschaligen Trennwänden

Kai Naumann¹, Martin Schneider², Prof. Berndt Zeitler²

¹ Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V., 10117 Berlin, E-Mail: naumann@ziegel.de

² Hochschule für Technik Stuttgart, Schellingstr. 24, 70174 Stuttgart

E-Mail: martin.schneider@hft-stuttgart.de, berndt.zeitler@hft-stuttgart.de

Einleitung

Die flankierende Schallübertragung von Mauerwerk aus Hochlochziegeln (HLz) wird durch die Direktdämmung der HLz und das Stoßstellendämm-Maß bestimmt. Bei Trennwänden aus mehrschaligen Trockenbaukonstruktionen ist die Stoßstellendämmung entlang der durchlaufenden Außenwand gegenüber massiven Trennwänden deutlich vermindert. In DIN 4109-32 ist dieser Schallübertragungsweg nicht direkt abgebildet, allerdings kann bei der Berechnung nach DIN 4109-2 für die flankierende Schallübertragung der Mindestwert des Stoßstellendämm-Maßes berücksichtigt werden.

Im Rahmen eines vom Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V. beauftragten Projektes wurden im Flankenprüfstand der HFT Stuttgart unterschiedliche Knotenpunktausführungen im Bereich der Stoßstelle untersucht und geeignete Eingangsparameter zur Berechnung der flankierenden Schallübertragung ermittelt. Hierbei konnten auch verbesserte Konstruktionen zur Erhöhung der Stoßstellendämmung überprüft und entsprechende Lösungen quantitativ erfasst werden.

Des Weiteren wurde bestätigt, dass Prüfwerte von Stoßstellendämm-Maßen in rechnerischen Nachweisen nach DIN 4109-2 verwendet werden können, die an Aufbauten mit verkürzten Wandlängen ermittelt werden, die kleiner sind als Aufbauten im Prüflaboratorium nach ISO 10848-1.

Weitere ausführliche Informationen zu den Messungen und den Ergebnissen sind in [1] dargestellt.

Motivation

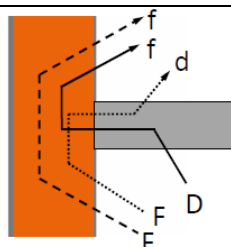
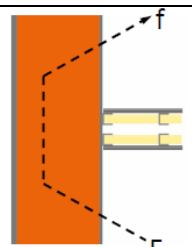
In Mehrgeschossbauten werden Trennwände beispielsweise in Hotelbauten und zunehmend auch im Wohnungsbau als Leichtbau-Trennwände ausgeführt. Die Flexibilität in der Grundrissgestaltung oder Gewichtsersparnis sind nur einige der Gründe für diese Trennwandkonstruktion. Die Außenwände der Gebäude werden aus Mauerwerk aus hochwärmedämmenden monolithischen HLz erstellt.

An den Anschlusspunkten von Massivwänden mit Leichtbau-Trennwänden (TW) ist eine, gegenüber Anschlüssen mit massiven Trennwänden, verminderte Stoßstellendämmung vorhanden. Um die Schall-Längsübertragung über die flankierende Außenwand (AW) bei TW zu reduzieren, wurden im Flankenprüfstand der HFT Stuttgart konstruktive Maßnahmen zur Verbesserung der Stoßstellendämmung untersucht.

Bei Stoßstellen von zwei massiven Wänden (massiv/massiv) werden die drei Stoßstellendämm-Maße K_{Ff} , K_{Fd} und K_{Df}

gemäß DIN 4109-32 aus den flächenbezogenen Massen berechnet. Bei Bauteilknoten einer flankierenden Massivwand mit einer Leichtbau-Trennwand (massiv/leicht) sind die Schallübertragungswege K_{Fd} und K_{Df} nicht maßgebend und werden in der Berechnung nicht berücksichtigt. Relevant ist hingegen der Weg Ff entlang der massiven HLz-AW. Dieses Stoßstellendämm-Maß wird bei der Kombination massiv/leicht wie in Tabelle 1 abgebildet über das Mindest-Stoßstellendämm-Maß $K_{ij,min}$ gemäß DIN 4109-2, 4.2.2.2 berücksichtigt.

Tabelle 1: T-Stoß nach DIN 4109-32

	massiv/massiv	massiv/leicht
		
K_{Ff}	Gl. (27) oder (28)	$K_{ij,min}$
K_{Fd}		Nicht maßgebend.
K_{Df}	Gl. (26)	Einfluss wird nicht berücksichtigt.

