

BAULICHER SCHALLSCHUTZ

NACH DIN 4109

➔ Schallschutz mit Ziegeln



Vorwort

Der bauliche Schallschutz ist für die Qualität eines Gebäudes und die Zufriedenheit der Bewohner von großer Bedeutung. Er unterliegt den bauordnungsrechtlichen Anforderungen der DIN 4109 „Schallschutz im Hochbau“. Seit Juli 2016 liegt eine vollständig überarbeitete DIN 4109 vor. Sie legt nicht nur die bauordnungsrechtlichen Anforderungen für den Schallschutz im Hochbau fest, sondern auch die rechnerischen Verfahren für die Schallschutznachweise.

Auf der Basis der europäischen Berechnungsnormen der EN 12354 ermöglichen die Berechnungsverfahren der DIN 4109-2 seit 2016 eine wesentlich bessere und detailliertere Behandlung unterschiedlicher Bausituationen und Baukonstruktionen. Ein völlig neuer Bauteilkatalog in DIN 4109-31 bis 36 liefert die benötigten Daten für die Berechnungen. Die Bedeutung als das maßgebliche Planungsinstrument des baulichen Schallschutzes wurde durch die völlige Überarbeitung der Nachweisverfahren wesentlich gestärkt.

Da sich die grundlegenden Ansätze für Berechnung und Datenermittlung z. T. deutlich vom Vorgehen der alten Norm aus 1989 unterscheiden, ergeben sich für die Anwender der seit 2016 geltenden Normfassung erhebliche Neuerungen. Die vorliegende Broschüre bietet hier einen hilfreichen und übersichtlichen Leitfaden für die Anwendung der neuen Normenreihe.

Der Bauliche Schallschutz kann mit dem vorgenannten Verfahren in den wesentlichen konstruktiven Details geplant und nachgewiesen werden. Für den Massivbau zeigt sich vor allem, dass alle relevanten Übertragungswege einbezogen werden und damit die flankierende Schallübertragung mit den beteiligten Stoßstellen explizit zu berücksichtigen ist. Das ermöglicht eine detailliertere bauakustische Planung und transparente bauakustische Nachweise. Planung und Bemessung der flankierenden Übertragung erweist sich als ein zentraler Punkt der bauakustischen Dimensionierung eines Gebäudes. Das gilt umso mehr, wenn ein über den Mindestanforderungen von DIN 4109-1 liegender Schallschutz gewünscht wird.

Die Ziegelindustrie hat schon früh das große Potenzial dieser Prognose- und Nachweisverfahren erkannt und mit umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten maßgeblich dafür gesorgt, dass das Bauen mit Ziegeln vollständig in die neuen Prognose- und Nachweisverfahren eingebunden werden konnte. Schon seit 2010, also einige Jahre vor Erscheinen der aktuellen DIN 4109, konnte auf dieser Basis für Gebäude mit monolithischem, hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk das neue Verfahren im Rahmen einer durch das DIBt erteilten

allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-23.22-1787 für den bauaufsichtlichen Nachweis verwendet werden. Es wurde in die DIN 4109:2016 übernommen. Somit kann inzwischen auf jahrelange Erfahrungen mit den neuen Verfahren zurückgegriffen werden.

Den Planern und Nachweisführenden steht damit ein langjährig validiertes ziegelgerechtes, modernes und leistungsstarkes Verfahren für die praktische Anwendung zur Verfügung. Es ist deshalb zu begrüßen, dass die Ziegelindustrie in der vorliegenden Broschüre die neue DIN 4109 hinsichtlich des Schallschutzes mit Ziegeln kompakt und anschaulich erläutert. Ausgehend von einigen Grundlagen werden die Anforderungen an den Schallschutz im Wohnungsbau, die Nachweisverfahren und die Schalldämmung von Bauteilen beschrieben. Grundlegende Planungs- und Ausführungsempfehlungen, Berechnungsbeispiele und zahlreiche hilfreiche Hinweise für die Anwendung runden die Darstellung ab.

Großen Raum nehmen dabei die Bemessungsverfahren nach DIN 4109-2 ein, die hinsichtlich des Bauens mit Ziegeln präzisiert werden. Besondere Aufmerksamkeit wird der Stoßstellenthematik und den Anschlussdetails geschenkt, die für den erreichbaren Schallschutz maßgeblich sein können. Konstruktionsempfehlungen und Beispiele für den Mehrgeschossbau aus monolithischem Mauerwerk aus Hochlochziegeln ergänzen diese Thematik. Als Werkzeug zur Nachweisführung nach DIN 4109-2 stellt die Ziegelindustrie die Bauakustik-Software *Modul Schall 4.0* zur Verfügung, worauf in dieser Broschüre ebenfalls eingegangen wird.

So stellt die vorliegende Broschüre ein hilfreiches und verständliches Kompendium zur Anwendung der DIN 4109 dar, insbesondere unter den Bedingungen des Bauens mit Ziegeln.

März 2022

Prof. Dr.-Ing. Heinz-Martin Fischer

Bis November 2020 Obmann des Arbeitsausschusses NA 005-55-75 AA „DIN 4109 - Nachweisverfahren, Bauteilkatalog, Sicherheitskonzept“, Mitglied im Lenkungsgremium zu DIN 4109 NA 005-55 FBR „Fachbereichsbeirat KOA 05 - Schallschutz“, Mitglied in zahlreichen nationalen und internationalen Gremien des baulichen Schallschutzes



Vorwort	3	4 Berechnungsverfahren und Randbedingungen	27
1 Einleitung	8	4.1 Verfahren zur Berechnung der Luftschall- übertragung in Massivgebäuden	27
1.1 Hinweise zur Nutzung der Broschüre	9	4.1.1 Allgemeines	27
1.2 Bisherige Erfahrungen mit der Normanwendung	9	4.1.2 Energiebilanz der Schallübertragungswege	27
1.3 Grundlagen der Schallübertragung in Massivgebäuden	10	4.1.3 Direktschalldämmung	28
1.4 Bauakustischer Nachweis nach DIN 4109 für Massivgebäude in Ziegelbauweise – So einfach geht's!	11	4.1.4 Flankenschalldämmung von Massivbauteilen	28
2 Begriffe und Definitionen	12	4.1.5 Flankenschalldämmung von Leichtbaukonstruktionen	29
3 Anforderungen an den Schallschutz im Wohnungsbau	19	4.1.6 Ermittlung der Trennfläche	29
3.1 Vorbemerkungen	19	4.2 Bauteilkennwerte für die Berechnung	30
3.2 Mindestschallschutz	19	4.2.1 Flächenbezogene Massen	30
3.2.1 Schallschutz im Gebäudeinneren	19	4.2.3 Stoßstellendämm-Maße	30
3.2.2 Schallschutz gegen Außenlärm (Lärmschutz)	20	4.3 Hinweise zur Modellierung der Raumsituation	31
3.2.3 Schallschutz vor Geräuschen aus gebäudetechnischen Anlagen	21	4.3.1 Modellbildung bei versetzten Grundrissen	31
3.3 Erhöhte Schallschutzanforderungen	21	4.3.2 Hinweise zur Handhabung von Bauteilen mit unterschiedlichen flächenbezogenen Massen	32
3.3.1 Allgemeines	21	4.4 Haustrennwände mit zwei massiven, biegesteifen Schalen	33
3.3.2 Welcher Schallschutz ist geschuldet?	22	4.4.1 Allgemeines	33
3.3.3 Verbesserung des Schallschutzes gemäß DIN 4109-5	22	4.4.2 Funktionsprinzip	33
3.4 Zahlenwerte zum erhöhten Schallschutz	24	4.4.3 Konstruktionsrandbedingungen	34
3.4.1 Zahlenwerte zur Luft- und Trittschalldämmung in Geschoss- wohnbauten	24	4.4.4 Fundamentausbildung	34
3.4.2 Einfamilien-Reihenhäuser und Doppelhäuser	25	4.4.5 Bemessungsverfahren zweischalige Haustrennwand	35
3.4.3 Zahlenwerte technische Gebäudeausrüstung	26	4.4.6 Ermittlung des Zuschlagswertes $\Delta R_{w,Tr}$ unterschiedlicher Übertragungssituationen	36
3.5 Schallschutz im eigenen Wohnbereich	26	4.4.7 Berücksichtigung der flankierenden Schallübertragung bei zweischaligen Haustrennwänden	37
		4.4.8 Rechnerische Nachweisführung der Luftschalldämmung zweischaliger Haustrennwände	37
		4.4.9 Zweischalige massive Trennwände mit durchlaufenden Flankenbauteilen	38

4.5 Berechnung der Trittschallübertragung von Massivdecken im Massivbau	38	5 Schalldämmung von Bauteilen	51
4.5.1 Allgemeines	38	5.1 Bauteilkennwerte für die Luftschalldämmung	51
4.5.2 Funktionsprinzip	38	5.1.1 Massive Wände	51
4.5.3 Konstruktionsrandbedingungen	38	5.1.2 Massive Decken	60
4.5.4 Berechnungsverfahren zur Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels von Massivdecken	38	5.2 Vorsatzkonstruktionen	61
4.5.5 Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels der Rohmassivdecke	39	5.2.1 Direktschalldämmung von Bauteilen mit einseitig angebrachter Vorsatzkonstruktion	62
4.5.6 Schwimmende Estriche auf Massivdecken.	39	5.2.2 Flankenschalldämmung von Bauteilen mit Vorsatzkonstruktion	64
4.5.7 Weichfedernde Bodenbeläge	41	5.3 Bauteilkennwerte für die Stoßstellendämmung	64
4.5.8 Berücksichtigung unterschiedlicher Grundrissanordnungen	42	5.3.1 Stoßstellen massiver homogener Bauteile	65
4.5.9 Berücksichtigung flankierender Schallübertragung bei der Trittschallbemessung	43	5.3.2 Verwendung von Prüfwerten bei Konstruktionen mit monolithischen hochwärmedämmenden Hochlochziegeln	67
4.5.10 Rechnerische Nachweisführung der Trittschalldämmung im Massivbau	43	5.3.3 Stumpfstoß bei hochwärmedämmenden Hochlochziegeln.	67
4.5.11 Näherungsverfahren zur Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels von Bodenplatten	43	5.3.4 Stoßstellen massiver Innenwände mit elastischen Zwischenschichten/ Entkopplungen	68
4.5.12 Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels von Massivtreppen	44	5.3.5 Stoßstellen zwischen monolithischen Außenwandziegeln und leichten mehrschaligen Trennwänden	68
4.6 Schallschutz gegen Außenlärm – Rechenverfahren	45	5.4 Fenster und Türen	70
4.6.1 Allgemeines	45	5.4.1 Fenster mit Mehrscheiben-Isolierverglasung	70
4.6.2 Resultierende Schalldämmung der Gesamtfassade unter Berücksichtigung flankierender Schallübertragung.	46	5.4.2 Türen	72
4.6.3 Resultierende Schalldämmung der Gesamtfassade ohne Berücksichtigung flankierender Schallübertragung.	47	5.5 Elemente	73
4.6.4 Ausführungsempfehlungen zum Einbau von Fenstern	48	5.5.1 Rollladen-/Jalousiekästen	73
4.6.5 Lärmquellen.	49	5.5.2 Schalldämmlüfter.	73
4.7 Sicherheitskonzept.	50		
4.7.1 Rechnerische Prognose	50		
4.7.2 Nachweis durch Messung am Bau	50		

6	Grundlegende Planungs- und Ausführungsempfehlungen	74
6.1	Anordnung schutzbedürftiger Räume	74
6.2	Ausführung des Mauerwerks	74
6.3	Geräusche aus gebäudetechnischen Anlagen	75
6.3.1	Allgemeines.	75
6.3.2	Hinweise zu Planung und Ausführung	76
7	Anschlussdetails	78
7.1	Bauteilanschlüsse mit hohem Einfluss auf die Stoßstellendämmung	78
7.1.1	Massive Bauteilanschlüsse	78
7.2	Anschlussdetails mit hohem Einfluss auf die Trittschalldämmung	84
7.2.1	Schwimmende Estriche	84
7.2.2	Treppen	85
7.3	Ausführungshinweise zu Innendämmungen	85
7.4	Ausführungshinweise zu zweischaligen Haustrennwänden	85
8	Rechenbeispiele.	86
8.1	Vorbemerkungen.	86
8.2	Mehrfamilienhaus aus wärmedämmendem Hochlochziegelmauerwerk	87
8.2.2	Horizontale Übertragungssituation.	89
8.2.3	Trittschalldämmung der Geschossdecke	91
8.3	Schalldämmung einer zweischaligen Haustrennwand.	92
8.3.1	Zweischalige Haustrennwand – unterkellertes Gebäude mit durchlaufender Bodenplatte (Fugenbreite 30 mm).	92
8.3.2	Zweischalige Haustrennwand – unterkellertes Gebäude mit durchlaufender Bodenplatte (Fugenbreite 50 mm).	95
8.4	Allgemeines Bemessungsbeispiel zur Erläuterung des Prognoseverfahrens nach DIN 4109-2	98
8.5	Schutz gegen Außenlärm	102
9	Checkliste zum erhöhten Schallschutz	105
10	Literatur	106
11	Stichwortregister	109

1 Einleitung

Der bauliche Schallschutz gehört mit zu den wichtigsten Schutzzielen im Hochbau. Ein ungenügender Schallschutz wird als störend empfunden, vor allem, weil das menschliche Wohlbefinden beeinträchtigt ist und der Bedarf nach Abgeschiedenheit in den eigenen „vier Wänden“ objektiv oder subjektiv nicht erfüllt ist.

Ein norm- oder wunschgemäßer baulicher Schallschutz hängt dabei von zahlreichen Faktoren ab. In jedem Fall ist der bauordnungsrechtliche Schallschutz zu erfüllen. Diese sogenannten Mindestanforderungen sind in DIN 4109-1 [1] „Schallschutz im Hochbau“ geregelt. Für die Festlegung von Zielwerten für einen erhöhten Schallschutz steht seit Sommer 2020 DIN 4109-5 [2] zur Verfügung. Hier werden Anforderungen angegeben, die merklich über dem Schallschutzniveau des Mindestschallschutzes liegen.

Für Eigentumsobjekte hat sich mittlerweile etabliert, dass erhöhte Schallschutzanforderungen einzuhalten sind. Dies hat der Bundesgerichtshof (BGH) durch Urteile für Eigentumsobjekte unterstrichen. Demnach ist der Schallschutz im gehobenen Wohnungsbau so zu gestalten, dass er den Erwartungen der Gebäudenutzenden und vor allem der Leistungsfähigkeit der ausgeführten Konstruktion entspricht. Die Ziegelindustrie hat sehr viel in Forschung und Entwicklung ihrer Produkte investiert. Nachweislich wird mit Dämmstoff verfüllten monolithischen Ziegelaußenwänden der erhöhte Schallschutz mit bewiesener hoher Planungssicherheit im mehrgeschossigen Wohnungsbau erfüllt.

In den Bestrebungen, einen erhöhten Schallschutzkomfort umzusetzen, dürfen dabei andere anwendungstechnische und bauphysikalische Anforderungen nicht aus dem Fokus geraten. Ferner gilt es zu beachten, dass ein

„Plus an Schallschutz“ sich auch in den Kosten als Mehraufwand widerspiegelt. Insofern ist es wichtig, gegenüber allen Baubeteiligten den notwendigen Mehraufwand aus der Konstruktion und den Kosten transparent darzustellen, um somit das gewünschte Schallschutzniveau mit allen Verantwortlichen vertraglich zu fixieren.

Dabei beginnt die Planung für den erhöhten Schallschutz durch Architektinnen und Architekten sowie Tragwerkplanende bereits in der Entwurfsphase.

Die Planung ist meist eine anspruchsvolle Aufgabe und sollte demzufolge durch Fachplanende aus Akustikbüros unterstützt werden. Ergänzend bieten alle Herstellerfirmen der Ziegelindustrie in Deutschland über ihre jeweiligen Bauberatenden einen kompetenten Beratungsservice an. Hier können allgemeine Auskünfte sowie vertiefte Informationen zu den Produkten abgerufen werden. Mit der kostenlos angebotenen Bauakustiksoftware *Modul Schall 4.0* steht ein umfangreiches, anwendungsfreundliches Planungswerkzeug zur Verfügung (www.ziegelrechner.de).

Durch die konstruktive Mitarbeit in den Normungsgremien, untersetzt durch Fachwissen aus der Produktanwendung und eigens initiierten innovativen Forschungsvorhaben, trägt die Ziegelindustrie zur Weiterentwicklung sicherer Schallprognosen für die Ziegelbauweise bei.

Ziel dieser Broschüre ist es, eine Übersicht über die wichtigsten Begriffe des baulichen Schallschutzes zu geben, die Anforderungen und das Nachweisverfahren der DIN 4109-2 [4] zu erläutern und für den Mehrgeschossbau aus monolithischem Mauerwerk aus Hochlochziegeln Konstruktionsempfehlungen abzugeben. Diese werden durch Beispiele bestätigt.

1.1 Hinweise zur Nutzung der Broschüre

[Anmerkung der Redaktion – „Hinweis zur Geschlechterneutralität“: Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf eine geschlechterneutrale Differenzierung weitestgehend verzichtet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung grundsätzlich für alle Geschlechter. Die verkürzte Sprachform beinhaltet keine Wertung.]

Es kann nicht erwartet werden, dass Nachweisführende sämtliche Regelwerke rund um die Schallschutznormung kennen oder gar vollständig verinnerlichen. Diese Broschüre dient dazu, bauakustische Grundlagen mit Beispielrechnungen und mit der auszugsweisen Wiedergabe der wichtigsten Regelungen den Lesenden nahe zu bringen.

Hinweis:

Besondere ergänzende oder zusammenfassende Erläuterungen werden in der Broschüre in Hinweisboxen angegeben.

Aus der Erfahrung der letzten Jahre sollte zur Nachweisführung unbedingt eine geeignete Software genutzt werden. Damit lassen sich rechnerische Nachweise schnell und zuverlässig durchführen, ohne ein Normenstudium erforderlich zu machen.

Die Ziegelindustrie bietet die Bauakustiksoftware *Modul Schall 4.0* (www.ziegelrechner.de) an, mit der sich die energetische Bilanzierung der Schallübertragung in massiven Mehrgeschossbauten zielgerichtet und praxisorientiert durchführen lässt.

Verweise auf Inhalte oder Funktionen der Ziegel-Bauakustiksoftware *Modul Schall 4.0* werden in der Broschüre in der Darstellung dieses Textfeldes hervorgehoben.



Die vorliegende Broschüre ist nach bestem Wissen erstellt und berücksichtigt gängige Regeln des Schallschutzes. Dennoch lassen sich immer wieder interpretationsbedürftige oder unvollständige Regelungsinhalte finden, die eine ingenieurmäßige Betrachtungsweise erfordern. Für den Ausschluss von Fehlern wird vom Bundesverband der Deutschen Ziegelindustrie e. V. keine Gewähr übernommen. Weiterhin wird darauf hingewiesen, dass die zugrundeliegenden Regelwerke einer kontinuierlichen Anpassung unterliegen, die möglichst zeitnah in die Hilfsmittel eingearbeitet wird. Daher wird eine regelmäßige Aktualisierung dieser Arbeitsmittel durch die Herausgeber erfolgen.

1.2 Bisherige Erfahrungen mit der Normanwendung

Die Umsetzung der europäisch genormten Rechenverfahren nach DIN EN 12354-1 [5] und Implementierung in DIN 4109:2016/2018 ermöglicht mithilfe einer akustischen Energiebilanzierung, die Luftschalldämmung in Gebäuden sehr viel besser zu prognostizieren, als es mit dem bis 2016 baurechtlich eingeführten Verfahren nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 [7] möglich war. Letztgenanntes Prognoseverfahren hatte zudem den erheblichen Nachteil, dass für Gebäude in Massivbauweise mit monolithischen, hochwärmedämmenden Ziegelaußenwänden praktisch keine normative schalltechnische Bemessung möglich war.

Die Ziegelindustrie hat frühzeitig die Potenziale des europäischen Prognosemodells nach DIN EN 12354-1 [5] erkannt und in umfangreichen Forschungsvorhaben die erforderlichen Kenntnisse ermittelt und angewendet.

Basierend auf dem Energiebilanzverfahren nach [5] wurde bereits deutlich vor dem Erscheinen der Normenreihe DIN 4109:2016/2018 die durch das DIBt Deutsches Institut für Bautechnik erteilte allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-23.22-1787 [8] erarbeitet. Seit 2010 stand damit ein bauaufsichtliches Bemessungsverfahren für Gebäude mit monolithischem, hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk zur Verfügung. Diese Prognosemethode wurde in 2016 in DIN 4109-2 [4] „Rechenverfahren“ für die Ziegelbauweise überführt und ermöglicht normative rechnerische bauakustische Nachweise unter Verwendung von Prüfwerten der verwendeten Ziegelkonstruktionen.

Seit über zehn Jahren besteht somit Erfahrung in der Anwendung des schalltechnischen Energiebilanzverfahrens für das Bauen mit monolithischem, hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk. Für zahlreiche Bauvorhaben wurde seither nachgewiesen, dass unter Anwendung des Bemessungsverfahrens nach der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-23.22-1787 [8] bzw. DIN 4109-2 [4] die schalltechnische Qualität von Gebäuden in Ziegelbauweise zuverlässig mit hoher Genauigkeit prognostiziert werden kann.

1.3 Grundlagen der Schallübertragung in Massivgebäuden

Das Bilanzverfahren nach DIN EN 12354-1 [5] bzw. DIN 4109-2 [4] basiert auf Einzahlangaben der Schalldämmung der einzelnen Bauteile. Kennzeichen ist die differenzierte Berücksichtigung aller Schallnebenwege eines Trennbauteils, d. h. die einzelnen Längsleitungsbeiträge einschließlich der zugehörigen Stoßstellendämmung an den Bauteilanschlüssen werden bilanziert. Diese Vorgehensweise zur Bilanzierung der Luftschalldämmung ist im Bild 1.1 beispielhaft skizziert.

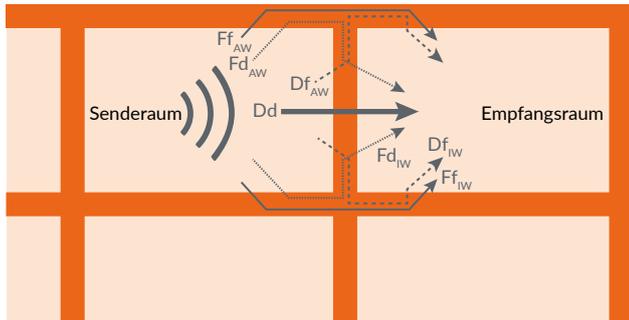


Bild 1.1: Beispielhafte Kennzeichnung der Schallübertragungswege in einem Grundriss zwischen zwei Räumen mit den Übertragungswegen (D/d) für das trennende Bauteil und (F/f) für die flankierenden Bauteile

Dargestellt ist eine Grundrissituation zweier benachbarter Räume, die durch eine Wand getrennt sind. An den Bauteilanschlüssen zwischen Trennwand und Außenwand sowie Trennwand und Innenwand sind die jeweils drei Schallübertragungswege dargestellt.

Im Senderaum erzeugter Luftschall regt die umgebenden Bauteile zu Schwingungen an. Diese Schwingungen werden durch Körperschall über das trennende Bauteil

und die flankierenden Bauteile in angrenzende Gebäudebereiche übertragen und dort wiederum als Luftschall abgestrahlt.

Notwendige Parameter zur Ermittlung des Rechenwertes des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes R'_w von Wohnungstrenndecken oder -wänden zwischen zwei Räumen sind:

- das Direkt-Schalldämm-Maß des Trennbauteils,
- das Direkt-Schalldämm-Maß der gewählten flankierenden Ziegelaußenwand,
- die Direkt-Schalldämm-Maße der übrigen flankierenden Bauteile und
- die Stoßstellendämm-Maße an den Anschlussstellen zwischen Trennbauteil und flankierenden Bauteilen.

Das Direkt-Schalldämm-Maß der Ziegelaußenwand sowie die Stoßstellendämm-Maße der Anschlussstellen zwischen Trennbauteil und flankierender Ziegelaußenwand werden durch aufwendige Messungen im Akustiklabor bzw. im Labormaßstab ermittelt und für die bauakustische Planung u. a. mittels der einfach zu handhabenden Bauakustiksoftware *Modul Schall 4.0* zur Verfügung gestellt. Eine konstruktive Optimierung an trennenden Bauteilen, an den Flankenbauteilen oder den Bauteilanschlüssen (Stoßstellen) wird ebenso transparent, wie die Einflüsse aus der Geometrie der unter Umständen sehr individuell zueinander angeordneten Räume. Es zeigt sich, dass der Schallschutz zwischen zwei Räumen durch eine Mehrzahl von Einflüssen bestimmt wird. Schallschutz ist daher eine Planungsaufgabe und wird bei entsprechender handwerklicher Umsetzung zielsicher erreicht.

Tabelle 1.1: Die wesentlichen Begriffe aus DIN 4109

Thema	DIN 4109-2:2016/2018
Luftschalldämmung zwischen zwei Räumen	Bau-Schalldämm-Maß R'_w aus akustischer Raumbilanz
Trittschalldämmung zwischen zwei Räumen	Bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ als Resultat von Rohdecke und Vorsatzschalen (schwimmender Estrich etc.)
Schalldämm-Maß eines Bauteils	Direkt-Schalldämm-Maß R_w ermittelt aus der flächenbezogenen Bauteilmasse oder aus Prüfbericht entnommen
Berücksichtigung der flankierenden Übertragung	Direkt-Schalldämm-Maß R_w eines jeden flankierenden Bauteils und dem Stoßstellendämm-Maß des jeweiligen Bauteilanschlusses
Berücksichtigung schwimmender Estriche und Vorsatzschalen	Korrektur durch Zuschlag ΔR_w auf dem entsprechenden Übertragungsweg
Entkopplung von Massivbauteilen	Berücksichtigung der reduzierten Flankenübertragung in der akustischen Raumbilanz möglich
Schalldämmung zweischaliger Haustrennwände	Zuschläge zwischen 3 dB und 14 dB auf R'_w einer gleichschweren, einschaligen Wand – abhängig von der Trennwandausführung
Berücksichtigung von Unsicherheiten in der Berechnung	Gesamtunsicherheit u_{prog} (pauschal) vom berechneten bewerteten Bau-Schalldämm-Maß R'_w abziehen bzw. zum bewerteten Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ hinzuaddieren Die Gesamtunsicherheit u_{prog} ersetzt das Vorhaltemaß aus DIN 4109:1989

1.4 Bauakustischer Nachweis nach DIN 4109 für Massivgebäude in Ziegelbauweise – So einfach geht's!

Die Ziegelindustrie unterstützt Nachweisführende bei der Anwendung des komplexen Rechenverfahrens zur Prognose des Luft- und Trittschallschutzes. Mit der Ziegel-Bauakustiksoftware *Modul Schall 4.0* (www.ziegelrechner.de) können Nachweise für Gebäude des Massivbaus mit wenig Aufwand geführt werden.

Bild 1.2 skizziert die Schritte der Nachweisführung. Nach der Auswahl der Nachweissituation wird die Geometrie der beiden aneinandergrenzenden Räume eingegeben sowie deren Lage zueinander. Im nächsten Schritt wird der Aufbau des Trennbauteils eingegeben. Anschließend werden die Aufbauten der flankierenden Bauteile definiert. Trennbauteil und Flankenbauteile können frei definiert oder einer umfangreichen Datenbank in der Software entnommen werden.

Neben Bauteilen, die aus schalltechnisch normativ geregelten Materialien bestehen, wie z. B. Hochlochziegel der Rohdichteklasse 1,0 und höher, sind alle monolithischen hochwärmedämmenden Außenwand-Hochlochziegel mit ihrem jeweiligen Prüfwert des bewerteten Schalldämm-Maßes $R_{w,Bau,ref}$ hinterlegt.

Aus einem großen Pool an Stoßstellendetails wird dann für die Kombination aus Trennbauteil und der bzw. den flankierenden Außenwänden das entsprechend gewünschte oder erforderliche Detail zugewiesen. Die zugehörigen aus Prüfungen ermittelten Stoßstellendämm-Maße K_{ij} werden automatisch in die Berechnung übernommen.

Im Ergebnisbereich wird kontinuierlich das Prognoseergebnis angezeigt und mit den Anforderungen unter Berücksichtigung des Sicherheitsbeiwertes verglichen.

Die Ergebnisse können in einem übersichtlichen Ausdruck transparent ausgehändigt werden.

Auswahl der Nachweissituation

Definition des Trennbauteils

Definition der flankierenden Bauteile

Definition der Stoßstellen-details

Festlegung der Geometrie (Längen, Raumanordnung)

Ausgabe des Ergebnisses und Vergleich mit Anforderung

Nr.	Name	Bauteil	Länge [m]	m ² [kg/m ²]	R _w [dB]	ΔR [dB]	v _{s,akt}	R _{f,w} [dB]
F1a	Wand 1	Planfullziegel_LRDK_2,0d=24,0_c...	2,845	480,0	60,7	0,0		71,5
F1b	Wand 2	Stb-Decke 220mm; s=20;eStrich=...	2,845	528,0	61,9	6,3		66,1
F2	Wand 3	Innenwand H= 115 RDK 0,8	3,340	110,2	40,9	0,0		64,7
F3	Wand 4	Hlz-Außenwand R _w =47,5 dB	1,840	306,8	47,5	0,0		64,7
F4	Wand 4	Hlz-Außenwand R _w =47,5 dB	3,220	306,8	47,5	0,0		62,3

Name	Länge y	Breite x	Höhe z	Volumen [m ³]
Raum A	2,845	4,225	2,500	30,1
Raum B	2,845	5,345	2,500	38,0

Nachweis: $(\text{vorh}) R'_{w,ges} - U_{prog} \geq R'_{w,ges}(\text{erf.})$
 $54,4 - 2 \geq 54,0$
54,4 dB

Bild 1.2: Ablauf zum bauakustischen Nachweis mit der Ziegel-Bauakustiksoftware *Modul Schall 4.0*

2 Begriffe und Definitionen

Schall und Schallausbreitung sind physikalisch gesehen Schwingungen, deren Gesetzmäßigkeiten sich mit den Mitteln der Schwingungslehre beschreiben lassen. Das Verständnis der Zusammenhänge und eine ingenurmäßige quantitative Abschätzung von Maßnahmen und deren Auswirkungen werden erschwert durch den Umstand, dass der Schalldruckpegel logarithmisch abgebildet wird. Dies ist notwendig, weil das menschliche Ohr in der Lage ist, zwischen der Hörschwelle bis zur sogenannten Schmerzgrenze einen um 6 Zehnerpotenzen umfassenden Schalldruckbereich wahrzunehmen. Erst durch die logarithmische Darstellung wird dieser Zusammenhang zutreffend und übersichtlich beschrieben.

Im Folgenden werden die wichtigsten Begriffe der Bauakustik erläutert. Die Begriffe sind in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt, ohne eine Wichtung nach Häufigkeit oder Relevanz im Zusammenhang mit bauakustischen Nachweisen. Weitergehende Grundlagen sind der Fachliteratur und der DIN 4109 zu entnehmen (siehe Kapitel 9).

A-bewerteter Schalldruckpegel:

Der bewertete Schalldruckpegel L_A in dB wird unter Berücksichtigung der Frequenzbewertung A messtechnisch ermittelt und ist das Maß für die Stärke eines Geräusches z. B. von gebäudetechnischen Anlagen oder von Außenlärm L_a . Der Index „A“ beschreibt, dass der Messwert mit der Frequenzbewertung A bewertet wird. Als Bezeichnung der Einheit wird vielfach die Schreibweise dB(A) verwendet.

