

Schallschutz nach DIN 4109 im Massivbau - Berechnung und Messung im Vergleich, Luftschallschutz einer Wohnungstrennwand

Reinhard O. Neubauer

IBN-Bauphysik GmbH & Co. KG, 85049 Ingolstadt, dr.neubauer@ibn.de

Einleitung

Mit der Veröffentlichung von DIN 4109, Schallschutz im Hochbau - Teil 2: Schallschutz im Hochbau - Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen, Ausgabe 01/2018, hat sich der Bearbeitungsumfang zur Berechnung des baulichen Schallschutzes deutlich erhöht. Insbesondere die Auswahl der Stoßstellen kann in der Berechnung der Luftschalldämmung deutlich unterschiedliche Berechnungsergebnisse liefern. Aufgrund der vollständigen Neuarbeitung von DIN 4109-2 [1] in Hinblick auf die Anpassung an das Europäische Normenwerk (DIN EN ISO 12354 [2]) fehlt es noch an messtechnischen Vergleichen in der Praxis. In diesem Beitrag wird der Luftschallschutz einer Wohnungstrennwand beschrieben wie sich Berechnungsergebnisse und Messergebnisse im Vergleich darstellen. Dabei wird insbesondere die Stoßstellensituation diskutiert, wie sie sich in der Praxis zeigt und rechnerisch berücksichtigt werden muss.

Prüfgegenstand (Trennwand)

Wohnungstrennwand: Planfüllziegel (Beton C12/15, F4), $d = 240$ mm, beidseitig verputzt, $m' = 476$ kg/m²

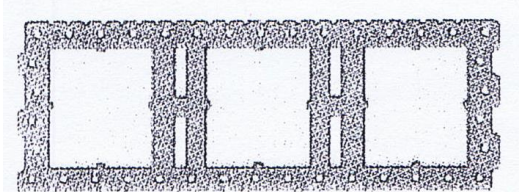


Abbildung 1: Planfüllziegel mit offenen Kammern.

Die Kammern sind mit Normalbeton nach DIN EN 206-1 in Verbindung mit DIN 1045-2 der Ausbreitmaßklasse F4 oder F5 (Fließbeton) und mindestens der Festigkeitsklasse C12/15 zu verfüllen. Verdichteter Normalbeton darf nach Zulassung mit einer Rohdichte von 2.350 kg/m³ angenommen werden. Das Direktschalldämm-Maß R_w des Planfüllziegels berechnet sich einschließlich beidseitig aufgebrachttem Putz, zu 60,5 dB.

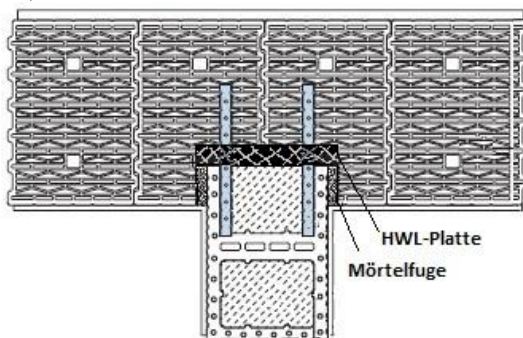


Abbildung 2: Schlitzeinbindung: Trennwand-Außenwand (T-Stoß)

Flankierende Bauteile:

Außenwände: Mauerwerk $d = 365$ mm, Wärmedämmziegel, Rohdichte 650 kg/m³, beidseitig verputzt
Direktschalldämm-Maß $R_{w,Bau,Ref} = 40$ dB*).

Innenwände: Mauerwerk $d = 115$ mm, beidseitig verputzt
Rohdichte 900 kg/m³

*) Nach Angaben der Baufirma, bzw. Bauträger

Geschossdecke: Stahlbetondecke $d = 200$ mm, Unterseite verspachtelt. Schwimmend verlegter Zement-Estrich.

