



## Luftschalldämmung im mehrgeschossigen Wohnungsbau mit Hochlochziegelmauerwerk – Prognosen nach DIN 4109:2016 und Vergleich mit Messwerten

Michael Gierga  
Martin Schneider  
Heinz-Martin Fischer



# Luftschalldämmung im mehrgeschossigen Wohnungsbau mit Hochlochziegelmauerwerk – Prognosen nach DIN 4109:2016 und Vergleich mit Messwerten

Eine Berechnung der Luftschalldämmung zwischen Wohnungen mit Außenwänden aus Hochlochziegelmauerwerk ist mit dem bauaufsichtlich eingeführten Verfahren des Beiblatt 1 zu DIN 4109 in der Regel nicht möglich. Deshalb wurde vom Deutschen Institut für Bautechnik DIBt eine Zulassung erteilt, welche die Berechnung der Schalldämmung entsprechend dem Rechenverfahren der „neuen“ DIN 4109 regelt. In diesem Beitrag werden dieses Rechenverfahren sowie die hierfür benötigten Eingangsdaten vorgestellt und es werden die damit berechneten Prognosewerte mit Messwerten aus ausgeführten Bauten verglichen. Weiterhin wird der Einfluss der konstruktiven Ausbildung der Stoßstelle auf das Stoßstellendämm-Maß von Wohnungstrenndecken und -wänden mit Außenwänden aus wärmedämmendem Ziegelmauerwerk aufgezeigt.

**Airborne sound reduction in multistorey buildings with brick walls – Prediction according to German standard DIN 4109 and comparison with measurements.** *The calculation of the airborne sound insulation between apartments with outer walls made of lightweight hollow bricks is often not possible with the calculation procedures given in German standard DIN 4109 Beiblatt 1. Therefore an approval by the DIBT was issued which settles the calculation of the airborne sound reduction for this kind of buildings according to the “new” DIN 4109. In this article the calculation model and the therefore required input data are presented and the hereby predicted values are compared with measured results in situ. Furthermore the influence on the actual construction of the junction on the vibration reduction index of partition walls and floors with lightweight hollow brick walls is presented.*

## 1 Einleitung

Mit der Umsetzung der Europäischen Norm DIN EN 12354-1 Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen [1] in die „neue“ DIN 4109-2:2016 [2] (Erscheinungsdatum voraussichtlich Juli 2016) kann nun die Luftschalldämmung mittels physikalisch nachvollziehbarer Regeln auch im Rahmen der DIN 4109:2016 berechnet werden. Diese Berechnung der Schalldämmung zwischen zwei Räumen erfolgt unter Berücksichtigung der Schallübertragung über das trennende und über die flankierenden Bauteile. Als Eingangsdaten werden in DIN 4109-2:2016 bewertete Einzahlangaben verwendet. Das bewertete Bau-Schalldämm-Maß  $R'_{w}$  wird bestimmt, indem die Beiträge dieser einzelnen

Schallübertragungswege getrennt berechnet und diese Anteile anschließend aufsummiert werden.

Zur Berechnung der Flankendämmung wird neben dem Direktschalldämm-Maß der an der Übertragung beteiligten Bauteile das Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  benötigt. Das Stoßstellendämm-Maß kennzeichnet dabei die Übertragung von Körperschall-Leistung an einer Stoßstelle. Untersuchungen zeigten, dass die Stoßstellendämm-Maße in typischen Bauten in Deutschland nicht durchgehend den in den informativen Anhängen der DIN EN 12354-1 angegebenen Werten entsprechen. Größere Unterschiede finden sich z. B. aufgrund der konstruktiven Ausbildung der Stoßstellen bei Hochlochziegelmauerwerk und diese wurden bereits zum Teil in den Eingangsdaten der DIN 4109-2:2016 berücksichtigt.

Mit Erscheinen der neuen DIN 4109:2016 können nun Bauwerke mit Außenwänden aus Hochlochziegel (HLz) im Rahmen der Norm rechnerisch nachgewiesen werden. Dies war im Beiblatt 1 zur DIN 4109:1989 [3] für Trennbauteile mit flankierenden Lochsteinwänden nicht möglich. Ursache hierfür ist eine reduzierte Direktschalldämmung dieser Lochsteine. Ein rechnerischer Nachweis konnte allerdings über eine Zulassung [4] erfolgen. Diese Zulassung aus dem Jahre 2010 nahm das in der DIN 4109-2:2016 beschriebene Rechenverfahren vorweg und ermöglichte die Anwendung für wärmedämmendes Ziegelmauerwerk. Mit Erscheinen der „neuen“ DIN 4109 wird die Zulassung nicht mehr benötigt, allerdings konnten so bereits im Vorfeld vor deren Veröffentlichung Erfahrungen mit dem Rechenverfahren für Ziegelmauerwerk gesammelt werden.

Im nachfolgenden Abschnitt wird dargestellt, mit welchen Eingangsdaten die Berechnung der Luftschalldämmung erfolgt. Dabei wird auf die Vorgehensweise bei der Ermittlung des Direktschalldämm-Maßes von Hochlochziegeln im Prüfstand eingegangen. Weiter werden dann Untersuchungsergebnisse zum Stoßstellendämm-Maß von Massivbauteilen in Abhängigkeit von der konstruktiven Knotenpunkt-Ausbildung vorgestellt. Untersucht werden dabei sowohl Stoßstellen von Trenndecken mit Außenwänden als auch von Trennwänden mit Außenwänden.

Im Anschluss daran werden Messungen zur Luftschalldämmung in ausgeführten Bauten mit Außenwänden aus HLz-Mauerwerk mit der Berechnung nach der „neuen“ DIN 4109-2:2016 verglichen.

## 2 Eingangswerte für die Berechnung der Luftschalldämmung

Eingangsdaten für eine Berechnung der Luftschalldämmung zwischen zwei Räumen sind neben den bauakustischen Bauteilkennwerten Geometriedaten der aneinander grenzenden Räume (Volumen, gemeinsame Trennbauteilfläche), die Flächen und gemeinsamen Kantenlängen der an der Schallübertragung beteiligten Bauteile. Als akustische Kennwerte werden unter anderem das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  des Trennbauteils und der flankierenden Bauteile, das Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$ , für alle betrachteten flankierenden Übertragungswege sowie falls vorhanden das bewertete Luftschallverbesserungs-Maß durch Vorsatzkonstruktionen  $\Delta R_w$  benötigt. Diese Eingangsdaten können zur Erstellung bauaufsichtlicher Nachweise dem Bauteilkatalog der neuen DIN 4109 mit den Teilen 31 bis 36 entnommen werden. Zusätzlich werden bereits heute bauakustische Kenngrößen, ermittelt nach genormten Messverfahren und den Festlegungen in DIN 4109-4, als Eingangswerte in Prognoserechnungen dann verwendet, wenn diese im Bauteilkatalog nicht aufgeführt sind. Für Mauerwerk aus wärmedämmenden Hochlochziegeln muss das Schalldämm-Maß der Wand durch eine Norm-Messung im Wandprüfstand ermittelt und im Rahmen eines allgemein bauaufsichtlichen Prüfzeugnisses verfügbar gemacht werden.

Stoßstellendämm-Maße für homogene und biegesteif miteinander verbundene Bauteile werden aus dem Verhältnis der flächenbezogenen Massen der an der Stoßstelle beteiligten Bauteile berechnet. Diese aus empirischen Daten und theoretischen Ansätzen ermittelten Kennwerte sind in DIN EN 12354-1 und DIN 4109-32 enthalten. Bei Bauteilanschlüssen aus Mauerwerk mit wärmedämmenden Hochlochziegeln werden die Stoßstellendämm-Maße wesentlich durch die konstruktive Ausbildung der Stoßstelle bestimmt. Deshalb sind die Stoßstellendämm-Maße für einige Konstruktionen, z. B. einen Stumpfstoß, abweichend von den allgemeinen Gleichungen rechnerisch zu ermitteln bzw. können nach genormten Verfahren gemessen werden.