Amplitude:

Die Amplitude a ist die Auslenkung der schwingenden Teilchen aus ihrer Ruhelage. In Bezug auf Luft- und Körperschall bedeutet eine große Amplitude ein Schallereignis mit hohem Schalldruckpegel.

Äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel einer Rohdecke:

Der äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel $L_{n,eq,0,w}$ einer Rohdecke kennzeichnet die Trittschalldämmung einer Rohdecke ohne z. B. einen schwimmenden Estrich und ohne den Einfluss flankierender Übertragung.

Beurteilungspegel:

Der Beurteilungspegel L_r in dB beschreibt die Stärke einer Schallbelastung des Außenlärms innerhalb eines bestimmten Beurteilungszeitraumes T_r . Der Beurteilungspegel wird nicht nur durch den durch Messungen ermittelten äquivalenten Dauerschallpegel L_{eq} gebildet, sondern er enthält auch eventuelle Zuschläge für z. B. Impulshaltigkeit oder Tonhaltigkeit einer zu beurteilenden Lärmquelle.

Bewertetes Bau-Schalldämm-Maß:

Das aus der bisher üblichen Praxis bekannte bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w unter Berücksichtigung der Nebenwegübertragung der flankierenden Bauteile ist im Gegensatz zum R_w -Wert keine reine Bauteilkenngröße. Das Bau-Schalldämm-Maß beschreibt die Schalldämmung zwischen zwei Räumen und wird in einer Schallschutzbemessung mit dem Anforderungswert verglichen.

Die Ermittlung der bewerteten Einzahlangabe R'_w erfolgt gemäß DIN EN ISO 717-1 [9] (Bild 2.1) und gilt analog für alle bewerteten Luftschalldämm-Maße (wie z. B. R_w) und Luftschallpegeldifferenzen (wie z. B. $D_{n,r,w}$).

Dabei wird die Bezugskurve so lange in Schritten von 1 dB bzw. 1/10 dB verschoben, bis die mittlere Unterschreitung der verschobenen Kurve gegen die Messkurve so groß wie möglich, jedoch nicht mehr als 2 dB beträgt.

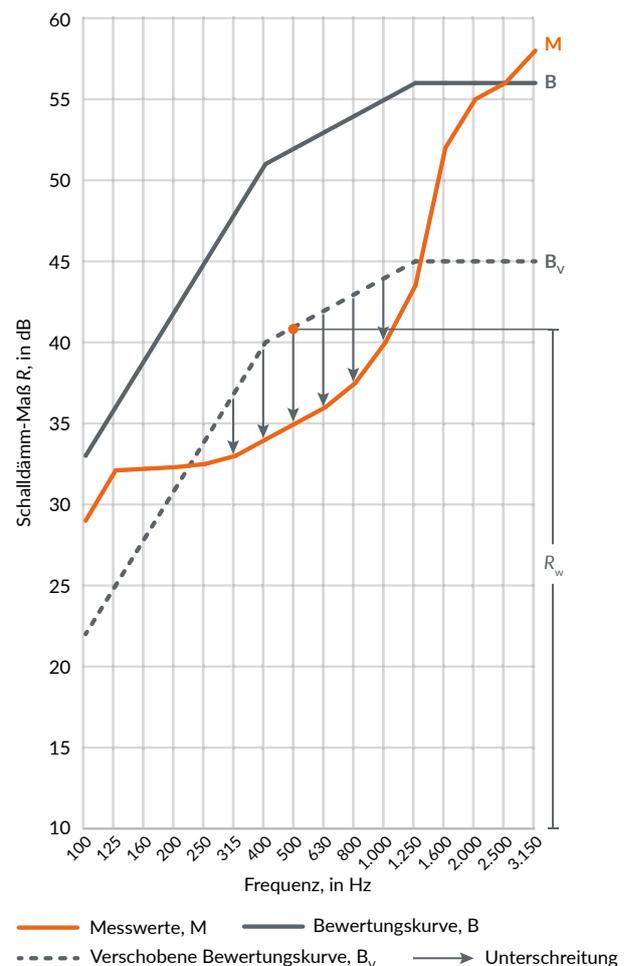


Bild 2.1: Ermittlung des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w bzw. des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes R'_w

Hinweis:

Im Falle der messtechnischen Bestimmung der bewerteten Bau-Schalldämm-Maße dürfen die Einzahlangaben in Prüfberichten ganzzahlig ohne Nachkommastelle angegeben werden.

Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz:

Die bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ beschreibt die Schalldämmung eines flankierenden Leichtbauteils, das die Schallenergie im Wesentlichen auf dem Übertragungsweg Ff weiterleitet. Die Norm-Flankenschallpegeldifferenz wird auf eine bestimmte Anschlusslänge des Flankenbauteils l_{lab} bezogen, die von der Schallübertragungsrichtung abhängig ist (vergleiche Kapitel 4.1).

Bewertete Norm-Schallpegeldifferenz:

Die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ ist die Einzahlangabe einer Schallpegeldifferenz zwischen zwei Räumen, bezogen auf eine Bezugsabsorptionsfläche von $A_0 = 10 \text{ m}^2$. $D_{n,w}$ wird verwendet, wenn keine gemeinsame Trennfläche vorhanden ist oder diese kleiner als 10 m^2 beträgt.

Bewertete Standard-Schallpegeldifferenz:

Die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz $D_{n\tau,w}$ ist die Einzahlangabe zur Kennzeichnung des Luftschallschutzes zwischen Räumen in Gebäuden, bezogen auf eine Nachhallzeit T_0 von 0,5 s (in Wohngebäuden). Dabei können die Räume im Gebäude beliebig zueinander liegen.

Die Erfüllung von Anforderungen ist in beiden Richtungen sicherzustellen. Sie dient auch zur Kennzeichnung zwischen Außenumgebung und Innenraum.

Die Standard-Schallpegeldifferenz lässt sich aus dem bewerteten Schalldämm-Maß und den Raumabmessungen des Empfangsraumes wie folgt berechnen:

$$D_{n\tau,w} = R'_{w'} - 10 \cdot \lg \left(3,1 \cdot \frac{S}{V_E} \right) \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (2.1)}$$

DIN 4109-2:2018-01, Anhang B, B.2, Gleichung (B.1)

mit:

S = Fläche des Trennbauteils, in m^2

V_E = Raumvolumen des Empfangsraumes, in m^3

Bewertete Trittschallminderung:

Die Verbesserung des Trittschallschutzes eines Fußbodens z. B. durch einen schwimmenden Estrich wird als Trittschallminderung (früher Trittschallverbesserungsmaß) ΔL_w in dB bezeichnet. Die Trittschallminderung ist von der Masse des Estrichs sowie der dynamischen Steifigkeit der Trittschalldämmung abhängig.

Bewertete Verbesserung des Schalldämm-Maßes einer Vorsatzkonstruktion:

Die Differenz des Schalldämm-Maßes eines Grundbauteils mit Vorsatzkonstruktion und des Grundbauteils allein wird durch ΔR_w in dB gekennzeichnet. Der Wert kann auch negativ werden.

Bewerteter Norm-Trittschallpegel:

Der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ ist der auf die Bezugs-Absorptionsfläche $A_0 = 10 \text{ m}^2$ bezogene Trittschallpegel. Der Flächenbezug soll die Verhältnisse eines mäßig möblierten Raumes widerspiegeln.

$$L'_n = L'_i + 10 \cdot \lg \left(\frac{A}{A_0} \right) \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (2.2)}$$

DIN 4109-1 [1], Abschnitt 3.14 Gl. (5)

mit:

L'_i = im Empfangsraum nach DIN EN ISO 16283-2 [10] gemessener Trittschallpegel infolge einer Anregung mittels Norm-Hammerwerk

A = äquivalente Absorptionsfläche des Empfangsraumes A_0 Bezugswert 10 m^2

Im Gegensatz zum Luftschall, bei dem die Dämmwirkung mit dem Luftschalldämm-Maß beschrieben wird, wird die Dämmwirkung einer Decke gegenüber Trittschall als Trittschallpegel im Empfangsraum definiert. Daher bedeuten hohe Norm-Trittschallpegel einen geringen Schallschutz.

Analog zum Bau-Schalldämm-Maß R'_w wird das Ergebnis einer Messung mit bauähnlichen Nebenwegen als L'_n angegeben.

Der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ wird analog zum Bau-Schalldämm-Maß ermittelt, indem gegenüber der gemessenen Trittschallpegelkurve eine Bezugskurve so weit verschoben wird, bis die Überschreitung möglichst groß, jedoch nicht größer als 2 dB ist. Der Einzahlgewert $L'_{n,w}$ wird auf der Bezugskurve bei 500 Hz abgelesen.

Bewerteter Standard-Trittschallpegel:

Der bewertete Standard-Trittschallpegel $L'_{n\tau,w}$ ergibt sich analog der bewerteten Standard-Schallpegeldifferenz zur Kennzeichnung des Trittschallschutzes zwischen Räumen in Gebäuden.

Die Räume im Gebäude können beliebig (vertikal, horizontal, diagonal) zueinander liegen.

Bewertetes Direkt-Schalldämm-Maß:

In der rechnerischen Prognose verwendetes Direkt-Schalldämm-Maß $R_{Dd,w}$, bei dem ausschließlich die Schallübertragung über das Bauteil selbst, ohne eine Schallübertragung über flankierende Bauteile betrachtet wird.

Bewertetes Schalldämm-Maß:

Das bewertete Schalldämm-Maß R_w ist die Einzahlangabe des Schalldämm-Maßes zur einfachen Kennzeichnung von Bauteilen. Es wird auch als Direkt-Schalldämm-Maß bezeichnet und beinhaltet keinerlei Einfluss aus Flankenbauteilen. Die üblicherweise in Prüfständen ohne Nebenwege terzweise gemessenen Schalldämm-Maße R werden mit einer Bezugskurve verglichen.

Als Einzahlangabe wird das Schalldämm-Maß der verschobenen Bezugskurve bei 500 Hz angegeben und mit dem Index „w“ versehen, welcher für das englische Wort „weighted“ – also bewertet – steht.

Hinweis:

Nach DIN 4109-2 [4], Abschnitt 5.2 „Rundungsregeln“ werden zukünftig die durch Berechnungen oder aus Laborprüfungen ermittelten bewerteten Schalldämm-Maße bzw. bewerteten Norm-Trittschallpegel in Zehntel-dB-Schritten erzeugt und mit einer Nachkommastelle sowie den Messunsicherheiten angegeben. Der Vergleich mit den Anforderungen kann dann ebenso auf Zehntel-dB genau erfolgen. Bei Baumessungen besteht die Wahlmöglichkeit, die Ergebnisse des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes oder des bewerteten Norm-Trittschallpegels als Ganzzahlangabe oder mit einer Dezimale und der Messunsicherheit anzugeben.

Bewertetes, auf den mittleren Bauverlustfaktor bezogenes Schalldämm-Maß:

Umrechnung der Direktschalldämmung eines Massivbauteils aus Prüfständen mit Bezug auf den mittleren Bauverlustfaktor η_{Bau} . Das bewertete, auf den mittleren Bauverlustfaktor bezogene Schalldämm-Maß $R_{w,Bau,ref}$ wird mit einer Nachkommastelle angegeben.

Bewertetes flächenbezogenes Schalldämm-Maß von Elementen:

Das auf die gesamte Fassadenfläche S_s bezogene bewertete Schalldämm-Maß $R_{e,iw}$ der einzelnen Bauteile und Elemente, z. B. eines Lüftungselementes oder eines Rolladenkastens.

Bewertetes Flankenschalldämm-Maß:

Das bewertete Flankenschalldämm-Maß $R_{i,w}$ ist das auf die Fläche des trennenden Bauteils bezogene Schalldämm-Maß auf dem jeweiligen betrachteten Übertragungsweg.

Flankenübertragung:

Die Flankenübertragung ist derjenige Teil der Nebenwegübertragung, der ausschließlich über Flankenbauteile erfolgt. Dabei werden die Flankenwege mit F (Flankenbauteil im Senderraum) und f (Flankenbauteil im Empfangsraum) bezeichnet.

Frequenz:

Als Frequenz f wird die Zahl der Schwingungen pro Sekunde definiert. Die physikalische Einheit ist Hz (Hertz).

Mit zunehmender Frequenz nimmt die Tonhöhe zu, eine Verdoppelung der Frequenz entspricht einer Oktave. In der Bauakustik betrachtet man vorwiegend einen Bereich von 5 Oktaven, nämlich den Frequenzbereich von 100 Hz bis 3.150 Hz. Als erweiterten Frequenzbereich bezeichnet man den zwischen 50 Hz und 5.000 Hz.

Frequenzbereich:

Der vom menschlichen Ohr gerade noch wahrnehmbare Schalldruck ist abhängig von der Frequenz und beträgt bei 1.000 Hz etwa $2 \cdot 10^{-5}$ Pa. Die Schmerzgrenze liegt bei diesem Ton 6 Zehnerpotenzen höher bei etwa 20 Pa.

Den Frequenzbereich unter ca. 200 Hz bezeichnet man in der Bauakustik als tieffrequent.

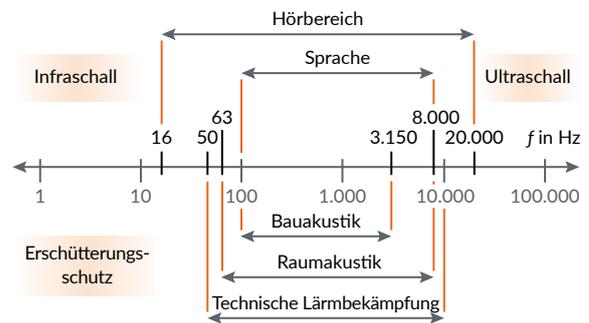


Bild 2.2: Akustischer Frequenzbereich

Grenzfrequenz:

Bei massiven Bauteilen nimmt die Luftschalldämmung mit der Frequenz zu. Im Bereich der Grenzfrequenz f_G verschlechtert sich die Luftschalldämmung, weil sich hier die Wirkung von Massenträgheit und Biegesteifigkeit gegenseitig aufhebt.

Die Grenzfrequenz kann für homogene Platten nach folgender Beziehung ermittelt werden:

$$f_G = \left(6,4 \cdot \frac{10^7}{d}\right) \cdot \sqrt{\frac{p}{E}} \text{ [Hz]} \quad \text{Gl. (2.3)}$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 4.1.2 Gl. (2)

mit:

d = Dicke des Bauteils, in mm

p = Rohdichte des Baustoffs, in kg/m^3

E = Elastizitätsmodul des Baustoffs, in N/m^2

Ungünstig ist die Wirkung bei einschaligen Bauteilen, wenn die Grenzfrequenz im Frequenzbereich 200 Hz bis 2.000 Hz liegt. Dies ist z. B. bei plattenförmigen Bauteilen aus Beton, Leichtbeton, Mauerwerk und Gips mit flächenbezogenen Massen m' zwischen etwa 20 kg/m^2 und 100 kg/m^2 der Fall.

Günstig wirkt sich dagegen eine hohe Biegesteifigkeit bei dicken Wänden aus, sofern die Grenzfrequenz unter etwa 200 Hz liegt. Dies gilt für plattenförmige Bauteile aus Beton, Leichtbeton oder Mauerwerk mit flächenbezogenen Massen ab etwa 150 kg/m².

Körperschall:

Körperschall ist der sich in Festkörpern oder an dessen Oberflächen ausbreitende Schall mit Frequenzen $f > 15$ Hz. Bei niedrigeren Frequenzen spricht man beispielsweise von Infraschall, Schwingungseinwirkungen oder Erschütterungen.

Körperschallanregung:

Als Körperschallanregung wird der Vorgang bezeichnet, bei dem Körperschall durch mechanische Anregung, z. B. infolge von Türschließen, von Gehen usw. entsteht und ein Bauteil in Schwingung versetzt. Diese Biegeschwingungen des angeregten Bauteils verursachen im Empfangsraum Luftschall (Bild 2.3).

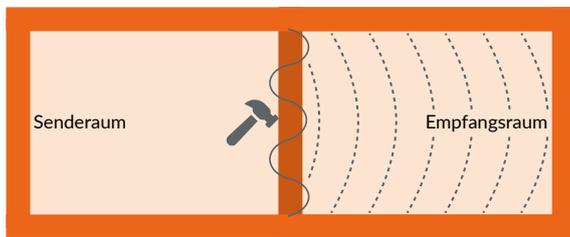


Bild 2.3: Körperschallanregung über ein Trennbauteil

Lautstärkepegel:

Der Lautstärkepegel L_N (ausgedrückt in Phon) berücksichtigt das frequenzabhängige Wahrnehmungsvermögen des menschlichen Ohrs und ist keine physikalische Größe. Die Lautstärkeempfindung eines Geräusches mit N Phon entspricht für einen normal Hörenden dem eines reinen Tones bei 1.000 Hz mit dem Schallpegel N dB.

Luftschall:

Luftschall ist der sich in Luft ausbreitende Schall. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit unter Normalklimabedingungen beträgt ca. 343 m/s.

Luftschallanregung:

Als Luftschallanregung wird der Vorgang bezeichnet, bei dem z. B. ein trennendes Bauteil zwischen zwei Räumen durch Luftschall im Senderaum zum Schwingen angeregt und dadurch im Empfangsraum wiederum Luftschall erzeugt wird. Der Widerstand, den das trennende Bauteil der Schallübertragung entgegensetzt, wird als Luftschalldämmung bezeichnet (Bild 2.4).

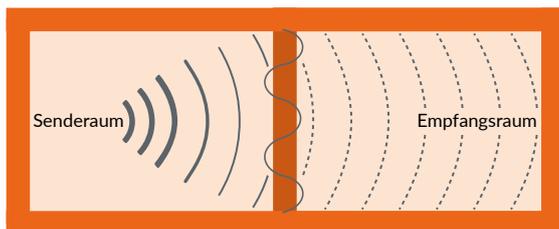


Bild 2.4: Luftschallanregung im Empfangsraum durch das Trennbauteil

Maßgeblicher Außenlärmpegel:

Der maßgebliche A-bewertete Außenlärmpegel L_a in dB ist derjenige Pegelwert, der für die akustische Bemessung von Außenbauteilen angesetzt wird. Er soll die Geräuschbelastung von außen vor dem Gebäude repräsentativ – beispielsweise unter Berücksichtigung der zu erwartenden zukünftigen Verkehrsentwicklung beschreiben.

Maximaler A-bewerteter Norm-Schalldruckpegel:

Der maximale A-bewertete Norm-Schalldruckpegel $L_{AF,max,n}$ in dB kennzeichnet die Störgeräusche aus Wasserinstallationen und sonstigen gebäudetechnischen Anlagen, bezogen auf eine Bezugsabsorptionsfläche $A_0 = 10$ m². Der Index „F“ steht für das Englische Wort „Fast“ und kennzeichnet die Zeitbewertung, die bei den Messungen des maximalen Schalldruckpegels (Index „max,n“) angewendet wird.

Mittlerer Bauverlustfaktor:

Der mittlere Bauverlustfaktor $\eta_{Bau,ref}$ beschreibt die Energieverluste eines massiven Bauteils, wie sie im üblichen Massivbau im Mittel auftreten.

Nachhallzeit:

Die Nachhallzeit T in s ist die Zeitspanne, in der bei einer Messung der Schalldruckpegel nach Abschalten der Schallquelle um 60 dB sinkt. Im Wohnungsbau mit normaler Möblierung beträgt die Nachhallzeit üblicherweise $T = 0,5$ s.

Nebenwegübertragung:

Als Nebenwegübertragung werden alle Formen der Luftschallübertragung zwischen zwei benachbarten Räumen bezeichnet, die nicht direkt über das trennende Bauteil erfolgen z. B. über flankierende Bauteile, Undichtheiten, Rohrleitungen usw. Die Berücksichtigung der Nebenwegübertragung beim bewerteten Schalldämm-Maß wird durch das Apostroph (sprich: Strich) gekennzeichnet.

Oktavfilter-Analyse:

Die Oktavfilter-Analyse ist die messtechnische Zerlegung eines Geräusches durch Filter in einzelne Frequenzbereiche von der Breite einer Oktave.

Resonanzfrequenz:

Mehrschalige Bauteile können eine höhere Schalldämmung als gleichschwere einschalige Bauteile aufweisen, wenn sie durch elastische Zwischenschichten voneinander getrennt sind. Die Schalldämmung derartiger Aufbauten weist bei der Resonanzfrequenz f_0 ein Minimum auf, danach steigt diese stark an. Weitere Hinweise zur Berechnung enthält Kapitel 5.2.

Rundungsregeln:

Die nach DIN 4109-2 [4] berechneten Werte, bewertetes Bau-Schalldämm-Maß R'_w und bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$, sind in Zehntel-dB anzugeben. Mit dieser Genauigkeit werden die ermittelten Kenngrößen nach Berücksichtigung des jeweiligen Sicherheitsbeiwertes u_{prog} mit dem Anforderungswert verglichen.

Schallabsorption:

Treffen Schallwellen auf eine Oberfläche, wird ein Teil der Schallenergie reflektiert. Je nach Oberflächenbeschaffenheit wird der andere Teil der Schallenergie in Wärmeenergie umgewandelt. Die Qualität der Schallabsorption wird gekennzeichnet durch einen frequenzabhängigen Schallabsorptionsgrad α . Die Schalldämmung eines Bauteils steht nicht im Zusammenhang mit dessen Schallabsorptionsgrad. Die Schallabsorption in Wohnräumen kann durch die äquivalente Schallabsorptionsfläche A oder die Nachhallzeit T im Empfangsraum von 0,5 s (nach Sabine) gekennzeichnet werden.

$$A = \frac{0,16 \cdot V}{T} \text{ [m}^2\text{]} \quad \text{Gl. (2.4)}$$

DIN EN ISO 10140-4 [13], Abschnitt 4.6.3 Gl. (5)

mit:

- V = Raumvolumen, in m^3
- T = Nachhallzeit, in s

Schalldämm-Maß R :

Mit dem Schalldämm-Maß R wird die Luftschalldämmung von Bauteilen beschrieben. Das Schalldämm-Maß wird berechnet aus der Schallpegeldifferenz $L_1 - L_2$ zwischen dem sogenannten Sende- und dem Empfangsraum unter Berücksichtigung der äquivalenten Absorptionsfläche A des Empfangsraums und der Fläche des Trennbauteils S (Bild 2.5):

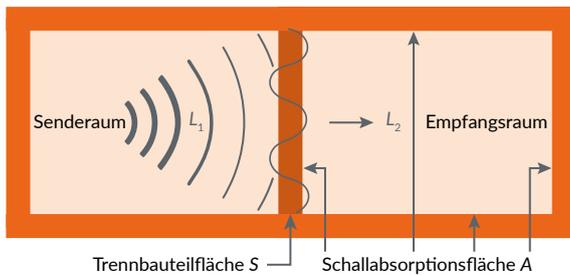


Bild 2.5: Luftschalldämmung eines Trennbauteils

Üblicherweise wird das Schalldämm-Maß R für die Terzmittenfrequenzen von 50 Hz bis 5.000 Hz ermittelt. Durch Anwendung des Bezugskurvenverfahrens wird das bewertete Schalldämm-Maß R_w bestimmt.

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \lg \frac{S}{A} \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (2.5)}$$

DIN EN ISO 10140-2 [14], Abschnitt 3.1 Gl. (2)

Schalldruck:

Der Schalldruck p ist der durch die periodische Schallschwingung erzeugte Wechseldruck in Luft/Gasen oder Flüssigkeiten, der sich mit dem statischen Druck in dem jeweiligen Medium überlagert. Der Schalldruck wird mit einem Mikrofon gemessen.

Schalldruckpegel:

Der Schalldruckpegel L , auch kurz Schallpegel genannt, dient zur Beschreibung von Schallereignissen in der Bauakustik. Er ist der zehnfache Logarithmus vom Verhältnis des Quadrats des jeweiligen Schalldrucks p zum Quadrat des festgelegten Bezugsschalldrucks p_0 und wird in dB (Dezibel) angegeben. Der Bezugsschalldruck entspricht der Hörschwelle und beträgt $2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

$$L = 10 \cdot \lg \left(\frac{p^2}{p_0^2} \right) \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (2.6)}$$

DIN EN ISO 10140-2 [14], Abschnitt 4.2.4.1 Gl. (1)

Der Schall(druck)pegel ist nicht identisch mit Begriffen, die das Schallempfinden beschreiben wie z. B. Lautstärkepegel oder Lautheit.

Schallgeschwindigkeit:

Die Schallgeschwindigkeit c in m/s ist die Geschwindigkeit, mit der sich Schallwellen in einem Medium ausbreiten. Die Schallgeschwindigkeit in Luft wird in der Regel mit $c = 343$ m/s für 20 °C bei Normaldruck (1.013 hPa) angegeben. Die Schallgeschwindigkeit kann berechnet werden, wenn die Wellenlänge λ und die Frequenz f gemessen oder bekannt sind. Ein Ändern der Frequenz eines Tones verursacht keine Änderung der Schallgeschwindigkeit, sondern eine Veränderung der Wellenlänge. Die Schallgeschwindigkeit ist in homogenen Stoffen in der Regel konstant und abhängig von der Dichte und dem E-Modul. Tabelle 2.1 enthält die Schallgeschwindigkeiten in gebräuchlichen Stoffen.

$$c = \lambda \cdot f \text{ [m/s]} \quad \text{Gl. (2.7)}$$

mit:

- λ = Wellenlänge, in m
- f = Frequenz der Schallwelle, in Hz

Tabelle 2.1: Überblick über die Schallgeschwindigkeit in unterschiedlichen Stoffen

Medium	Schallgeschwindigkeit [m/s]
Luft	343
Helium	980
Wasser	1.450
Gummi	150
Glas	5.500
Hartholz	3.300
Beton	3.600-4.500
Ziegelscherben	2.000-3.500

Schallintensität:

Die Schallintensität I entspricht der Schallenergie, die je Zeiteinheit eine Flächeneinheit durchdringt:

$$I = p \cdot v = p^2 / (\rho \cdot c) \text{ [W/m}^2\text{]} \quad \text{Gl. (2.8)}$$

mit:

v = Schallschnelle, in m/s

ρ = Dichte des Mediums, in kg/m³

Schalleistung:

Die Schalleistung P ist die Schallenergie, die je Zeiteinheit von einer Quelle mit der Fläche S abgestrahlt wird:

$$P = I \cdot S = p \cdot v \cdot S = p^2 \cdot S / (\rho \cdot c) \text{ [W]} \quad \text{Gl. (2.9)}$$

Schallschnelle:

Die Schallschnelle v ist die Geschwindigkeit, mit der die einzelnen Luftteilchen oder Festkörper in Abhängigkeit der Amplitude a um ihre Ruhelage schwingen. Sie ist nicht zu verwechseln mit der Schallgeschwindigkeit c .

$$v = 2\pi \cdot f \cdot a \text{ [m/s]} \quad \text{Gl. (2.10)}$$

Schallwelle:

Schallschwingungen sind Bewegungen von Teilchen um ihre Ruhelage, die die Form einer Sinusschwingung haben. Wenn diese Teilchen elastisch miteinander verbunden sind und die Schwingungen sich räumlich ausbreiten, spricht man von Schallwellen.

Sicherheitsbeiwert:

Berechnungen zur Schalldämmung in Gebäuden können die tatsächlichen Verhältnisse nur modellhaft abbilden und sind deshalb mit Unsicherheiten behaftet. In den Bemessungsverfahren werden alle Eingangsgrößen ohne Sicherheitsabschläge verwendet.

In einem bauordnungsrechtlichen rechnerischen Schallschutznachweis ist vom ermittelten bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes R'_w ein pauschaler Sicherheitsbeiwert von $u_{\text{prog}} = 2$ dB abzuziehen und dieses Ergebnis mit dem Anforderungswert zu vergleichen.

Für den Nachweis des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ ist zum ermittelten Rechenwert ein pauschaler Sicherheitsbeiwert $u_{\text{prog}} = 3$ dB zu addieren und diese Summe mit dem Anforderungswert zu vergleichen.

Diese Pauschalwerte beinhalten sämtliche Teilunsicherheiten. Weitere Hinweise enthält Kapitel 4.

Hinweis:

Der Begriff „Vorhaltemaß“ aus DIN 4109:1989 existiert im Zusammenhang mit Berechnungen der Luft- bzw. Trittschalldämmung gemäß DIN 4109-2 nicht mehr.

Spektrum-Anpassungswerte:

Wenn die Störquellen besonders auffällige Lärmspektren aufweisen, wie z. B. tieffrequente Geräusche bei Verkehrslärm, können bei der Planung und Berechnung der erforderlichen Luftschalldämmung die Spektrum-Anpassungswerte C_{tr} oder C der für die Verwendung vorgesehenen Bauteile beachtet werden. Statt R'_w ist dann $R'_w + C_{tr}$ bzw. $R'_w + C$ zu verwenden. Die Spektrumanpassungswerte ohne weiteren Index beziehen sich auf den bauakustischen Frequenzbereich zwischen 100 Hz und 3.150 Hz.

Der Wert C ohne Index steht für ein Spektrum typischer Wohngeräusche innerhalb von Gebäuden sowie für schnellen Autobahnverkehr und Schienenverkehr. C_{tr} steht für tieffrequente Lärmanteile z. B. beim Schutz gegen innerstädtischen Verkehrslärm.

Für die Trittschallübertragung von Trenndecken im Wohnungsbau existiert ein Spektrumanpassungswert C_p , der der üblichen impulsartigen Anregung, z. B. einer gehenden Person, Rechnung trägt.

Stoßstelle:

Anschlusspunkt von trennendem Bauteil und flankierenden Bauteilen im Massivbau. Änderungen im Ausbreitungsweg der Schallübertragung durch Knotenpunkte, Richtungswechsel, Material-, Massen- oder Dickenänderung bzw. Entkopplungsschichten führen zu einer Stoßstellendämmung und damit zu einer Reduzierung der Schallübertragung.

Stoßstellendämm-Maß:

Das Stoßstellendämm-Maß beschreibt die Dämmung von Körperschall an Bauteilverbindungen. Es ist ein Bestandteil der Flankendämmung und beruht auf der Tatsache, dass eine T- oder kreuzförmige Stoßstelle zwischen dem trennenden und dem flankierenden Bauteil der Schallausbreitung einen Widerstand entgegensetzt.

Die Stoßstellendämmung ist abhängig von der Biegesteifigkeit des Verbundes der Bauteile und von deren Massenverhältnissen.

Summenpegel:

Der Summenpegel aus mehreren Schallquellen kann nicht durch Addition der Pegel, sondern nur durch die Summe der Schalldrücke p_i unter dem Logarithmus gebildet werden. Für praktische Abschätzungen des Gesamtschallpegels zweier Schallquellen kann das Nomogramm im Bild 2.6 verwendet werden, in dem die Differenz zwischen den beiden Schallpegeln zu einem Zuschlag ΔL auf den höheren Schallpegel führt.

Der Gesamtschallpegel von zwei gleichen Schallquellen ist demnach 3 dB höher als der Pegel nur einer Schallquelle. Bei leisen Geräuschen bzw. niedrigen Schallpegeln wird diese Verdoppelung der Schallenergie auch als Verdoppelung der Lautstärke empfunden. Bei höheren Schallpegeln, etwa über 50 dB, entsteht die Verdoppelung des Lautstärke-Eindrucks erst bei einer Pegelzunahme von ca. 10 dB.