In Abbildung 3 ist der Grundriss dargestellt, aus dem die Messrichtung über die Trennwand zu entnehmen ist. Zur direkten Schallübertragung (Dd) sind weitere 12 Übertragungswege zu berücksichtigen.

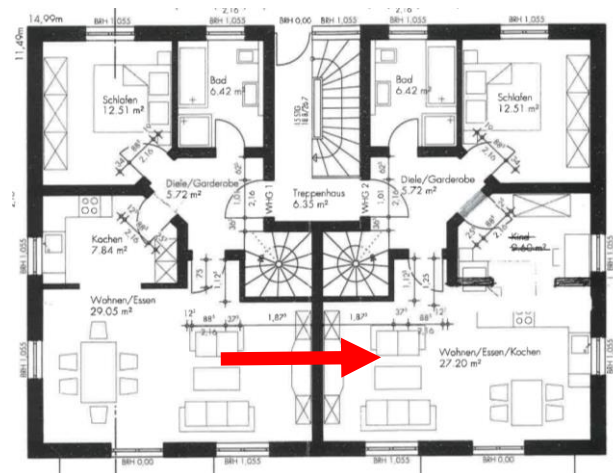


Abbildung 3: Grundriss mit Angabe der Messrichtung (roter Pfeil)

Die Trennwand ist an die Außenwand starr angebunden, so wie sie in Abb. 2 dargestellt ist. Die Übertragungswege ergeben sich wie in Abb. 4 gezeigt.

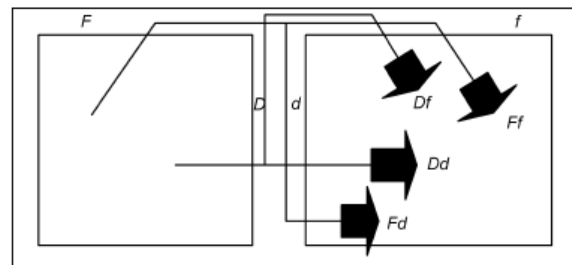


Abbildung 4: Darstellung der Übertragungswege ij zwischen zwei Räumen zur Ermittlung des Stoßstellendämm-Maßes K_{ij}

Für die in Abb. 4 dargestellten Übertragungswege gilt nachstehende Definition:

Dd Übertragungsweg direkt-direkt (hier: Trennwand)

Df Übertragungsweg direkt-Flanke

Fd Übertragungsweg Flanke-direkt

Ff Übertragungsweg Flanke-Flanke (z.B. Außenwand)

Messergebnis (Bestand)

Die Wohnungstrennwand hat im Bestand ein bewertetes Bau-Schalldämm-Maß von $R'_w(C; C_{tr}) = 50 (-1; -4)$ dB.

Berechnungsergebnis (Bestand)

Welche Maßnahmen erforderlich werden um das Schalldämm-Maß ausreichend anzuheben, wird aus den Berechnungsergebnissen nach DIN 4109-32 [3] ersichtlich.

Tabelle 1: Anteile R_{ij} der Schallübertragung im Bestand

| Stoßstellen | ÜW | Stoßst. | K_{ij} | M | R_{ij} | ΔR_w | |
|--------------------------|----|-----------|-------------------|-------------|----------|--------------|-----|
| Direkte Übertragung | | Dd | | | 60,5 | | |
| Flankierende Übertragung | Ff | 11 | st. Kr-stoß | 8,6 | -0,004 | 80,7 | 7,5 |
| | | 22 | st. Kr-stoß | 8,6 | -0,004 | 73,2 | 0,0 |
| | | 33 | st. T-Stoß | 9,7 | 0,302 | 55,4 | 0,0 |
| | | 44 | st. Kr-stoß | 16,0 | 0,663 | 64,3 | 0,0 |
| | Fd | 1d | st. Kr-stoß | 8,6 | -0,004 | 75,2 | 5,0 |
| | | 2d | st. Kr-stoß | 5,7 | -0,004 | 70,2 | 0,0 |
| | | 3d | st. T-Stoß | 5,0 | 0,302 | 61,0 | 0,0 |
| | | 4d | st. Kr-stoß | 10,9 | 0,663 | 68,2 | 0,0 |
| | Df | D1 | st. Kr-stoß | 5,7 | 0,004 | 75,2 | 5,0 |
| | | D2 | st. Kr-stoß | 5,7 | 0,004 | 70,2 | 0,0 |
| | | D3 | st. T-Stoß | 5,0 | -0,302 | 61,0 | 0,0 |
| | | D4 | st. Kr-stoß | 10,9 | -0,663 | 60,2 | 0,0 |