### 2.1 Direktschalldämmung

Die Direktschalldämmung von massiven Bauteilen kann zwischen der Labor- und der Bausituation erheblich differieren. Die Unterschiede können sich zum einen aus der handwerklichen Ausführung, zum anderen aber auch aus der jeweiligen Einbausituation ergeben. Da die Schalldämmung eines Bauteils auch von den Energieverlusten in die angrenzenden Strukturen abhängt, führt ein von der realen Bausituation abweichender Einbau des Prüfobjektes in Prüfständen bei massiven Bauteilen zu einer zum Teil erheblichen Abweichung des Schalldämm-Maßes zwischen Prüfstand und ausgeführtem Bau. Deshalb werden Laborwerte des Direktschalldämm-Maßes für die Berechnung des Schallschutzes in Gebäuden angepasst. Diese Abweichung kann durch Korrektur über den Verlustfaktor deutlich vermindert werden. Die Differenzen aufgrund einer unterschiedlichen Energieableitung in einer Vielzahl von untersuchten Bausituationen haben ergeben, dass ein Bezug entsprechend Gl. (1) auf einen mittleren Verlustfaktor am Bau  $\eta_{\text{Bau,ref}}$  möglich ist. Diese grundsätzliche Vorgehensweise ist bereits in DIN EN 12354-1 beschrieben und

darüber hinaus für Lochsteinmauerwerk präzisiert worden [5].

$$R_{\text{Bau,ref}} = R_{\text{Lab}} + 10 \lg \frac{\eta_{\text{Bau,ref}}}{\eta_{\text{Lab}}} \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

Diese so genannte In-situ-Korrektur wird frequenzabhängig für das im Labor ermittelte Schalldämm-Maß  $R_{\text{Lab}}$  durchgeführt und mit den nach Gl. (1) berechneten Werten wird nach ISO 717-1 [6] ein bewertetes Schalldämm-Maß  $R_{w,\text{Bau,ref}}$  gemäß DIN 4109-4:2016 [7] ermittelt.

Mit diesem Verfahren wurde bei der Erarbeitung des Bauteilkatalogs für massive Bauteile in DIN 4109-32 [8] der Zusammenhang zwischen der flächenbezogenen Masse  $m'$  und dem bewerteten Schalldämm-Maß  $R_{w,\text{Bau,ref}}$  für homogenes und quasihomogenes Mauerwerk aus Kalksandstein, Mauerziegel, Leichtbeton und Porenbeton zahlenmäßig hergestellt. Die aus verlustfaktor-korrigierten bewerteten Schalldämm-Maßen ermittelte Massekurven zeigen dann gegenüber den Messwerten nur sehr geringe Abweichungen und werden in DIN 4109-32 für den Nachweis des Schallschutzes verwendet. Für massive Bauteile aus Beton, Kalksandstein, Mauerziegeln und Verfüllziegeln kann beispielsweise das bewertete Schalldämm-Maß  $R_w$  entsprechend Gl. (2) aus der flächenbezogenen Masse des Bauteils  $m'$  [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ] berechnet werden. Diese Beziehung gilt für  $65 [\text{kg}/\text{m}^2] < m' < 720 [\text{kg}/\text{m}^2]$  mit  $m'_0 = 1 [\text{kg}/\text{m}^2]$ .

$$R_w = 30,9 \lg \frac{m'_{\text{ges}}}{m_0} - 22,2 \quad [\text{dB}] \quad (2)$$

Wird allerdings das massive Trennbauteil entkoppelt aufgestellt bzw. schließt dieses Bauteil an mehr als zwei Kanten nicht an andere massive Bauteile an, vermindert sich die Energieableitung deutlich und das Schalldämm-Maß des Bauteils wird im Nachweisverfahren nach DIN 4109-2:2016 entsprechend korrigiert, so dass sich für die Prognoserechnung geringere Direkt-Schalldämm-Maße ergeben.

Wärmedämmende Lochsteine weisen aufgrund ihrer Resonanzen gegenüber gleichschweren homogenen Mauerwerkswänden eine verminderte Schalldämmung auf. Das Schalldämm-Maß von HLZ-Mauerwerk geringer Rohdichte ( $\text{RDK} \leq 0,9$ ) und mit Wanddicken  $> 24$  cm kann deshalb nicht aus der flächenbezogenen Masse ermittelt werden und ist im Prüfstand messtechnisch zu bestimmen. Im Frequenzbereich der Resonanzen ist bei diesen Wänden die Verlustfaktor-Korrektur nicht anzuwenden. Die Lochsteinwände zeigen im Frequenzbereich des Dämmungseinbruchs, in der Regel im Bereich zwischen 800 Hz und 2 kHz, keine Abhängigkeit des Verlustfaktors von der Randanbindung. Damit ergibt sich für das Schalldämm-Maß in diesem und dem darüber liegenden Frequenzbereich keine Abhängigkeit von der Einbausituation, und eine Korrektur ist dementsprechend nicht sinnvoll [9].

Das Vorgehen bei der Korrektur ist sowohl im Beschlussbuch der Schallprüfstellen [10] als auch in der DIN 4109-4:2016 beschrieben und beispielhaft in Bild 1 dargestellt. Das messtechnisch ermittelte Schalldämm-Maß der HLZ-Wand weist in diesem Fall bei  $f = 1250$  Hz ein lokales Minimum auf, welches auf die Dickenschwingungen des

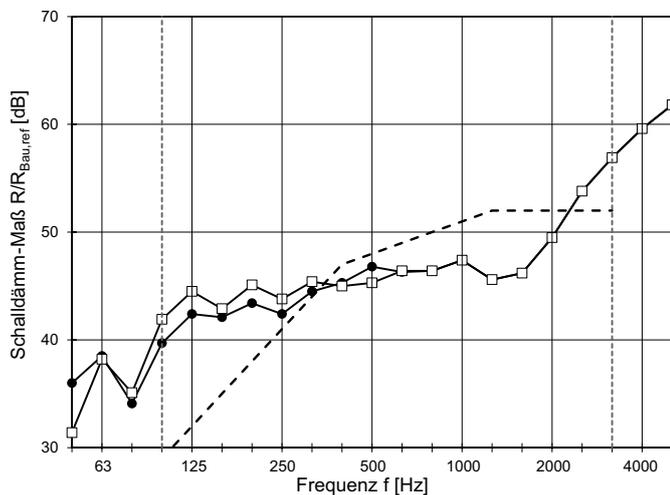


Bild 1. Messwerte des Schalldämm-Maßes (gefüllte Kreise) einer Hochlochziegelwand  $d = 425 \text{ mm}$ , mit Dämmstoff gefüllt, Rohdichteklasse 0,75 und Verlustfaktor-korrigiertes Schalldämm-Maß der Wand (Quadrate)

Fig. 1 Measured sound reduction index (black circles) of a lightweight hollow brick wall  $d = 425 \text{ mm}$ , filled with insulating material, density class 0,75 and loss factor corrected sound reduction index of the wall (squares)

Hochlochziegels zurückzuführen ist. Im Frequenzbereich bis 3 Terzen unterhalb dieser Frequenz (bis 630 Hz) werden die gemessenen Schalldämm-Maße entsprechend Gl. (1) über den Verlustfaktor korrigiert. Im übrigen Frequenzbereich erfolgt keine Verlustfaktor-Korrektur.

Für bestimmte HLZ-Typen findet sich allerdings kein erkennbares lokales Minimum in dem Frequenzbereich oberhalb von 630 Hz, so dass sich die Resonanzfrequenz der Dickenschwingung nicht direkt bestimmen lässt. Hier kann im Sinne einer Maximalabschätzung ersatzweise ein Wert von  $f_R = 630 \text{ Hz}$  verwendet werden. Lokale Minima im Frequenzbereich unter 500 Hz (z. B. bei 80 Hz in Bild 1) werden in der Regel nicht von Dickenresonanzen der Steine hervorgerufen und sind dementsprechend nicht zu berücksichtigen.

## 2.2 Stoßstellendämmung

Eine zentrale Rolle bei der Berechnung der Flankendämmung spielt das Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$ . Dieses kann nach DIN 4109-32 für Stoßstellen homogener massiver Bauteile aus dem Verhältnis der flächenbezogenen Massen der am Stoß beteiligten Bauteile berechnet werden.