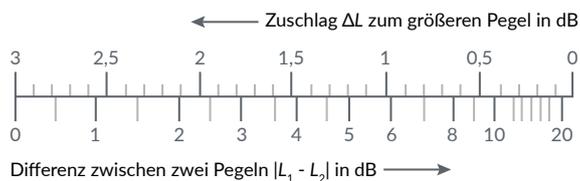


Bild 2.6: Nomogramm zur Addition zweier Schallpegel [52]

Terzfilter-Analyse:

Eine Oktave umfasst acht aufeinanderfolgende Tonstufen einer diatonischen Tonleiter. Eine Terz wiederum entspricht einer Drittel Oktave.

Eine Terzfilter-Analyse ist die Zerlegung eines Geräusches in Frequenzbereiche von der Breite einer Terz. Bei bauakustischen Messungen werden in der Regel Terzfilter verwendet. Die Angabe des jeweiligen Filters dient als Angabe über die Dichte von Messpunkten innerhalb des Frequenzbereiches.

Ton:

Ein Schallereignis mit einer einzigen Frequenz wird als Ton bezeichnet. Geräusch: Schallereignisse mit mehreren Frequenzen gleichzeitig werden als Klang (mehrere harmonische Schwingungen) oder Geräusch (Frequenzen in beliebiger Kombination) bezeichnet.

Trittschall:

Trittschall ist durch Begehen oder ähnliche Anregung von Böden, Decken, Treppen usw. erzeugter Körperschall, der in Form von Körperschallwellen weitergeleitet wird. Im Empfangsraum vertikal unter/über oder diagonal/horizontal neben dem Senderaum wird er als Luftschall abgestrahlt.

Als Gehschall wird hingegen der Schall in dem Raum bezeichnet, in dem der Fußboden durch Begehen angeregt wird.

Trittschallpegel:

Der Trittschallpegel L'_i in dB ist der Schallpegel, der in einem Empfangsraum entsteht, wenn das zu betrachtende Bauteil (z. B. Decke, Treppe, Balkon, Terrasse) durch Begehen zu Schwingungen angeregt wird.

Für bauakustische Messungen wird das zu prüfende Bauteil im Regelfall mit einem Norm-Hammerwerk angeregt.

Verlustfaktor-Korrektur:

Die Schalldämmung massiver Bauteile hängt von den Einbaubedingungen des Bauteils ab. Ein allseits starr mit dem massiven Gebäude verbundenes Bauteil weist in der Regel ein höheres Schalldämm-Maß auf als ein Massivbauteil ohne festen Randanschluss.

Dieses Phänomen wird durch die sogenannte Bauverlustfaktor-Korrektur „Bau,ref“ berücksichtigt. Die für eine Berechnung von R'_w aus Prüfstandmessungen gewonnenen Eingangswerte werden daher auch als $R_{w,Bau,ref}$ -Werte bezeichnet ([9], [38]).

Zuschlagswert für zweischalige Haustrennwände:

Der so genannte Zweischaligkeitszuschlag $\Delta R_{w,Tr}$ in dB beschreibt die Differenz der Schalldämmung von massiven zweischaligen Trennwänden gegenüber einer gleichschweren einschaligen Konstruktion.

3 Anforderungen an den Schallschutz im Wohnungsbau

3.1 Vorbemerkungen

Der Schallschutz von Aufenthaltsräumen des Wohn- und Nichtwohnungsbaus wird grundsätzlich in DIN 4109-1 [1] geregelt. Anforderungswerte für einen erhöhten Schallschutz sind in DIN 4109-5 [2] angegeben. Die Kenngrößen der Schalldämmung von trennenden Bauteilen sind:

- für die Luftschalldämmung das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w in dB,
- für die Trittschalldämmung der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ in dB,
- für die Geräusche aus gebäudetechnischen Anlagen der A-bewertete Norm-Schalldruckpegel $L_{AF,max,n}$ in dB.

R'_w und $L'_{n,w}$ sind nach wie vor die wichtigsten Größen für die Bewertung des Schallschutzes zwischen zwei Räumen und berücksichtigen die Einflüsse der Flankenübertragung an einem Trennbauteil im eingebauten Zustand in der jeweiligen Gebäudesituation. Kennzeichnende Größe für die Einwirkung von Störgeräuschen aus Wasserinstallationen und gebäudetechnischen Anlagen auf zu schützende Aufenthaltsräume ist der Schalldruckpegel.

3.2 Mindestschallschutz

3.2.1 Schallschutz im Gebäudeinneren

Das Ziel der Anforderungen der DIN 4109 ist es, Menschen in Aufenthaltsräumen gegen Geräusche aus Nachbarwohnungen, aus gebäudetechnischen Anlagen sowie aus Gewerbebetrieben, die im selben Gebäude angesiedelt sind und gegen Außenlärm zu schützen. Die Norm wird in der Muster Verwaltungsvorschrift der technischen Baubestimmungen (MVV TB) [15] der Bundesländer genannt, die zur Erfüllung der Grundanforderungen an Bauwerke zu beachten sind und sie ist damit baurechtlich eingeführt. Die individuellen Verwaltungsvorschriften der technischen Baubestimmungen können sich in den einzelnen Bundesländern geringfügig unterscheiden und sind auch nicht immer zeitgleich veröffentlicht.

Die Anforderungen an den Schallschutz werden so festgeschrieben, dass der von den Bewohnern wahrgenommene Schall auf einem Pegel gehalten wird, der eine

Gesundheitsgefährdung ausschließt und zufriedenstellende Bedingungen für die Nachtruhe, die Freizeit und das Arbeiten ermöglicht. Unter Zugrundelegung eines Grundgeräuschpegels von $L_{AF,95} = 25$ dB werden für schutzbedürftige Räume von Wohnungen eine Vertraulichkeit bei normaler Sprechweise sowie der Schutz vor unzumutbaren Belästigungen sichergestellt. Die Norm unterscheidet mit Bezug auf die Geräuschquelle zwischen dem Schutz von Aufenthaltsräumen vor Schallübertragung aus fremden Räumen (Luft- und Trittschallschutz), Schutz vor Geräuschen aus gebäudetechnischen Anlagen sowie dem Schutz gegen Außenlärm aus Verkehr und Gewerbebetrieben außerhalb des eigenen Gebäudes (Lärmschutz).

Dieses bauordnungsrechtliche Schallschutzniveau erfüllt damit einen öffentlich-rechtlichen Auftrag zum Gesundheitsschutz der Bewohner. Daraus ergibt sich im Umkehrschluss auch, dass ein vollkommener Schutz in der Form, dass Nachbargeräusche nicht mehr wahrgenommen werden können, nicht erwartet werden kann. Ein solcher Schutz ist im Geschosswohnungsbau nur bedingt realisierbar und aufwendig umzusetzen. Entsprechend dieser Definition des Schutzziels der DIN 4109-1 [1] ergibt sich die Notwendigkeit der Lärmvermeidung und gegenseitigen Rücksichtnahme in Wohngebäuden und beispielsweise der Vermeidung des Außenlärms im Straßenverkehr.

Die bauordnungsrechtlichen Anforderungen an die Schalldämmung können mit allen derzeit gängigen Bauarten nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik erfüllt werden. Sie stellen eine nicht zu unterschreitende schalltechnische Qualitätsgrenze dar. Aus diesem Grund repräsentieren sie sowohl ein Schutzziel hinsichtlich der Wahrnehmbarkeit von Geräuschen, als auch den Stand der Technik üblicher Bauausführungen wie z. B. schwimmende Estriche zum Trittschallschutz oder zweischalige Haustrennwände bei Einfamilien-Reihenhäusern und zwischen Doppelhäusern.

Die Anforderungen an den Schallschutz richten sich an schutzbedürftige Aufenthaltsräume. Die Definition dieser zu schützenden Räume gemäß DIN 4109 betrifft im Wohnungsbau folgende Räume:

- Wohnräume,
- Wohndielen und -küchen,
- Schlaf- und Arbeitsräume.

Diese Aufzählung ist allerdings nur beispielhaft und als nicht abschließend zu verstehen, da sie als Anmerkung in DIN 4109-1 [1] aufgeführt ist.

3.2.2 Schallschutz gegen Außenlärm (Lärmschutz)

Der Lärmschutz fordert die Einhaltung der resultierenden Schalldämmung von Fassaden und auch Dachflächen von schutzbedürftigen Räumen und orientiert sich an der Lärmbelastung, die auf die Außenwände, die Fenster, Türen und gegebenenfalls weitere Einbauteile einwirkt. Die schalltechnische Qualität von Fassaden ist im Wesentlichen vom Schalldämm-Maß der verwendeten Fenster abhängig, da sie im Allgemeinen die akustische Schwachstelle in der Außenhülle darstellen.

Außenluftdurchlässe von Lüftungsanlagen oder Fensterlüfter haben in der Regel einen geringen Einfluss auf die Gesamtschalldämmung der Fassade, da deren Flächenanteil bezogen auf die Fassadenfläche äußerst klein ist. Rollladenkästen können größere Auswirkungen zeigen, insbesondere dann, wenn deren Schalldämm-Maße geringer sind als diejenigen der Fenster.

Bei einer massiven Außenwandkonstruktion mit einem bewerteten Schalldämm-Maß von $R_w \geq 50$ dB muss die flankierende Übertragung über die angeschlossenen massiven Innenbauteile berücksichtigt werden, wenn zusätzlich das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß der Fassade $R'_{w,ges} > 40$ dB betragen soll. Bild 3.1 zeigt ein Schema zur Bestimmung der Fälle, bei denen die flankierende Schallübertragung im rechnerischen Nachweis nach DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.4.3 zu berücksichtigen ist.

Bei einem maßgeblichen Außenlärmpegel bis zu $L_a = 65$ dB kann für Wohnräume im Regelfall davon ausgegangen werden, dass die flankierende Schallübertragung von der massiven Außenwand über massive Innenbauteile nicht zu berücksichtigen ist. Sind Fassadenanteile eines Raumes zu unterschiedlich stark emittierenden Quellen ausgerichtet, erhält der Fassadenanteil mit der geringeren Außenlärmbelastung einen rechnerischen Bonus auf die Schalldämm-Maße dieser Teilflächen.

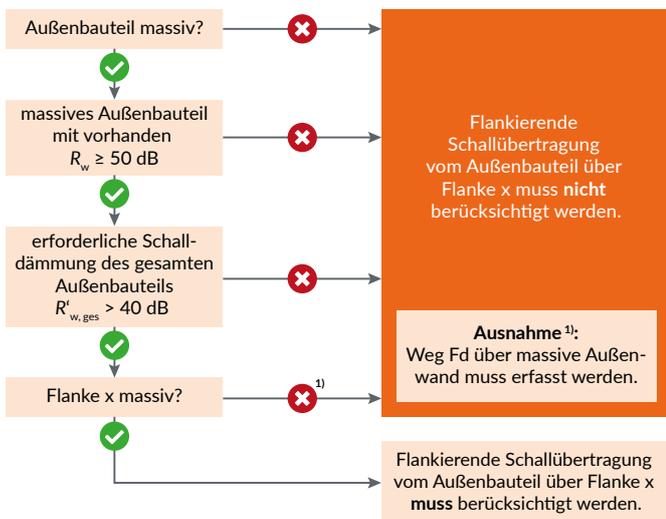


Bild 3.1: Schema zur Berücksichtigung flankierender Bauteile beim Nachweis zum Schutz gegen Außenlärm (vergleiche DIN 4109-2 [4], 4.4.3)

Hinweis:

Die Berechnung der resultierenden Schalldämmung zusammengesetzter Bauteile und Fassaden sowie die Berücksichtigung der räumlichen Gegebenheiten werden im Kapitel 4.6 erläutert.

Die Anforderung an den Lärmschutz für unterschiedliche Nutzungsarten, wie allgemeine Aufenthaltsräume, Bettenräume in Krankenanstalten sowie Büroräume und Ähnliches, wird durch den maßgeblichen Außenlärmpegel L_a bestimmt.

Die Anforderungen werden nicht an ein Gebäude insgesamt, sondern an einzelne, schutzbedürftige Räume gestellt.

Für die verschiedenen Lärmquellen wie Straßen-, Schienen-, Luft- und Wasserverkehr sowie für Industrie und Gewerbe gibt DIN 4109-2 [4] die jeweils angepassten Mess- und Beurteilungsverfahren an, die den unterschiedlichen akustischen und wirkungsmäßigen Eigenschaften der Lärmarten Rechnung tragen.

Von dem aus Tabelle 3.2 abgelesenen bzw. anderweitig ermittelten maßgeblichen Außenlärmpegel L_a ist der Kennwert für die Raumnutzung $K_{Raumart}$ aus Tabelle 3.1 abzuziehen, um die Anforderung an das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ der Außenbauteile von schutzbedürftigen Räumen mittels folgender Gl. (3.1) zu ermitteln:

$$R'_{w,ges} = L_a - K_{Raumart} \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (3.1)}$$

DIN 4109-1 [1], Abschnitt 7.1 Gl. (6)

Tabelle 3.1: Kennwert $K_{Raumart}$ zur Bestimmung des erforderlichen gesamten bewerteten Schalldämm-Maßes der Fassaden

$K_{Raumart}$ [dB]	Raumart oder Nutzung
25	Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien
30	Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume und Ähnliches.
35	Büroräume und Ähnliches

Tabelle 3.2 zeigt die Zuordnung der maßgeblichen Außenlärmpegel L_a abhängig vom Lärmpegelbereich (vergleiche DIN 4109-1 [1], Abschnitt 7.1, Tabelle 7).

Tabelle 3.2: Zuordnung der maßgeblichen Außenlärmpegel L_a zu Lärmpegelbereichen

Lärmpegelbereich	Maßgeblicher Außenlärmpegel L_a [dB]
I	≤ 55
II	$55 < L_a \leq 60$
III	$60 < L_a \leq 65$
IV	$65 < L_a \leq 70$
V	$70 < L_a \leq 75$
VI	$75 < L_a \leq 80$
VII	> 80

Für maßgebliche Außenlärmpegel $L_a > 80$ dB sind die Anforderungen nach den örtlichen Gegebenheiten festzulegen. Die überwiegende Zahl der Wohnungsbauten wird in den Lärmpegelbereichen I - IV errichtet. Weitere Hinweise zu den verschiedenen Lärmarten sind im Kapitel 4.6.5 enthalten.

3.2.3 Schallschutz vor Geräuschen aus gebäudetechnischen Anlagen

Kennzeichnende Größe für die Einwirkung von Störgeräuschen aus Wasserinstallationen sowie von gebäudetechnischen Anlagen in schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen ist der A-bewertete maximale Norm-Schalldruckpegel $L_{AF,max,n}$. Die maximalen Schalldruckpegel der von Wasserinstallationen und gebäudetechnischen Anlagen emittierten und auf schutzbedürftige Räume einwirkenden Geräusche sind auszugewise der Tabelle 3.7 zu entnehmen. Bei den Armaturen und Geräten der Wasserinstallationen wird vorausgesetzt, dass sie den Anforderungen der DIN 4109-1 [1] für die maßgeblichen Armaturengruppen entsprechen. Nutzergeräusche wie z. B. das Abstellen eines Zahnputzbechers auf eine harte Abstellplatte, das Schließen eines WC-Deckels etc. werden bislang baurechtlich nicht von den Anforderungen berührt. Dies ist insbesondere bei der Einforderung des Schallschutzes anhand der Tabelle 3.7 zu beachten – vergleiche DIN 4109-1 [1] Abs. 9. Dennoch führen sie in der Praxis häufig zu Beschwerden.

Hinweis:

Im Sinne eines guten Schallschutzes sind bereits in der Planungsphase ausreichende Maßnahmen zur Reduzierung von Körperschalleinträgen in den Baukörper, insbesondere neben unmittelbar angrenzenden schutzbedürftigen Räumen zu planen und die sachgerechte Umsetzung zu überwachen. Hierzu zählt z. B. die Entkopplung von Sanitärgegenständen.

3.3 Erhöhte Schallschutzanforderungen

3.3.1 Allgemeines

Besonders wichtig ist der Schallschutz im Mehrfamilienwohnungsbau und bei aneinander gebauten Einfamilienhäusern, da die Wohnung dem Menschen zur Entspannung und zum Ausruhen dient und die Privatsphäre gegenüber den Nachbarn und umgekehrt schützen soll.

Qualitätsanforderungen an einen erhöhten Schallschutz ergeben sich nicht nur aus einem Bauvertrag, sondern aus juristischer Sicht sowie der Meinung von Sachverständigen auch aus erläuternden und präzisierenden Erklärungen der Vertragsparteien, dem qualitativen Zuschnitt und dem architektonischen Anspruch des Gebäudes.

Hinweis:

Es ist daher unabdingbar, das Niveau eines erhöhten Schallschutzes im Interesse von Investoren, Eigentümern, Planenden und Ausführenden rechtssicher vertraglich zu vereinbaren.

Zielwerte für einen erhöhten Schallschutz waren bislang in Beiblatt 2 zu DIN 4109 [3] angegeben, die allerdings als Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz bezeichnet wurden. Parallel erschienen in den letzten Jahrzehnten weitere, nicht normative Dokumente, in welchen ebenso Angaben für höhere schalltechnische Qualitätsniveaus genannt sind. Die Zielwerte und Anforderungsgrößen der verschiedenen Dokumente weichen zumindest teilweise voneinander ab, was zur Verunsicherung bei Planenden und der Bauherrschaft führt.

Mit Veröffentlichung von DIN 4109-5 [2] ist mit Ausgabedatum August 2020 ein Regelwerk erschienen, welches in den meisten Fällen einen wahrnehmbar besseren Schallschutz definiert und das mit normativen Anforderungswerten. Die hier dargestellten Standards sind so ausgelegt, dass sowohl der Luftschallschutz als auch der Trittschallschutz in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander und gemeinsam zu einer im Vergleich zu den bauordnungsrechtlichen Anforderungen der DIN 4109-1 [1] verminderten Lautstärkeempfindung führen. Nach Information der obersten Bauaufsichtsbehörden wird DIN 4109-5 [2] nicht über die MVV TB [15] bzw. über die Landesbauordnungen baurechtlich eingeführt.

Das Erreichen eines erhöhten Schallschutzniveaus kann gegenüber dem Mindestschallschutz zu Baukostensteigerungen führen, so dass diese möglichen Mehrkosten vor einer verbindlichen Vereinbarung bekannt sein sollten. Dabei handelt es sich in der Regel nicht nur um baustoff- oder bauteilgebundene Mehrkosten, sondern um Mehraufwand in der Bauplanung, der Ausführungsqualität und der Bauüberwachung.

3.3.2 Welcher Schallschutz ist geschuldet?

Zur Vermeidung von Streitfällen wird empfohlen, den geschuldeten Schallschutz vertraglich bereits im Planungsstadium in Schriftform zu vereinbaren. Diese Angaben müssen eindeutig und widerspruchsfrei zu anderen, das Bauvorhaben betreffenden Dokumenten sein. Hierzu zählen u. a. auch allgemeine Angaben zur Qualität des Gebäudes in Werbeprospekten, in digitalen Medien oder jeglichen anderen Unterlagen.

Wird der zu erreichende Schallschutz nicht zuvor schriftlich fixiert, laufen insbesondere Planende, Bauausführende bzw. das Bauunternehmen Gefahr, dass im Falle von Rechtsstreitigkeiten durch Sachverständige oder vor Gericht ein geschuldetes Schallschutzniveau aus den Vertragsunterlagen etc. abgeleitet wird. Finden sich im Vertrag keine konkreten Angaben in Form von Anforderungswerten, so wird die geschuldete bauakustische Qualität häufig aus den vorgenannten Bauunterlagen abgeleitet. Dieses kann dazu führen, dass ein Anforderungsniveau zugrunde gelegt wird, welches mit der gewählten Konstruktion nicht erreichbar ist.

Bei Mietwohnungen in Mehrgeschossbauten werden häufig die Mindestanforderungen nach DIN 4109-1 [1] als ausreichend angesehen. Dennoch ist hier dringend angeraten, mit der Bauherrschaft frühzeitig in der Planungsphase das Schallschutzziel gemeinsam festzulegen. Daher sollte bei der Festlegung des Anforderungsniveaus unterschieden werden, ob es sich bei dem Bauvorhaben um einfache Mietwohnungen handelt, um hochpreisigen Mietwohnungsbau oder Eigentumsobjekte.

Bei Eigentumswohnungen bzw. bei Einfamilien-Reihen- oder Doppelhäusern wird regelmäßig vorausgesetzt, dass wegen der hohen Bedeutung des Schallschutzes die Einhaltung der Mindestanforderungen gemäß DIN 4109-1 [1] nicht ausreicht. Stattdessen werden regelmäßig erhöhte Anforderungen, z. B. nach DIN 4109-5 [2] als geschuldet vorausgesetzt.

Hinweis:

Wird ein erhöhter Schallschutz beispielsweise nach DIN 4109-5 [2] gewünscht, sollte dieser zwischen Auftraggebenden und Auftragnehmenden im Bau- oder Notarvertrag klarstellungshalber schriftlich vereinbart werden. Das Regelwerk ist mit Ausgabedatum als Referenz zu nennen und die Anforderungen können mit Zahlenwerten angegeben werden. Dabei sollte besonders die Information der zukünftigen Wohnungsnutzer im Vordergrund stehen, die z. B. über die Wahrnehmbarkeit unterschiedlicher Wohngeräusche gemäß der folgenden Tabelle 3.3 informiert werden können.

Ein erhöhter Schallschutz muss schon bei der Entwurfsplanung eines Gebäudes z. B. durch eine günstige Anordnung der zu schützenden Räume, der Auswahl geeigneter Baukonstruktionen etc. berücksichtigt werden. Empfehlenswert ist es, ein Bauakustikbüro in die Planung mit einzubeziehen.

Sollte ein Schallschutzniveau gewünscht sein, welches über die Werte von DIN 4109-5 [2] hinausgeht, weil z. B. ein besonders lautes oder auch leises Wohnumfeld oder andere besondere Nutzungsanforderungen vorliegen, muss eine entsprechende Fachplanung unter Beteiligung eines Bauakustikbüros erfolgen. Die dann notwendigen Maßnahmen erfordern in der Regel eine Änderung der üblichen Konstruktionen und gehen mit erheblichen baulichen Mehrkosten einher, die im Vertrag angesprochen werden müssen.

3.3.3 Verbesserung des Schallschutzes gemäß DIN 4109-5

Die erhöhten Anforderungen an den Schallschutz gemäß DIN 4109-5 [2] definieren sich im Wesentlichen durch eine verminderte Störwirkung, die sich aus der reduzierten Wahrnehmbarkeit üblicher Wohngeräusche gemäß der folgenden Tabelle 3.3 im Vergleich zum Mindestschallschutz ergeben.

Durch die vergleichende Gegenüberstellung anhand von Beispielen in der Wahrnehmbarkeitstabelle (Tabelle 3.3) kann bauakustischen Laien, wie zum Beispiel Käufern, Mietern, Bauherrschaft etc. vor Einzug oder Vertragsabschluss transparent dargestellt werden, welcher Schutz vor akustischen Belästigungen aus fremden Wohn- und Arbeitsbereichen bzw. zum Schutz der Privatsphäre erwartet werden kann. Die verbale Beschreibung von Geräuschen bzw. deren Störpotenzial ist immer subjektiv basiert und bietet daher nur eine allgemeingültige Wertung.

Die in den Tabellen der DIN 4109-5 [2] aufgeführten erhöhten Schallschutzanforderungen gelten zum Luft- und Trittschallschutz von Aufenthaltsräumen und Wohnküchen gegen Geräusche aus fremden Räumen z. B. Nachbarwohnungen oder benachbarten angebauten Einfamilienhäusern und gegen Geräusche aus Wasserinstallationen und gebäudetechnischen Anlagen. Sie gelten nicht für den Luft- und Trittschallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich sowie in Bädern.

Die Norm gilt weiterhin ausdrücklich nicht zur Definition erhöhter Anforderungen für

- freistehende Einfamilienhäuser,
- Aufenthaltsräume mit hohem Grundgeräuschpegel,
- Außenlärm (insbesondere Fluglärm),
- tieffrequenten Schall,
- den eigenen Wohn- und Arbeitsbereich (Ausnahme: Anlagen der Raumluftechnik, die nicht von Nutzenden beeinflusst werden können),
- die Luft- und Trittschallübertragung in Küchen (Ausnahme: Wohnküchen), Flure, Bäder, Toiletten- und Nebenräume,
- baulich verbundene, besonders laute Räume,
- Bürogebäude sowie
- Schulen und Ausbildungsstätten.

Angaben zu „Nutzergeräuschen“ werden im Übrigen baurechtlich nicht reglementiert und fallen ausschließlich in den Bereich individueller privatrechtlicher Vereinbarungen. Dies ist insbesondere bei der Wirkung des erhöhten Schallschutzes mit Hinblick auf die Wahrnehmbarkeitstabelle Tabelle 3.3 zu beachten.

Die Zahlenwerte des erhöhten Schallschutzes zur Luft- und Trittschalldämmung sind im Kapitel 3.4.1 den Mindestanforderungen gegenübergestellt.

Tabelle 3.3: Beschreibung der subjektiven Wahrnehmbarkeit üblicher Geräusche (gemäß DIN 4109-5 [2], Tabelle A.1)

Geräusch	Beschreibung/Beispiel	Wahrnehmbarkeit (Grundgeräuschpegel von 25 dB, Aufenthaltsräume mit üblicher Größe Geräusch und Ausstattung)	
		DIN 4109-1	DIN 4109-5
Normale Sprache	ruhige Unterhaltung	nicht verstehbar, kaum hörbar	nicht verstehbar, nicht hörbar
Angehobene Sprache	angeregte Unterhaltung mehrerer Personen	im Allgemeinen nicht verstehbar, noch hörbar	nicht verstehbar, kaum hörbar
Normale Musik	leises Musizieren, Lautsprecheranlage	gut hörbar	hörbar
Gehgeräusche	bei üblichem Gehen ohne Fersengang	hörbar	noch hörbar
aus gebäudetechnischen Anlagen	Aufzuggeräusche, automatisch schließende Türen und Tore, Türöffner, Hebeanlagen, Heizungs- und Lüftungsanlagen	hörbar	noch hörbar
aus Sanitärtechnik/Wasserinstallationen	übliche Benutzung von Dusche, WC-Spülung	hörbar	noch hörbar
aus Betätigungsspitzen	kurzzeitige Pegelspitzen beim Betätigen von WC-Spülung, Öffnen/Schließen von Wasserarmaturen	gut hörbar	hörbar
Nutzergeräusche	übliches Ablegen von Gegenständen auf Ablagen oder sanitären Ausstattungsgegenständen, manuelle Rollladenbetätigung	gut hörbar ¹⁾	hörbar ¹⁾
von Haushaltsgeräten	Staubsauger, Mixer, Haartrockner, Waschmaschine	gut hörbar ¹⁾	hörbar ¹⁾

Anmerkung: Laute Sprache (z. B. Streit, Party), laute Musik (z. B. Musizieren, laute Lautsprecheranlagen) oder spielende Kinder (z. B. tobende, hüpfende, trampelnde) können unabhängig vom Schallschutzniveau nach DIN 4109-1 oder dieser Norm in der Nachbarwohnung deutlich wahrgenommen bzw. teilweise verstanden werden.

¹⁾ Sowohl Nutzergeräusche als auch Geräusche von Haushaltsgeräten unterliegen starken Schwankungen, abhängig vom Gerät und vom Nutzungsverhalten. Dies kann zu einer abweichenden Wahrnehmbarkeit dieser Geräusche führen.

3.4 Zahlenwerte zum erhöhten Schallschutz

Sowohl die bauordnungsrechtlichen Mindestanforderungen als auch die erhöhten Schallschutzanforderungen sind in Tabelle 3.4 auszugsweise gegenübergestellt. Tabelle 3.4 bis Tabelle 3.6 enthalten die Kennwerte zur Luftschalldämmung R'_w und des zulässigen Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ zwischen fremden schutzbedürftigen Räumen nach DIN 4109-1 [1] und DIN 4109-5 [2]. Die Anforderungstabellen von DIN 4109-1 [1] und DIN 4109-5 [2] haben einen sich wiederholenden Aufbau, so dass alle Bauteile in beiden Dokumenten an gleicher Stelle zu finden sind.

3.4.1 Zahlenwerte zur Luft- und Trittschalldämmung in Geschosswohnbauten

Die in den nachstehenden Tabellen aufgeführten Standards gehen von der Annahme aus, dass innerhalb der Wohnung üblicherweise ein Grundgeräuschpegel von $L_{AF,95} = 25$ dB vorhanden ist und die Aufenthaltsräume typische Raumvolumina mit Nachhallzeiten von etwa 0,5 s aufweisen.

Hinweis:

Die Anforderungstabellen in DIN 4109-1 und DIN 4109-5 enthalten für einige Bauteile ergänzende Informationen zur Anwendung der Anforderungswerte.

Tabelle 3.4: Anforderungen an die Luft- und Trittschalldämmung in Mehrfamilienhäusern und in gemischt genutzten Gebäuden

Zeile	Bauteile	Bauordnungsrechtlicher Schallschutz DIN 4109-1		Erhöhter Schallschutz DIN 4109-5			
		R'_w [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]	R'_w [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]		
1	Decken	Decken unter allgemein nutzbaren Dachräumen, z. B. Trockenböden, Abstellräumen und ihren Zugängen		≥ 53	≤ 52	≥ 56	≤ 47
2		Wohnungstrenndecken (auch Treppen)		≥ 54	≤ 50	≥ 57	≤ 45
3		Trenndecken (auch Treppen) zwischen fremden Arbeitsräumen bzw. vergleichbaren Nutzungseinheiten		≥ 54	≤ 53	Nicht im Anwendungsbereich dieser Norm	
4		Decken über Kellern, Hausfluren, Treppenräumen unter Aufenthaltsräumen ¹⁾		≥ 52	≤ 50	≥ 55	≤ 45
5		Decken über Durchfahrten, Einfahrten von Sammelgaragen und ähnliches unter Aufenthaltsräumen ¹⁾		≥ 55	≤ 50	≥ 58	≤ 45
6		Decken unter/über Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen		≥ 55	≤ 46	≥ 58	≤ 41
7		Decken unter Terrassen und Loggien über Aufenthaltsräumen		-	≤ 50	-	≤ 45
8		Decken unter Laubengängen		-	≤ 53	-	≤ 48
8.1		Balkone ¹⁾		-	≤ 58	-	≤ 58
9		Decken und Treppen innerhalb von Wohnungen, die sich über zwei Geschosse erstrecken ¹⁾		-	≤ 50	-	≤ 45
10		Decken unter WC und Bad (ohne/mit Bodenablauf) ¹⁾		≥ 54	≤ 53	≥ 57	≤ 47
11	Decken unter Hausfluren		-	≤ 50	-	≤ 45	
12	Treppen	Treppenläufe und -podeste		-	≤ 53	-	≤ 47
13	Wände	Wohnungstrennwände und Wände zwischen fremden Arbeitsräumen		≥ 53	-	≥ 56	-
14		Treppenraumwände und Wände neben Hausfluren ¹⁾		≥ 53	-	≥ 56	-
15		Wände neben Durchfahrten, Sammelgaragen, einschließlich Einfahrten		≥ 55	-	≥ 58	-
16		Wände von Spiel- oder ähnlichen Gemeinschaftsräumen		≥ 55	-	≥ 58	-
17	Schachtwände von Aufzugsanlagen an Aufenthaltsräumen		≥ 57	-	≥ 57	-	
18	Türen	Türen, die von Hausfluren oder Treppenräumen in geschlossene Flure und Dielen von Wohnungen und Wohnheimen oder von Arbeitsräumen führen ²⁾		≥ 27	-	≥ 32	-
19		Türen, die von Hausfluren oder Treppenräumen unmittelbar in Aufenthaltsräume – außer Flure und Dielen – von Wohnungen führen ²⁾		≥ 37	-	≥ 42	-

¹⁾ Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in alle Schallausbreitungsrichtungen.