(1: Fußboden, 2: Decke; 3: Außenwand; 4: Innenwand)

Die Wohnungstrennwand hat rechnerisch nach DIN 4109 ein bew. Schalldämm-Maß von $R'_w(C; C_{tr}) = 52 (-2; -5)$ dB.

Die Messung und Berechnung (Prognose) zeigen eine gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Gierga et al. [4]. Danach liegt der Grad der Übereinstimmung zwischen Mess- und Prognosewerten zu 80% in einem Korridor der Abweichungen von ± 2 dB.

Maßnahmen

Aus der Tabelle 1 sind die maßgeblichen Schallübertragungswege zu entnehmen. Die Übertragungswege: *Ff* (33 und 44), also die einbindende leichte massive Innenwand und die durchlaufende leichte massive Außenwand, reduzieren das bewertete Schalldämm-Maß maßgeblich. Das Direktschalldämm-Maß der flankierenden hoch wärmedämmenden monolithischen Außenwand beträgt: $R_{w,Bau,ref} = 40$ dB. Damit ist klar, dass das Direktschalldämm-Maß der Außenwand weit unterdimensioniert ist. Die Wohnungstrennwand soll ein bew. Schalldämm-Maß von mindestens erf. $R'_w = 55$ dB erbringen (Anforderung nach Bbl. 2 zu DIN 4109 (11/1989)). Es muss also das Stoßstellendämm-Maß im Übertragungsweg der flankierenden Außenwand ausreichend hoch ausgebildet werden. Dies kann z.B. mit einer konstruktiven Trennung, d.h. Fugenschnitt, sichergestellt werden.

Eine, wie in DIN 4109-32 dargestellte vollständige Trennung, d.h. von innen nach außen durchgehend, ist unter praktischen Gesichtspunkten nicht durchführbar, bleibt nur der Schnitt auf Höhe der Trennwand. Dies bedeutet jedoch eine nicht vollständige Trennung der Außenwand. Die sich ausbildende Stoßstelle ist also nicht im Sinne von DIN 4109 (07/2016) definiert.

Die erforderlichen Maßnahmen beschränken sich damit in der Summe auf zwei Wände. Einmal auf die Außenwand (ÜW: 3) und auf die flankierende Innenwand (ÜW: 4).

Die Außenwand wurde im Bereich der Trennwand durch einen Fassadenschnitt getrennt (siehe Abb. 5). Die Fuge weist eine Breite von ca. 30 mm auf und ist mit Mineralfaserdämmung hinterfüllt. Die massive Innenwand wurde mit einer biegeweichen Vorsatzschale im Empfangsraum ertüchtigt.

Die Trennwand besitzt ein ausreichend hohes Direkt-Schalldämm-Maß ($R_{ij} = 60,5$ dB), so dass an der Trennwand selbst keine Maßnahmen erforderlich werden.

Auch die flankierenden massiven Bauteile: Decke (ÜW: 2) und Fußboden (ÜW: 1) müssen nicht verbessert werden. Die Decke ist ausreichend schwer und der Fußboden ist mit einem schwimmenden Estrich ausgebildet.