Eine messtechnische Bestimmung erfolgt nach DIN EN ISO 10848 [11] üblicherweise im Labor, kann aber auch in ausgeführten Bauten erfolgen. Hierzu werden die richtungsgemittelten Schnellepegeldifferenzen zwischen den Bauteilen und der Verlustfaktor auf den betrachteten Bauteilen ermittelt. Aus diesen Werten wird frequenzabhängig das Stoßstellendämm-Maß  $K_{ij}$  berechnet. Für die rechnerische Prognose der Luftschalldämmung wird allerdings eine Einzahlangabe benötigt, die aus dem arithmetischen Mittelwert der Terzwerte von 200 Hz bis 1250 Hz gebildet wird. Die Frequenzen unter 200 Hz bleiben bei der Mittelung aufgrund der geringen Modendichte in diesem Frequenzbereich bei Massivbauteilen unberücksichtigt.

Bei den Frequenzen oberhalb von 1250 Hz tritt bei Mauerwerk eine starke Ausbreitungsdämpfung mit einem damit verbundenen starken Anstieg des Stoßstellendämm-Maßes auf. Dieser Anstieg bleibt unter anderem deshalb unberücksichtigt, da die Bewertung zur Einzahlangabe im Massivbau meist durch den unteren und mittleren Frequenzbereich bestimmt wird.

Durch eine Vielzahl dieser Messungen im Labor und in ausgeführten Massivbauten mit homogenem Mauerwerk konnte gezeigt werden, dass die Übereinstimmung zwischen rechnerisch und messtechnisch bestimmten Stoßstellendämm-Maßen im Mittel gut ist [12]. Festgestellt wurde aber auch, dass die Ausführung beim Stumpfstoß Außenwand – Trennwand z. B. durch einen Fugenabriss der Bauteile eine deutliche Verminderung des Stoßstellendämm-Maßes auf dem Weg Ff (Außenwand – Außenwand) bedingen kann.

### 2.2.1 Konstruktive Ausführung des Trennbauteilanschlusses mit HLZ-Außenwänden

Hinsichtlich der Reduzierung der flankierenden Übertragung sind die Bauteilanschlüsse von Außenwänden mit Geschossdecken sowie mit Wohnungstrennwänden von besonderem Interesse. Für einschalige, wärmedämmende HLZ-Wände wurden deshalb umfangreiche Untersuchungen zur Stoßstellendämmung sowohl am Bau als auch unter Laborbedingungen an Versuchsaufbauten durchgeführt. Diese T-Stöße haben bei Wohnungstrennwänden und bei Wohnungstrenndecken in Eckräumen einen wesentlichen Einfluss auf die flankierende Übertragung. Die konstruktive Ausbildung der Geschossdeckenaufleger an Außenwänden macht bei der Tragwerksplanung mit hohen Wandlasten im Geschosswohnungsbau im Regelfall eine etwa 2/3 Auflagertiefe der Decke auf der Außenwand erforderlich. Der verbleibende Bereich vor der Deckenstirnseite muss aus wärmetechnischen Gründen mit einer Wärmedämmung versehen werden. Ein derartig ausgeführtes Deckenaufleger zeichnet sich durch hohe Stoßstellendämm-Maße auf dem maßgeblichen Flankenweg Ff (Außenwand – Außenwand) aus. Die Verwendung von Abmauersteinen an der Außenseite des Deckenauflegers führt allerdings zu einer zusätzlichen Schallübertragung über diesen von der Decke durch die Wärmedämmung entkoppelten Abmauerstein und damit tendenziell zu unterdurchschnittlichen Stoßstellendämm-Maßen. Die Prinzipskizzen in Tabelle 1 zeigen typische Auflagersituationen und eine qualitative Beurteilung ihrer Stoßstellendämmung.

Bei der konstruktiven Anbindung schwerer Wohnungstrennwände an Außenwände aus HLZ-Mauerwerk ist ebenfalls die Ausführung eines steifen Bauteilanschlusses für die Höhe der erreichbaren Stoßstellendämmung maßgeblich. Ein Stumpfstoß der Wohnungstrennwand führt trotz kraftschlüssiger Verbindung von Außen- und Trennwand dazu, dass eine reduzierte Biegesteifigkeit des Knotens vorliegt und besonders die Dickenschwingungen im Bereich der Resonanzfrequenz der flankierenden HLZ-Außenwand an der Außenseite der Stoßstelle nur wenig reduziert werden. Dies hat eine verminderte Stoßstellendämmung zur Folge und wird bei der rechnerischen Ermittlung der Stoßstellendämm-Maße auf dem Übertragungsweg Ff in Form eines Abschlags bei HLZ-Mauerwerk

**Tabelle 1. Ausführungsvarianten von Außenwand-Decken-Knoten und qualitative Beurteilung der Stoßstellendämmung für den Weg Ff in Abhängigkeit von der konstruktiven Ausbildung**

**Table 1. Design variants of outer wall-floor junctions and qualitative rating of vibration reduction on path Ff depending on the construction design**

Stirndämmung aus Wärmedämmstoff	Deckenrandelement als Putzträger mit Dämmstoff	Deckenabmauerstein mit Wärmedämmung
Stoßstellendämmung für den Weg Ff		
hoch	mittel	gering

**Tabelle 2. Ausführungsvarianten von Außenwand-Trennwand-Knoten und qualitative Beurteilung der Stoßstellendämmung für den Weg Ff in Abhängigkeit von der konstruktiven Ausbildung**

**Table 2. Design variants of outer wall-separating wall junctions and qualitative rating of vibration reduction on path Ff depending on the construction design**

Durchbindung der Wohnungstrennwand	Einbindung der Wohnungstrennwand	Trennwandanschluss mit Stumpfstoß
Stoßstellendämmung für den Weg Ff		
hoch	mittel	gering

berücksichtigt. Eine Durchbindung einer Wohnungstrennwand bis nahe an die Außenseite erhöht dagegen die Stoßstellendämmung vergleichbar derjenigen eines tiefen Deckenauflegers und erfordert keine rechnerische Korrektur. Tabelle 2 zeigt anhand von Prinzipskizzen des Außenwand-Trennwand-Knotens eine qualitative Beurteilung der Stoßstellendämmung.

Die rechnerische Ermittlung der Stoßstellendämmmaße von Bauteilanschlüssen in Massivbauweise erfolgt in Abhängigkeit von den flächenbezogenen Massen der aneinandergrenzenden Bauteile. Im Rahmen der Auswertung von Stoßstellendämmmaße aus über 80 in Laboraufbauten sowie in ausgeführten Bauten messtechnisch untersuchten Stoßstellen mit HLz-Mauerwerk fällt auf, dass die Höhe der Stoßstellendämmung horizontaler und vertikaler

Bauteilverbindungen stark von der konstruktiven Ausbildung eines Bauteilanschlusses abhängt. Nachfolgend werden dazu ausschließlich starre Bauteilanschlüsse, d. h. ohne elastische Zwischenschichten, ausgewertet. Die flächenbezogenen Massen der Außenwände liegen zwischen 225 und 385 kg/m<sup>2</sup>, die der Trenndecken zwischen 335 (Ziegeldecke) und 530 kg/m<sup>2</sup>.

## 2.2.2 Messwerte der Stoßstellendämmung an Trennbauteilen mit HLZ-Außenwänden

Das messtechnisch ermittelte Stoßstellendämm-Maß auf dem Weg Ff von T-Stößen mit HLZ-Mauerwerk an Massivdecken ist in Bild 2 dem rechnerisch für homogene und biegesteif verbundene Bauteile ermittelten Stoßstellendämm-Maß gegenübergestellt. Die gemessenen Werte liegen dabei systematisch über den Rechenwerten gemäß DIN 4109-32:2016. Die Ausführung der Deckenaufleger mit Deckenabmauerziegeln mit einer Dicke von etwa 115 mm und einer dahinter angeordneten Wärmedämmung führen regelmäßig zu den niedrigsten Stoßstellendämm-Maßen. Sie erreichen allerdings im Regelfall den rechnerisch aus den flächenbezogenen Massen zu erwartenden Zahlenwert. Werden statt der Abmauersteine vor der Deckenstirn ausschließlich Wärmedämmstoffe mit bis zu einem Drittel der Wanddicke eingesetzt, steigen die Stoßstellendämm-Maße  $K_{Ff}$  um bis zu 9 dB über die rechnerisch zu erwartenden Werte an. Der Mittelwert der Messwerte liegt 5 dB oberhalb der aus den flächenbezogenen Massen ermittelten Rechenwerte.