²⁾ Für Wände mit Türen gilt die Anforderung: R'_w (Wand) = R_w (Tür) + 15 dB.

3.4.2 Einfamilien-Reihenhäuser und Doppelhäuser

Die zweischalige Bauweise für Haustrennwände zwischen Einfamilien-Reihenhäusern und Doppelhäusern hat sich als allgemein anerkannte Regel der Technik etabliert. Führt man diese Konstruktion einschalig aus, besteht die Gefahr, dass diese Ausführung unabhängig von der erreichten Schalldämmung als schalltechnischer Mangel ausgelegt wird.

Im Gegensatz zum Schallschutz im Geschosswohnungsbau kann man bei diesen Anforderungen nicht vom Schutz gegen unzumutbare Belästigungen sprechen, sondern legt wesentlich höhere Maßstäbe des Komfortwohnungsbaus zugrunde.

In der folgenden Tabelle 3.5 sind die Mindestanforderungen und die erhöhten Anforderungen der Luftschalldämmung für die unterschiedlichen Trennwandausbildungen angegeben. Die Werte gelten jeweils für das mit Pfeil gekennzeichnete Geschoss.

Tabelle 3.5: Mindestanforderungen und erhöhte Anforderungen an die Luftschalldämmung für zweischalige Haustrennwände

		Bemessung nach DIN 4109-2 [4], Tabelle 1, Zeile...					
		1	2	3	4	5	6
Konstruktionsskizze							
	Ausführung unterstes Geschoss	Bodenplatte durchgehend, ohne/mit Fundament, Außenwände getrennt	Bodenplatte durchgehend, ohne/mit Fundament, Außenwände durchgehend		Bodenplatte und Fundament getrennt, Außenwände getrennt	Bodenplatte getrennt, gemeinsames Fundament, Außenwände getrennt	Bodenplatte durchgehend, ohne/mit Fundament, Außenwände getrennt
erf. R'_w [dB] ¹⁾	DIN 4109-1	≥ 62			≥ 59		
	DIN 4109-5	≥ 67	≥ 64	≥ 62			

¹⁾ Die Werte gelten jeweils für das in Zeile „Konstruktionsskizze“ mit Pfeil gekennzeichnete Geschoss.

In Tabelle 3.6 sind die Mindestanforderungen nach DIN 4109-1 [1] den erhöhten Anforderungen gemäß DIN 4109-5 [2] für die Trittschalldämmung gegenübergestellt.

Tabelle 3.6: Mindestanforderungen und erhöhte Anforderungen des zulässigen bewerteten Norm-Trittschallpegels zwischen Einfamilien-Reihenhäusern und zwischen Doppelhäusern bei zweischaligen Haustrennwänden

Zeile		Bauteile	Bauordnungsrechtlicher Schallschutz	Erhöhter Schallschutz
			DIN 4109-1	DIN 4109-5
			$L'_{n,w}$ [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]
1	Decken	Decken	≤ 41	≤ 36
2		Bodenplatte auf Erdreich bzw. Decke über Kellergeschoss	≤ 46	≤ 41
3	Treppen	Treppenläufe und -podeste	≤ 46	≤ 41

Die Anforderung an die Trittschalldämmung gilt nur für die Trittschallübertragung in fremde Aufenthaltsräume in waagerechter oder schräger Richtung.

3.4.3 Zahlenwerte technische Gebäudeausrüstung

In der folgenden Tabelle 3.7 sind die Zahlenwerte der maximal zulässigen A-bewerteten Norm-Schalldruckpegel $L_{AF,max,n}$ in schutzbedürftigen Räumen aufgeführt, die von gebäudetechnischen Anlagen emittiert werden. Der jeweils erste Zahlenwert steht für den Mindestschallschutz gemäß DIN 4109-1 [1] in Wohn- und Schlafräumen von Mehrfamilienwohnhäusern und auch zwischen Reihen- und Doppelhäusern, der zweite Zahlenwert steht für einen erhöhten Schallschutz gemäß DIN 4109-5 [2] in Mehrfamilienwohnhäusern.

Tabelle 3.7: Maximal zulässige A-bewertete Norm-Schalldruckpegel Mindestschallschutz/erhöhter Schallschutz in schutzbedürftigen Räumen von Mehrfamilienwohnhäusern, erzeugt von gebäudetechnischen Anlagen

Geräuschquellen	Zulässige A-bewertete Norm-Schalldruckpegel $L_{AF,max,n}$ [dB]	
	Wohn- und Schlafräume	Arbeitsräume/ Küchen
Sanitärtechnik/Wasserinstallationen (Wasserversorgungs- und Abwasseranlagen gemeinsam)	≤ 30/27 ^{1), 2), 3)}	≤ 35 ^{1), 2), 3)}
Sonstige hausinterne, fest installierte technische Schallquellen der technischen Ausrüstung, Ver- und Entsorgung sowie Garagenanlagen	≤ 30/27 ³⁾	≤ 35 ³⁾
Fest installierte technische Schallquellen der Raumlufttechnik im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich	≤ 30/27 ^{1), 2), 3), 4)}	≤ 33 ^{1), 2), 3), 4)}

¹⁾ Einzelne kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Betätigen der Armaturen und Geräte entstehen, sind derzeit nicht zu berücksichtigen.

²⁾ Voraussetzung zur Erfüllung der Anforderungen:
 1. Ausführungsplanung und Schallschutznachweise der Bauteile
 2. Teilabnahme der Installationen vor Verschließen von Schächten, etc.

³⁾ Abweichend von DIN EN ISO 10052 wird auf die Messung in der lautesten Raumecke verzichtet.

⁴⁾ Es sind um 5 dB höhere Werte zulässig, sofern es sich um Dauergeräusche ohne auffällige Einzeltöne handelt.

Bei Wohn- und Schlafräumen in Einfamilienreihen- und Doppelhäusern wird der maximal zulässige A-bewertete Norm-Schalldruckpegel $L_{AF,max,n}$ zu 25 dB gemäß DIN 4109-5 [2] festgelegt.

3.5 Schallschutz im eigenen Wohnbereich

Der Luft- und Trittschallschutz innerhalb der „eigenen vier Wände“ mit Ausnahme der Geräusche raumlufttechnischer Anlagen stellt keine bauordnungsrechtlich zu regelnde Angelegenheit dar. DIN 4109-1 [1] enthält somit keine einzuhaltenden Zahlenwerte. Auch zählt der eigene Wohn- und Arbeitsbereich nicht zum Anwendungsbereich von DIN 4109-5 [2] für den erhöhten Luft- und Trittschallschutz. Anforderungen für Trennbauteile innerhalb einer Wohneinheit sind gegebenenfalls zivilrechtlich zu vereinbaren. Insofern gelten dieselben Empfehlungen, welche allgemein im Kapitel 3.3 zur Vereinbarung eines erhöhten Schallschutzniveaus gelten.

Auch wenn Beiblatt 2 zu DIN 4109 [3] durch DIN 4109-5 [2] ersetzt und damit vom DIN zurückgezogen wurde, so können die Empfehlungen für einen normalen und erhöhten Schallschutz gemäß [3] Tabelle 3 in der Beratung bzw. Planung herangezogen werden. Ferner finden sich weitere Hinweise im DEGA-Memorandum BR 0104 „Schallschutz im eigenen Wohnbereich“ [16], die Planende bei der Festlegung etwaiger Anforderungen unterstützen.

Der Schallschutz im eigenen Wohnbereich definiert sich in erster Linie aus dem architektonischen Konzept einer Wohnung und ist bereits bei der Raumanordnung innerhalb einer Wohnung in einer frühen Entwurfsphase zu berücksichtigen. Maßgeblich für den Schallschutz innerhalb einer Wohnung ist die Schalldämmung der Innentüren. Sofern diese nicht dichtschießend und mit getrenntem Estrich im Bereich der Türschwellen ausgeführt sind, ist kein nennenswerter Schallschutz zwischen Wohnräumen zu erreichen. Lediglich in mehrgeschossigen Wohneinheiten wie z. B. Einfamilienhäusern oder Maisonettewohnungen ist eine zahlenmäßig definierbare Schalldämmung der Trennbauteile kalkulierbar.

Werden maschinelle Wohnungs Lüftungsanlagen eingesetzt und das Wohnraumvolumen wohnungszentral oder dezentral be- und entlüftet, ist zur Umsetzung eines normalen oder gar erhöhten Schallschutzes mit schalldämmten Überströmelementen oder aber Telefonieschalldämpfern in Rohrleitungen zu planen.

Zahlenwerte eines möglichen normalen oder erhöhten Schallschutzes innerhalb des eigenen Wohnbereichs werden in dieser Broschüre nicht aufgeführt.

4 Berechnungsverfahren und Randbedingungen

4.1 Verfahren zur Berechnung der Luftschallübertragung in Massivgebäuden

4.1.1 Allgemeines

Das Berechnungsverfahren nach DIN 4109-2 [4] basiert auf dem vereinfachten Berechnungsmodell der DIN EN 12354-1 [5], welche mittlerweile in den internationalen Standard DIN EN ISO 12354-1 [6] überführt wurde. Ergänzt wird DIN 4109-2 [4] durch den sogenannten Bauteilkatalog, der die folgenden Normteile umfasst:

- DIN 4109-31 [11] Rahmendokument
- DIN 4109-32 [12] Massivbau
- DIN 4109-33 [17] Holz-, Leicht- und Trockenbau
- DIN 4109-34 [18] Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen
- DIN 4109-35 [19] Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden
- DIN 4109-36 [20] Gebäudetechnische Anlagen

In dieser Broschüre sind die wichtigsten, für den Massivbau erforderlichen Rechenvorschriften wiedergegeben. Auf Grund der umfangreichen Inhalte der Norm kann lediglich eine auszugsweise Darstellung erfolgen. Das Berechnungsverfahren prognostiziert das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w auf der Grundlage von bewerteten Schalldämm-Maßen R_w und Flankenschalldämm-Maßen $R_{ij,w}$ für die beteiligten Bauteile.

Das „vereinfachte Berechnungsverfahren“ der DIN EN ISO 12354-1 [6] basiert auf frequenzunabhängigen Einzulangaben der Schalldämmung und der Stoßstellendämmung. Neben diesem Verfahren besteht gemäß DIN EN ISO 12354-1 [6] auch die Möglichkeit, die Schallübertragung über frequenzabhängige Kennwerte zu berechnen. Diese Vorgehensweise erfordert allerdings einen deutlichen Mehraufwand in der Beschaffung von Eingangsdaten im Rahmen der Planung und führt nicht zu einer Verbesserung der Prognosesicherheit. Dies begründet sich in erster Linie dadurch, dass die Eingangsdaten für das Rechenmodell auf Basis von Einzulangaben mit Baumessungen überprüft und kalibriert wurden [21]. Hierzu ergänzend sind die Schalldämm-Maße einer In-situ-Korrektur von Labormessungen unterzogen und auch die Stoßstellendämm-Maße mittels normierter

Einzulangaben modifiziert worden. Schalldämm-Maße R_w von Massivbauteilen werden sowohl sogenannten Massekurven als auch Prüfberichten entnommen.

Das Verfahren zur Bemessung der Luftschalldämmung war bereits seit 2010 mit der Erteilung der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-23.22-1787 [8] „Mauerwerk aus Hochlochziegeln nach DIN V 105-100 oder DIN EN 771-1 in Verbindung mit DIN V 20000-401“ durch das DIBt für den bauordnungsrechtlichen Nachweis für Gebäude mit monolithischem wärmedämmendem Hochlochziegelmauerwerk anwendbar. Bereits weit vor der Einführung des Nachweisverfahrens nach DIN 4109-2 [4] konnte ein für den baurechtlichen Nachweis zulässiges Rechenverfahren angewendet werden. Mittlerweile wurden viele Bauvorhaben mit dieser Methode schalltechnisch entwickelt. Durch nachträgliche messtechnische Untersuchungen wurde vielfach nachgewiesen, dass mit hoher Prognosesicherheit der geplante Schallschutz erreicht und meist überschritten wird [32].

4.1.2 Energiebilanz der Schallübertragungswege

Für das vereinfachte Modell wird das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w zwischen zwei Räumen ermittelt aus folgender Gl. (4.1):

$$R'_w = -10 \cdot \lg \left[10^{-\frac{R_{Dd,w}}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-\frac{R_{Ff,w}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{-\frac{R_{Df,w}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{-\frac{R_{Fd,w}}{10}} \right] \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (4.1)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.2.1.1 Gl. (1)

mit:

$R_{Dd,w}$ = das bewertete Schalldämm-Maß für die Direktübertragung, in dB

$R_{Ff,w}$ = das bewertete Flankenschalldämm-Maß für den Übertragungsweg Ff, in dB

$R_{Df,w}$ = das bewertete Flankenschalldämm-Maß für den Übertragungsweg Df, in dB

$R_{Fd,w}$ = das bewertete Flankenschalldämm-Maß für den Übertragungsweg Fd, in dB

n = die Anzahl der flankierenden Bauteile in einem Raum; üblicherweise ist n = 4; je nach Entwurf und Konstruktion kann aber n in der betreffenden Bausituation auch kleiner oder größer sein

4.1.3 Direktschalldämmung

Das bewertete Schalldämm-Maß für die direkte Übertragung wird nach folgender Gleichung Gl. (4.2) aus dem Eingangswert für das trennende Bauteil ermittelt:

$$R_{Dd,w} = R_{s,w} + \Delta R_{Dd,w} \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (4.2)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.2.1.1 Gl. (4)

mit:

$R_{s,w}$ = das bewertete Schalldämm-Maß des trennenden Bauteils, in dB

$\Delta R_{Dd,w}$ = die bewertete Verbesserung des Gesamt-Schalldämm-Maßes durch zusätzliche Vorsatzschalen auf der Send- und/oder Empfangsseite des trennenden Bauteils, in dB

4.1.4 Flankenschalldämmung von Massivbauteilen

Die Schallübertragung findet neben der direkten Übertragung durch das trennende Bauteil auch zu einem Teil über die flankierenden Bauteile statt.

Folgendes Bild 4.1 zeigt beispielhaft die horizontale flankierende Schallübertragung über die Decke auf den drei Flankenübertragungswegen:

- Außenwand – Außenwand (Ff)
- Außenwand – Trennwand (Fd) und
- Trennwand – Außenwand (Df).

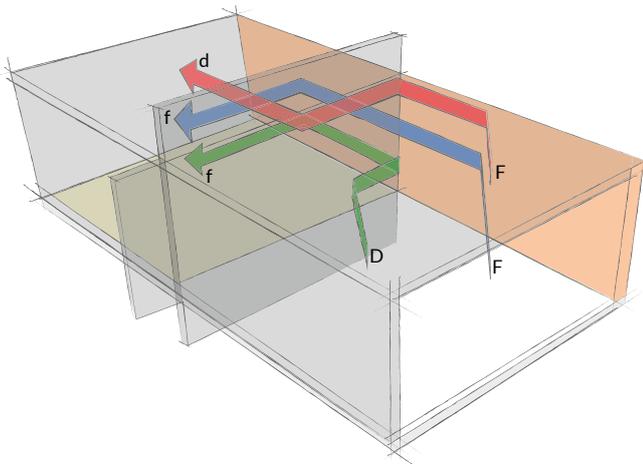


Bild 4.1: Kennzeichnung der Einzel-Übertragungswege über das flankierende Bauteil Außenwand zur Ermittlung des Bau-Schalldämm-Maßes

Die bewerteten Flankenschalldämm-Maße werden nach folgenden Gleichungen aus den Eingangswerten ermittelt:

$$R_{ij,w} = \left(\frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} \right) + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \cdot \lg \left(\frac{S_s}{l_o \cdot l_f} \right) \text{ [dB]}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.2.2.2 Gl. (10) Gl. (4.3)

$$R_{Ff,w} = \left(\frac{R_{F,w} + R_{f,w}}{2} \right) + \Delta R_{Ff,w} + K_{Ff} + 10 \cdot \lg \left(\frac{S_s}{l_o \cdot l_f} \right) \text{ [dB]}$$

Gl. (4.4)

$$R_{Fd,w} = \left(\frac{R_{F,w} + R_{d,w}}{2} \right) + \Delta R_{Fd,w} + K_{Fd} + 10 \cdot \lg \left(\frac{S_s}{l_o \cdot l_f} \right) \text{ [dB]}$$

Gl. (4.5)

$$R_{Df,w} = \left(\frac{R_{D,w} + R_{f,w}}{2} \right) + \Delta R_{Df,w} + K_{Df} + 10 \cdot \lg \left(\frac{S_s}{l_o \cdot l_f} \right) \text{ [dB]}$$

Gl. (4.6)

mit:

$R_{F,w}$ = das bewertete Schalldämm-Maß des flankierenden Bauteils F im Senderaum, in dB

$R_{f,w}$ = das bewertete Schalldämm-Maß des flankierenden Bauteils f im Empfangsraum, in dB

$\Delta R_{Ff,w}$ = das gesamte bewertete Luftschallverbesserungsmaß durch eine zusätzliche Vorsatzschale auf der Send- und/oder Empfangsseite des flankierenden Bauteils, in dB

$\Delta R_{Fd,w}$ = das gesamte bewertete Luftschallverbesserungsmaß durch eine zusätzliche Vorsatzschale am flankierenden Bauteil auf der Sendeseite und/oder des trennenden Bauteils auf der Empfangsseite, in dB

$\Delta R_{Df,w}$ = das gesamte bewertete Luftschallverbesserungsmaß durch eine zusätzliche Vorsatzschale am trennenden Bauteil auf der Sendeseite und/oder am flankierenden Bauteil auf der Empfangsseite, in dB

K_{Ff} = das Stoßstellendämm-Maß für den Übertragungsweg Ff, in dB

K_{Fd} = das Stoßstellendämm-Maß für den Übertragungsweg Fd, in dB

K_{Df} = das Stoßstellendämm-Maß für den Übertragungsweg Df, in dB

S_s = die Fläche des trennenden Bauteils, in m^2

l_f = die gemeinsame Kopplungslänge der Verbindungsstelle zwischen dem trennenden Bauteil und den flankierenden Bauteilen F und f, in m

l_0 = die Bezugs-Kopplungslänge $l_0 = 1$ m

Hinweis:

Bei der Ermittlung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes R'_w spielt die räumliche Zuordnung von Sende- und Empfangsraum keine Rolle. Das Schalldämm-Maß ist richtungsunabhängig.

Die Festlegung eines Sende- bzw. Empfangsraums erfolgt lediglich zur eindeutigen Kennzeichnung der Einzelübertragungswege im Rechenablauf.

In der Ziegel-Bauakustiksoftware *Modul Schall 4.0* können die Kopplungslängen l_i der Stoßstellen sowie die Flächen des Trennbauteils und der flankierenden Bauteile individuell nutzerfreundlich angepasst werden. 

4.1.5 Flankenschalldämmung von Leichtbaukonstruktionen

Für leichte Flankenkonstruktionen, wie z. B. geneigte Leichtdächer oder Leichtbauwände, erfolgt die flankierende Übertragung im Wesentlichen auf dem Übertragungsweg Ff. Für diesen Weg wird eine bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ angegeben, die auf eine vorgegebene Anschlusslänge l_{lab} (vergleiche Bild 4.2) bezogen ist.

Die Schalldämm-Maße der beiden anderen Übertragungswege $R_{Fd,w}$ und $R_{Df,w}$ können dann vernachlässigt werden. Mithilfe dieser Angaben ergibt sich das bewertete Flankenschalldämm-Maß auf diesem maßgeblichen Weg wie folgt:

$$R_{Ff,w} = D_{n,f,w} + 10 \cdot \lg\left(\frac{l_{lab}}{l_f}\right) + 10 \cdot \lg\left(\frac{S_s}{A_0}\right) \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (4.7)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.2.4 Gl. (23)

mit:

l_{lab} = die Bezugslänge, in m; Bestimmung siehe Schema im Bild 4.2; bei Dächern 4,5 m - bei Leichtbauwänden 2,8 m

$A_0 = 10 \text{ m}^2$

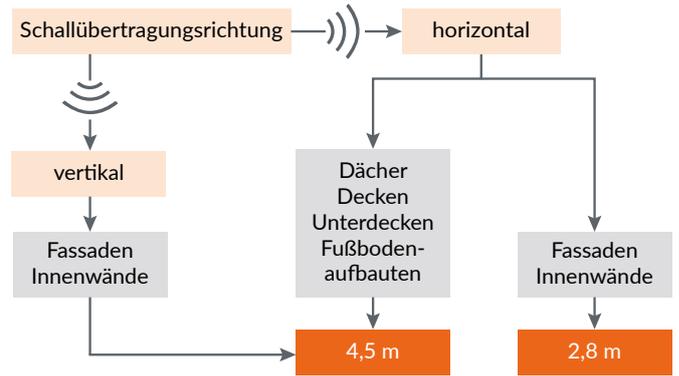


Bild 4.2: Schema zur Ermittlung der Bezugskantenlänge l_{lab} [m] von Leichtbaukonstruktionen für den rechnerischen Nachweis

Im Kapitel 8.4 ist ein Rechenbeispiel dargestellt, in dem die Ermittlung des bewerteten Flankenschalldämm-Maßes $R_{Ff,w}$ aus der bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ gezeigt wird.

4.1.6 Ermittlung der Trennfläche

In die energetische Bilanz der bewerteten Flankenschalldämm-Maße gehen als geometrische Größen die Kantenlängen l_{fi} der Stoßstellen aus Trennbauteil und jeweiligem Flankenbauteil und die gemeinsame Trennfläche S_s ein, die die beiden aneinandergrenzenden Räume bilden.

In realen Grundriss-Situationen kann insbesondere bei versetzten Räumen die gemeinsame Trennfläche zwischen zwei Räumen $S_s < 10 \text{ m}^2$ betragen. Bei diagonalen Schallübertragung existiert keine gemeinsame Trennfläche. In beiden Fällen muss gemäß DIN 4109-1, Abschnitt 4 die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ ermittelt werden, die anstelle des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes R'_w mit den Anforderungswerten gemäß DIN 4109-1 zu vergleichen ist. Dabei wird zunächst das bewertete Bau-Schalldämm-Maß R'_w unter Ansatz der realen Kantenlängen l_{fi} der Stoßstellen und der Trennfläche S_s berechnet. Anschließend wird die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ nach folgender Gleichung ermittelt:

$$D_{n,w} = R'_w - 10 \cdot \lg\left(\frac{S_s}{10 \text{ m}^2}\right) \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (4.8)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.2.1.2 Gl. (2)

Für diagonal angeordnete Räume ohne gemeinsame Trennfläche ist die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ aus den bewerteten Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,Ff,w}$ wie folgt zu berechnen:

$$D_{n,w} = -10 \cdot \lg \left(\sum_{F,f=1}^2 10^{\frac{D_{n,Ff,w}}{10}} \right) [\text{dB}] \quad \text{Gl. (4.9)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.2.4 Gl. (24)

4.2 Bauteilkennwerte für die Berechnung

4.2.1 Flächenbezogene Massen

Für einen großen Bereich der Anwendung des Bemessungsverfahrens nach DIN 4109-2 [4] ist die flächenbezogene Masse der an der Schallübertragung beteiligten Massivbauteile eine entscheidende Größe. Für homogene und quasihomogene Bauteile ist sie der maßgebende Bemessungsparameter sowohl zur Ermittlung des Direkt-Schalldämm-Maßes des Trennbauteils und der Flankenbauteile, als auch zur Bestimmung der Stoßstellendämm-Maße.

Die flächenbezogene Masse m' [kg/m^2] berechnet sich aus der Summe der Produkte aus den jeweiligen Dicken und den Rohdichten von fest miteinander verbundenen Bauteilschichten. Dieses sind z. B. Mauerwerkswände mit ein- oder beidseitigem Putz oder Massivdecken mit einem Verbundestrich.

Hinweis:

Bei Geschossdecken mit schwimmendem Estrich als zweischaliges Bauteil wird lediglich die flächenbezogene Masse der massiven Stahlbetondecke für die Berechnung von Direktschalldämmung, Norm-Trittschallpegel und Stoßstellendämmung herangezogen.

Ein schwimmender Estrich wird mit einem Verbesserungsmaß als biegeweiße Vorsatzschale in der Berechnung berücksichtigt.

Zur Ermittlung der Stoßstellendämm-Maße ist für jedes der an einem Bauteilknoten aufeinandertreffenden Massivbauteile die flächenbezogene Masse zu bestimmen und gemäß den folgenden Kapiteln anzusetzen.

4.2.2 Direkt-Schalldämm-Maße

Die Direktschalldämmung R_w homogener und quasihomogener massiver Bauteile (Wände und Decken) wird gemäß den Angaben im Kapitel 5.1 aus den flächenbezogenen Massen ermittelt.

Die Direktschalldämmung von Mauerwerk aus hochwärmedämmenden Hochlochziegeln, dessen Schalldämmung nicht aus der flächenbezogenen Masse ermittelt werden kann, ist Prüfberichten mit dem Direkt-Schalldämm-Maß $R_{w,\text{Bau,ref}}$ zu entnehmen.

Hinweis:

Für die Schallübertragung zwischen einzelnen Räumen ist die Direktschalldämmung der Raumschließungsflächen relevant. Auf Außenbauteilen angebrachte Wärmedämm-Verbundsysteme oder aber Vormauerschalen werden bei der Ermittlung der Direkt-Schalldämm-Maße R_w nicht herangezogen. Diese zusätzlichen Schichten sind lediglich beim Schallschutz gegen Außenlärm zu berücksichtigen!

4.2.3 Stoßstellendämm-Maße

Stoßstellendämm-Maße von aufeinandertreffenden Massivbauteilen können aus deren flächenbezogenen Massen nach den Vorgaben im Kapitel 5.3 berechnet werden.

Für Stoßstellen, bei denen trennende Massivbauteile an monolithisches Mauerwerk aus hochwärmedämmenden Hochlochziegeln anschließen, werden mit den Bemessungsgleichungen der DIN 4109-2 [4] bzw. -32 [12], im Vergleich zu messtechnisch ermittelten produktbezogenen Kennwerten, deutlich konservative Ergebnisse errechnet. Die Ziegelindustrie empfiehlt daher, im rechnerischen Nachweis Prüfwerte der Stoßstellendämm-Maße zu verwenden (vergleiche auch Kapitel 5.3.2).

In der Ziegel-Bauakustiksoftware *Modul Schall 4.0* steht eine umfangreiche Datenbank mit Stoßstellendämm-Maßen für über 400 übliche Bauteilverbindungen mit hochwärmedämmenden Außenwandziegeln aller in Deutschland produzierenden Ziegelhersteller zur Verfügung. 

4.3 Hinweise zur Modellierung der Raumsituation

Die Schallübertragung zwischen zwei Räumen kann immer nur zwischen direkt angrenzenden Räumlichkeiten bilanziert werden.

Dabei definiert sich das Trennbauteil aus den Abmessungen der den beiden Räumen gemeinsamen Trennfläche. Bei kleinen Trennflächen dominiert die Flankenübertragung das Schalldämm-Maß zwischen diesen beiden Räumen. Daher ist der Geometrie der flankierenden Bauteile besondere Aufmerksamkeit zu widmen.

Die in der Vergangenheit nach dem bis 2016 gültigen Prognoseverfahren nach Beiblatt 1 zu DIN 4109 [7] üblichen pauschalen Zu- und Abschläge berücksichtigten die Flankendämmung auf Basis der mittleren flächenbezogenen Masse der beteiligten Flankenbauteile, was bei leichten massiven Bauteilen regelmäßig zu einer Überbewertung des erreichbaren Schallschutzes führte. Die energetische, akustische Raumbilanz nach der aktuellen Bemessungsnorm DIN 4109-2 [4] ermöglicht eine deutlich zuverlässigere Prognose.

Hinweis:

Ein rechnerischer Nachweis der Luftschalldämmung gemäß DIN 4109-2 ist mit den Eingangsdaten nach DIN 4109-31 bis DIN 4109-36 bzw. mit aus bauakustischen Messungen ermittelten Kennwerten des bewerteten Schalldämm-Maßes R_w bzw. der Stoßstellendämm-Maße K_{ij} zu führen. Die in Nachweisen nach Beiblatt 1 zu DIN 4109:1989-11 in der Vergangenheit verwendeten Prüfergebnisse $R'_{w,R}$ etc. aus Prüfständen mit flankierender Schallübertragung über „bauübliche Flanken“ dürfen in rechnerischen Nachweisen nach DIN 4109-2:2018 nicht verwendet werden!

4.3.1 Modellbildung bei versetzten Grundrissen

In DIN 4109-2 [4], Abschnitt 6.5 und 6.6 werden Hinweise zur Handhabung bei versetzten Räumen gegeben. Bei diesen versetzten Grundrissen ist die Fortsetzung des trennenden Bauteils wie nachfolgend skizziert, als Flankenbauteil zu behandeln.

Die Bezeichnung der Übertragungswege (Bild 4.3) erfolgt dabei mit Großbuchstaben für das angeregte Bauteil im Senderaum (SR) und Kleinbuchstaben für das jeweils abstrahlende Bauteil im Empfangsraum (ER). Das trennende Bauteil wird mit dem Buchstaben D (d) und flankierende Bauteile werden mit dem Buchstaben F (f) gekennzeichnet.

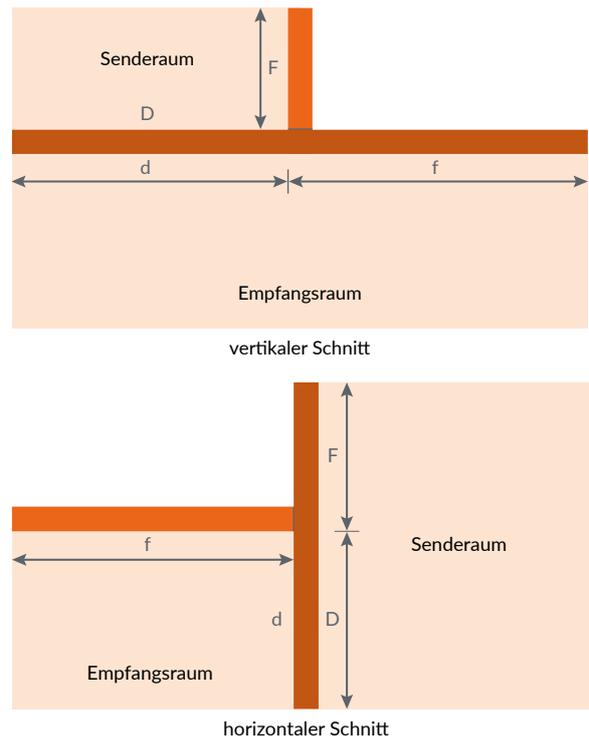


Bild 4.3: Beispiele der Bezeichnung der Übertragungswege bei versetzten Räumen

Bei nicht rechtwinkligen Ecken oder bei gewölbten Bauteilen (Bild 4.4) ist in der Regel die Gesamtfläche des Bauteils (vor und nach der Ecke) zu verwenden. Wechselt ein flankierendes Bauteil seinen Aufbau wesentlich, ist die Fläche der Flanke F nur bis zu dieser Stelle anzusetzen.