Zum Erreichen der jeweils geltenden bauakustischen Anforderungen können Verbesserung der Stoßstellendämmung erforderlich werden. Hierfür waren Lösungen zu entwickeln, um die Schall-Längsübertragung entlang der Außenwand zu reduzieren und es mussten Verbesserungswerte der Stoßstellendämm-Maße quantitativ ermittelt werden.

Rechnerische Nachweise nach DIN 4109-2 werden für Gebäude mit Außenwänden aus hochwärmedämmendem monolithischem Ziegelmauerwerk mit Stoßstellendämm-Maßen geführt, die meist an Prüfaufbauten mit verkürzten Wandlängen durch Messungen ermittelt werden. Diese Aufbauten sind kleiner als die Aufbauten im Prüflaboratorium nach DIN EN ISO 10848-1. Der Flankenprüfstand der HFT Stuttgart erfüllt die geometrischen Anforderungen vorgenannter Norm. Insofern konnte durch Verkürzung der Wandlängen systematisch untersucht werden, inwieweit die Stoßstellendämm-Maße hierdurch abweichen.

Prüfstand und Versuchsaufbauten

Der Prüfaufbau wurde im Flankenprüfstand der HFT Stuttgart errichtet. Dieser entspricht den erforderlichen Abmaßen gemäß ISO 10848-1 für Aufbauten im Prüflaboratorium. Die flankierende Außenwand bestand aus

hochwärmedämmendem monolithischem HLZ-Mauerwerk der Dicke 36,5 cm, zuzüglich beidseitigem Putz. Das Direktschalldämm-Maß betrug $R_{w,Bau,ref} = 48,2$ dB. Das Mauerwerk wurde als eine durchgehende Wand errichtet, die die Bodenfuge des Prüfstandes überbrückte.

Das Trennbauteil war eine Leichtbaukonstruktion aus einer Doppelständer-Metallunterkonstruktion, beidseitig jeweils mit zwei Lagen je 12,5 mm Gipsplatten GKFI beplankt. Zwischen den Metallständern der Unterkonstruktion war jeweils Mineralfaserdämmung eingelegt. Die Leichtbau-Trennwand war parallel zur Bodentrennfuge des Prüfstandes errichtet und stand vollständig auf der Senderaumseite (größerer Raum des Flankenprüfstandes).

Die folgende Abbildung 1 zeigt den Grundaufbau der Prüfreihe. Der schwarz gestrichelte Bereich markiert den Anschlusspunkt der Leichtbau-Trennwand an die HLZ-Außenwand. Die Detailausbildungen dieses Bereiches sind in Tabelle 2 beschrieben und skizziert.

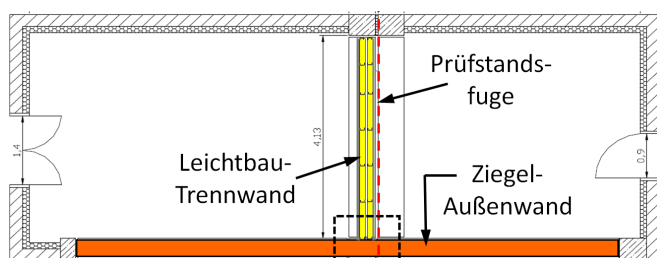


Abbildung 1: Grundrisssskizze Prüfaufbau im Flankenprüfstand der HFT Stuttgart.

Der in Abbildung 1 skizzierte Aufbau stellt die Grundvariante dar (siehe Tabelle 2 Nr. I). Die Leichtbau-Trennwand schließt stumpf an die HLZ-Außenwand an.

Für die Messung Nr. II wurde mit einem Schneidewerkzeug ein etwa halbsteinstarker Schnitt von der Innenseite in die HLZ-Wand eingebracht. Hierfür wurde zuvor die Leichtbau-Trennwand entfernt und nachträglich wieder geschlossen.

Beim Aufbau Nr. III wurde die HLZ-Außenwand komplett über die gesamte Wanddicke durch eine Fuge getrennt. Beim Aufbau Nr. IV wurde die Außenputzschicht wieder geschlossen und somit wiederum eine massive Verbindung hergestellt.

Der Aufbau Nr. V entspricht der Situation, bei der nicht nur der Schallübertragungsweg über die Außenwand getrennt war, sondern auch der Schallübertragungsweg zweiter Ordnung über die Deckenkonstruktion. Hierdurch ergibt sich die höchste Flankendämmung.