Die Stoßstellendämm-Maße  $K_{Ff}$  der Außenwand-Wohnungstrennwandanschlüsse liegen im Mittel näher an den rechnerisch zu erwartenden Stoßstellendämm-Maßen. Die flächenbezogenen Massen der Wohnungstrennwände der untersuchten Fälle betragen 405 – 505 kg/m<sup>2</sup>, die der Außenwände wie bei den ausgewerteten Geschossdeckenanschlüssen.

Die Ausführung eines Stumpfstoßes einer Wohnungstrennwand zur Außenwand aus wärmedämmenden HLZ führt regelmäßig zu den geringsten gemessenen Stoßstellendämm-Maßen. Dies bestätigt die normative Festlegung einer Abminderung der Stoßstellendämmung. Diese Abminderung wird in DIN 4109-32 bei der rechnerischen Ermittlung aus den flächenbezogenen Massen in Form eines Abschlags berücksichtigt. Die Abminderung entspricht dabei der halben Differenz zwischen dem gemessenen Schalldämm-Maß der Außenwand und dem aus der flächenbezogenen Masse der Wand rechnerisch zu erwartenden Wert. Mit zunehmender Einbindetiefe bis hin zur vollständigen Durchbindung der Wohnungstrennwand durch die Außenwand steigen die Stoßstellendämm-Maße allerdings wieder kontinuierlich an, so dass ein rechnerischer Abschlag für die Stumpfstoßausführung nur bei einer Außenwand-Restdicke von > 24 cm vor der Trennwandstirn gerechtfertigt ist. Für die Praxis kann abgeleitet werden, dass bei Einbindungen der durchlaufende äußere Restquerschnitt einer HLZ-Außenwand eine Dicke von 24 cm nicht überschreiten sollte und eine satt vermörtelte Verfügung zum Trennbau teil erfolgen muss.

In Bild 2 sind die Messwerte der Stoßstellendämm-Maße auf dem Übertragungsweg Ff von 82 Messungen an starren T-Stößen von Außenwänden aus wärmedämmendem HLZ-Mauerwerk mit Geschossdecken und Wohnungstrennwänden im Vergleich zu den rechnerisch ermittelten Werten gemäß DIN 4109-32:2016 dargestellt. Dabei beinhalten die Prognosewerte der Stoßstellendämmung von Stumpfstoßen der Wohnungstrennwände mit Außenwänden bereits den normativen Abschlag aus der verminderten Direktdämmung der beteiligten Außenwände. Im Mittel liegen die gemessenen Stoßstellendämm-Maße 0,3 dB über den Prognosewerten.

Die zum Teil deutliche Abweichung einzelner Stoßstellendämm-Maße vom rechnerisch ermittelten Wert re-

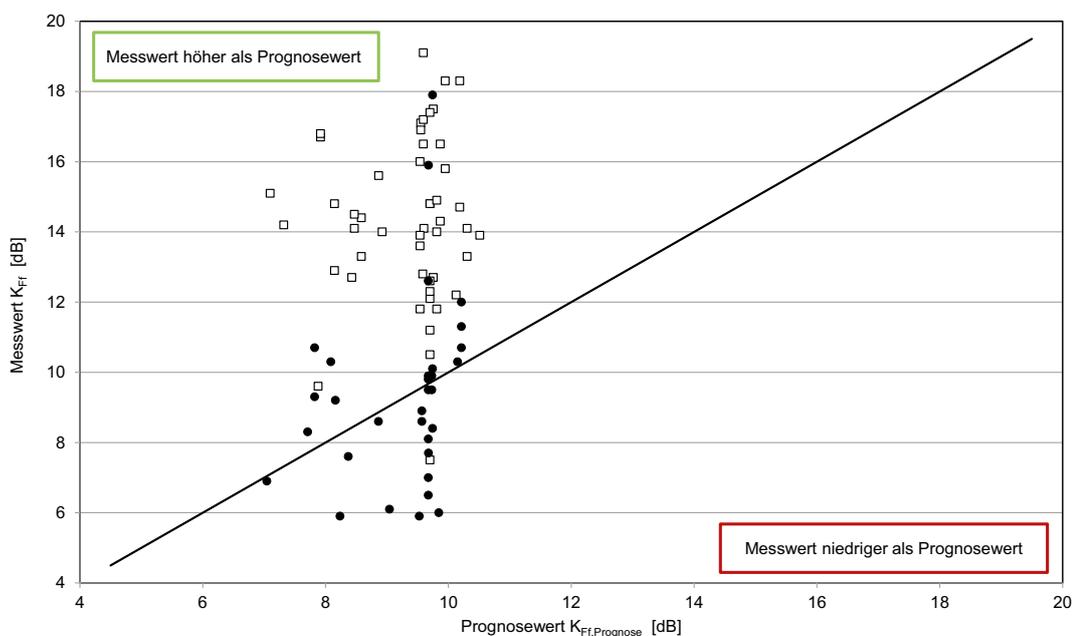


Bild 2. Messwerte der Stoßstellendämm-Maße  $K_{Ff}$  ermittelt an T-Stößen aus HLZ-Mauerwerk über Wohnungstrenndecken (Rechtecke) und Wohnungstrennwände (Kreise) im Vergleich zu den rechnerisch gemäß DIN 4109-32:2016 bestimmten Prognosewerten

Fig. 2. Measured values of the vibration reduction index  $K_{Ff}$  for T-junctions of lightweight hollow brick walls across separating floors (squares) and walls (circles) compared with calculated values predicted according to DIN 4109-32:2016

sultiert im Wesentlichen aus der konstruktiven Ausbildung eines Bauteilanschlusses der HLz-Außenwand. Messunsicherheiten können diese großen Abweichungen nicht erklären. Die Standardabweichung der Differenzen aus Messung und Rechnung der insgesamt 82 gemessenen Stoßstellendämm-Maße auf dem Übertragungsweg Außenwandflanke – Außenwandflanke ( $K_{Ff}$ ) beträgt 2,4 dB.

Die Auswertung der Stoßstellendämm-Maße für horizontale und vertikale Stöße auf dem Weg Außenwandflanke – Trennbauteil ( $K_{Df}$  bzw.  $K_{Fd}$ ) ist in Bild 3 dargestellt. Dabei sind zuvor die im Regelfall an symmetrischen Aufbauten und zwei Bauteilseiten gemessenen Stoßstellendämm-Maße gemittelt worden, so dass sich ebenfalls 82 Einzahlwerte für die Auswertung ergeben. Die Unterschiede in den Einzahlwerten der messtechnisch ermittelten Stoßstellendämm-Maße sind für die beiden Übertragungswege  $Df$  und  $Fd$  (Außenwand – Trennbauteil) bei symmetrischen Wandaufbauten mit einer Standardabweichung von 0,5 dB sehr gering.

Die Messwerte  $K_{Fd}/K_{Df}$  liegen sowohl bei Außenwand-Decken-Knoten als auch bei Außenwand-Trennwand-Knoten mit HLz-Mauerwerk im Mittel etwa 5 dB über den rechnerisch zu erwartenden Werten gemäß DIN 4109-32:2016. Die Standardabweichung der Differenzen aus gemessenen und berechneten Werten für insgesamt 82 gemessene Stoßstellendämm-Maße auf dem Übertragungsweg Flanke – Trennbauteil ( $K_{Fd}$ ) bzw. Trennbauteil – Flanke ( $K_{Df}$ ) beträgt weniger als 1,5 dB. Dies bedeutet, dass für Stoßstellen von HLz-Mauerwerk mit schweren Trennbauteilen (massive Wohnungstrenndecken oder -wände) auf dem Übertragungsweg Flanke – Trennbauteil in der Praxis systematisch höhere Stoßstellendämm-Maße auftreten als rechnerisch für homogene und biegesteif verbundene Bauteile nach den Gleichungen der DIN 4109-32:2016 prognostiziert werden.