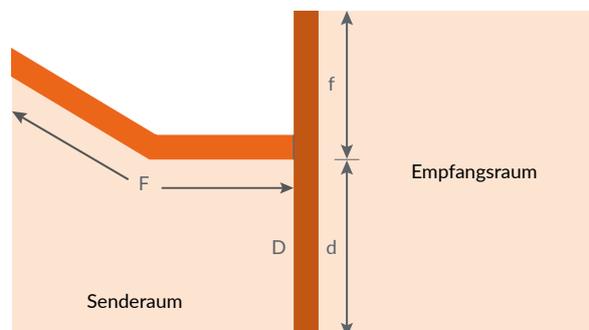


Bild 4.4: Handhabung nicht rechtwinkliger Ecken im Rechenmodell

Häufig treten versetzte Räume mit einem geringen Versatz auf (Tabelle 4.1). Bei Messungen zum Stoßstellendämm-Maß wurde festgestellt, dass bei einem Versatz von $l < 0,5$ m das Stoßstellendämm-Maß in etwa dem Wert entspricht, der ohne Versatz zu erwarten ist. Für einen Versatz von mindestens 0,5 m kann von einem T-Stoß ausgegangen werden und dieser Versatz entspricht dem flankierenden Bauteil. D. h., das trennende Bauteil wird zum flankierenden Bauteil.

Tabelle 4.1: Anleitung zur Berechnung der flankierenden Übertragung bei versetzten Stößen

tatsächliche Bausituation	idealisierte Situation für das Rechenmodell
<p>Senderaum</p> <p>Empfangsraum</p> <p>$l < 0,5 \text{ m}$</p>	<p>Senderaum</p> <p>Empfangsraum</p> <p>F</p> <p>D</p> <p>d</p> <p>f</p>
<p>Senderaum</p> <p>Empfangsraum</p> <p>$l \geq 0,5 \text{ m}$</p>	<p>Senderaum</p> <p>Empfangsraum</p> <p>F</p> <p>D</p> <p>d</p> <p>$f = l$</p>

Die maßgebenden Längen und Flächen, die im rechnerischen Nachweis benötigt werden, werden automatisch durch die Ziegel-Bauakustiksoftware *Modul Schall 4.0* während der Geometrieingabe ermittelt. Eine manuelle Veränderung für besondere Bausituationen ist jederzeit möglich.

mittlere flächenbezogene Masse zugewiesen (vergleiche DIN 4109-32 [12], 5.2.4.1.6.3, Bild 15).

Die in Tabelle 4.2 und Tabelle 4.3 dargestellten unterschiedlichen Bauteildicken symbolisieren qualitativ die verschiedenen flächenbezogenen Massen. Die gestrichelten Linien skizzieren jeweils die Bauteildicken der tatsächlichen Bausituation.

4.3.2 Hinweise zur Handhabung von Bauteilen mit unterschiedlichen flächenbezogenen Massen

Bei versetzten Grundrissen tritt häufig der Fall auf, dass die Fortsetzung des Bauteils nach der Stoßstelle nicht die gleiche flächenbezogene Masse aufweist wie das Bauteil vor der Stoßstelle. Im Folgenden werden zwei mögliche Situationen betrachtet.

4.3.2.1 Kreuzstoß und T-Stoß

Bei versetzten Grundrissen haben die angrenzenden Bauteile unterschiedliche flächenbezogene Massen. Für die Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes dieser Stoßstellen wird die mittlere flächenbezogene Masse m'_{beide} der jeweils gegenüberliegenden Bauteile vor und nach der Stoßstelle berechnet. Zur Berechnung der Stoßstellendämm-Maße wird nun beiden Bauteilen diese

Tabelle 4.2: Anleitung zur Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes bei ungleichen flächenbezogenen Massen der flankierenden Bauteile bei einem T-Stoß

tatsächliche Bausituation	idealisierte Situation für das Rechenmodell
<p>m'_2</p> <p>m'_3</p> <p>m'_1</p> <p>$m'_1 \neq m'_2 \neq m'_3$</p>	<p>m'_2</p> <p>m'_{13}</p> <p>$m'_{13} = \frac{m'_1 + m'_3}{2}$</p>

Analog gilt diese Herangehensweise auch für Kreuzstöße. Für die Fälle, bei denen die flächenbezogenen Massen vor und nach der Stoßstelle jeweils unterschiedlich sind, wird aus den gegenüberliegenden Bauteilen

die mittlere flächenbezogene Masse gebildet, um die Stoßstellendämm-Maße zu berechnen. Wenn also $m'_1 \neq m'_3$ und/oder $m'_2 \neq m'_4$, dann werden die jeweils gegenüberliegenden Massen addiert und arithmetisch gemittelt (vergleiche Tabelle 4.3).

Tabelle 4.3: Anleitung zur Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes bei ungleichen flächenbezogenen Massen der flankierenden Bauteile bei einem T-Stoß

tatsächliche Bausituation	idealisierte Situation für das Rechenmodell
<p>$m'_1 \neq m'_3$ und/oder $m'_2 \neq m'_4$</p>	<p>$m'_{13} = \frac{m'_1 + m'_3}{2}$ $m'_{24} = \frac{m'_2 + m'_4}{2}$</p>

4.3.2.2 Winkelstoß

Bei versetzten Grundrissen knickt das flankierende Außenbauteil an der Stoßstelle um 90 ° ab. Ein derartiges Beispiel zeigt Bild 4.5, bei dem zwei benachbarte Räume horizontal gegeneinander versetzt angeordnet sind.

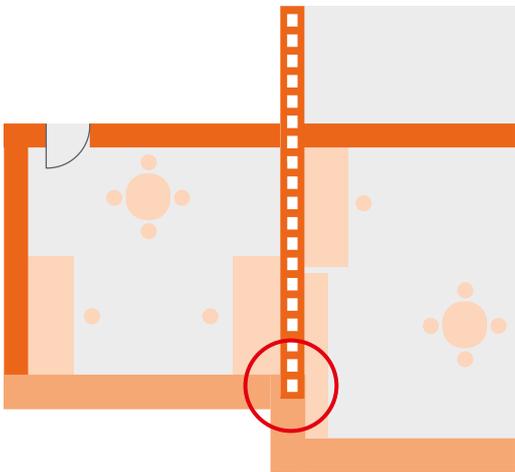


Bild 4.5: Beispiel einer Grundrissanordnung bei horizontalem Raumversatz

In Tabelle 4.4 wird dargestellt, wie gemäß DIN 4109-32 [12] der markierte Winkelstoß im Bemessungsmodell zu betrachten ist.

Die flächenbezogene Masse der Fortsetzung des Trennbauteils hinter der Stoßstelle ändert sich ($m'_2 \neq m'_3$) und die flankierenden Außenbauteile haben die gleiche flächenbezogene Masse ($m'_1 = m'_3$).

Tabelle 4.4: Anleitung zur Berechnung des Stoßstellendämm-Maßes bei einem Winkelstoß (vergleiche DIN 4109-32 [12], Abschnitt 5.2.4.1.6.2)

tatsächliche Bausituation	idealisierte Situation für das Rechenmodell
<p>$m'_1 = m'_3$ und $m'_2 \neq m'_3$</p>	

Ein Rechenbeispiel zur Ermittlung der Stoßstellendämm-Maße für den Winkelstoß ist im Kapitel 5.3 dargestellt.

4.4 Haustrennwände mit zwei massiven, biegesteifen Schalen

4.4.1 Allgemeines

Zweischalige Haustrennwände haben sich als übliche Bauweise als Trennbauteil zwischen Einfamilien-Reihenhäusern bzw. zwischen Doppelhäusern etabliert. Mit diesen Konstruktionen lassen sich bei mangelfreier Ausführung hohe Schallschutzanforderungen der Luft- und Trittschalldämmung einhalten.

4.4.2 Funktionsprinzip

Durch die zweischalige Ausführung von Haustrennwänden kann gegenüber gleichschweren einschaligen Wänden eine wesentlich höhere Schalldämmung erreicht werden. Bei der rechnerischen Abschätzung der Schalldämmung sind zahlreiche Einflüsse zu beachten.

Die Luftschalldämmung zweischaliger Bauteile ist nur für Frequenzen oberhalb ihrer Resonanzfrequenz f_0 besser als die von gleichschweren einschaligen Bauteilen. Im Bereich der Resonanzfrequenz ist die Luftschalldämmung geringer, sie sollte deshalb unter 100 Hz liegen.

Die Schalldämmung zweischaliger Haustrennwände aus zwei biegesteifen Schalen wird beeinflusst von der flächenbezogenen Masse der beiden Schalen, dem Schalenabstand (Fugenbreite), dem Dämm-Material in der Fuge, der Ausführungsqualität (Vermeidung von Körperschallbrücken in der Trennfuge), der Gestaltung von Anschlüssen im Dach-, Fundament- und Außenwandbereich sowie der flankierenden Schallübertragung von Innen- und

Außenwänden auf die Wandschalen der Haustrennwand. Haben die Trennwandschalen

- unterschiedliche flächenbezogene Massen,
- unterschiedliche Wandgeometrien oder
- unterschiedliche Biegesteifigkeiten,

wirkt sich dieses in der Regel positiv auf das Direkt-Schalldämm-Maß der zweischaligen Haustrennwand aus (vergleiche DIN 4109-32 [12], Abschnitt 4.3.2) – ein Effekt, der allerdings aktuell normativ noch nicht quantitativ berücksichtigt werden kann.

Zweischalige Wände aus zwei schweren, biegesteifen Schalen sind dann von Vorteil, wenn zwischen den Schalen eine über die ganze Haustiefe und -höhe, durchgehende schallbrückenfreie Fuge angeordnet wird, welche die Flankenübertragung unterbricht.

Die im Folgenden behandelten Konstruktionen bestehen aus zwei massiven Wandscheiben mit durchgehender Trennfuge, die hinsichtlich der Lage der Grenzfrequenz der einzelnen Schalen als biegesteif betrachtet werden können ($f_g < 200$ Hz) und deren rechnerische Resonanzfrequenz f_0 des Gesamtaufbaus unterhalb von 100 Hz liegt (vgl. Kapitel 5.1.1.6).

4.4.3 Konstruktionsrandbedingungen

Bei der konstruktiven Gestaltung zweischaliger Haustrennwände sind für die Berechnung der Schalldämmung nachfolgende Vorgaben zu berücksichtigen.

Die flächenbezogene Masse der Einzelschale mit einem etwaigen Putz muss $\geq 150 \text{ kg/m}^2$, die Dicke der Trennfuge (Schalenabstand) muss $\geq 30 \text{ mm}$ sein. Bei einer Dicke der Trennfuge $\geq 50 \text{ mm}$ darf das Gewicht einer Einzelschale auf 100 kg/m^2 reduziert werden. Der Fugenhohlraum ist mit dicht gestoßenen und vollflächig verlegten mineralischen Dämmplatten gemäß DIN EN 13162 [22] in Verbindung mit DIN 4108-10 [23], Anwendungskurzzeichen WTH, auszufüllen. Das Anwendungskurzzeichen „WTH“ bedeutet, dass das Produkt für die Dämmung zwischen Haustrennwänden mit Schallschutzanforderungen verwendet werden kann.

Einen maßgeblichen Einfluss auf die Schalldämmung hat die Kopplung der Haustrennwandschalen durch flankierende Bauteile (unvollständige Trennung), die üblicherweise im untersten Geschoss gegeben ist.

Das Rechenverfahren nach DIN 4109-32 [12] ermöglicht eine Prognose der Schalldämmung von zweischaligen Haustrennwänden unter Berücksichtigung einer unvollständigen Trennung.

Grundvoraussetzung dabei ist, dass die Trennfuge ohne Unterbrechung von der Oberkante der Bodenplatte bis zum Dach geführt wird. Dies gilt nicht im Erdgeschoss von nicht unterkellerten Gebäuden oder aber im Kellergeschoss selbst.

Hinweis:

Eine mögliche Flankenübertragung über eine durchlaufende Dachkonstruktion ist nach den Verfahren des Kapitels 4 zu berücksichtigen.

Im untersten Geschoss wird eine vollständige Trennung der Schalen aus baupraktischen Gründen meist nicht ausgeführt. Durchgehende Bodenplatten, Fundamente oder Außenwände bewirken eine Kopplung der Schalen und vermindern dadurch die bei vollständiger Trennung erreichbare Schalldämmung.

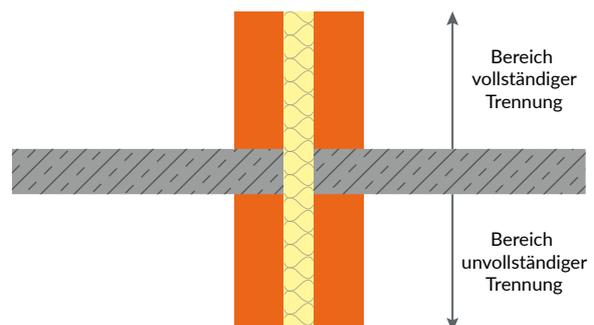
Der maximale Zweischaligkeitszuschlag von 12 dB darf in diesem Fall für die Berechnung der Schalldämmung im untersten Geschoss nicht angerechnet werden.

Der ungünstigste Fall für die Schalldämmung einer durch Schalen- und Fugenausbildung festgelegten Haustrennwandkonstruktion ergibt sich, wenn der Keller als weiße Wanne ausgeführt wird, d. h. Bodenplatte und Außenwände nicht getrennt sind [24].

4.4.4 Fundamentausbildung

In den oberen Geschossen hat die Fundamentausbildung nur einen geringen Einfluss auf das Schalldämm-Maß. Für die Schallübertragung im untersten Geschoss ist die Ausbildung des Fundamentes jedoch von entscheidender Bedeutung.

Schnitte üblicher Ausführungen mit bis zur Sohle durchgehender Trennfuge sind schematisch in Bild 4.6 dargestellt. Je nach Ausführungsdetail im Bereich des Fundaments und der Bodenplatte muss zwischen schutzbedürftigen Räumen, die sich unmittelbar über der Bodenplatte befinden, mit einer deutlichen Verringerung der Schalldämmung gerechnet werden. Dieses ist z. B. im EG nichtunterkellerten Gebäude der Fall. Angaben zur Berücksichtigung unterschiedlich ausgeführter Trennungen finden sich in Tabelle 4.5.



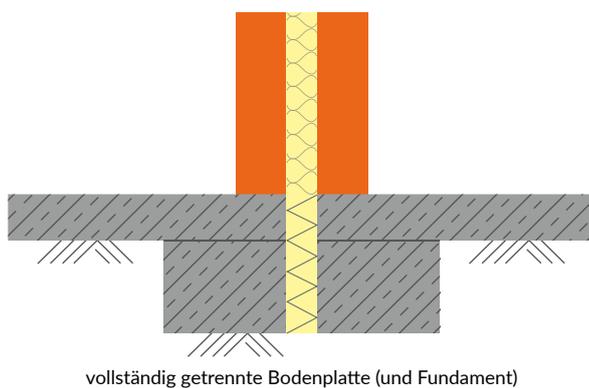
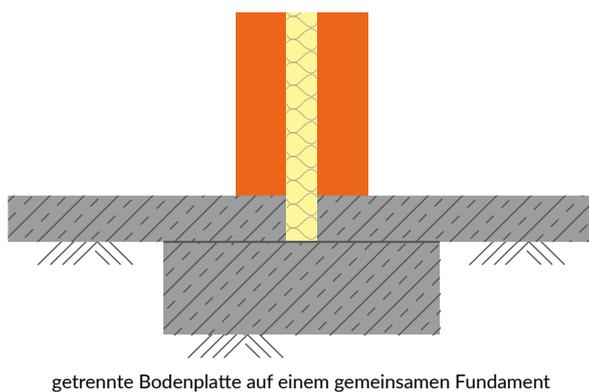
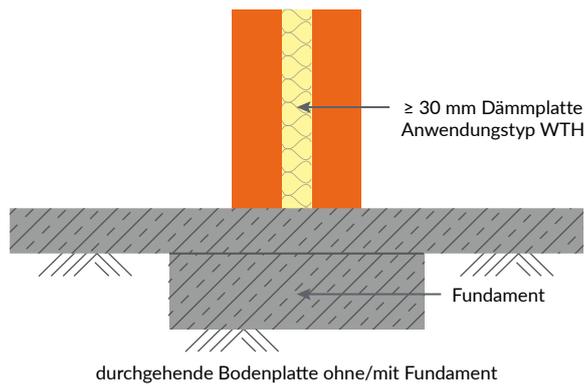


Bild 4.6: Schnitte üblicher Ausführungen mit bis zur Sohle durchgehender Trennfuge (schematisch)

Das folgende Bild 4.7 zeigt übliche Ausführungen der Trennung beider massiver Schalen im Grundriss.

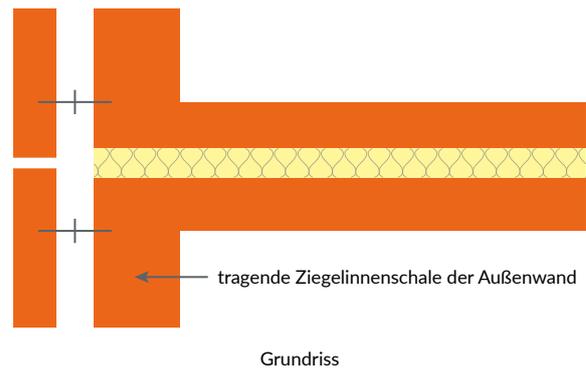
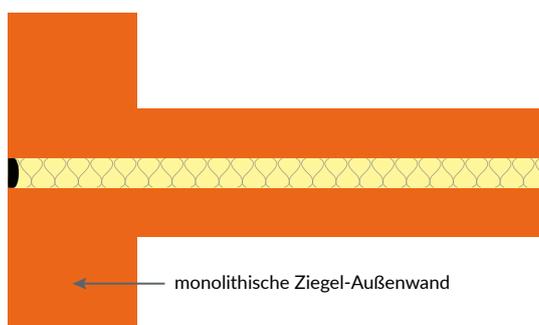


Bild 4.7: Grundriss üblicher Ausführungen mit bis zur Sohle durchgehender Trennfuge bei zweischaligen Konstruktionen (schematisch)

4.4.5 Bemessungsverfahren zweischalige Haustrennwand

Zur Ermittlung der Schalldämmung zweischaliger massiver Haustrennwände wurden in DIN 4109-2 [4] die Bezeichnungen $R'_{w,1}$ und $R'_{w,2}$ eingeführt. Das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,2}$ einer zweischaligen Wand ergibt sich aus

- dem bewerteten Schalldämm-Maß $R'_{w,1}$ einer gleichschweren einschaligen Wand,
- einem Zweischaligkeitszuschlag $\Delta R_{w,Tr}$, der in Abhängigkeit von der Übertragungssituation angesetzt werden muss und
- einem Korrekturwert K gemäß Gl. (4.13) zur Berücksichtigung der Übertragung über flankierende Decken und Wände.

Das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,2}$ wird nach Abzug des Sicherheitsbeiwertes u_{prog} mit dem Anforderungswert verglichen.

Das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,2}$ einer zweischaligen Haustrennwand aus massivem Ziegelmauerwerk wird berechnet, indem zunächst aus der Summe der flächenbezogenen Massen beider Mauerwerksschalen das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,1}$ eines gleichschweren einschaligen massiven Bauteils ermittelt wird. Zu diesem Wert wird der Zweischaligkeitszuschlag $\Delta R_{w,Tr}$ gemäß DIN 4109-2 [4], 4.2.3.2, Tabelle 1 addiert. Dieser hängt vom betrachteten Geschoss und vom Umfang der Trennung der umgebenden Bauteile ab (vergleiche auch Tabelle 4.5). Für den Fall, dass der Einfluss der Schallübertragung im Fundamentbereich zu vernachlässigen ist, muss zusätzlich der Korrekturwert K zur Berücksichtigung flankierender Schallübertragung abgezogen werden. Diese Situationen werden auch als vollständig getrennt bezeichnet.

Das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,2}$ berechnet sich nach:

$$R'_{w,2} = R'_{w,1} + \Delta R_{w,Tr} - K \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (4.10)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.2.3.2 Gl. (18)

Mit diesem Verfahren ist eine Prognose der Schalldämmung von zweischaligen Haustrennwänden unter Berücksichtigung der unvollständigen Trennung möglich [24]. $R'_{w,1}$ wird nach folgender Beziehung aus der flächenbezogenen Masse $m'_{Tr,ges}$ der gleichschweren einschaligen Wand ermittelt:

$$R'_{w,1} = 28 \cdot \lg(m'_{Tr,ges}) - 18 \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (4.11)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.2.3.2 Gl. (19)

mit:

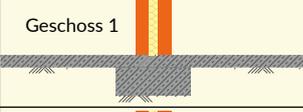
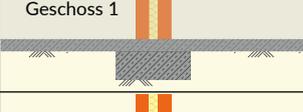
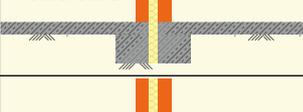
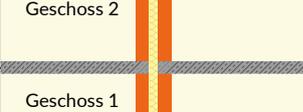
$m'_{Tr,ges}$ = flächenbezogene Masse der beiden Trennwandschalen, ermittelt nach Kapitel 5.1.1.1

4.4.6 Ermittlung des Zuschlagswertes $\Delta R_{w,Tr}$ unterschiedlicher Übertragungssituationen

Die Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ sind in Tabelle 4.5 dargestellt und gelten für zweischalige Massivwände mit einem Schalenabstand von mindestens 30 mm und 30 mm Hohlraumverfüllung mit Mineralwolle-Dämmplatten nach DIN EN 13162 [22], Anwendungsgebiet WTH nach DIN 4108-10 [23].

Eine Vergrößerung des Schalenabstandes wirkt sich grundsätzlich positiv auf das bewertete Schalldämm-Maß aus.

Tabelle 4.5: Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ [dB] (gemäß DIN 4109-2 [4], 4.2.3.2, Tabelle 1)

Zeile	Situation	Beschreibung	Zuschlag [dB] $\Delta R_{w,Tr}$ bei Fugenbreite 30 mm	Zuschlag [dB] ¹⁾ zu $\Delta R_{w,Tr}$ bei Erhöhung auf Fugenbreite 50 mm	Entspricht DIN 4109-2, Tab.1, Zeile...	Einfluss der flankierenden Bauteile gemäß DIN 4109-2 Abschnitt 4.2.3.2 berücksichtigen?
1	 Geschoss 2	Vollständige Trennung der Schalen	12	+2	1	ja
2	 Geschoss 1	Bodenplatte durchgehend, $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$ ohne/mit Fundament, Außenwände getrennt	6	-	6	nein
3	 Geschoss 2	Vollständige Trennung der Schalen oberhalb des UG	9	+2	2	nein
4	 Geschoss 1	Bodenplatte durchgehend, $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$ ohne/mit Fundament, Außenwände durchgehend $m' \geq 575 \text{ kg/m}^2$	3	-	3	nein
5	 Geschoss 2	Vollständige Trennung der Schalen	12	+2	1	ja
6	 Geschoss 1	Bodenplatte getrennt, Außenwände getrennt	9	+2	4	nein
7	 Geschoss 2	Vollständige Trennung der Schalen	12	+2	1	ja
8	 Geschoss 1	Bodenplatte getrennt, gemeinsames Fundament, Außenwände getrennt	6	-	5	nein

¹⁾ Falls der Schalenabstand mindestens 50 mm beträgt und der Fugenhohlraum mit dicht gestoßenen und vollflächig verlegten Mineralwolle-Dämmplatten (siehe DIN EN 13162 [22] in Verbindung mit DIN 4108-10 [23], Anwendungstyp WTH) ausgefüllt wird, können die Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ bei allen Materialien in den Zeilen 1, 3, 5, 6 und 7 um 2 dB erhöht werden.

Die verschiedenen Zuschlagswerte für unterschiedliche Fundamentausbildungen können in der Ziegel-Bauakustiksoftware *Modul Schall 4.0* individuell ausgewählt werden. 

4.4.7 Berücksichtigung der flankierenden Schallübertragung bei zweischaligen Haustrennwänden

Bei zweischaligen Haustrennwänden tragen massiv angeschlossene Flankenbauteile zur Schallabstrahlung auf der Empfangsraumseite bei. Gemäß DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.2.3.2 ist die Flankenübertragung bei zweischaligen Haustrennwänden dann zu berücksichtigen, wenn die Übertragung im Fundamentbereich vernachlässigt werden kann.

In Tabelle 4.5 ist in der letzten Spalte angegeben, ob die Flankenübertragung rechnerisch zu berücksichtigen ist. Flankierende Leichtbauteile, z. B. Metallständerwände mit Gipsplattenbeplankungen im Empfangsraum tragen nicht zur flankierenden Schallübertragung bei und bleiben daher in der Berechnung unberücksichtigt.

Der Korrekturwert K zur Berücksichtigung der Übertragung flankierender massiver Wände und Decken wird nach Gl. (4.13) aus der flächenbezogenen Masse einer Schale der zweischaligen Wand $m'_{Tr,1}$ und der mittleren flächenbezogenen Masse der massiven flankierenden Bauteile $m'_{f,m}$ ermittelt.

Hinweis:

Bei unterschiedlich schweren Schalen der Trennwand und/oder unterschiedlich schweren Flankenbauteilen auf beiden Seiten können sich für K je nach Übertragungsrichtung unterschiedliche Werte ergeben. Bei unterschiedlich schweren Flanken beiderseits der Trennwände ist beim Schallschutznachweis der ungünstigere Fall von K zu berücksichtigen.

Hinweis:

Mit dem Korrekturwert K wird nur der Einfluss flankierender massiver Bauteile berücksichtigt. Eine mögliche Flankenübertragung über leichte Dachkonstruktionen ist damit nicht abgedeckt. Angaben hierzu finden sich im Kapitel 7.1.1.4.

Massive flankierende Bauteile, an bzw. vor denen eine Vorsatzkonstruktion mit einer Resonanzfrequenz $f_0 < 125$ Hz (z. B. Fußboden mit schwimmendem Estrich) vorhanden ist, werden bei der Berechnung der mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{f,m}$ der flankierenden Bauteile nicht berücksichtigt. $m'_{f,m}$ wird wie folgt ermittelt:

$$m'_{f,m} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n m'_{f,i} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right] \quad \text{Gl. (4.12)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.2.3.2 Gl. (21)

mit:

$m'_{f,i}$ = flächenbezogene Masse des i -ten nicht verkleideten massiven Flankenbauteils

n = Anzahl der nicht verkleideten massiven Flankenbauteile

Die Korrekturwerte K werden durch folgende Beziehung berechnet:

$$K = \begin{cases} \text{für } m'_{f,m} \leq m'_{Tr,1}: 0,6 + 5,5 \cdot \lg \left(\frac{m'_{Tr,1}}{m'_{f,m}} \right) \text{ [dB]} \\ \text{für } m'_{f,m} > m'_{Tr,1}: 0 \text{ [dB]} \end{cases}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.2.3.2 Gl. (20) Gl. (4.13)

Die Gl. (4.10) gilt nur für die Fälle, in denen die flankierende Übertragung über das Dach keine Rolle spielt. Eine ausreichende akustische Trennung der Dachkonstruktion im Bereich der Haustrennwand ist mit einer Norm-Flankenschallpegeldifferenz von 5 dB über dem berechneten bewerteten Bauschalldämm-Maß $R'_{w,2}$ gegeben. Ausführungsbeispiele und Werte der Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ für Dachkonstruktionen finden sich im Kapitel 7.1.1.4 oder DIN 4109-33 [17], Abschnitt 5.2.

4.4.8 Rechnerische Nachweisführung der Luftschalldämmung zweischaliger Haustrennwände

Wie bei allen anderen rechnerischen Prognosemethoden der DIN 4109-2 [4] gilt, dass vor dem Vergleich mit den Anforderungen vom ermittelten bewerteten Schalldämm-Maß $R'_{w,2}$ der Sicherheitsbeiwert u_{prog} abgezogen werden muss.

$$R'_{w,2} - u_{\text{prog}} \geq \text{erf. } R'_w \quad \text{Gl. (4.14)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 5.3.2 Gl. (45)

Für den Nachweis zweischaliger Haustrennwände kann mit dem pauschalen Sicherheitsbeiwert $u_{\text{prog}} = 2$ dB nach DIN 4109-2 [4], 5.3.3, Gleichung (48) gerechnet werden.

4.4.9 Zweischalige massive Trennwände mit durchlaufenden Flankenbauteilen

Bei zweischaligen Wänden aus zwei schweren, biegesteifen Schalen mit durchlaufenden, flankierenden Bauteilen (Wände oder Decken), insbesondere bei starrem Randanschluss nach Bild 4.8, wird der Schall hauptsächlich über diesen Anschluss übertragen. Solche Trennwandaufbauten haben gegenüber der körperschallbrückenfreien Konstruktion eine stark verminderte Schalldämmung.

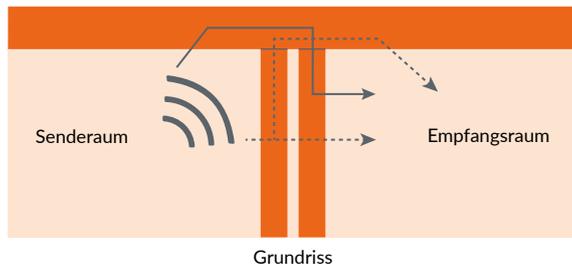


Bild 4.8: Schallübertragung bei zweischaligen Wänden aus biegesteifen Schalen mit starrem Randanschluss

Diese Ausführung wird durch das Bemessungsverfahren nach DIN 4109-2 [4] (vergleiche Kapitel 4.4.5 und 4.4.7) bisher nicht abgedeckt. Von den Autoren wird daher die Realisierung einschaliger massiver Wohnungstrennwände empfohlen, da diese eine berechenbare Stoßstellendämmung aufweisen und mögliche ungünstige Resonanzen vermieden bzw. reduziert werden.

4.5 Berechnung der Trittschallübertragung von Massivdecken im Massivbau

4.5.1 Allgemeines

Trenndecken zwischen Wohn- und Arbeitsräumen werden im Massivbau in der Regel als zweischaliges Bauteil ausgeführt. Eine massive Rohdecke bildet dabei das tragende Bauteil. Darauf wird ein schwimmender Estrich verlegt.

4.5.2 Funktionsprinzip

Als einschalige, massive Rohdecken kommen z. B. Stahlbetondecken, Stahlleichtbetondecken und Fertigteildecken aus unterschiedlichen Baustoffen zum Einsatz. Hohlkörperdecken (siehe Kapitel 5.1.2) werden wie einschalige Bauteile derselben flächenbezogenen Masse behandelt.

Die Trittschalldämmung einschaliger Decken nimmt mit der Masse und der Biegesteifigkeit zu. Eine ausreichende Trittschalldämmung kann jedoch – im Gegensatz zur Luftschalldämmung – durch eine Erhöhung der flächenbezogenen Masse mit den üblichen Bauteildicken nicht erreicht werden. Eine Verbesserung durch Deckenauflagen, wie z. B. schwimmende Estriche, ist in diesem Fall notwendig.

4.5.3 Konstruktionsrandbedingungen

Massivdecken dürfen keine Undichtigkeiten z. B. durch Abluftsysteme, nachträglich angebrachte Bohrlöcher für Elektrokabel oder Ähnliches aufweisen. In der Praxis haben sich, insbesondere bei erhöhten Anforderungen an die Trittschalldämmung, Massivdecken mit mindestens 200 mm Dicke bewährt. Beispiele für Massivdecken sind in Tabelle 5.8 angegeben.