Abbildung 2 zeigt eine Innenansicht aus dem Prüfstand mit Blick auf die HLZ-Außenwand. Hier wurde die HLZ-Außenwand in dem Bereich zurückgebaut, an dem nachträglich beim Aufbau Nr. VI eine Stütze aus Schalungziegeln eingebaut wurde.

Als letzte Variante wurde abschließend untersucht, ob sich das schalltechnische Verhalten ändert, wenn statt der Stütze aus Schalungziegeln eine Betonstütze verbaut ist (Aufbau Nr. VII). Im Falle der Aufbauten Nr. VI und VII wurde vor

der massiven Stütze zur Wärmedämmung außenseitig eine Deckenrandschale in die Konstruktion integriert.



Abbildung 2: Ansicht der Aussparung für die nachträglich eingebaute Stütze.

Tabelle 2: Übersicht der betrachteten Aufbauten und jeweilige Verbesserungen der Stoßstellendämm-Maße ΔK_{ij}

Nr.	Kurzbeschreibung	Skizze	ΔK_{ij}
I	durchlaufende Ziegel-Außenwand		± 0 dB
II	halbsteinstarker Schlitz in Ziegel-Außenwand		+3 dB
III	Ziegel-Außenwand, komplette Trennung		+12 dB
IV	Ziegel-Außenwand mit Trennfuge; Fuge überputzt		+6 dB
V	zwei zusätzliche Trennungen in Ziegel-Außenwand		+25 dB
VI	Stütze aus Schalungziegeln mit Beton verfüllt; mit Deckenrandschale		+3 dB
VII	Betonstütze; mit Deckenrandschale		+3 dB

Messverfahren

Die Stoßstellendämm-Maße wurden mittels Körperschallmessungen nach ISO 10848-1 ermittelt. Dabei wird ein Flankenbauteil durch Körperschall angeregt und auf beiden Bauteilen (Sende- und Empfangsbauteil) werden mittels Körperschallaufnehmern die Schnellepegel infolge der Körperschallanregung gemessen (siehe Abbildung 3). Die Messungen werden in beiden Richtungen nacheinander

durchgeführt. Unter Berücksichtigung der Körperschallnachhallzeit wird dann das Stoßstellendämm-Maß bestimmt.

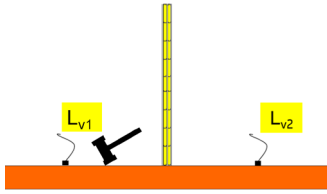


Abbildung 3: Messverfahren zur Ermittlung des Stoßstellendämm-Maßes K_{Fr} entlang der Außenwand.

Die Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ wurden mittels zweier Verfahren messtechnisch bestimmt. In beiden Fällen werden die Bauteile durch Luftschall angeregt. In dem ersten Verfahren werden im Sende- und Empfangsraum Luftschallpegel ermittelt. In dem zweiten Verfahren wird der Luftschallpegel im Senderraum und der Körperschallpegel auf der HLZ-Außenwand im Empfangsraum (siehe Abbildung 4) bestimmt.

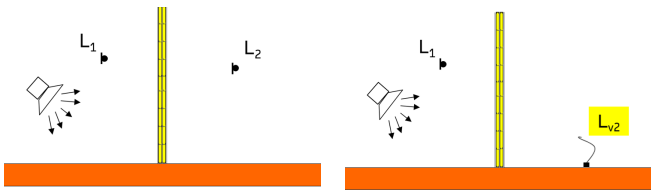


Abbildung 4: Messverfahren zur Ermittlung der Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ entlang der Außenwand bei Messung Luftschall (links) und Messung Körperschall (rechts) im Empfangsraum.

Messergebnisse

Stoßstellendämm-Maße K_{ij} und Verbesserungswerte der Stoßstellendämm-Maße ΔK_{ij}

Abbildung 6 zeigt die frequenzabhängigen, richtungsgemittelten Schnellepegeldifferenzen der verschiedenen Stoßstellenausführungen gemäß Tabelle 2 bei Anregung im Normbereich (vergleiche Abbildung 7). Die unterste Kurve entspricht der durchlaufenden HLZ-Außenwand, ohne Veränderungen (Aufbau Nr. I). Die oberste Kurve kennzeichnet den Verlauf für die vollständige Trennung (Aufbau Nr. V). Bei allen Messungen ist ein stark frequenzabhängiger Verlauf mit einem deutlichen Anstieg des Stoßstellendämm-Maßes zu höheren Frequenzen zu erkennen.