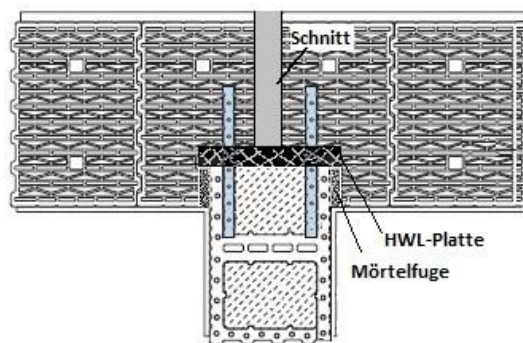


Abbildung 5: Fuge nachträglich in Außenwand geschnitten

Messergebnis (nach Maßnahmen)

Die Trennwand hat nach der Maßnahme ein bewertetes Bau-Schalldämm-Maß von $R'_w(C; C_{tr}) = 56 (-1; -5)$ dB.

Messergebnisse im Vergleich (vor u. nach Maßnahmen)

Der Vergleich der beiden Schalldämmungsmessungen ist in Abb. 6 frequenzabhängig wiedergegeben.

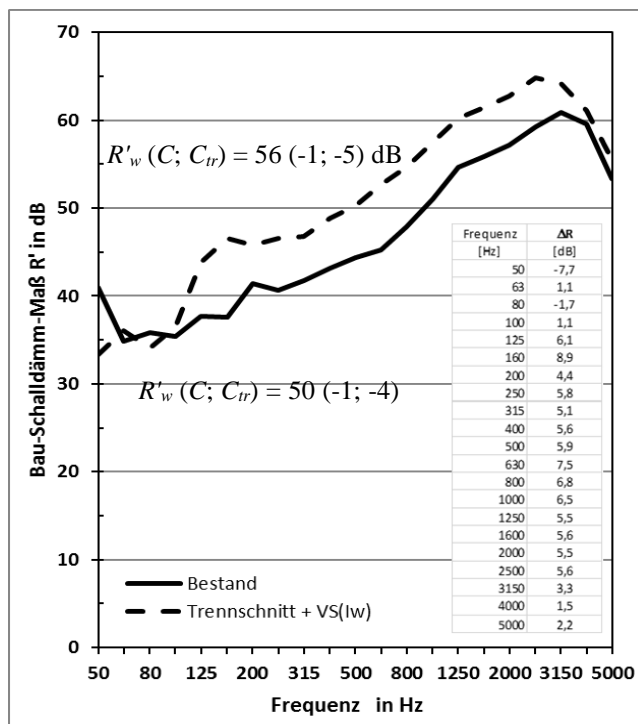


Abbildung 6: Ermittelte bew. Schalldämm-Maße der Trennwand vor und nach der Maßnahme, $\Delta R'_w = 6$ dB.

Berechnungsergebnis (nach Maßnahme)

Zur rechnerischen Überprüfung muss die Maßnahme an der Außenwand zur Erhöhung der Stoßstellendämmung rechnerisch beschrieben und berechnet werden.

In DIN 4109-32 [3] sind hierfür keine eindeutigen Regelungen getroffen, so dass eine Abschätzung der tatsächlichen Situation vorgenommen werden muss.

DIN 4109-32 kennt den T-Stoß und bei der Berechnung der Stoßstellendämmung wird davon ausgegangen, dass die Fortsetzung des Bauteils nach der Stoßstelle die gleiche flächenbezogene Masse aufweist.

Dies ist bei der Außenwand aus porosiertem Hochlochziegel (Wärmedämmziegel) gegeben, jedoch ist die Außenwand durch eine ca. 30 mm breite Fuge getrennt. DIN 4109-32 beschreibt im Massivbau, dass die Verbindungen starr (biegesteif) oder elastisch sein können. Für Stoßstellen zwischen homogenen massiven Bauteilen wird in DIN 4109-32 vereinfachend angenommen, dass nur das Verhältnis der flächenbezogenen Massen der angrenzenden Bauteile, die Geometrie der Stoßstelle und die konstruktive Gestaltung der Knotenpunktverbindung die Stoßstellendämmung bestimmen.