Eine biegeweiche Deckenauflage (z. B. schwimmender Estrich) kann das Eindringen von Körperschall in die Deckenkonstruktion wirksam reduzieren und verbessert zudem die Luftschalldämmung. Voraussetzung ist, dass der Estrich schallbrückenfrei eingebaut wird, was eine besonders sorgfältige Ausführung voraussetzt.

Durch eine abgehängte biegeweiche Unterdecke kann die Trittschalldämmung ebenso verbessert werden. Die Wirkung ist jedoch begrenzt, weil Körperschall auf die flankierenden Bauteile übertragen und von diesen im Empfangsraum als Luftschall abgestrahlt wird.

4.5.4 Berechnungsverfahren zur Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels von Massivdecken

Bei der Berechnung der schalltechnischen Eigenschaften einer massiven Deckenkonstruktion wird zuerst die Trittschalldämmung der einschaligen Rohdecke aus ihrer flächenbezogenen Masse (ohne schwimmenden Estrich) ermittelt. Dieser Wert wird als äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel der Massivdecke $L_{n,eq,0,w}$ bezeichnet und gilt für die direkte Trittschallübertragung in einen darunter liegenden Raum.

Vorsatzschalen, wie z. B. schwimmende Estriche oder Unterdecken, werden separat durch ihre bewertete Trittschallminderung ΔL_w berücksichtigt und vom Trittschallpegel der Rohdecke abgezogen. Durch den Korrekturwert K wird der Einfluss der flankierenden Schallübertragung berücksichtigt.

Nach dem vereinfachten Verfahren der DIN 4109-2 [4] ergibt sich der bewertete Norm-Trittschallpegel einer gebrauchsfertigen massiven Decke im Gebäude zu:

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (4.15)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.3.2.1.1 Gl. (25)

mit:

$L_{n,eq,0,w}$ = äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel der Massivdecke nach Kapitel 4.5.5

ΔL_w = bewertete Trittschallminderung eines schwimmenden Estrichs nach Kapitel 4.5.6 oder eines weichfedernden Bodenbelags nach Kapitel 4.5.7

K = Korrekturwert für die Trittschallübertragung über massive homogene flankierende Bauteile gemäß Kapitel 4.5.9 Gl. (4.22) bzw. Gl. (4.23).

4.5.5 Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels der Rohmassivdecke

Die Luft- und Trittschalldämmung der in Tabelle 5.8 genannten Deckenkonstruktionen werden aus deren flächenbezogener Masse ermittelt. Angaben zur Ermittlung der flächenbezogenen Masse von Massivdecken sind im Kapitel 5.1.2 enthalten. Die aus der flächenbezogenen Masse ermittelten Werte der Luft- und Trittschalldämmung beziehen sich nur auf die Rohdecke. Aus der flächenbezogenen Masse m' der Massivdecke wird deren äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel für flächenbezogene Massen im Bereich zwischen 100 kg/m² und 720 kg/m² nach folgender Beziehung ermittelt:

$$L_{n,eq,0,w} = 164 - 35 \cdot \lg \frac{m'}{m'_0} \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (4.16)}$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 4.8.4.4, Gl. (21)

mit:

$$m'_0 = 1 \text{ kg/m}^2$$

Die Verbesserung der Trittschalldämmung durch zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktionen an der Deckenober- oder -unterseite wie z. B. schwimmende Estriche oder Unterdecken wird durch deren bewertete Trittschallverbesserung separat berücksichtigt.

Angaben zu diesen Vorsatzkonstruktionen finden sich im Kapitel 5.2.

4.5.6 Schwimmende Estriche auf Massivdecken

Ein schwimmender Estrich ist ein auf einer Dämmschicht verlegter Estrich, der auf seiner Unterlage frei beweglich ist und vollständig von allen aufgehenden Bauteilen (z. B. Wänden, Rohrleitungen) durch einen Randdämmstreifen getrennt ist. Die Dämmschicht besteht aus Trittschalldämmstoffen, gegebenenfalls in Kombination mit Wärmedämmstoffen. Als Estriche kommen Nassestriche (Zementestrich, Calciumsulfatestrich, Calciumsulfatfließestrich, Magnesiaestrich, Gussasphaltestriche und Kunstharzestriche) zur Ausführung. Daneben können Fertigteiltestriche (Trockenestriche) eingesetzt werden. Schwimmende Estriche können unbeheizt oder als beheizbarer Estrich (Heizestrich) ausgeführt werden.

Die bewertete Trittschallminderung ΔL_w schwimmender Estriche hängt von der nach DIN EN 29052-1 [25] zu bestimmenden dynamischen Steifigkeit s' der Dämmschicht und der flächenbezogenen Masse der Estrichplatte m' ab. Die erreichbare Trittschallminderung wird durch Körperschallbrücken entscheidend verschlechtert. Die Vorgaben der DIN 18560-2 [27] sind einzuhalten. Körperschallbrücken jeglicher Art (zur Rohdecke, zu den flankierenden Wänden, zu Rohrleitungen, zu Türzargen) sind strikt zu vermeiden. Bei höheren Verkehrslasten (Flächenlast > 3 kN/m² bzw. Einzellast > 2 kN) und bei Gussasphaltestrichen dürfen nur Trittschalldämmplatten mit einer Zusammendrückbarkeit $c \leq 3$ mm verwendet werden.

Bei Einbauten (z. B. Rohrleitungen und/oder Kabelerohre) auf dem tragenden Untergrund ist durch einen Ausgleich wieder eine ebene und tragfähige Oberfläche zur Aufnahme der Dämmschicht – zumindest jedoch der durchgehend zu verlegenden Trittschalldämmung – zu schaffen. Der Ausgleich muss mindestens bis zur Oberkante der Einbauten erfolgen und kann mit Ausgleichsmörteln, Schüttungen oder Wärmedämmplatten erfolgen.

Die hierzu erforderliche Konstruktionshöhe für den Fußbodenaufbau muss eingeplant werden. Die Trassenführungen von Rohrleitungen und anderen Installationen sind kreuzungsfrei, möglichst geradlinig sowie wandparallel zu planen [26].

Der Randdämmstreifen muss den Fußbodenaufbau (Estrich und Bodenbelag) vollständig von allen aufgehenden und durchdrungenen Bauteilen (z. B. Durchführung von Installationsleitungen) entkoppeln. Der überstehende Rand des Randdämmstreifens darf erst nach dem Verlegen des Bodenbelags (Fliesen, Parkett, etc.) entfernt werden.

4.5.6.1 Bewertete Trittschallminderung ΔL_w schwimmender Mörtel Estriche

Für schwimmende Zement-, Calciumsulfat-, Calciumsulfatfließ-, Magnesia- und Kunstharzestriche sind die Werte für die bewertete Trittschallminderung ΔL_w nach folgender Gl. (4.17) zu ermitteln:

$$\Delta L_w = 13 \cdot \lg(m'_{\text{Estrich}}) - 14,2 \cdot \lg(s') + 20,8 \text{ [dB]}$$

DIN 4109-34 [18], Abschnitt 4.5.4.2.1, Gl. (3) Gl. (4.17)

mit:

m'_{Estrich} = flächenbezogene Masse der Estrichplatte
($60 \text{ kg/m}^2 \leq m'_{\text{Estrich}} \leq 160 \text{ kg/m}^2$)

s' = dynamische Steifigkeit der Dämmschicht
($6 \text{ MN/m}^3 \leq s' \leq 50 \text{ MN/m}^3$)

Alternativ kann die bewertete Trittschallminderung dem Diagramm im Bild 4.9 entnommen werden.

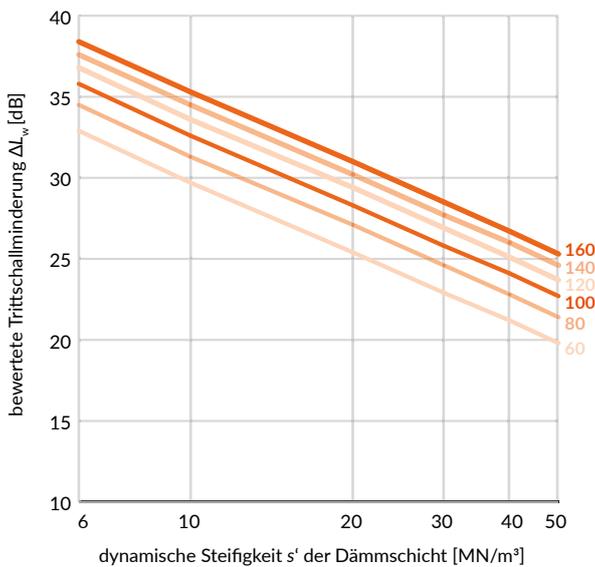


Bild 4.9: Bewertete Trittschallminderung ΔL_w schwimmend verlegter Zement-, Calciumsulfat-, Calciumsulfatfließ-, Magnesia- und Kunstharzestriche (vergleiche DIN 4109-34 [18], Abschnitt 4.5.4.2.1, Bild 1)

Hinweis:

Bei der Bestimmung des Wertes für die bewertete Trittschallminderung ΔL_w soll die flächenbezogene Masse der Estrichplatte anhand der nach DIN 18560-2 [27] in Abhängigkeit von der Nutzlast erforderlichen Estrichdicke gewählt werden. Die flächenbezogene Masse von Nassestrichen ist aus dem Rechenwert nach DIN EN 1991-1 [28] mit einem Abzug von 10 % zu ermitteln.

Bei Estrichen mit Leichtzuschlägen z. B. Magnesiaestriche mit Holzzuschlägen (Steinholzestriche) soll die flächenbezogene Masse nach Angabe des Herstellers angesetzt werden.

4.5.6.2 Bewertete Trittschallminderung ΔL_w schwimmender Gussasphalt- oder Fertigteilestriche

Für schwimmende Gussasphalt- und Fertigteilestriche auf Dämmschichten aus Trittschall-Dämmstoffen nach DIN 4108-10 [31], Anwendungskurzzeichen DES, und nach DIN 18560-2 [27] sind die Werte für die bewertete Trittschallminderung ΔL_w nach folgender Gl. (4.18) zu ermitteln:

$$\Delta L_w = (-0,21 \cdot m'_{\text{Estrich}} - 5,45) \cdot \lg(s') + 0,46 \cdot m'_{\text{Estrich}} + 23,8 \text{ [dB]}$$

DIN 4109-34 [18], Abschnitt 4.5.4.2.2, Gl (5) Gl. (4.18)

mit:

m' = flächenbezogene Masse des Fertigteilestrichs
($15 \text{ kg/m}^2 \leq m' \leq 40 \text{ kg/m}^2$)

s' = dynamische Steifigkeit der Dämmschicht
($15 \text{ MN/m}^3 \leq s' \leq 40 \text{ MN/m}^3$)

Gl. (4.18) gilt bei einlagigen Gussasphaltestrichen nach DIN 18560-2 [27] für dynamische Steifigkeiten der Dämmschicht im Bereich $15 \text{ MN/m}^3 \leq s' \leq 50 \text{ MN/m}^3$ und für flächenbezogene Massen der Estrichplatte im Bereich zwischen $58 \text{ kg/m}^2 \leq m'_{\text{Estrich}} \leq 87 \text{ kg/m}^2$. Bei Gussasphaltestrichen ist für die flächenbezogene Masse m' die Rohdichte nach DIN 4108-4 [29] zu wählen. Die Zusammenhänge der Gl. (4.18) werden für unterschiedliche flächenbezogene Massen im Diagramm Bild 4.10 wiedergegeben.

Hinweis:

Für Fertigteilestriche sind gegebenenfalls die Werte aus Systemprüfungen der Hersteller zu beachten.

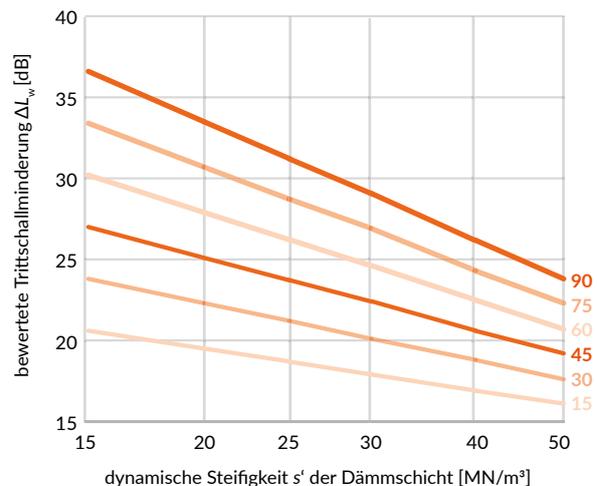


Bild 4.10: Bewertete Trittschallminderung ΔL_w schwimmender Gussasphalt- oder Fertigteilestriche (vergleiche DIN 4109-34 [18]; Abschnitt 4.5.4.2.2, Bild 2)

Falls zwei übereinanderliegende Dämmschichten verwendet werden, berechnet sich die resultierende dynamische Steifigkeit s'_{tot} wie folgt:

$$s'_{\text{tot}} = \left(\sum_{i=1}^2 \frac{1}{s'_i} \right)^{-1} \quad [\text{MN/m}^3] \quad \text{Gl. (4.19)}$$

DIN 4109-34 [18], Abschnitt 4.5.4.2.1, Gl (4)

mit:

s'_i = dynamische Steifigkeit pro Flächeneinheit der Dämmschicht i nach DIN EN 29052-1 [25]

Dieser Zusammenhang gilt nur, wenn die jeweilige Dämmschicht die gesamte Deckenfläche ohne Unterbrechungen oder Einschnitte bedeckt (z. B. durch Heizungsrohre, elektrische Leitungen etc.). Es ist stets nur die dynamische Steifigkeit der durchgehend verlegten Dämmschicht zu berücksichtigen.

4.5.7 Weichfedernde Bodenbeläge

Die nachfolgend aufgeführten Bodenbeläge sind solche, die als weichfedernde Beläge zu einer Verbesserung der Trittschalldämmung einer massiven Rohdecke nach Kapitel 5.1.2 führen. Hierzu gehören PVC-Verbundbeläge, textile Fußbodenbeläge und Polteppiche.

Unmittelbar ohne elastische Zwischenschicht auf der Rohdecke oder einem schwimmenden Estrich aufgebraute harte Beläge (z. B. Fliesenbeläge, Steinbeläge etc.) werden nicht betrachtet.

Die elastischen Eigenschaften des Materials (E-Modul), die Dicke des Belags, dessen Oberflächenstruktur und ggf. die Art der Anbringung des Belags auf der Rohdecke oder dem schwimmenden Estrich beeinflussen die erreichbare Trittschallpegelminderung.

Hinweis:

Weichfedernde Bodenbeläge verbessern nur die Trittschalldämmung nicht jedoch die Luftschalldämmung. Wegen der Möglichkeit eines Austausches dürfen sie beim Nachweis der Anforderungen zwischen fremden Aufenthaltsräumen in Wohngebäuden nicht in Ansatz gebracht werden.

Die nachfolgend genannten Werte der bewerteten Trittschallpegelminderung ΔL_w sind nur gültig zur Anwendung im Zusammenhang mit massiven Decken nach Kapitel 5.1.2.

Die für die Berechnung zu verwendenden bewerteten Trittschallpegelminderungen sind Tabelle 4.6 zu entnehmen, sofern nicht durch Eignungsprüfungen andere bewertete Trittschallpegelminderungen festgelegt sind.

Tabelle 4.6: Bewertete Trittschallpegelminderung ΔL_w von weichfedernden Bodenbelägen für Massivdecken (siehe DIN 4109-34 [18], 4.6.4, Tab. 2)

Zeile		Normenverweis	ΔL_w [dB]
Deckenauflagen; weichfedernde Bodenbeläge			
1	Linoleum Verbundbelag	nach DIN EN 687	14 ^{1), 2)}
PVC Verbundbeläge			
2	PVC Verbundbelag mit genageltem Jutefilz als Träger	nach DIN EN 650	13 ^{1), 2)}
3	PVC Verbundbelag mit Korkment als Träger	nach DIN EN 652	16 ^{1), 2)}
4	PVC Verbundbelag mit Unterschicht aus Schaumstoff	nach DIN EN 651	16 ^{1), 2)}
5	PVC Verbundbelag mit Synthefaser Vliesstoff als Träger	nach DIN EN 650	13 ^{1), 2)}
Textile Fußbodenbeläge nach DIN ISO 2424³⁾			
6	Nadelvlies, Dicke = 5 mm	-	20
Polteppiche⁴⁾			
7	Unterseite geschäumt, Normdicke $a_{20} = 4$ mm	nach ISO 1765	19
8	Unterseite geschäumt, Normdicke $a_{20} = 6$ mm	nach ISO 1765	24
9	Unterseite geschäumt, Normdicke $a_{20} = 8$ mm	nach ISO 1765	28
10	Unterseite ungeschäumt, Normdicke $a_{20} = 4$ mm	nach ISO 1765	19
11	Unterseite ungeschäumt, Normdicke $a_{20} = 6$ mm	nach ISO 1765	21
12	Unterseite ungeschäumt, Normdicke $a_{20} = 8$ mm	nach ISO 1765	24

¹⁾ Die Bodenbeläge müssen durch Hinweis auf die jeweilige Norm gekennzeichnet sein. Die maßgebliche bewertete Trittschallpegelminderung ΔL_w muss auf dem Erzeugnis oder der Verpackung angegeben sein.

²⁾ Die in den Zeilen 1 bis 5 angegebenen Werte sind Mindestwerte; sie gelten nur für aufgeklebte Bodenbeläge.

³⁾ Die textilen Bodenbeläge müssen auf dem Produkt oder auf der Verpackung mit dem entsprechenden ΔL_w der rechten Spalte ausgeliefert werden.

⁴⁾ Pol aus Polyamid, Polypropylen, Polyacrylnitril, Polyester, Wolle und deren Mischungen

Wird ein weichfedernder Bodenbelag auf einem schwimmenden Estrich angeordnet, dann ist als bewertete Trittschallpegelminderung ΔL_w nur der höhere Wert, entweder der des schwimmenden Estrichs oder des weichfedernden Bodenbelags, zu berücksichtigen.

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w - K_T \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (4.20)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.3.2.1.2 Gl. (29)

4.5.8 Berücksichtigung unterschiedlicher Grundrissanordnungen

Wenn die Trittschallübertragung nicht unmittelbar vertikal von oben nach unten erfolgt, dann ist bei solchen Grundrissituationen der Korrekturwert K_T für unterschiedliche räumliche Zuordnungen zu berücksichtigen. Der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ der Decken zusammen mit den räumlichen Gegebenheiten ist dann wie folgt zu berechnen:

mit:

K_T = Korrekturwert der räumlichen Zuordnung nach Tabelle 4.3

Hinweis: Bei der Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels ist entweder der Korrekturwert K (unmittelbar übereinanderliegende Räume und Trittschallübertragung vertikal nach unten) **oder** K_T für unterschiedliche Raumanordnungen einzubeziehen. Die Werte K und K_T sind nicht gleichzeitig zu berücksichtigen.

Tabelle 4.7: Korrekturwerte K_T zur Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ für verschiedene räumliche Zuordnungen mit Norm-Hammerwerk angeregter Decke und Empfangsraum (gemäß DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.3.2.1.2, Tabelle 2 bzw. Abschnitt 4.3.2.2)

	Beschreibung	Abbildung	Korrekturwert K_T für unterschiedliche Raumanordnung [dB]	Korrekturwert K für Einfluss flankierender Bauteile berücksichtigen?	$L'_{n,w}$ nach DIN 4109-2 Gleichung...
Übereinanderliegende Räume gemäß DIN 4109-2, 4.3.2.1.1	Unmittelbar unter der angeregten Decke		0	ja	(25)
	Neben oder schräg unter der angeregten Decke		+5 ¹⁾	nein	(29)
Unterschiedliche räumliche Zuordnung gemäß DIN 4109-2, 4.3.2.1.2	Wie zuvor, jedoch ein Raum dazwischenliegend		+10 ¹⁾		
	Über der angeregten Decke (Gebäude mit tragenden Wänden)		+10 ²⁾		
	Über der angeregten Decke (Skelettbau)		+20		
	Neben oder schräg unter der angeregten Decke, jedoch durch Haustrennfuge getrennt		+15		

Norm-Hammerwerk nach DIN EN 10140-5; Ort der Anregung der Deckenkonstruktion.

Mikrofon; kennzeichnet den Empfangsraum o. die Empfangsräume, in denen der Trittschall aus Nachbarbereichen des Gebäudes wahrgenommen wird.

ER = Empfangsraum SR = Senderraum

¹⁾ Voraussetzung: Zur Sicherstellung einer ausreichenden Stoßstellendämmung müssen die Wände zwischen angeregter Decke und Empfangsraum starr angebonden sein und eine flächenbezogene Masse $m' \geq 150 \text{ kg/m}^2$ haben.

²⁾ Dieser Korrekturwert gilt sinngemäß auch für Bodenplatten.

4.5.9 Berücksichtigung flankierender Schallübertragung bei der Trittschallbemessung

Tabelle 4.7 zeigt, dass der Einfluss flankierender Schallübertragung lediglich bei direkt übereinanderliegenden Räumen bei vertikaler Trittschallübertragung nach unten durch den Korrekturwert K berücksichtigt werden muss.

Die Ermittlung des Korrekturwertes K erfolgt analog der Berücksichtigung der flankierenden Schallübertragung bei zweischaligen Haustrennwänden von Einfamilien-Reihenhäusern und Doppelhäusern (vergleiche Kapitel 4.4.7).

Der Einfluss der Flankenübertragung für die jeweilige Bausituation wird durch einen Korrekturwert K in Abhängigkeit von der flächenbezogenen Masse der Massivdecke m'_s und der mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{f,m}$ der homogenen massiven flankierenden Bauteile, die nicht mit Vorsatzkonstruktionen belegt sind, berücksichtigt. Massive flankierende Bauteile, an bzw. vor denen eine Vorsatzkonstruktion mit einer Resonanzfrequenz $f_0 < 125$ Hz (z. B. freistehende Leichtbau-Vorsatzkonstruktion) vorhanden ist, werden bei der Berechnung der mittleren flächenbezogenen Masse $m'_{f,m}$ der flankierenden Bauteile nicht berücksichtigt. $m'_{f,m}$ wird wie folgt ermittelt:

$$m'_{f,m} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n m'_{f,i} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right] \quad \text{Gl. (4.21)}$$

DIN 4109-34 [18], Abschnitt 4.5.4.2.1, Gl. (4)

mit:

$m'_{f,i}$ = flächenbezogene Masse des i -ten nicht verkleideten massiven Flankenbauteils

n = Anzahl der nicht mit Vorsatzkonstruktionen bekleideten massiven Flankenbauteile

Hinweis:

Die flächenbezogene Masse der Trenndecke m'_s enthält weder die Massen schwimmender Auflagen, noch die von Unterdecken.

Die Korrekturwerte K werden für Massivdecken **ohne** Unterdecken durch folgende Beziehung berechnet:

$$K = \begin{cases} \text{für } m'_{f,m} \leq m'_s: 0,6 + 5,5 \cdot \lg \left(\frac{m'_s}{m'_{f,m}} \right) \text{ [dB]} \\ \text{für } m'_{f,m} > m'_s: 0 \text{ [dB]} \end{cases}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.3.2.1.1 Gl. (26) und Gl. (27) Gl. (4.22)

Für Massivdecken **mit** Unterdecken berechnet sich der Korrekturwert K unter der Voraussetzung, dass die Unterdecke eine bewertete Verbesserung der Luftschalldämmung von $\Delta R_w \geq 10$ dB aufweist, wie folgt:

$$K = -5,3 + 10,2 \cdot \lg \left(\frac{m'_s}{m'_{f,m}} \right) \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (4.23)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.3.2.1.1 Gl. (28)

4.5.10 Rechnerische Nachweisführung der Trittschalldämmung im Massivbau

Bei dem Vergleich des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ mit der bauakustischen Anforderung muss zu dem berechneten Wert der pauschale Sicherheitsbeiwert $u_{\text{prog}} = 3$ dB addiert werden. Dieser Vergleichswert darf höchstens gleich der Anforderung $L'_{n,w}$ sein (vergleiche folgende Gl. (4.24)).

$$L'_{n,w} + 3 \text{ dB} \leq \text{zulässig } L'_{n,w} \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (4.24)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 5.3.3 Gl. (54)

In der Ziegel-Bauakustiksoftware *Modul Schall 4.0* kann aus einem Nachweis der Luftschallübertragung direkt der Trittschallnachweis abgeleitet werden, ohne dass beispielsweise flankierende Bauteile erneut eingegeben werden müssen. 

4.5.11 Näherungsverfahren zur Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels von Bodenplatten

Die in dem folgenden Bild 4.11 dargestellte Situation der vertikalen Trittschallübertragung von einer Bodenplatte in darüberliegende Räume wird in Tabelle 4.7 lediglich über die Fußnote 2 definiert.

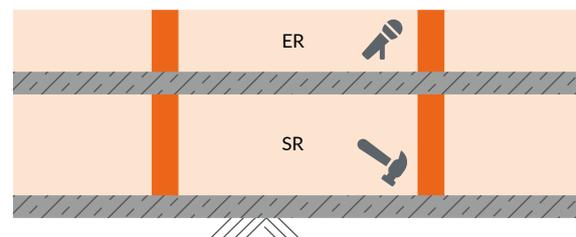


Bild 4.11: Trittschallübertragung von der Bodenplatte vertikal in einen darüberliegenden Raum

Im „Handbuch zu DIN 4109“, Abschnitt 4.3.2.3 [55] wird hergeleitet, welche Werte näherungsweise für diese Situation zu erwarten sind. Allerdings bezieht sich der dargestellte Korrekturwert auf den Rechenwert des äquivalenten bewerteten Norm-Trittschallpegels $L_{n,w,eq,R}$ gemäß Beiblatt 1 zu DIN 4109 [7]. Zur Vermeidung von Verwechslungen wird im Folgenden dieser Korrekturwert mit einem zusätzlichen „*“ gekennzeichnet (K_T^*).

Für übliche Dicken der Stahlbetonbodenplatte ergeben sich Werte zwischen $K_T^* = 12$ dB (für $d_{BoPla} = 40$ cm) bis $K_T^* = 23$ dB (für $d_{BoPla} = 20$ cm). Mit dem pauschalen Wert $K_T = 10$ dB gemäß [55] Tabelle 4.3, Fußnote b) werden voraussichtlich konservative Ergebnisse berechnet.

Hinweis:

Dieses dargestellte Verfahren ist nicht normativ und stellt nur eine Näherung dar.

4.5.12 Ermittlung des bewerteten Norm-Trittschallpegels von Massivtreppen

Die Trittschalldämmung hängt nicht nur von den konstruktiven Eigenschaften der Treppe selbst, sondern auch von den Eigenschaften des Baukörpers ab. Wesentliche Größen, welche die Trittschalldämmung der Treppe beeinflussen, sind die flächenbezogene Masse der Treppenläufe und Treppenpodeste, trittschallmindernde Auflagen auf Läufen und Podesten, die Verwendung schwimmender Estriche auf den Podesten und die Art der Anbindung von Läufen und Podesten an den Baukörper z. B. starr eingebunden, mit Trennfugen oder körperschallentkoppelt.

Beim Baukörper spielen die Grundrissgestaltung (Lage von schutzbedürftigem Raum und Treppenraum) und die Körperschallanregbarkeit der Treppenraumwände (beschrieben durch deren Admittanz) eine Rolle. Im Massivbau sinkt die Anregbarkeit der Wand, wenn deren flächenbezogene Masse erhöht wird.

Zur Verringerung der Trittschallübertragung vom Treppenraum in angrenzende Aufenthaltsräume müssen massive Treppenläufe stets einen Abstand von der Treppenraumwand aufweisen. Mit den Wänden fest verbundene Stufen oder fest an Wänden befestigte Stufen sind zu vermeiden, sofern nicht besondere Maßnahmen zur Körperschalldämmung getroffen werden.

Soweit im Rahmen brandschutztechnischer Vorschriften zulässig, können die Stufen und Podeste mit weichfedernden Bodenbelägen versehen werden.

Wirkungsvoll zur Verringerung der Trittschallübertragung ist auch eine körperschallgedämmte Auflagerung der Treppenläufe oder der Treppenstufen bei Verwendung eines schwimmenden Estrichs auf den Podesten.

Schallbrücken – insbesondere im Bereich der Wohnungseingangstür – sind ebenso wie ein unter der Tür durchlaufender schwimmender Estrich zu vermeiden. Wenn eine hohe Trittschalldämmung erforderlich ist, können auch zweischalige Treppenraumwände mit durchgehender Trennfuge vorgesehen werden.

In Tabelle 4.8 ist eine Übersicht über die bewerteten Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ und $L_{n,eq,0,w}$ von massiven Treppen, bezogen auf einen unmittelbar angrenzenden Wohnraum, angegeben.

Der Wert $L'_{n,w}$ ist anzuwenden, wenn kein zusätzlicher trittschalldämmender Fußbodenbelag bzw. kein schwimmender Estrich aufgebracht wird. Wird dagegen ein derartiger Belag oder Estrich eingesetzt, ist für die dann erforderliche Berechnung des bewerteten Norm-Trittschallpegels $L'_{n,w}$ der Treppe der Wert $L_{n,eq,0,w}$ zuzüglich der Trittschallminderung ΔL_w zu verwenden (siehe Gl. (4.15)).

Massive Treppen sind aus Beton oder Betonfertigteilen hergestellte Treppenanlagen, die außer den Treppenläufen auch Podeste und Zwischenpodeste enthalten können. Bei Treppen wird nur die Trittschalldämmung betrachtet.

Hinweis:

Auch wenn an die von Gehgeräuschen verursachten Luftschallpegel im Treppenraum selbst keine Anforderungen gestellt werden, empfiehlt es sich, in den Treppenräumen eine ausreichende Absorption der Oberflächen vorzusehen.

Tabelle 4.8: Äquivalenter bewerteter Norm-Trittschallpegel $L_{n,eq,0,w}$ und bewerteter Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ für verschiedene Ausführungen von massiven Treppenläufen und Treppenpodesten unter Berücksichtigung der Ausbildung der Treppenraumwand (Rechenwerte) (siehe DIN 4109-32 [12], 4.9.4, Tab. 6)

Treppen und Treppenraumwand	$L_{n,eq,0,w}$ [dB]	$L'_{n,w}$ [dB]
Treppenpodest ¹⁾ , fest verbunden mit einschaliger, biegesteifer Treppenraumwand (flächenbezogene Masse $m' \geq 380 \text{ kg/m}^2$)	63	67
Treppenlauf ¹⁾ , fest verbunden mit einschaliger, biegesteifer Treppenraumwand (flächenbezogene Masse $m' \geq 380 \text{ kg/m}^2$)	63	67
Treppenlauf ¹⁾ , abgesetzt von einschaliger, biegesteifer Treppenraumwand	60	64
Treppenpodest ¹⁾ , fest verbunden mit Treppenraumwand, und durchgehender Gebäudetrennfuge nach DIN 4109-32, 4.3.3.2	≤ 50	≤ 47
Treppenlauf ¹⁾ , abgesetzt von Treppenraumwand, und durchgehender Gebäudetrennfuge nach DIN 4109-32, 4.3.3.2	≤ 43	≤ 40
Treppenlauf ¹⁾ , abgesetzt von Treppenraumwand, und durchgehender Gebäudetrennfuge nach DIN 4109-32, 4.3.3.2, auf Treppenpodest elastisch gelagert	35	39

¹⁾ Gilt für Stahlbetonpodest oder -treppenlauf mit einer Dicke $d \geq 120 \text{ mm}$.