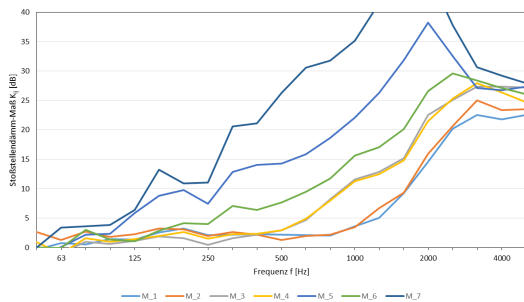


Abbildung 5: Richtungsgemittelte Schnellepegeldifferenzen der verschiedenen Aufbauten bei Anregung mit einem Hammer im Normbereich.

In Tabelle 2 (rechte Spalte) sind die Verbesserungswerte der Stoßstellendämm-Maße ΔK_{ij} [dB] dargestellt, die sich als Einzahlwerte ergeben. Für eine rechnerische Prognose der Schalldämmung ist dieser Wert zum Mindest-Stoßstellendämm-Maß $K_{ij,min}$ für diesen Schallübertragungsweg hinzuzuaddieren.

Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$

Bei Auswertung der Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ nach dem Verfahren Messung des Luftschallpegels im Empfangsraum (siehe Abbildung 4, links) zeigt, dass sich sowohl bei tiefen, als auch bei hohen Frequenzen das Ergebnis durch den Einfluss der Schalldämmung der Leichtbau-Trennwand begrenzt wird.

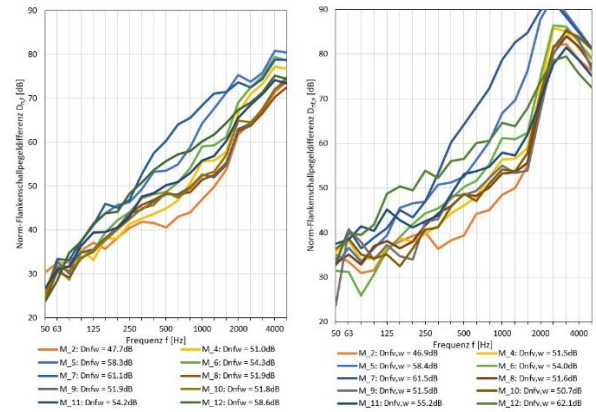


Abbildung 6: Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ ermittelt durch Messung Luftschall (links) und Messung Körperschall (rechts) im Empfangsraum.

Bei Auswertung über die Schnellepegel auf dem Empfangsbauteil (vgl. Abbildung 4, rechts) kann der begrenzende Einfluss der TW auf das Messergebnis reduziert werden.

Es wurde ferner untersucht, wie sich die Schnellepegeldifferenzen unterscheiden, wenn die Schnellepegelmessungen im Normbereich gemäß DIN EN ISO 10848-1 erfolgen oder die Messungen in einem „Baubereich“, also dicht am Anschluss des Trennbauteils durchgeführt werden. In Abbildung 7 sind Norm- und Baubereich skizziert. Der Baubereich reicht beiderseits bis ca. 1 m vom Trennbauteil. Der Normbereich beginnt nach diesem einen Meter.

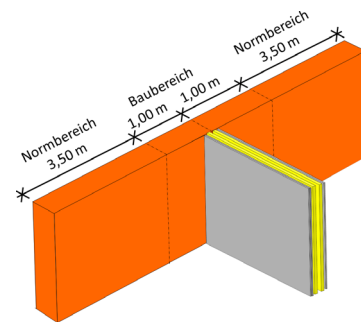


Abbildung 7: Messung der Schnellepegeldifferenz mit Körperschallaufnehmern im Normbereich und im Baubereich.

Abbildung 8 zeigt den Frequenzverlauf der Schnellepegeldifferenzen für den Aufbau Nr. II (halbsteinstarker Schlitz).

Bei den Messungen im Baubereich werden gegenüber den Messungen im Normbereich niedrigere Schnellepegeldifferenzen ermittelt, da sich aufgrund der Ausbreitungsdämmung im HLZ-Mauerwerk auf der Empfangsseite nahe der Stoßstelle bei höheren Frequenzen höhere Pegel ergeben. Eine Bemessung nach DIN 4109-2 mit Stoßstellendämm-Maßen, die in diesem Baubereich ermittelt wurden, liefert also konservative Ergebnisse.

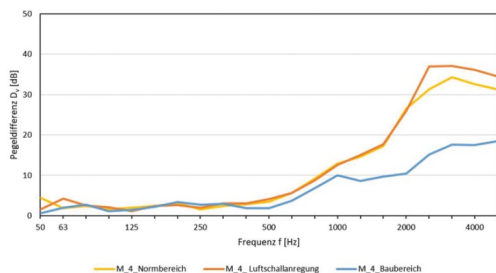


Abbildung 8: Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ ermittelt durch Messung Luftschall (links) und Messung Körperschall (rechts) im Empfangsraum.