Von entscheidender Bedeutung ist die konstruktive Gestaltung des Knotenpunktes. Nach DIN 4109-32 werden drei Fälle unterschieden:

- starre (kraftschlüssige bzw. biegesteife) Verbindung zwischen den Bauteilen, bei Mauerwerk werden kraftschlüssiger Stumpfstoß und verzahnte Verbindung schalltechnisch nicht unterschieden;
- elastische Verbindungen zwischen den Bauteilen;
- keine Verbindung zwischen den Bauteilen (vollständige Entkopplung).

Für den vorliegenden Fall, dass die durchlaufende Außenwand auf Höhe der Trennwand getrennt ist, wird in DIN 4109-32 keine Stoßstellengestaltung bei einem T-Stoß behandelt. Wie der Stoß für die Berechnung angesetzt werden muss, kann aus DIN 4109-32 nicht entnommen werden.

In Anlehnung an DIN 4109-32 lässt sich ein Stoß mit elastischer Zwischenschicht beschreiben.

Eine Variantenbetrachtung, in der ein Vergleich von starrem und elastischem Stoß im Bereich der Außenwand und mit/ohne biegeweiche Vorsatzschale (VS) an der Innenwand angestellt wird, zeigt eine mögliche Modifikation:

Variante 1: (ohne VS)

Starrer Stoß: $R'_w = 52,0$ dB; $K_{ij} = K_{Ff} = 9,7$ dB

Elastischer Stoß: $R'_w = 57,2$ dB; $K_{ij} = K_{Ff} = 42,7$ dB

Hypothese: Das Stoßstellendämm-Maß (K_{ij}) aus starrem und elastischem Stoß ist das arithmetische Mittel beider K_{ij} .

Modifizierter Stoß: $R'_w = 54,5$ dB; $K_{ij} = K_{Ff} = 26,2$ dB (mod.)

Variante 2: (mit VS)

Starrer Stoß: $R'_w = 52,3$ dB; $K_{ij} = K_{Ff} = 9,7$ dB

Elastischer Stoß: $R'_w = 58,5$ dB; $K_{ij} = K_{Ff} = 42,7$ dB

Variante 3: (modifizierter Stoß und Innenwand mit VS)

Starrer Stoß: $R'_w = 52,3$ dB; $K_{ij} = K_{Ff} = 9,7$ dB

Modifizierter Stoß: $R'_w = 55,2$ dB; $K_{ij} = K_{Ff} = 26,2$ dB (mod.)

In Tabelle 2 sind die Berechnungsergebnisse tabellarisch wiedergegeben. Darin sind die mit Maßnahmen versehenen

Bauteile (Ff : 33, 44) fett markiert. Das modifizierte Stoßstellendämm-Maß ist $K_{Ff} = 26,2$ dB.

Der Variantenvergleich hat gezeigt, dass die modifizierte Stoßstelle (ÜW: 33) allein das angestrebte bewertete Schalldämm-Maß nicht gewährleisten kann. Die zweite und zusätzliche Maßnahme: Vorsatzschale an Innenwand (Variante 3) bringt schließlich das angestrebte Ergebnis.

Die Wohnungstrennwand hat rechnerisch nach DIN 4109 ein bewertetes Schalldämm-Maß von $R'_w (C; C_{tr}) = 55 (-2; -5)$ dB.

Das Berechnungsergebnis stimmt gut mit dem Messergebnis überein.

Aus Tabelle 2 sind die Verbesserungen der maßgeblichen Schallübertragungswege zu entnehmen.