Die Trittschallminderung des Fußbodenbelag ist entsprechend Kapitel 4.5 zu entnehmen. Die Berechnung des bewerteten Norm-Trittschallpegels erfolgt gemäß Kapitel 4.5.4 Gl. (4.15). Der dort angegebene Sicherheitsbeiwert u_{prog} ist zu beachten!

4.6 Schallschutz gegen Außenlärm – Rechenverfahren

4.6.1 Allgemeines

Die Anforderungen an das erforderliche Schalldämm-Maß $R'_{w,res}$ gemäß Kapitel 3.2.2 ergeben sich neben dem maßgeblichen Außenlärmpegel auch aus der Raumgeometrie der Räume hinter der Gesamtfassade. Die Gesamtfassade setzt sich zusammen aus allen Bauteilen und Elementen, die den Raum nach außen abgrenzen und gegebenenfalls unterschiedlichen Lärmpegeln ausgesetzt sind. Dazu zählen neben den Außenwänden u. a. auch Dach-, Decken- und Fensterflächen sowie Rollladenkästen und Lüftungselemente. Der sich in einem Raum einstellende Schallpegel hängt von dem Verhältnis der Fassadenfläche zur Grundfläche des Raumes ab. So muss das erforderliche Luftschalldämm-Maß der Fassade mithilfe des Korrekturwertes K_{AL} für die Flächenverhältnisse Außenfassade/Grundfläche gemäß Gl. (4.26) korrigiert werden.

$$R'_{w,ges} - u_{\text{prog}} \geq \text{erf. } R'_{w,ges} + K_{AL} \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (4.25)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.4.1, Gl. (32)

mit:

$R'_{w,ges}$ = das bewertete Bau-Schalldämm-Maß der Gesamtfassade eines Raumes gemäß Gl. (4.27) oder Gl. (4.28), in dB (siehe auch folgenden Hinweis)

u_{prog} = Unsicherheit der Prognoserechnung, im Allgemeinen pauschal mit 2 dB

erf. $R'_{w,ges}$ = erforderliches bewertetes Schalldämm-Maß der Fassade gemäß Kapitel 3.2.2, in dB

K_{AL} = Korrekturwert gemäß Gleichung Gl. (4.26), in dB

Hinweis:

Der berechnete Wert der resultierenden Schalldämmung $R'_{w,ges} - 2 - K_{AL}$ stellt keinen Bauteilkennwert einer Fassade dar, sondern beinhaltet als Rechengröße die Unsicherheit der Berechnung, die Einflüsse der Raumgeometrie und gegebenenfalls Zuschläge unterschiedlicher maßgeblicher Außenlärmpegel an den Fassaden eines Raumes.

$$K_{AL} = 10 \cdot \lg \left(\frac{S_s}{0,8 \cdot S_G} \right) \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (4.26)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.4.1 Gl. (33)

mit:

S_s = die vom Raum aus gesehene Fassadenfläche als Summe der Teilflächen aller Außenbauteile, in m^2 . Für Räume mit mehreren an der Schallübertragung beteiligten Außenflächen (z. B. Eckräume mit zwei Außenwänden, Dachwohnungen mit Außenwand und Dachfläche) gilt die vom Raum aus gesehene gesamte Außenfläche als S_s , d. h. die Summe der gesamten abgewinkelten Flächen, die den Raum nach außen begrenzen.

S_G = die Grundfläche des Raumes, in m^2

Hinweis:

Im Gegensatz zum Schallschutz zwischen Räumen müssen bei der Berechnung der Schalldämmung der Außenbauteile sämtliche Bauteilschichten berücksichtigt werden. Dazu zählen z. B. Wärmedämm-Verbundsysteme oder Vormauerschalen bei zweischaligem Mauerwerk.

4.6.2 Resultierende Schalldämmung der Gesamtfassade unter Berücksichtigung flankierender Schallübertragung

Das ausführliche Rechenverfahren muss dann angewendet werden, wenn die flankierende Übertragung der Außenbauteile auf die Innenbauteile eine bedeutende Rolle spielt. Dies ist der Fall, wenn die Schalldämmung des massiven Außenbauteils mindestens 50 dB aufweist, die Mauerwerksfassade inklusive der Fenster ein gesamtes bewertetes Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges} > 40$ dB erfordert und die anschließenden Innenbauteile ebenfalls in Massivbauweise ausgeführt sind. Das folgende Bild 4.12 zeigt die zu berücksichtigenden Übertragungswege der Außengeräusche über die flankierenden Bauteile für einen Mittelraum.

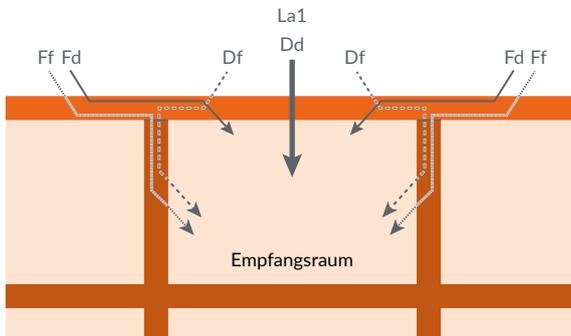


Bild 4.12: Übertragungswege von Außengeräuschen über die Massivbauteile in das Gebäudeinnere - Mittelraum

Bild 4.13 zeigt die Grundrissituation eines Eckraumes mit den gegebenenfalls rechnerisch zu berücksichtigenden Schallübertragungswegen über die flankierenden Innenwände.

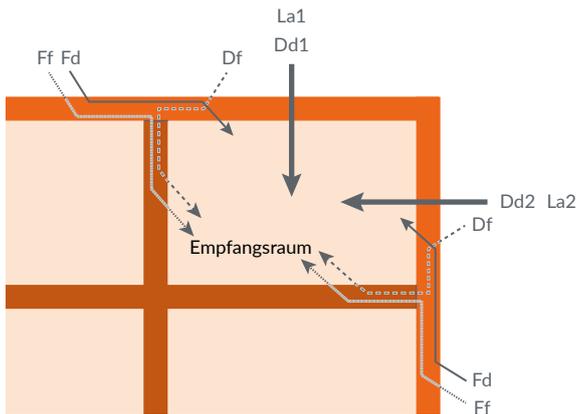


Bild 4.13: Übertragungswege von Außengeräuschen über die Massivbauteile in das Gebäudeinnere - Eckraum

mit:

La_1, La_2 = Außenpegel (gleich oder unterschiedlich)
 Dd, Ff, Df, Fd = Übertragungswege von Außengeräuschen

Das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ der Fassade ergibt sich aus den Schalldämm-Maßen $R'_{e,i,w}$ der an den Direktschallübertragungen sämtlicher beteiligten Einzelkomponenten der Fassade und den bewerteten Flankenschalldämm-Maßen $R'_{i,j,w}$ für die Wege Ff, Fd und Df nach folgender Gl. (4.27):

$$R'_{w,ges} = -10 \cdot \lg \left[\sum_{i=1}^m 10^{-\frac{R'_{e,i,w}}{10}} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-\frac{R'_{Ff,w}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{-\frac{R'_{Df,w}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{-\frac{R'_{Fd,w}}{10}} \right] \text{ [dB]}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.4.1 Gl. (34) Gl. (4.27)

mit:

- $R'_{w,ges}$ = das bewertete Bau-Schalldämm-Maß der Gesamtfassade, in dB
- $R'_{e,i,w}$ = das bewertete und auf die übertragende Gesamtfläche S_s bezogene Schalldämm-Maß der einzelnen Bauteile und Elemente i , in dB
- $R'_{i,j,w}$ = das bewertete Flankenschalldämm-Maß für die Flankenwege Ff, Fd und Df , in dB
- m = die Anzahl der Bauteile und Elemente einer Fassade
- n = die Anzahl der flankierenden Bauteile

Korrekturwert K_{LPB} für unterschiedliche Lärmpegelbereiche:

Bei unterschiedlich orientierten Außenflächen eines Raumes können sich für diese Außenflächen die gleichen aber auch unterschiedliche maßgebliche Außenlärmpegel ergeben.

Um die an den jeweiligen Fassadenflächen anliegenden unterschiedlichen Lärmpegel zu berücksichtigen, wird für jeden maßgeblichen Außenlärmpegel, der vom maximal vorliegenden maßgeblichen Außenlärmpegel abweicht, ein Korrekturwert K_{LPB} berechnet und auf alle Schalldämm-Maße $R_{e,i,w}$ der diesem maßgeblichen Außenlärmpegel zugeordneten Fassadenteile addiert.

Der Korrekturwert K_{LPB} berechnet sich aus der Differenz des höchsten an der Gesamtfassade des betrachteten Empfangsraumes vorhandenen maßgeblichen Außenlärmpegels $L_{a,max}$ und des auf die jeweils betrachtete Fassadenfläche i einwirkenden geringeren maßgeblichen Außenlärmpegels $L_{a,i}$: $K_{LPB} = L_{a,max} - L_{a,i}$ (vergleiche auch Rechenbeispiel im Kapitel 8.5).

Hinweis:

Eine ausführliche rechnerische Prognose wird bei Wohngebäuden im Regelfall dann erforderlich, wenn der maßgebliche Außenlärmpegel $L_a = 65$ dB überschreitet, also die Fassade mindestens im Lärmpegelbereich IV liegt.

Unterschiedlich orientierten Fassadenflächen können im *Modul Schall 4.0* die jeweils anliegenden maßgeblichen Außenlärmpegel beliebig zugeordnet werden. 

4.6.3 Resultierende Schalldämmung der Gesamtfassade ohne Berücksichtigung flankierender Schallübertragung

Außenfassaden setzen sich in der Regel aus Wänden und Fenstern bzw. Dach und Fenstern zusammen.

Das vereinfachte Verfahren darf dann angewendet werden, wenn das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ einen Wert von 40 dB **nicht** überschreitet.

Für diesen häufig auftretenden Fall, bei dem die flankierende Übertragung keine Rolle spielt, gilt folgende vereinfachte Beziehung nach Gleichung Gl. (4.28).

$$R'_{w,ges} = -10 \cdot \lg \left(\sum_{i=1}^m 10^{-\frac{R_{e,i,w}}{10}} \right) \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (4.28)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.4.1 Gl. (35)

Für übliche Bauteile wie Fenster, Wände oder Dächer, die durch ein bewertetes Schalldämm-Maß beschrieben werden, gilt der folgende Zusammenhang nach Gleichung Gl. (4.29):

$$R_{e,i,w} = R_{i,w} + 10 \cdot \lg \left(\frac{S_s}{S_i} \right) \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (4.29)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.4.2 Gl. (37)

mit:

$R_{e,i,w}$ = das bewertete und auf die übertragende Gesamfläche S_s bezogene Schalldämm-Maß des Bauteiles i , in dB

$R_{i,w}$ = das bewertete Schalldämm-Maß des Bauteiles i , in dB

S_s = die vom Raum aus gesehene Fassadenfläche als Summe der Teilflächen aller Außenbauteile, in m^2

S_i = die Fläche des Bauteils i , in m^2

Für Fassadenelemente, deren Schallübertragung üblicherweise durch eine Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$ beschrieben wird wie z. B. Rollladenkästen, Lüftungseinrichtungen usw., gilt folgende Berechnungsgleichung Gl. (4.30):

$$R_{e,i,w} = D_{n,e,i,w} + 10 \cdot \lg \left(\frac{S_s}{A_0} \right) \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (4.30)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.4.2 Gl. (38)

mit:

$R_{e,i,w}$ = das bewertete und auf die übertragende Gesamfläche S_s bezogene Schalldämm-Maß des Bauteiles i , in dB

$D_{n,e,i,w}$ = die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz eines Elementes i , in dB

S_s = die vom Raum aus gesehene Fassadenfläche als Summe der Teilflächen aller Außenbauteile, in m^2

A_0 = die Bezugsabsorptionsfläche mit $A_0 = 10 m^2$

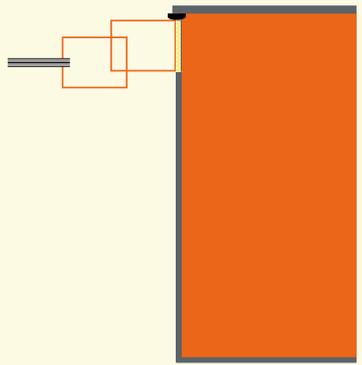
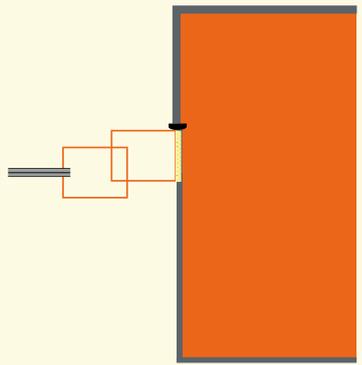
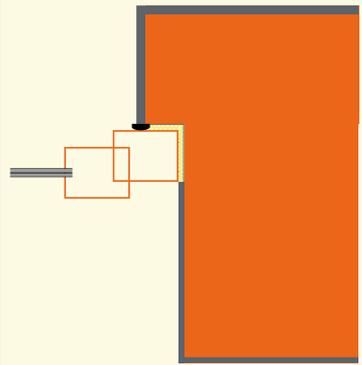
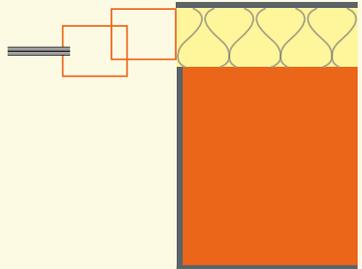
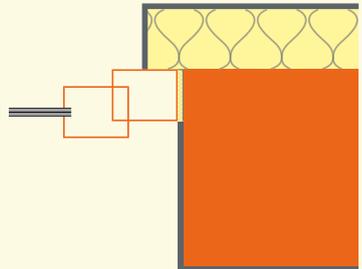
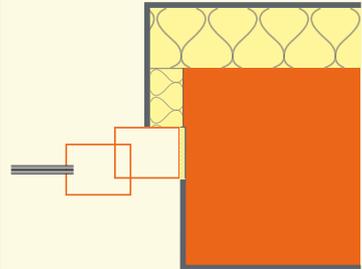
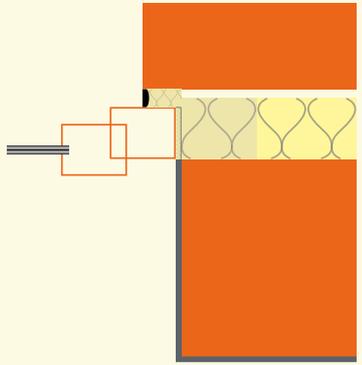
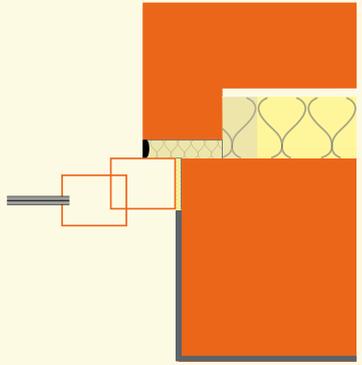
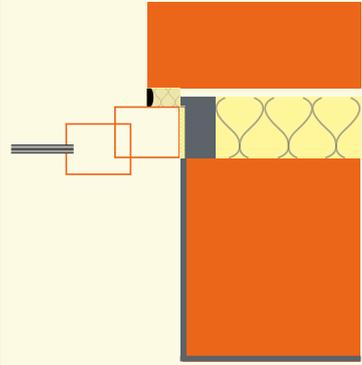
4.6.4 Ausführungsempfehlungen zum Einbau von Fenstern

Falls die Schalldämmung bei Fenstern im eingebauten Zustand durch die Einbauposition ungünstig beeinflusst wird, muss das Fugenschalldämm-Maß $R_{s,w}$ in Abhängigkeit der Fenstereinbausituation berücksichtigt werden.

Eine rechnerische Berücksichtigung ist im Regelfall nicht erforderlich, wenn das Fugenschalldämm-Maß 10 dB über dem Schalldämm-Maß R_w des Fensters liegt.

Schalltechnisch günstige Einbausituationen, die eine Korrektur erforderlich machen, sind in Tabelle 4.9 aufgeführt.

Tabelle 4.9: Einfluss der Fenstereinbauposition auf die Schalldämmung in der Fassade (gemäß DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.4.4)

Außenwand			
Monolithisches Ziegelmauerwerk			
	Einbau außen bündig	Einbau mittig	Einbau gegen Anschlag
Bewertung	Schalltechnisch unkritisch	Schalltechnisch unkritisch	Schalltechnisch unkritisch
Außengedämmtes Ziegelmauerwerk			
	Einbau in der Dämmebene	Einbau außen bündig im Mauerwerk	Einbau mittig im Mauerwerk
Bewertung	Schalltechnisch kritisch	Schalltechnisch unkritisch	Schalltechnisch unkritisch
Zweischaliges Ziegelmauerwerk			
	Einbau in der Dämmebene, außen bündig	Einbau im Hintermauerwerk, mit Anschlag	Einbau in der Dämmebene, mit Montagezarge
Bewertung	Schalltechnisch kritisch	Schalltechnisch unkritisch	Schalltechnisch unkritisch

4.6.5 Lärmquellen

Nach DIN 4109-1 wird die Höhe der Anforderungen an die Luftschalldämmung zwischen dem Außenbereich und Räumen im Gebäude aus dem maßgeblichen Außenlärmpegel ermittelt. Grundlage dazu sind sog. Beurteilungspegel der Emittenten, die im Regelfall rechnerisch ermittelt werden.

Bei unterschiedlich orientierten Außenflächen eines Raumes können sich für diese Orientierungen die gleichen, aber auch unterschiedliche maßgebliche Außenlärmpegel ergeben. Für gleiche maßgebliche Außenlärmpegel an allen Außenbauteilflächen gilt, dass sowohl bei der Ermittlung des resultierenden bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes $R'_{w, res}$ als auch der gesamten Fassadenfläche S_s als Summe aller schallbeanspruchten Außenbauteile des betrachteten Raumes berücksichtigt werden müssen. Für unterschiedliche maßgebliche Außenlärmpegel an unterschiedlich orientierten Außenbauteilflächen eines Raumes gilt diese Regelung ebenso.

Straßenverkehr:

Falls der maßgebliche Außenlärmpegel infolge Straßenverkehr nicht aus Bebauungsplänen, Lärmkarten oder anderen Unterlagen zu entnehmen ist, können die Beurteilungspegel mithilfe der Nomogramme in DIN 18005-1 [30] nach einem vereinfachten Verfahren ermittelt werden. Dabei müssen zur Bildung des maßgeblichen Außenlärmpegels zu den abgelesenen Werten 3 dB(A) addiert werden.

Alternativ zur Ermittlung durch Nomogramme können die Pegel aber auch ortsspezifisch berechnet oder gemessen werden. Bei Berechnungen sind die Beurteilungspegel für den Tag (06:00 Uhr bis 22:00 Uhr) bzw. für die Nacht (22:00 Uhr bis 06:00 Uhr) nach der 16. BImSchV zu bestimmen, wobei zur Bildung des maßgeblichen Außenlärmpegels zu den errechneten Werten jeweils 3 dB(A) zu addieren sind. Beträgt die Differenz der Beurteilungspegel zwischen Tag minus Nacht weniger als 10 dB(A), so ergibt sich der maßgebliche Außenlärmpegel zum Schutz des Nachtschlafes aus einem um 3 dB(A) erhöhten Beurteilungspegel für die Nacht und einem Zuschlag von 10 dB(A).

Schienen- und Wasserstraßenverkehr:

Der Beurteilungspegel für Schienenwege ist zu ermitteln nach der 16. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (16. BImSchV) [31]. Auf Grund der Frequenzzusammensetzung von Schienenverkehrsgeräuschen in Verbindung mit dem Frequenzspektrum der Schalldämmung von Außenbauteilen ist der ermittelte Beurteilungspegel für Schienenverkehr um 5 dB abzumindern.

Der Beurteilungspegel für Wasserstraßenverkehr kann durch Anwendung der Nomogramme in DIN 18005-1 [30] ermittelt werden.

Beträgt die Differenz der Beurteilungspegel zwischen Tag minus Nacht weniger als 10 dB(A), so ergibt sich der maßgebliche Außenlärmpegel zum Schutz des Nachtschlafes aus einem um 3 dB(A) erhöhten Beurteilungspegel für die Nacht und einem Zuschlag von 10 dB(A).

Lärm von Gewerbebetrieben:

Zur Beurteilung der Lärmbelastung durch Gewerbebetriebe zu benachbarten Wohnhäusern enthält die Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm), Anforderungen und Berechnungshinweise [18]. Festlegungen zum maßgeblichen Außenlärm sind im Regelfall den Bebauungsplänen zu entnehmen.

Luftverkehr:

Die Belange zum Schutz gegen Fluglärm sind im Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm (FluLärmG) geregelt [53].

Überlagerung von Lärmimmissionen:

Besteht die Geräuschbelastung aus mehreren gleich- oder verschiedenartigen Quellen, so berechnet sich der resultierende Außenlärmpegel $L_{a, res}$, jeweils getrennt für Tag und Nacht, aus der Addition der einzelnen maßgeblichen Außenlärmpegel $L_{a, i}$ zu einem Summenpegel – siehe Kapitel 2 und DIN 4109-2 [4] Abschnitt 4.4.5.7.

4.7 Sicherheitskonzept

4.7.1 Rechnerische Prognose

Das Sicherheitskonzept soll gewährleisten, dass bei einer rechnerischen Prognose der Werte für das Bau-Schalldämm-Maß bzw. den Norm-Trittschallpegel die Ziel- bzw. Anforderungswerte mit hoher Wahrscheinlichkeit eingehalten werden. Dabei wird durch Anwendung der Bilanzformeln eine übliche Bauausführung gemäß den geltenden technischen Regelwerken berechnet.

Die Berechnungsprozedur des Bau-Schalldämm-Maßes R'_w ist für den Massivbau anhand zahlreicher Baumessungen validiert ([21], [32]).

An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass die Einhaltung der Prognose mithilfe einer bauakustischen Messung überprüft werden kann. Dies stellt nicht den Regelfall dar, sondern wird meist nur bei besonders hochwertigen Wohnimmobilien veranlasst. Bauordnungsrechtlich reicht der rechnerische Nachweis ohne Nachmessung im ausgeführten Gebäude. Da sowohl die rechnerische Prognose als auch die bauakustische Messung mit Unsicherheiten behaftet sind, müssen diese gemäß DIN 4109-2 [4], Abschnitt 5.3 im Vergleich mit den bauakustischen Anforderungen berücksichtigt werden. Im Falle des Nachweises der Luftschalldämmung wird von dem errechneten Luftschalldämm-Maß R'_w der Sicherheitsbeiwert u_{prog} abgezogen. Dieser Vergleichswert wird dem Anforderungswert im rechnerischen Nachweis gegenübergestellt und muss diesen mindestens einhalten.

$$R'_w - u_{\text{prog}} \geq \text{erf. } R'_w \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (4.31)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 5.3.2 Gl. (45)

Beim Nachweis der Trittschalldämmung muss analog zum Luftschalldämmnachweis der Sicherheitsbeiwert auf den berechneten bewerteten Norm-Trittschallpegel aufaddiert werden und diese Summe darf höchstens den Anforderungswert erreichen.

$$L'_{n,w} + u_{\text{prog}} \leq \text{zulässig } L'_{n,w} \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (4.32)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 5.3.2 Gl. (47)

Üblicherweise wird in einem rechnerischen Nachweis nach DIN 4109-2 die Gesamtunsicherheit u_{prog} durch pauschale Werte berücksichtigt. Bei einer Prognose der Luftschalldämmung von Trennwänden bzw. -decken beträgt diese pauschale Gesamtunsicherheit $u_{\text{prog}} = 2 \text{ dB}$ und bei einer Prognose der Trittschalldämmung $u_{\text{prog}} = 3 \text{ dB}$.

Hinweise zur Berücksichtigung der Prognoseunsicherheit beim Nachweis zum Schutz gegen Außenlärm sind in Kapitel 4.6.1 angegeben.

Die Gesamtunsicherheit kann auch über die Teilunsicherheiten gemäß DIN 4109-2 [4], Anhang C ermittelt werden. In der Regel beträgt dieser Wert für die Luftschalldämmung nicht mehr als 2 dB.

4.7.2 Nachweis durch Messung am Bau

Im Falle einer Nachmessung am Bau sind die oben aufgeführten Teilunsicherheiten der Bemessung irrelevant, d. h. der Prüfwert wird üblicherweise mit der Anforderung verglichen.

5 Schalldämmung von Bauteilen

5.1 Bauteilkennwerte für die Luftschalldämmung

Daten für die Direktschalldämmung R_w homogener und quasihomogener massiver Bauteile (Wände und Decken) werden gemäß den Angaben der Kapitel 4.2 und 5.1.2 aus den flächenbezogenen Massen ermittelt.

Daten für die Direktämmung von Mauerwerk aus wärmedämmenden Hochlochziegeln, dessen Schalldämmung gemäß Kapitel 5.1.1.2 nicht aus der flächenbezogenen Masse ermittelt werden kann, sind Prüfberichten zu entnehmen. Daten für die Stoßstellendämmung werden durch bauakustische Messungen oder nach den Vorgaben im Kapitel 5.3 ermittelt.

Die Eingangsdaten bestehen aus:

- dem bewerteten Schalldämm-Maß der Bauteile: R_w
- dem Stoßstellendämm-Maß für jede Stoßstelle und jeden Übertragungsweg: K_{Ff} , K_{Fd} , K_{Df} oder auch K_{12} , K_{23} , K_{13}
- dem gesamten bewerteten Luftschallverbesserungsmaß bei Vorsatzschalen für das trennende Bauteil: $\Delta R_{Dd,w}$
- dem gesamten bewerteten Luftschallverbesserungsmaß bei Vorsatzschalen für jeden Flankenübertragungsweg: $\Delta R_{Ff,w}$, $\Delta R_{Fd,w}$, $\Delta R_{Df,w}$

5.1.1 Massive Wände

5.1.1.1 Bestimmung der flächenbezogenen Masse einschaliger massiver Wände

Bei der Ermittlung der flächenbezogenen Masse sind die nachfolgenden Vorgaben einzuhalten. Die flächenbezogene Masse plattenförmiger homogener Bauteile z. B. aus Beton oder Ziegelmauerwerk sowie großformatigen Fertigteilen aus solchen Baustoffen, ergibt sich aus der Dicke des Bauteils und seiner Rohdichte.

$$m' = d \cdot \rho \text{ [kg/m}^2\text{]} \quad \text{Gl. (5.1)}$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 4.1.4.1.1, Gl. (3)

mit:

m' = die flächenbezogene Masse, in kg/m^2

d = die Dicke des Bauteils, in m

ρ = die Wandrohndichte, in kg/m^3

Ermittlung der Rohdichte von Ziegelmauerwerk:

Die Wandrohndichte von Ziegelmauerwerk wird bestimmt durch die Rohdichte der Mauersteine sowie die Rohdichte und dem Anteil des Mauermörtels. Die Berechnung der Wandrohndichten erfolgt in Abhängigkeit von der Rohdichteklasse (RDK) der Mauersteine und der verwendeten Mörtelart nach den folgenden Gleichungen Gl. (5.2) bis Gl. (5.6) in Tabelle 5.1.

Tabelle 5.1: Ermittlung der Rohdichte von Ziegelmauerwerk

	Einheit	DIN 4109-32 [12], Abschnitt 4.1.4.1.2.1, Gleichung...	Gleichung... (der Broschüre)
a) Ziegelmauerwerk mit Normalmauermörtel			
$\rho_w = 900 \cdot \text{RDK} + 100$ ($0,35 \leq \text{RDK} \leq 2,2$)	[kg/m^3]	(4)	Gl. (5.2)
b) Ziegelmauerwerk mit Leichtmörtel			
$\rho_w = 900 \cdot \text{RDK} + 50$ ($0,35 \leq \text{RDK} \leq 1,0$)	[kg/m^3]	(5)	Gl. (5.3)
c) Ziegelmauerwerk mit Dünnbettmörtel			
$\rho_w = 1.000 \cdot \text{RDK} - 100$ ($\text{RDK} > 1,0$)	[kg/m^3]	(6)	Gl. (5.4)
$\rho_w = 1.000 \cdot \text{RDK} - 50$ (Klassenbreite der RDK: 100 kg/m^3 und $\text{RDK} \leq 1,0$)	[kg/m^3]	(7)	Gl. (5.5)
$\rho_w = 1.000 \cdot \text{RDK} - 25$ (Klassenbreite der RDK: 50 kg/m^3 und $\text{RDK} \leq 1,0$)	[kg/m^3]	(8)	Gl. (5.6)

Ermittlung der Rohdichte für Mauerwerk aus Verfüll-/Schalungsziegeln:

Für mit Beton verfülltes Mauerwerk aus Verfüll- oder Schalungsziegeln ist die resultierende Wandrohldichte ρ_{res} der jeweiligen allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung zu entnehmen bzw. auf Grundlage der in der jeweiligen Zulassung getroffenen Festlegungen zu ermitteln.

Ermittlung der flächenbezogenen Masse von Betonbauteilen und großformatigen Wandtafeln:

Zur Ermittlung der flächenbezogenen Masse von fugenlosen Wänden und von Wänden aus geschosshohen Platten bzw. Betonfertigteilen wird bei unbewehrtem Normalbeton mit einem Rechenwert der Rohdichte von 2.350 kg/m^3 gerechnet.

Für bewehrte Bauteile mit üblichen Bewehrungsgraden kann ohne besonderen Nachweis ein Rechenwert der Rohdichte von 2.400 kg/m^3 angesetzt werden.

Berücksichtigung von Putzschichten:

Der Einfluss von unmittelbar auf dem Ziegelmauerwerk aufgetragenen Putzschichten (ein- oder beidseitig) wird durch eine Erhöhung der flächenbezogenen Masse berücksichtigt, indem die flächenbezogene Masse der Putzschichten zur flächenbezogenen Masse des unverputzten Bauteils addiert wird.

$$m'_{ges} = m'_{Wand} + m'_{Putz,ges} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right] \quad \text{Gl. (5.7)}$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 4.1.4.1.5, Gl. (11)

mit:

m'_{ges} = die flächenbezogene Masse des verputzten Bauteils, in kg/m^2

m'_{Wand} = die flächenbezogene Masse des unverputzten Bauteils, in kg/m^2

$m'_{Putz,ges}$ = die gesamte flächenbezogene Masse der vorhandenen Putzschichten, in kg/m^2

Die flächenbezogene Masse einer Putzschicht kann für beliebige Dicken und Rohdichten des Putzes nach folgender Formel ermittelt werden:

$$m'_{Putz} = d_{Putz} \cdot \rho_{Putz} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right] \quad \text{Gl. (5.8)}$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 4.1.4.1.5, Gl. (11)

mit:

m'_{Putz} = die flächenbezogene Masse einer Putzschicht, in kg/m^2

d_{Putz} = die Nenndicke einer Putzschicht, in m

ρ_{Putz} = der Rechenwert der Rohdichte der vorhandenen Putzschichten, in kg/m^3

Tabelle 5.2 zeigt die Rechenwerte der Rohdichten verschiedener Putzarten.