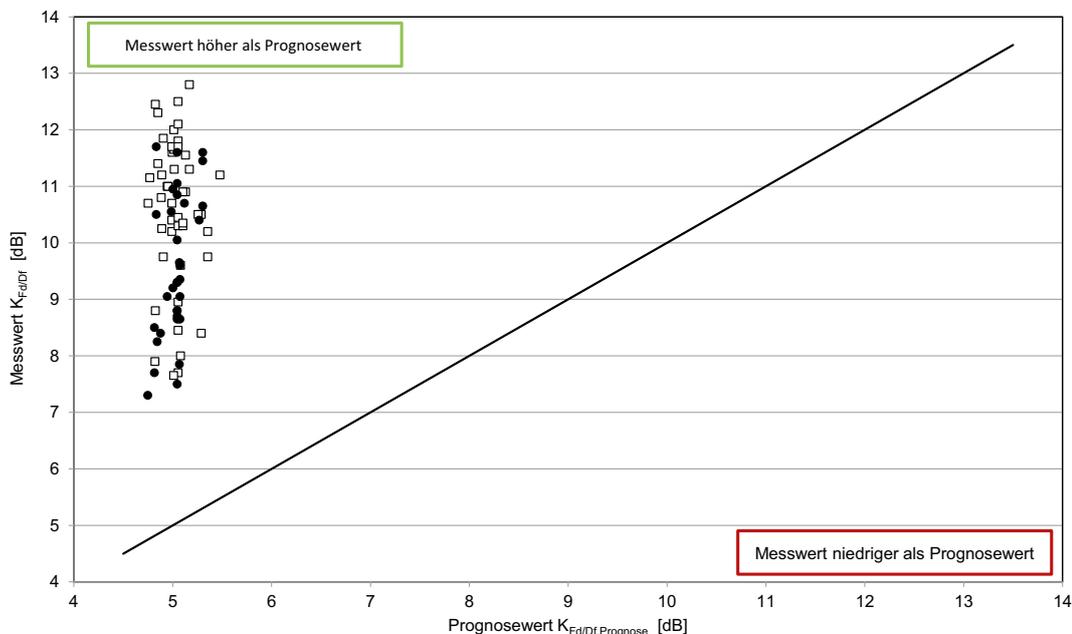


Bild 3. Messwerte der Stoßstellendämm-Maße  $K_{Fd}$  bzw.  $K_{Df}$  von T-Stößen aus HLz-Mauerwerk über Wohnungstrenndecken (Rechtecke) und Wohnungstrennwände (Kreise) im Vergleich zu den rechnerisch bestimmten Werten gemäß DIN 4109-32:2016

Fig. 3. measured values of the vibration reduction index  $K_{Fd}$  and  $K_{Df}$  for T-junctions of lightweight hollow brick walls across separating floors (squares) and walls (circles) compared with calculated values predicted according to DIN 4109-32:2016

Ursache für die große Schwankungsbreite der Messwerte ist die unterschiedliche konstruktive Ausbildung der Stoßstellen. Diese Unterschiede sind ein Spezifikum der Bauweise mit hochwärmedämmendem HLz-Außenmauerwerk. Die Ziegelproduzenten stellen daher entsprechende herstellereigene Daten für die unterschiedlichen Ausführungsvarianten zur Verfügung. Inwieweit die Verwendung dieser spezifischen Stoßstellendaten im Rahmen der rechnerischen Prognose die Genauigkeit im Hinblick auf die Luftschalldämmung insgesamt beeinflusst, wird im Abschnitt 3 untersucht.

### 3 Überprüfung der Prognoseberechnungen an ausgeführten Bauten

Im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e. V. sind bauakustische Messungen zur Luftschalldämmung in Gebäuden aus Ziegelmauerwerk durchgeführt sowie mit den rechnerischen Ergebnissen der Prognoseberechnungen der Luftschalldämmung verglichen worden [13]. Die Auswertungen betreffen fertig gestellte Bauten aus dem Zeitraum zwischen 2002 und 2015.

Es wurden insgesamt 45 Messberichte in die Auswertungen einbezogen. Die Berichte stammen aus insgesamt neun unterschiedlichen Ingenieurbüros, die zum Teil als Messstellen im Verzeichnis der VMPA-Schallschutzprüfstellen gelistet sind. Es sind ausschließlich Berichte in die Untersuchung aufgenommen worden, die mindestens folgende Kriterien erfüllen:

- zeichnerische Darstellung der baulichen Übertragungssituation mit Maßangaben der Trenn- und Flankenbauteile,
- ausreichend genaue Beschreibung der Bauteilaufbauten,
- Verfügbarkeit der Direktschalldämm-Maße der HLz-Wände,

- Angaben zur konstruktiven Ausbildung der Stoßstellen der Trennbauteile mit den Außen- und Innenwänden.

Die Messungen der Luftschalldämmung entstammen überwiegend aus Raumsituationen mit einem hohen Anteil an flankierenden Außenwandflächen. Bei der Luftschalldämmung der Geschossdecken sind in 63 von 91 Fällen Eckräume mit mindestens zwei flankierenden Außenwänden untersucht worden. Die Messungen der Luftschalldämmung von Wohnungstrennwänden erfolgten in 24 von 44 Situationen an nahezu spiegelbildlich zur Trennwand angeordneten Räumen. In 20 untersuchten Situationen sind die Nachbarräume versetzt angeordnet.

Der Schwerpunkt der ausgewerteten Prüfberichte liegt auf der Untersuchung der Gebäude aus hochwärmedämmendem monolithischem HLz-Mauerwerk mit Außenwanddicken zwischen 30 und 49 cm jeweils zuzüglich der Innen- und Außenputze. Die Spanne der aus Prüfstandmessungen stammenden Direktschalldämm-Maße  $R_{w,Bau,ref}$  der Außenwände der untersuchten Gebäude beträgt 44 dB bis 52 dB. Weiterhin sind Gebäude aus HLz-Mauerwerk mit zusatzgedämmten Außenwänden (WDVS) ausgewertet worden. Deren Anteil beträgt 22 von insgesamt 135 Messungen.

Zum Vergleich der bewerteten Bau-Schalldämm-Maße  $R'_w$  mit den Ergebnissen der rechnerischen Prognose werden die in den in Frage kommenden Messberichten aufgeführten frequenzabhängigen Bau-Schalldämm-Maße  $R'$  erneut ausgewertet. Diese Auswertung wurde abweichend von der derzeit gültigen DIN EN ISO 717-1 mit einer Nachkommastelle durchgeführt. Die Verschiebung der Bezugskurve erfolgte nicht in Schritten von 1 dB, sondern von 1/10 dB, bis die Summe der ungünstigsten Abweichungen so groß wie möglich, jedoch nicht mehr als 32,0 dB beträgt. Dieses modifizierte Verfahren ist in DIN 4109-2:2016 und DIN 4109-4:2016 beschrieben und Voraussetzung für die Festlegung des Sicherheitskonzeptes von rechnerischen Prognosen und von Güteprüfungen in ausgeführten Bauten.

Die Berechnungen der Bau-Schalldämm-Maße zwischen den Räumen erfolgten unter folgenden Randbedingungen:

- Die Raumgeometrie der gemessenen Raumsituationen wurde den verfügbaren Planunterlagen entnommen.
- Die gemeinsame Kopplungslänge von flankierenden Massivbauteilen mit Trenndecken wurde um die Anteile von raumhohen Türen oder raumhohen Fenstern reduziert, so dass ausschließlich die Massiv-Flanken im flankierenden Übertragungsweg berücksichtigt wurden.
- Die Stoßstellendämm-Maße der Trennbauteile mit den Außenwänden aus hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk wurden soweit verfügbar mit den Kennwerten der unterschiedlichen Ziegelprodukte und anhand der Konstruktionsdetails gemäß Angaben der Hersteller in der Prognoserechnung berücksichtigt.
- Die Stoßstellendämm-Maße aller übrigen über die flächenbezogenen Massen der Bauteile definierten Anschlussdetails wurden nach den normativ zu bestimmenden Kennwerten ermittelt.
- Bei der Berechnung wurden keine Sicherheitsbeiwerte verwendet.