Tabelle 2: Anteile R_{ij} der Schallübertragung nach Maßnahme

| Stoßstellen | ÜW | Stoßst. | K_{ij} | M | R_{ij} | ΔR_w | |
|--------------------------|----|-----------|------------------------------|-------------|----------|--------------|------|
| Direkte Übertragung | Dd | | | | 60,5 | | |
| Flankierende Übertragung | Ff | 11 | st. Kr-stoß | 8,6 | -0,004 | 80,7 | 7,5 |
| | | 22 | st. Kr-stoß | 8,6 | -0,004 | 73,2 | 0,0 |
| | | 33 | Stoß elast. ZwSchicht | 26,2 | 0,302 | 71,9 | 0,0 |
| | | 44 | st. Kr-stoß | 16,0 | 0,663 | 78,2 | 13,9 |
| | Fd | 1d | st. Kr-stoß | 5,7 | -0,004 | 75,2 | 5,0 |
| | | 2d | st. Kr-stoß | 5,7 | -0,004 | 70,2 | 0,0 |
| | | 3d | st. T-Stoß | 5,0 | 0,302 | 61,0 | 0,0 |
| | | 4d | st. Kr-stoß | 10,9 | 0,663 | 68,2 | 0,0 |
| | Df | D1 | st. Kr-stoß | 5,7 | 0,004 | 75,2 | 5,0 |
| | | D2 | st. Kr-stoß | 5,7 | 0,004 | 70,2 | 0,0 |
| | | D3 | st. T-Stoß | 5,0 | -0,302 | 61,0 | 0,0 |
| | | D4 | st. Kr-stoß | 10,9 | -0,663 | 82,1 | 13,9 |

(1: Fußboden, 2: Decke; 3: Außenwand; 4: Innenwand)

Beurteilung

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass eine detaillierte Ermittlung der an der Schallübertragung beteiligten Bauteile mit dem Regelwerk DIN 4109 möglich ist und das ermittelte bewertete Bau-Schalldämm-Maß gut mit in-situ Messungen übereinstimmt. Insbesondere im Hinblick auf die ungesicherten Eingabedaten im vorliegenden Bestandsfall, wie dies für die Außenwand der Fall war, wurde mit der vereinfachten Abschätzung des Stoßstellendämm-Maßes eine passable Übereinstimmung erzielt.

In dem dargestellten Fall zur Beurteilung der Bestandsituation konnte eine Übereinstimmung zwischen Messung und Prognose mit +2 dB erzielt werden. Dieses Ergebnis ist in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen von Gierga et al. [4]. Gierga et al. zeigten den Grad der Übereinstimmung zwischen Mess- und Prognosewerten mit einem 80%-igen Korridor der Abweichungen von ± 2 dB.

Für den Fall der rechnerischen Beschreibung der durchgeführten Maßnahmen mit Bezug auf die Ermittlung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes, wurde eine gute Übereinstimmung erzielt. Die Abweichung in der Einzahlangabe beträgt -1 dB.

Insbesondere im Hinblick auf die Beurteilung einer notwendigen Maßnahme können, aufgrund der detaillierten Kenntnis der Bauteile, welche maßgeblich an der Schallübertragung zwischen zwei Räumen beteiligt sind, die

erforderlichen Maßnahmen festgelegt werden. Dadurch können sich wirtschaftliche Vorteile im Zuge der Nachbesserung ergeben.

Anhand des dargestellten Beispiels wurde gezeigt, dass in-situ Messungen die Prognosewerte nach DIN 4109 gut wiedergeben. Insbesondere die in der Prognose vorausgesetzte Stoßstellensituation kann auch bei nicht Kenntnis durch eine Abschätzung, wie die Stoßstelle "praxistauglich" für das Regelwerk DIN 4109 umgesetzt werden kann, beschrieben werden.

Literatur

- [1] DIN 4109-2:2018-01. Schallschutz im Hochbau - Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen. DIN Berlin, Januar 2018
- [2] DIN EN ISO 12354-1:2017-11. Bauakustik - Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften – Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen. DIN Berlin, November 2017
- [3] DIN 4109-32:2016-07. Schallschutz im Hochbau – Teil 32: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Massivbau. DIN Berlin, Juli 2016
- [4] Gierga, M., Schneider, M.; Fischer, H.-M.: Luftschalldämmung im mehrgeschossigen Wohnungsbau mit Hochlochziegelmauerwerk - Prognosen nach DIN 4109:2016 und Vergleich mit Messwerten. Bauphysik 38 (2016), 183-192