Vergleich der Messergebnisse bei Messungen an verkürzten Wandlängen

In einer abschließenden Messreihe wurde die Stoßstelle nicht verändert, aber die Längen der flankierenden HLZ-AW wurden in zwei Schritten reduziert. Die Stoßstellendämm-Maße für monolithische HLZ-AW werden üblicherweise an verkürzten Prüfaufbauten durchgeführt.

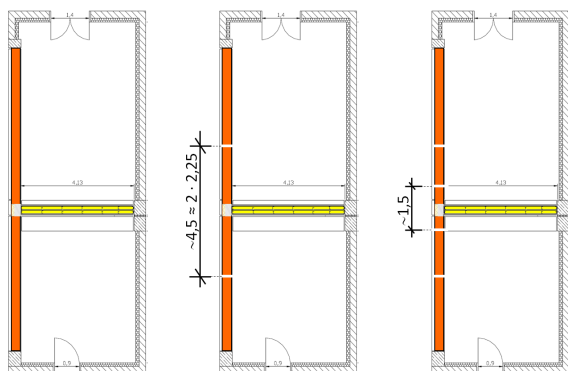


Abbildung 9: Vergleichsmessungen zur Ermittlung der Auswirkungen auf das Stoßstellendämm-Maß bzw. die Norm-Flankenschallpegeldifferenz bei verkürzten Wandlängen.

Durch diese Messungen konnte bestätigt werden, dass Stoßstellendämm-Maße, die an Prüfaufbauten mit verkürzten Längen der HLZ-AW ermittelt werden, niedriger sind, als wenn diese an der für Prüflaboratorien nach DIN EN ISO 10848-1 vorgegebenen Geometrie gemessen werden. Durch rechnerische Prognosen nach DIN 4109-2 mit diesen Eingangswerten werden demnach konservative Ergebnisse ermittelt (vergleiche [2] und [3]).

Zusammenfassung

Durch Messungen im Flankenprüfstand der HFT Stuttgart konnten Verbesserungen der Stoßstellendämm-Maße ΔK_{ij} für verschiedene konstruktive Änderungen an der Stoßstelle zwischen einer Leichtbau-Trennwand und einer flankierenden Außenwand aus monolithischem HLZ-

Mauerwerk ermittelt werden. Aus den Ergebnissen wurde folgender Vorschlag für DIN 4109-32 erarbeitet:

Für den stumpfen Anschluss der Leichtbau-Trennwand an die HLZ-Außenwand 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 TW eine der folgenden konstruktiven Maßnahmen durchgeführt wird:

a) $\Delta K_{ij} = +3 \text{ dB}$:

- Einbau eines Schlitzes im HLZ-Außenmauerwerk raumseitig bis zur Tiefe der halben Wanddicke.

- Einbau einer ca. 30 cm breiten Stütze aus Schalungsziegeln, 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) $\Delta K_{ij} = +6 \text{ dB}$:

- Einbau einer Trennfuge im HLZ-Außenmauerwerk über die gesamte Wanddicke; Trennfuge im Außenbereich überputzt.

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

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

Die Auswertungen zeigen ferner, dass bei einer Anwendung des vereinfachten Nachweisverfahrens nach DIN 4109-2 keine höhere Genauigkeit erreicht wird, wenn die Stoßstellendämm-Maße K_{ij} an Prüfaufbauten mit Abmessungen nach den Vorgaben von DIN EN ISO 10848-1 ermittelt werden. Werden Stoßstellendämm-Maße von HLZ-Außenwänden am Bau oder an verkürzten Modellstößen ermittelt, ergeben sich gegenüber einer Normmessung geringfügig niedrigere Stoßstellendämm-Maße.

Literatur

- [1] Schneider, M.; Naumann, K.; Zeitler, B. (2021) Flankenübertragung von Hochlochziegelmauerwerk mit Leichtbau-Trennwänden. Bauphysik. <https://doi.org/10.1002/bapi.202100019>
- [2] 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.
- [3] Schneider, M.; Fischer, H.-M. (2006) Direkt- und Flankendämmung von HLZ-Mauerwerk – Teil 1: Neue Entwicklungen und normative Umsetzung. Tagungsband 81, S. 31–4, Bauphysikertreffen der HFT Stuttgart.