Die rechnerischen Prognosen wurden auf Basis der bereits im Jahr 2010 veröffentlichten allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung sowie der DIN 4109-2:2016 durchgeführt.

### 3.1 Luftschalldämmung von Wohnungstrennwänden

Die Messwerte der bewerteten Bau-Schalldämm-Maße  $R'_w$  von Wohnungstrennwänden in Gebäuden aus Ziegelmauerwerk sind in Bild 4 den ermittelten Prognosewerten gegenübergestellt. Im Mittel liegen die Messwerte um 0,5 dB unter den Prognosewerten. Die Werte oberhalb der Winkelhalbierenden (schwarze Linie) geben die Messwerte wieder, die über den Prognosewerten liegen, die darunter liegenden Messwerte unterschreiten die Prognosewerte. Die Standardabweichung der Stichprobe liegt bei 1,6 dB. Der normativ festgelegte Sicherheitsbeiwert als pauschaler Abschlag auf die Ergebnisse der rechnerischen Prognose von -2 dB ist als farbige Gerade (rote Linie) unterhalb der Winkelhalbierenden eingezeichnet. In sieben von 44 ausgewerteten Fällen liegt die Schalldämmung noch unter dem mit dem Sicherheitsbeiwert versehenen Prognosewert. Dies entspricht 15 % der Fälle.

### 3.2 Luftschalldämmung von Wohnungstrenndecken

In Bild 5 sind Prognose- und Messwerte des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes  $R'_w$  von Geschossdecken in Gebäuden aus Ziegelmauerwerk gegenübergestellt. Die Werte oberhalb der Winkelhalbierenden (schwarze Linie) geben die Messwerte wieder, die über den Prognosewerten liegen, die darunter liegenden Messwerte unterschreiten die Prognosewerte. 57 von 91 Messwerten liegen unter Berücksichtigung einer Nachkommastelle niedriger als die Prognosewerte. Im Mittel liegen die Messwerte 0,4 dB unter den Prognosewerten. Die Standardabweichung der Stichprobe liegt bei 1,6 dB. Der normativ festgelegte Sicherheitsbeiwert als pauschaler Abschlag auf die Ergebnisse der rechnerischen Prognose von -2 dB ist als farbige Gerade (rote Linie) unterhalb der Winkelhalbierenden eingezeichnet. In 16 von 91 ausgewerteten Fällen liegt die Schalldämmung noch unter dem mit dem Sicherheitsbeiwert versehenen Prognosewert. Dies entspricht 17 % der Fälle.

### 3.3 Raumsituationen mit kleinen Trennbauteilflächen und Raumversatz

Bei 15 von 44 untersuchten Wohnungstrennwänden liegt die gemeinsame Trennfläche der angrenzenden Räume unter 10 m<sup>2</sup>, bei vier vorgefundenen Situationen sogar noch unterhalb von 8 m<sup>2</sup>. Die kleinste gemeinsame Trennwandfläche beträgt 5,8 m<sup>2</sup>. Der Mittelwert der Trennwandflächen beträgt 11,3 m<sup>2</sup>. Dabei ist allerdings zu beachten, dass diese Angabe eines Mittelwertes nicht repräsentativ für die in Wohnungen anzutreffenden durchschnittlichen Trennwandflächen sein muss, da die ausgewerteten Prüfberichte im Regelfall eher ungünstige Raumsituationen erfassen und damit große Räume mit üblicherweise großen Wandflächen u. U. nicht erfassen.

Etwa die Hälfte der Räume mit Trennwandflächen unter 10 m<sup>2</sup> weist einen Raumversatz auf. Insgesamt sind 20 von 44 Raumsituationen an Wohnungstrennwänden mit Raumversatz angeordnet.

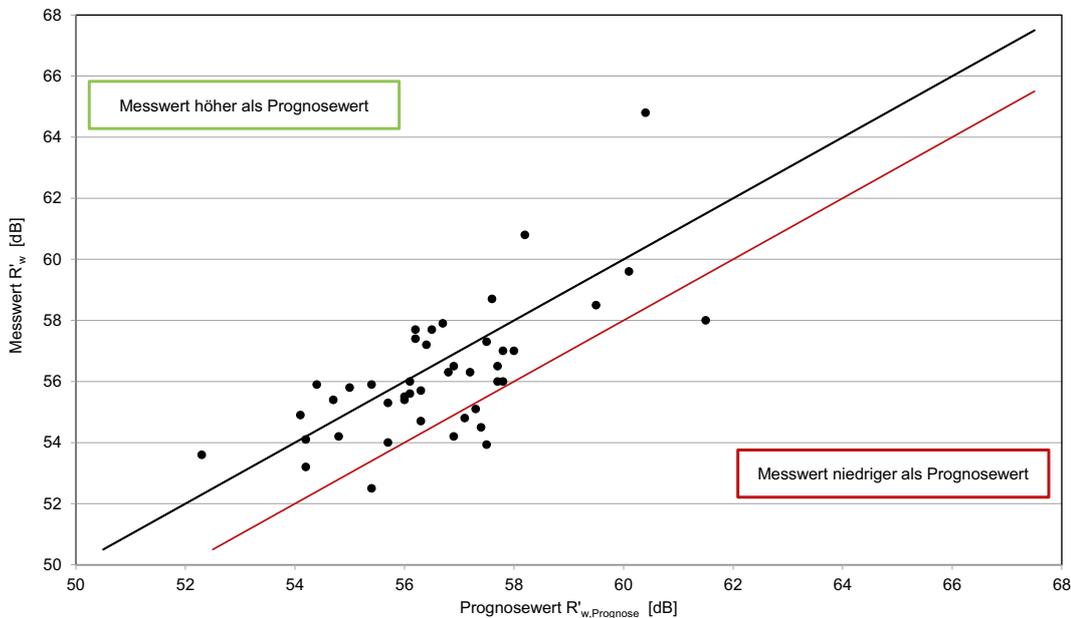


Bild 4. Gegenüberstellung von Prognose- und Messwerten des Bau-Schalldämm-Maße  $R'_w$  für Wohnungstrennwände in Gebäuden aus Ziegelmauerwerk. Die Winkelhalbierende (schwarze Linie) kennzeichnet den Bereich, bei dem Prognose- und Messwert gleich sind. Die rote Linie kennzeichnet den Bereich, bei welchem die Messwerte dem Prognosewert unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwerts von 2 dB entsprechen.

Fig. 4. Comparison of calculated and measured values of the apparent sound reduction index  $R'_w$  for separating walls in brickwork buildings. The black line indicates equal calculated and measured values. The red line indicates where the calculated and measured values are equal when the safety factor is applied to the calculated value.

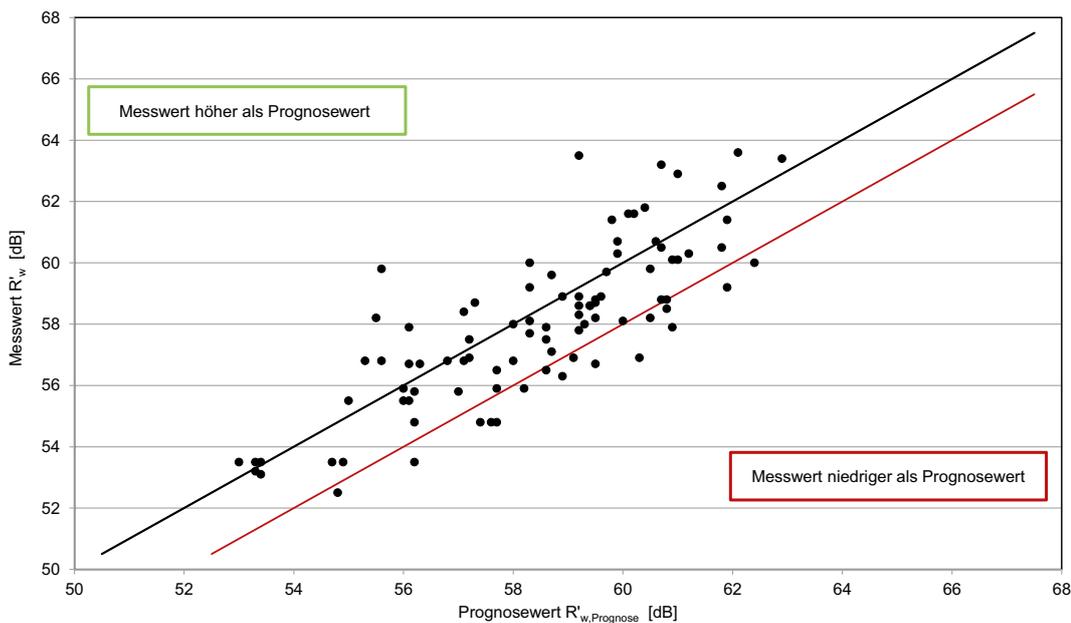


Bild 5. Gegenüberstellung von Prognose- und Messwerten des Bau-Schalldämm-Maße  $R'_w$  für Geschossdecken in Gebäuden aus Ziegelmauerwerk. Die Winkelhalbierende (schwarze Linie) kennzeichnet den Bereich, bei dem Prognose- und Messwert gleich sind. Die rote Linie kennzeichnet den Bereich, bei welchem die Messwerte dem Prognosewert unter Berücksichtigung des Sicherheitsabschlages von 2 dB entsprechen.

Fig. 5. Comparison of calculated and measured values of the apparent sound reduction index  $R'_w$  for separating floors in brickwork buildings. The black line indicates equal calculated and measured values. The red line indicates where the calculated and measured values are equal when the safety factor is applied to the calculated value.

Bei den Wohnungstrenndecken liegt die Spannweite der gemeinsamen Trennflächen der Räume zwischen  $7,5 \text{ m}^2$  und  $56 \text{ m}^2$ . Es wurde lediglich eine Situation mit  $7,5 \text{ m}^2$  unterhalb von  $10 \text{ m}^2$  gemeinsamer Trennfläche vorgefunden. Der Mittelwert der Trenndeckenflächen be-

trägt  $18,4 \text{ m}^2$ . Auch dabei ist zu beachten, dass diese Angabe eines Mittelwertes nicht repräsentativ für die in Wohnungen anzutreffenden durchschnittlichen Trenndeckenflächen sein muss, da die ausgewerteten Prüfberichte im Regelfall eher ungünstige Raumsituationen erfassen

und damit große Räume seltener messtechnisch überprüft werden.

Bei den vertikalen Übertragungssituationen mit insgesamt 91 Messungen sind lediglich 5 Raumsituationen mit relevantem Raumversatz festgestellt worden. Es ist allerdings festzustellen, dass bei neueren Bauweisen mit Flachdachaufbau häufig Staffelgeschosse errichtet werden, die konstruktionsbedingt zu Raumversätzen führen. Im Rahmen der Auswertungen wurde festgestellt, dass bei solchen Situationen bauakustische Messungen zur Bestimmung der Schalldämmung der obersten Geschossdecken selten durchgeführt wurden.

### 3.4 Übereinstimmung von Mess- und Prognosewerten

Der Grad der Übereinstimmung zwischen den Messergebnissen und den Prognosewerten der Schalldämmung kann nach den durchgeführten Auswertungen wie folgt beurteilt werden:

- Die Unterschiede zwischen Mess- und Prognosewerten liegen zu 80 % in einem Korridor der Abweichungen von  $\pm 2$  dB. 15 % aller Werte liegen in einem Korridor zwischen  $\pm 2 - 3$  dB und knapp 2 % sämtlicher Werte in einem Bereich zwischen  $3 - 4$  dB sowie weitere 2 % der Werte zwischen  $\pm 4 - 5$  dB. Diese Aussage bezieht sich auf Messergebnisse und Prognosewerte mit jeweils einer Nachkommstelle und ohne Berücksichtigung eines Sicherheitsbeiwertes.
- Die Ergebnisse mit einer größeren Unsicherheit über  $\pm 2$  dB finden sich bei bewerteten Bau-Schalldämm-Maßen, die über die bauordnungsrechtlichen Anforderungen hinausgehen. Dies gilt sowohl für positive als auch negative Abweichungen vom normativ ermittelten Prognosewert.
- Der Mittelwert der Unterschreitung beträgt bei den Wohnungstrennwänden 0,5 dB, bei den Geschossdecken unterschreiten die Messwerte die Prognosewerte im Mittel um 0,4 dB.
- Die Standardabweichung der Differenzen zwischen Messung und rechnerischer Prognose der untersuchten Stichprobe mit einem Umfang von 135 Ergebnissen beträgt 1,6 dB. Dies gilt für die Ergebnisse von Wohnungstrennwänden und Geschossdecken gleichermaßen.
- Es können keine systematischen Abweichungen auf Grund bestimmter Raumanordnungen, Flankenbauteilflächen, Abmessungen der Trennflächen oder aber bestimmter Bauteilspezifika festgestellt werden.
- Die Vergleiche der vorliegenden Messergebnisse mit den Berechnungen zeigen, dass die Verwendung von an Prüfaufbauten oder in ausgeführten Bauten gemessenen Stoßstellendämm-Maßen gut zur Prognose der Luftschalldämmung geeignet ist.

### 3.5 Einflussgrößen bei der rechnerischen Prognose

Die Prognose der Bau-Schalldämm-Maße zwischen zwei Räumen beruht in der neuen DIN 4109:2016 auf dem vereinfachten Rechenmodell der DIN EN 12354-1. Dort werden die Einzelübertragungswege mit bewerteten Einzulangaben der Direktdämmung der Bauteile sowie Einzulangaben der Stoßstellendämmung und der Verbesse-

rungsmaße von Vorsatzschalen in die Berechnungen einbezogen.

Die Berechnung des Sicherheitsbeiwertes der Prognose sowie Pauschalwerte für Unsicherheitsbeiträge von Eingangswerten sind in DIN 4109-2:2016 beschrieben. Die Unsicherheitsbeiträge der Eingangsdaten für die Berechnungen sind dabei unterschiedlich. Für das bewertete Direktschalldämm-Maß  $R_w$  beträgt der Unsicherheitsbeitrag 1,9 dB. Unsicherheitsbeiträge für die Einzulangaben des Stoßstellendämm-Maßes  $K_{ij}$  sind dort bislang nicht genannt.

Da im Rahmen eines bauaufsichtlich geforderten Nachweises ein Sicherheitsbeiwert von 2 dB auf die Berechnungsergebnisse der Luftschalldämmung anzusetzen ist, kann derzeit davon ausgegangen werden, dass die Unsicherheitsbeiträge der Stoßstellendämm-Maße sowie diejenigen aus der Bauausführung im pauschalen Abschlag inkludiert sind. Die im Rahmen der oben genannten vergleichenden Untersuchungen festgestellten Abweichungen zwischen Messung und Rechnung geben erst einmal keinen Anlass, an der Richtigkeit dieses pauschalen Sicherheitsbeiwertes zu zweifeln. Geringere Abschläge auf das Schalldämm-Maß lassen sich für Gebäude aus HLz-Mauerwerk somit nach Meinung der Autoren nicht vertreten.

Einen weiteren zu beachtenden Einfluss auf die für die Untersuchungen herangezogenen Messergebnisse haben die am Bau anzutreffenden zusätzlichen Schallübertragungswege, die sich häufig aus Ausführungsfehlern ergeben und die bei der Berechnung meist nicht berücksichtigt werden. Dazu gehören z. B. ungenügend gedämmte Schächte von Rohrleitungen bzw. Verkleidungen an Deckendurchdringungen, Schallübertragung über Türen und deren Fugen etc., deren Einfluss bei den Schallpegelmessungen mit erfasst wird, bei der rechnerischen Prognose allerdings unberücksichtigt bleibt.

Bei der rechnerischen Modellierung der Übertragungssituationen sind Innenabmessungen der Räume zur Ermittlung der Bauteilflächen und Flankenlängen verwendet worden. Ein weiterer Aspekt ist die Berücksichtigung von Fenstern und Türen in Flankenbauteilen, die kaum Luftschall abstrahlen und daher auch keinen nennenswerten Beitrag zur Luftschallübertragung leisten. Diese Flächenanteile brauchen bei der Prognoserechnung nicht berücksichtigt zu werden, wenn sie raumhoch sind. Flankenanteile, die sich hinter sog. Diskontinuitäten z. B. Querbauteilen oder großen Öffnungen befinden, bleiben bei der Modellbildung der Übertragungswege ebenso unberücksichtigt. Im Rahmen der zuvor genannten Vergleiche hat diese Vorgehensweise zur besten Übereinstimmung zwischen Messung und Rechnung geführt.

In etwa 15 % der untersuchten Raumsituationen mit wärmedämmendem HLz-Außenmauerwerk unterschreiten die Messwerte die um den pauschalen Sicherheitsbeiwert verminderten Prognosewerte. Diese Größenordnung findet sich auch bei der Auswertung der Schalldämmung anderer Massivbauweisen z. B. von Wohnungstrennwänden in [14] wieder. Bei der dort durchgeführten Auswertung wurde eine Unterschreitung des baurechtlich nachzuweisenden Mindestschallschutzes in ca. 14 % der Fälle festgestellt. Diese Unterschreitungen ergeben sich einerseits aus der Unsicherheitsanalyse, da bei einer Standardabweichung von 2 dB statistisch für den Erweiterungsfaktor der

Unsicherheit  $k = 1$  mit nur 84 % Erfüllungswahrscheinlichkeit zu rechnen ist. Andererseits können auch Ausführungsfehler nicht ausgeschlossen werden, die in der Praxis zu einer verminderten Schalldämmung und damit zu geringeren Messwerten führen können.

#### 4 Fazit

Mit den Rechenverfahren der neuen DIN 4109-2:2016 wird die Möglichkeit einer zuverlässigen Prognose der Luftschalldämmung in Gebäuden aus wärmedämmendem HLz-Mauerwerk ermöglicht. Der Vergleich von Baumesungen mit den Ergebnissen der schalltechnischen Berechnungen unterschiedlichster Übertragungssituationen zeigt unter Berücksichtigung ziegeltypischer Stoßstellendämm-Maße eine hohe Übereinstimmung.

Eine Verwendung von verlustfaktorkorrigierten Prüfwerten für die Direkt-Schalldämmung ist für HLz-Mauerwerk aufgrund der verminderten Schalldämmung obligatorisch.

Die Auswertung der Messungen an ziegelspezifischen Stoßstellen zeigt, dass die normativen Ansätze zur Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes für Bauteilanschlüsse mit HLz-Mauerwerk an einigen Stellen offensichtlich noch angepasst werden können. Neben dem Einfluss der konstruktiven Ausbildung der Stoßstelle können für eine bessere Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes auch Materialparameter berücksichtigt werden. Entsprechende Arbeiten sind dazu auf internationaler Ebene bereits begonnen worden.

Der Verwendung von Stoßstellendämm-Maßen aus Messungen an ziegelspezifischen Knotenpunkten sollte derzeit bei der Prognose der Luftschalldämmung nach Auffassung der Autoren der Vorzug vor den in DIN 4109-32 für homogene biegesteife Stoßstellen genannten Daten gegeben werden, da sie zu einer guten Übereinstimmung zwischen gemessenem Bauschalldämm-Maß und den Werten der Prognoserechnungen führt. Mit dieser Vorgehensweise lässt sich trotz der komplexen Zusammenhänge und der Besonderheiten der monolithischen Bauweise mit gelochten Mauerwerksteinen eine mit dem übrigen Massivbau vergleichbare Zuverlässigkeit in der rechnerischen Bemessung erzielen. Der Nachweis der Einhaltung baurechtlicher Anforderungen sollte formal bis auf weiteres mit den normativen Kennwerten geführt werden, sofern hierzu Daten verfügbar sind. Das in der Norm aufgeführte Sicherheitskonzept mit einem pauschalen Sicherheitsbeiwert von  $-2$  dB zum rechnerisch ermittelten Bau-Schalldämm-Maß kann für die Bemessung mit wärmedämmendem HLz-Mauerwerk in Ansatz gebracht werden.

Die Auswertungen der bauakustischen Messungen ausgeführter Gebäude aus Ziegelmauerwerk zeigen, dass mit entsprechend hohen Direktchalldämm-Maßen von flankierenden HLz-Außenwänden in Verbindung mit hochwertigen Anschlussdetails eine hohe Luftschalldämmung zwischen Wohnungen erreicht werden kann. Mit diesen Ausführungen wird ein erhöhter Schallschutz deutlich über den baurechtlich geforderten Werten erreicht.

#### Literatur

- [1] DIN EN 12354-1:2000-04 Bauakustik – Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen.
- [2] DIN 4109-2:2016 Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen.
- [3] DIN 4109 Beiblatt 1:1989-11 Schallschutz im Hochbau, Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren.
- [4] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-23.22-1787 Mauerwerk aus Hochlochziegeln nach DIN V 105-100 oder DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN V 20000-401. Deutsches Institut für Bautechnik, März 2010.
- [5] *Schneider, M., Fischer, H.-M.*: Einfluss des Verlustfaktors auf die Schalldämmung von Lochsteinmauerwerk. *Bauphysik* 30 (2008), H. 6, S. 453–462. DOI: 10.1002/bapi.200810060
- [6] DIN EN ISO 717-1:2013-06 Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung.
- [7] DIN 4109-4:2016:07 Schallschutz im Hochbau – Teil 4: Handhabung bauakustischer Prüfungen.
- [8] DIN 4109-32:2016:07 Schallschutz im Hochbau – Teil 32: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Massivbau.
- [9] *Schneider, M., Weber, L., Fischer, H.-M., Müller, S., Gierga, M.*: Verlustfaktor-Korrektur der Schalldämmung bei gefülltem Ziegelmauerwerk. *Bauphysik* 32 (2010), H. 1, S. 17–26. DOI: 10.1002/bapi.201010003
- [10] Arbeitskreises der Prüfstellen für die Erteilung allgemeiner bauaufsichtlicher Prüfzeugnisse für den Schallschutz im Hochbau – Arbeitskreis Schallprüfstellen: Beschlussbuch 23 gültig seit 14.03.2016 <http://www.schall-pruefstellen.de/beschlussbuch.html>
- [11] DIN EN ISO 10848-1:2006-08 Akustik – Messung der Flankenübertragung von Luftschall und Trittschall zwischen benachbarten Räumen in Prüfständen – Teil 1: Rahmendokument.
- [12] *Schneider, M., Fischer, H.-M.*: Bericht der HFT-Stuttgart Nr. 1370 zum AIF-Vorhaben Nr. 11593/1 „Ermittlung und Verifizierung schalltechnischer Grundlagendaten für Wandkonstruktionen aus Kalksandstein-Mauerwerk auf der Grundlage neuer europäischer Normen des baulichen Schallschutzes“.
- [13] *Gierga, M.*: „Vergleich der rechnerischen Prognose der Luftschalldämmung nach E DIN 4109 zu den Ergebnissen bauakustischer Messungen in ausgeführten Mehrfamilienhäusern aus Ziegelmauerwerk“. Technischer Bericht 50450-1 im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft Mauerziegel e.V., Bonn 2015.
- [14] *Summ, J., Schimmer, A., Schneider, M.*: Stand des Luft- und Trittschallschutzes im Geschosswohnungsbau in Deutschland. *Bauphysik* 37 (2015), H. 6, S. 323–333. DOI: 10.1002/bapi.201510040

#### Autoren dieses Beitrages:

Dipl.-Ing. Michael Gierga  
Kurz und Fischer GmbH  
Johann-Breuker-Platz 8, 46244 Bottrop

M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Martin Schneider  
Prof. Dr.-Ing. Heinz-Martin Fischer

#### Beide:

Hochschule für Technik Stuttgart (HFT)  
Schellingstraße 24, 70174 Stuttgart