Tabelle 5.2: Putzarten (gemäß DIN 4109-32 [12]; Abschnitt 4.1.4.1.5)

Putzart	$\rho_{Putz} \text{ [kg/m}^3\text{]}$
Gips- und Dünnlagenputze	1.000
Kalk- und Kalkzementputze	1.600
Leichtputze	900
Wärmedämmputze	200

Hinweis:

Bei zweischaligem oder zusatzgedämmtem Mauerwerk wird für die Berechnung der Luftschalldämmung zwischen zwei Räumen nur die Flächenmasse der Hintermauerung in Ansatz gebracht. Hinsichtlich der Schalldämmung gegen Außenlärm gelten die Regelungen der Kapitel 5.1.1.7 und 5.1.1.8.

Einfluss von Fugen und Schlitzen:

Das aus der flächenbezogenen Masse ermittelte Schalldämm-Maß einer Mauerwerkswand ist nur dann sichergestellt, wenn Fugen und Schlitze nicht zu Undichtheiten oder unzulässigen Querschnittsschwächungen führen.

Ein in der Regel mit unvermörtelten Stoßfugen errichtetes Mauerwerk wird durch einen mindestens einseitig aufgetragenen Nassputz sowohl luftdicht als damit auch ausreichend schalldämmend [34].

Schlitze von Elektroinstallationen und Steckdosen können die flächenbezogene Masse einer Trennwand mindern. Die sich daraus ergebende Schalldämmung kann nach der Methodik zur Berechnung zusammengesetzter Bauteile im Kapitel 4.6 berechnet werden. Dabei wird der Flächenteil der durch Einbauten reduzierten Wanddicke mit dem Regelquerschnitt der Wand als zusammengesetztes Bauteil bewertet.

Grundsätzlich führen unter Putz verlegte Elektroinstallationen sowie vereinzelt Steckdosen zu keiner messbaren Verminderung der Schalldämmung [34].

5.1.1.2 Bewertete Schalldämm-Maße - homogenes Mauerwerk

Als homogene einschalige Bauteile gelten solche, deren Schalldämmung unmittelbar aus der flächenbezogenen Masse ermittelt werden kann. Dies gilt z. B. für plattenförmige Bauteile aus Beton, ungelochte Mauersteine und Verfüllziegel sowie für großformatige Fertigteilelemente aus solchen Baustoffen. Mauerwerk aus Lochsteinen kann dann als quasihomogen betrachtet werden, wenn die nachfolgenden Bedingungen eingehalten werden (vergleiche DIN 4109-32 [12], Abschnitt 4.1.4.2.1). Die Schalldämmung kann dann ebenfalls aus der flächenbezogenen Masse ermittelt werden.

- Mauerwerk aus Hochlochziegeln mit einer Dicke ≤ 240 mm ungeachtet der Rohdichte, bei Wanddicken > 240 mm ab einer Rohdichteklasse $\geq 1,0$. (vergleiche Bild 5.1)
- Mauerwerk aus Hohlblöcken und gelochten Vollblöcken aus Leichtbeton mit Wanddicken ≤ 240 mm und mit einer Rohdichteklasse $\geq 0,8$.
- Mauerwerk aus Kalksandstein mit einem Lochanteil ≤ 50 %, ausgenommen Steine mit Schlitzlochung, die gegeneinander von Lochebene zu Lochebene versetzte Löcher aufweisen.

Anhand des folgenden Schemas (Bild 5.1) erfolgt abhängig von der Wanddicke t [mm] und der Rohdichteklasse (RDK) die Einteilung, ob das bewertete Schalldämm-Maß für Mauerwerk aus Lochsteinen nach der Massekurve gemäß DIN 4109-32 [12] berechnet werden kann.

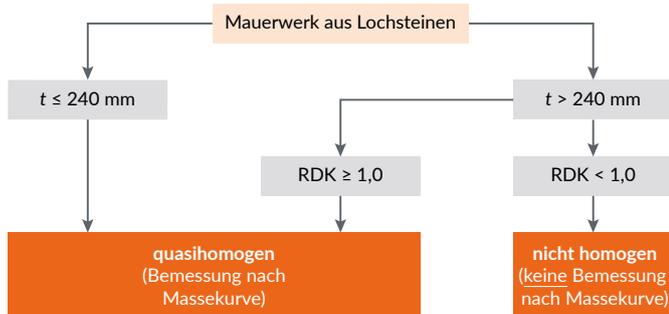


Bild 5.1: Prüfung der Anwendbarkeit von Masseformeln für Mauerwerk aus Lochsteinen

Die Wanddicken monolithischer hochwärmedämmender Außenwandziegel betragen $t \geq 300$ mm und sind Rohdichteklassen $RDK < 1,0$ zugeordnet. Gemäß der im Bild 5.1 gezeigten Definition nach DIN 4109-32 [12], Abschnitt 4.1.4.2 ist eine Anwendung der Massekurven zur Bestimmung des bewerteten Schalldämm-Maßes anhand der flächenbezogenen Masse ausgeschlossen.

Für Mauerwerk aus Hochlochziegeln mit von den vorgenannten Bedingungen abweichenden Eigenschaften ist das bewertete Schalldämm-Maß nach Kapitel 5.1.1.4 zu ermitteln.

In einem rechnerischen Schallschutznachweis sind daher nach DIN 4109-32 [12], Abschnitt 4.1.4.3 Prüfwerte der bewerteten Schalldämm-Maße R_w bzw. $R_{w,Bau,ref}$ nach DIN 4109-4 [35] zu verwenden. Für homogene und quasihomogene einschalige Bauteile wird das bewertete Schalldämm-Maß R_w wie folgt berechnet:

$$R_w = 30,9 \cdot \lg(m'_{ges}/m'_0) - 22,2 \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (5.9)}$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 4.1.4.2.3, Gl. (14)

mit der Bezugsgröße:

$$m'_0 = 1 \text{ kg/m}^2$$

Diese Beziehung gilt für $65 \text{ kg/m}^2 < m'_{ges} < 720 \text{ kg/m}^2$.

Hinweis:

Diese Beziehung gilt nicht für Mauerziegel mit einer Rohdichteklasse $> 2,0$. Für derartige Produkte sind $R_{w,Bau,ref}$ -Werte anhand von Prüfberichten zu verwenden.

Mit der Ziegel-Bauakustiksoftware *Modul Schall 4.0* können sowohl Konstruktionen mit schalltechnisch normativ geregelten Massivbaustoffen, als auch mit individuellen Prüfwerten für monolithisches hochwärmedämmendes Ziegelmauerwerk nachgewiesen werden.



5.1.1.3 Bewertete Schalldämm-Maße - Hochlochziegelmauerwerk (quasihomogen)

Die Direkt-Schalldämm-Maße R_w von Wänden aus Hochlochziegeln nach DIN 771-1 [36] in Verbindung mit DIN 20000-401 [37] können bis zu einer Nenndicke von 240 mm immer aus der flächenbezogenen Masse der Wandkonstruktion ermittelt werden. Dabei sind Innen- und Außenputzschichten in der flächenbezogenen Masse m' enthalten. Sind derartige Wände mit Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) versehen, muss für die Bemessung gegen Außenlärm der Einfluss des WDVS mit berücksichtigt werden. Für die Ermittlung der flankierenden Übertragung muss das Direkt-Schalldämm-Maß R_w der massiven Wandkonstruktion allein verwendet werden. Die in der Tabelle 5.3 aufgeführten HLz-Konstruktionen werden schalltechnisch nach Wanddicke und Rohdichteklasse sowie nach Art der Lagerfugenvermörtelung unterschieden. Gegebenenfalls muss eine geeignete Wärmedämmung ergänzt werden, welche bei der Ermittlung des Direkt-Schalldämm-Maßes R_w nicht berücksichtigt ist! Es wird davon ausgegangen, dass raumseitig ein Putz mit einer flächenbezogenen Masse von $m'_{Putz} = 15 \text{ kg/m}^2$ aufgetragen ist. Dieses entspricht beispielsweise einem 10 mm dicken Kalkputz.

Tabelle 5.3: Bewertetes Direkt-Schalldämm-Maß R_w für einschaliges, mindestens raumseitig verputztes¹⁾ Ziegel-Hintermauerwerk

Wanddicke (Nennmaß) [mm]	Rohdichteklasse	Lagerfuge mit					
		Normalmauermörtel		Leichtmauermörtel		Dünnbettmörtel	
		m'_{ges} [kg/m ²]	R_w [dB]	m'_{ges} [kg/m ²]	R_w [dB]	m'_{ges} [kg/m ²]	R_w [dB]
115	0,7	99	39,5	93	38,7	90	38,1
175		143	44,4	134	43,5	129	43,0
240		190	48,2	178	47,4	171	46,8
115	0,8	109	40,8	104	40,1	101	39,8
175		159	45,8	150	45,0	146	44,7
240		212	49,7	200	48,9	195	48,6
115	0,9	120	42,0	114	41,3	113	41,2
175		174	47,1	166	46,4	164	46,2
240		233	51,0	221	50,3	219	50,1
115	1,0	130	43,1	124	42,5	124	42,5
175		190	48,2	181	47,6	181	47,6
240		255	52,2	243	51,5	243	51,5
115	1,2	151	45,1	145	44,6	142	44,3
175		222	50,3	213	49,7	208	49,4
240		298	54,3	286	53,7	279	53,4
115	1,4	171	46,8	166	46,4	165	46,3
175		253	52,1	244	51,6	243	51,5
240		341	56,1	329	55,6	327	55,5

¹⁾ Putz, 1-seitig: $m'_{Putz} = 1 \cdot 15 \text{ kg/m}^2$ in m'_{ges} enthalten

Wertebereich	DIN 4109-32 [12]; 4.1.4.1.2.1; Gleichung...
blau	(4)
orange	(5)
rot	(6)
grün	(7)
grau	außerhalb des Gültigkeits- bereiches von DIN 4109-32

Die in Tabelle 5.4 dargestellten Innenwände aus Hochlochziegel- und Füllziegelmauerwerk werden nach Wanddicke und Rohdichteklasse sowie nach Art der Lagerfugenvermörtelung unterschieden. Es wird davon ausgegangen, dass beidseitig eine Putzschicht mit einer flächenbezogenen Masse von je $m'_{Putz} = 15 \text{ kg/m}^2$ (z. B. 10 mm Kalkputz) aufgetragen ist. Da schwere Innenwände auch in Wanddicken > 240 mm erstellt werden, können bei Verwendung von Lochsteinen der Rohdichteklassen 1,0 und höher die Direkt-Schalldämm-Maße R_w nach der flächenbezogenen Masse m' berechnet werden.

Tabelle 5.4: Bewertetes Direkt-Schalldämm-Maß R_w für einschalige, beidseitig verputzte¹⁾ Ziegellinnenwände

Wanddicke (Nennmaß) [mm]	Rohdichteklasse	Lagerfuge mit					
		Normalmauermörtel		Leichtmauermörtel		Dünnbettmörtel	
		m'_{ges} [kg/m ²]	R_w [dB]	m'_{ges} [kg/m ²]	R_w [dB]	m'_{ges} [kg/m ²]	R_w [dB]
115	0,7	114	41,4	108	40,7	105	40,2
175		158	45,7	149	45,0	144	44,5
240		205	49,2	193	48,4	186	47,9
115	0,8	124	42,5	119	41,9	116	41,6
175		174	47,0	165	46,3	161	46,0
240		227	50,6	215	49,9	210	49,6
115	0,9	135	43,6	129	43,0	128	42,9
175		189	48,2	181	47,5	179	47,4
240		248	51,8	236	51,1	234	51,0
115	1,0	145	44,6	139	44,0	139	44,0
175		205	49,2	196	48,6	196	48,6
240		270	52,9	258	52,3	258	52,3
115	1,2	166	46,4	160	45,9	157	45,6
175		237	51,2	228	50,6	223	50,3
240		313	54,9	301	54,4	294	54,1
115	1,4	186	48,0	181	47,5	180	47,5
175		268	52,8	259	52,4	258	52,3
240		356	56,7	344	56,2	342	56,1
115	1,6	207	49,4	201	49,0	203	49,1
175		300	54,3	291	53,9	293	54,0
240		400	58,2	388	57,8	390	57,9
115	1,8	228	50,6	222	50,3	226	50,5
175		331	55,7	322	55,3	328	55,5
240		443	59,6	431	59,2	438	59,4
115	2,0	249	51,8	243	51,5	249	51,8
175		363	56,9	354	56,6	363	56,9
240		486	60,8	474	60,5	486	60,8

¹⁾ Putz, beidseitig: $m'_{Putz} = 2 \cdot 15 \text{ kg/m}^2$ in m'_{ges} enthalten

5.1.1.4 Bewertetes Schalldämm-Maß von Mauerwerk aus wärmedämmenden Hochlochziegeln

Für monolithisches Mauerwerk aus wärmedämmenden Hochlochziegeln kann die vorhandene Schalldämmung unter derjenigen liegen, die aufgrund der flächenbezogenen Masse für homogene einschalige Bauteile nach den Angaben im Kapitel 5.1.1.2 zu erwarten ist. Für Mauerwerk aus wärmedämmenden Hochlochziegeln mit bauakustisch abweichenden Eigenschaften ist deshalb das bewertete Direkt-Schalldämm-Maß $R_{w,Bau,ref}$ Prüfberichten zu entnehmen. Diese Werte werden unter Berücksichtigung einer Verlustfaktor-Korrektur (In-situ-Korrektur) ermittelt ([38], [39]).

Diese sogenannte In-situ-Korrektur liegt allen Schalldämm-Maßen massiver Bauteile zugrunde, d. h. sie wird bei der Ermittlung der Schalldämmung für den rechnerischen Nachweis angewendet bzw. berücksichtigt.

Es ergibt sich durch die In-situ-Korrektur das bewertete Schalldämm-Maß bezogen auf den mittleren Verlustfaktor am Bau $R_{w,Bau,ref}$.

Für alle anderen nach ihrer flächenbezogenen Masse zu beurteilenden Massivbauteile wurde die In-situ-Korrektur ebenfalls angewendet, allerdings wird dies aber in der DIN 4109 bei den bewerteten Luftschalldämm-Maßen nach den einschlägigen Gleichungen nicht ausdrücklich erwähnt. Die In-situ-Korrektur beinhaltet die Einflüsse einer form- und kraftschlüssigen Bauteilanbindung in typischen Massivgebäuden, die von üblichen Prüfstandaufbauten häufig abweichen. Somit werden alle Luftschalldämm-Maße auf bauübliche Anschlussbedingungen normiert, um eine hinreichende Vergleichbarkeit oder auch Gleichwertigkeit der Kennwerte zu gewährleisten.

5.1.1.5 Entkoppelte einschalige, massive Wände

Entkoppelte leichte massive Innenwände ($m' \leq 150 \text{ kg/m}^2$, nichttragende innere Trennwände nach DIN 4103-1 [40]) haben sehr geringe Energieverluste in angrenzende Bauteile ([41], [42]). Da solche leichten Wände nicht als Trennwände mit Anforderungen nach DIN 4109-1 [1] gegenüber fremden, schutzbedürftigen Räumen eingesetzt werden, interessiert deren Direktschalldämmung nur im Zusammenhang mit der Ermittlung der Flankenschalldämm-Maße.

Aus der im vorherigen Absatz beschriebenen Prozedur lässt sich ableiten, dass eine akustische Entkopplung von Massivbauteilen an den Rändern zu Nachbarbauteilen zu einer geringeren Direktschalldämmung des so entkoppelten Bauteils führt, da die Energieableitung über die Bauteilränder gemindert wird und mehr Schallenergie vom entkoppelten Bauteil abgestrahlt wird.

Um diesen Effekt in der Berechnung der Einzelübertragungswege zu berücksichtigen, sind die Schalldämm-Maße massiver Bauteile in Abhängigkeit ihrer flächenbezogenen Masse m' sowie der Anzahl der entkoppelten Kanten mit dem Korrekturwert K_E gemäß Tabelle 5.5 als Abschlag zu versehen.

Tabelle 5.5: Korrekturwerte K_E zur Korrektur des Schalldämm-Maßes einschaliger elastisch oder vollständig entkoppelter Bauteile in Abhängigkeit von der Anzahl der entkoppelten Kanten und der flächenbezogenen Masse m' des Bauteils (gemäß DIN 4109-32 [12], Abschnitt 4.2.2, Tabelle 1)

Flächenbezogene Masse m' des Bauteils	Anzahl n der entkoppelten Kanten	
	n = 2 - 3	n = 4
$m' \leq 150 \text{ kg/m}^2$	$K_E = 2 \text{ dB}$	$K_E = 4 \text{ dB}$
$m' > 150 \text{ kg/m}^2$	$K_E = 3 \text{ dB}$	$K_E = 6 \text{ dB}$

Der Korrekturwert K_E wird in Gl. (5.10) eingesetzt, um das korrigierte bewertete Schalldämm-Maß $R_{w,KE}$ zu ermitteln.

$$R_{w,KE} = R_w - K_E \text{ [dB]} \tag{5.10}$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 4.2.2 Gl. (18)

Diese Korrektur wird im Wesentlichen auf leichte, nichttragende Innenwände, aber auch auf schwere Trennwände z. B. Wohnungstrennwände in Dachgeschossen mit flankierenden Leichtdächern, angewendet.

5.1.1.6 Basiswerte bewerteter Schalldämm-Maße $R'_{w,1}$ zweischaliger Massivwände

In unten stehender Tabelle 5.6 sind Basiswerte des bewerteten Schalldämm-Maßes $R'_{w,1}$ gleichschwerer, einschaliger, massiver Wandkonstruktionen gemäß DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.2.3 angegeben, wobei noch keine Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ gemäß DIN 4109-2 [4], Tabelle 1 (vergleiche Tabelle 4.5) und keine Korrekturwerte K zur Berücksichtigung der Schallübertragung über flankierende Wände enthalten sind.

Die Werte in Tabelle 5.6 gelten für raumseitig verputztes Mauerwerk mit 30 mm Trennwandfuge und Hohlraumfüllung mit Mineralwolle-Dämmplatten mit Anwendungscurzzeichen WTH nach DIN 4108-10 [23]. Die Konstruktionen mit den fett markierten bewerteten Bau-Schalldämm-Maßen sind bei einem Zuschlagswert für die Zweischaligkeit von 12 dB und üblichen flankierenden Bauteilen zur Einhaltung des erhöhten Schallschutzes nach DIN 4109-5 [2] geeignet.

Die Resonanzfrequenz f_0 wird durch Anwendung der folgenden Gleichung Gl. (5.11) ermittelt.

$$f_0 = 160 \cdot \sqrt{\frac{0,111}{d} \cdot \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \text{ [Hz]} \quad \text{Gl. (5.11)}$$

in Anlehnung an DIN 4109-34:2016-07, Abschnitt 4.1.2 Gl. (2)

Hinweis:

Der Faktor 0,111 in der vorgenannten Gleichung ist der Fachliteratur entnommen. In der Gleichung DIN 4109-34 [18], Abschnitt 4.1.2 mit dem dort angegebenen Faktor 0,08 handelt es sich offensichtlich um einen redaktionellen Fehler. Der zuständige Normenausschuss beabsichtigt, die Gleichung in DIN 4109-2 [4] zu korrigieren.

5.1.1.7 Wärmedämm-Verbundsysteme auf Wänden aus Hochlochziegeln

Im Zuge steigender Anforderungen an die Energieeffizienz von Neubauten und von Bestandsgebäuden kommt der Verwendung von Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS) eine zunehmend erhöhte Bedeutung zu. WDVS können einen erheblichen Einfluss auf die Schalldämmung haben. Maßgebend hierfür ist das Resonanzverhalten des aus Grundwand, Dämmstoff und Putzschicht gebildeten Masse-Feder-Systems (Bild 5.3).

Mit DIN 4109-34/A1 [44] steht ein akustisches Prognoseverfahren zur Verfügung, das aus den technischen Eigenschaften des Systems (dynamische Steifigkeit der Dämmung, flächenbezogene Masse der Putzschicht,...) entwickelt wurde.

Umfassende Untersuchungen und Prüfungen von monolithischem Mauerwerk haben wesentliche Erkenntnisse hervorgebracht und dienen als Grundlage im Hinblick auf das akustische Verhalten von Hochlochziegel-Wänden in Verbindung mit WDVS.

Das Schalldämm-Maß R_w einer massiven Ziegelwand berechnet sich nach:

$$R_w = R_{w,0} + \Delta R_w \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (5.12)}$$

analog DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.2.1.2 Gl. (4)

mit:

$$R_{w,0} = \text{Schalldämmung der Grundwand nach Gl. (5.9)}$$

$$\Delta R_w = \text{Verbesserung durch das WDVS}$$

Tabelle 5.6: Basiswerte bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,1}$ zweischaliger massiver Haustrennwandkonstruktionen

Wanddicke (Nennmaß) [mm]	Rohdichteklasse	Lagerfuge mit					
		Normalmauermörtel			Dünnbettmörtel		
		m'_{ges} [kg/m ²]	R_w [dB]	f_0 [Hz]	m'_{ges} [kg/m ²]	R_w [dB]	f_0 [Hz]
2 · 175	0,9	349	53,2	28	328	52,4	29
	1,2	443	56,1	25	415	55,3	26
	1,4	506	57,7 ¹⁾	23	485	57,2 ¹⁾	24
	1,8	632	60,4	21	625	60,3	21
2 · 240	0,9	467	56,7	24	438	56,0	25
	1,2	596	59,7	21	558	58,9	22
	1,4	683	61,4	20	654	60,8	20
	1,8	856	64,1	18	846	64,0	18

¹⁾ Für diese Konstruktion wird zur Einhaltung erhöhter Anforderungen eine 50 mm Fuge empfohlen (siehe DIN 4109-2 [4], Tabelle 1, Fußnote c. Dadurch erhöht sich die berechnete Schalldämmung um 2 dB.

Maßgebender Kennwert für die akustische Wirkung von WDVS ist der Wert ΔR , der die Erhöhung oder Verminderung der Schalldämmung bei der Verwendung von Vorsatzschalen anzeigt. Allerdings handelt es sich hierbei um eine frequenzabhängige Größe, während für die bauakustische Planung mit Ziegelmauerwerk Einzahlangaben benötigt werden. Aus diesem Grund definiert man analog zu ΔR die Erhöhung oder Verminderung des bewerteten Schalldämm-Maßes ΔR_w . Als Grundlage zur Berechnung von ΔR_w dient die für standardisierte bauliche Bedingungen ermittelte Verbesserung $\Delta R_{w,S}$, von der verschiedene Korrekturen zur Berücksichtigung abweichender Bedingungen subtrahiert werden.

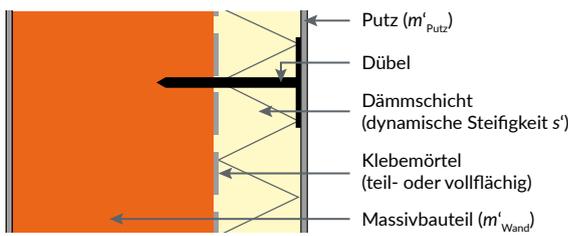


Bild 5.2: Aufbau einer Außenwand aus Ziegelmauerwerk mit WDVS

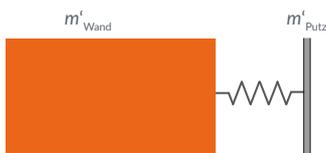


Bild 5.3: Akustisches Wirkungsprinzip Masse-Feder-Masse

Die zentrale Berechnungsformel für ΔR_w [dB] lautet:

$$\Delta R_{w,WDVS} = \Delta R_{w,S} - K_D - K_K - K_S - K_{TW} \quad \text{Gl. (5.13)}$$

DIN 4109-34/A1 [44], Abschnitt 4.3.4.2.1 Gl. (2.1)

mit:

$\Delta R_{w,S}$ = Verbesserung unter Standardbedingungen (unverdübelt, 40 % Klebefläche, Grundwand mit $R_{w,0} = 53$ dB)

K_D = Korrektur zur Berücksichtigung von Dübeln

K_K = Korrektur zur Berücksichtigung der Klebefläche

K_S = Korrektur zur Berücksichtigung des Strömungswiderstandes bei Mineralfaser-Dämmstoffen

K_{TW} = Korrektur zur Berücksichtigung der Grundwand

Hinweis:

Die verwendeten Gleichungen und Symbole entsprechen dem vom Deutschen Institut für Bautechnik (DIBt) bei Zulassungen verwendeten Berechnungsmodell. Der Unterschied besteht lediglich darin, dass das DIBt bei der Berechnung von $\Delta R_{w,S}$ einen Sicherheitsbeiwert von 3 dB anwendet und die ermittelte Verbesserung auf den Bereich von $-6 \text{ dB} \leq \Delta R_w \leq 16 \text{ dB}$ begrenzt.

Die Berechnungsformel für $\Delta R_{w,S}$ lautet:

$$\Delta R_{w,S} = (a \cdot \lg(f_0) + b) \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (5.14)}$$

DIN 4109-34/A1 [44], Abschnitt 4.3.4.2.2 Gl. (2.2)

f_R bezeichnet die Resonanzfrequenz des WDVS. Die Koeffizienten a und b können der Tabelle 5.7 entnommen werden.

Die Resonanzfrequenz f_R wird wie folgt berechnet:

$$f_R = \frac{1}{2 \cdot \pi} \sqrt{s' \cdot \left(\frac{1}{m'_p} + \frac{1}{m'_w} \right)} \text{ [Hz]} \quad \text{Gl. (5.15)}$$

DIN 4109-34 [18], Abschnitt 4.1.2 Gl. (1)

mit:

s' = dynamische Steifigkeit der Dämmschicht, in MN/m^3

m'_p = flächenbezogene Masse des Putzes, in kg/m^2

m'_w = flächenbezogene Masse der Wand, in kg/m^2

Für Ziegelmauerwerk kann vereinfacht angenommen werden:

$$f_R = 160 \cdot \sqrt{\frac{s'}{m'_p}} \text{ [Hz]} = 160 \cdot \sqrt{\frac{E_{\text{dyn}}}{d \cdot m'_p}} \text{ [Hz]} \quad \text{Gl. (5.16)}$$

DIN 4109-34/A1 [44], Abschnitt 4.3.4.2.2 Gl. (2.3)

mit:

s' = dynamische Steifigkeit der Dämmschicht, in MN/m^3

E_{dyn} = dynamischer Elastizitätsmodul, in MN/m^2

d = Dicke der Dämmschicht, in m

m'_p = flächenbezogene Masse des Putzes, in kg/m^2

Hinweis:

Die Resonanzfrequenz reduziert sich durch eine oder mehrere der folgenden genannten Maßnahmen:

- Erhöhung der flächenbezogenen Masse der Putzschicht,
- Erhöhung der Dämmstoffdicke,
- Reduzierung der dynamischen Steifigkeit des Dämmstoffs.

Die Korrektur für Dübel K_D ergibt sich zu:

$$K_D = \begin{cases} \text{mit Dübeln: } 0,34 \cdot \Delta R_{w,s} + 0,4 \text{ [dB]} \\ \text{ohne Dübel: } 0 \text{ [dB]} \end{cases}$$

DIN 4109-34/A1 [44], Abschnitt 4.3.4.2.3, Gl. (2.4) Gl. (5.17)

Die Korrektur für die Klebefläche K_K ergibt sich zu:

$$K_K = (0,052 \cdot F - 2,1) \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (5.18)}$$

DIN 4109-34/A1 [44], Abschnitt 4.3.4.2.4, Gl. (2.5)

mit:

F = prozentuale Klebefläche, in %

Die Korrektur für den Strömungswiderstand K_S [dB] bei Verwendung von Faserdämmstoffen ergibt sich zu:

$$K_S = \begin{cases} \text{für Mineralwolle-Putzträgerplatten} \\ \text{und vergleichbare Faserdämmstoffe: } (-0,11 \cdot r + 3,8) \\ \text{für Mineralwolle-Putzträgerplatten} \\ \text{und vergleichbare Faserdämmstoffe: } (-0,38 \cdot r + 9,8) \end{cases}$$

DIN 4109-34/A1 [44], Abschnitt 4.3.4.2.5, Gl. (2.6) Gl. (5.19)

mit:

r = längenbezogener Strömungswiderstand, in kPa s/m^2

Die Korrektur für das bewertete Schalldämm-Maß der Trägerwand K_{TW} ergibt sich zu:

$$K_{TW} = (-1,4 \cdot \lg(f_0) + 3,6) \cdot (R_{w,o} - 35) \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (5.20)}$$

DIN 4109-34/A1 [44], Abschnitt 4.3.4.2.6, Gl. (2.7)

mit:

$R_{w,o}$ = bewertetes Schalldämm-Maß des Grundbauteils ohne WDVS

Die Koeffizienten a und b für Gl. (5.20) sind abhängig von der Art des Dämmstoffes und der Resonanzfrequenz f_R und sind Tabelle 5.7 zu entnehmen.

Tabelle 5.7: Koeffizienten a und b zur Berechnung von $\Delta R_{w,s}$ (siehe DIN 4109-34/A1 [44], Abschnitt 4.3.4.2.2, Tabelle 1.1)

Resonanzfrequenz	Schaumkunststoffe		Faserdämmstoffe	
	a	b	a	b
$f_R < 125 \text{ Hz}$	-35,1	79,7	-35,9	82,4
$125 \text{ Hz} \leq f_R < 250 \text{ Hz}$	-26,7	62,0	-36,5	83,7
$f_R \geq 250 \text{ Hz}$	-2,4	3,8	5,4	-16,7

Die Korrektur für den Strömungswiderstand K_S erfolgt ausschließlich bei Faserdämmstoffen. Zu den Faserdämmstoffen zählen Mineralwolle, Holzfaserdämmstoffe und sonstige Faserdämmstoffe. Es ist zwischen Mineralwolle-Putzträgerplatten (MFP) und Mineralwolle-Lamellenplatten (MFL) zu unterscheiden.

Bei den Putzträgerplatten verläuft die Faserrichtung parallel zur Plattenoberfläche, während sie bei den Lamellenplatten senkrecht zur Oberfläche gerichtet ist. Dies hat eine höhere dynamische Steifigkeit und andersartige akustische Eigenschaften der Lamellenplatten zur Folge.

Eine Eingabefunktion im Modul *Schall 4.0* ermöglicht es, massiven Bauteilen Vorsatzkonstruktionen, wie z. B. WDVS oder biegeeweiche Vorsatzschalen, zuzuweisen. 

Zusätzlich zur dargestellten Berechnungsmethodik, die auf die Ermittlung des bewerteten Schalldämm-Maßes abhebt, besteht die Möglichkeit, in einem alternativen Prognoseverfahren die Wirkung von Verkehrslärm über Spektrumanpassungswerte in einem Frequenzbereich von 50 – 5.000 Hertz zu erfassen.

Für die Anwendung dieses Verfahrens wird auf die Literatur verwiesen [43]. Ergänzend sei angemerkt, dass die Berechnungsverfahren der DIN 4109-2 [4] für monolithisches Ziegelmauerwerk auch auf zusatzgedämmte Konstruktionen anwendbar sind. Diese Aussage gilt sinngemäß für alle Arten von Lochsteinmauerwerk sowie auch für Baustoffe mit niedriger Rohdichte.

5.1.1.8 Zweischalige Außenwände mit Verblendmauerwerk

Für die Berechnung der Schalldämmung gegenüber Außenlärm ist der Einfluss einer Verblendschale aus Vormauerziegeln zu berücksichtigen. Diese Verblendschalen aus Mauerwerk gelten als biegesteif und können mit Luftschicht und/oder Dämmschicht im Schalenzwischenraum ausgeführt sein.

Sie verbessern die Direktschalldämmung, die durch das bewertete Luftschallverbesserungsmaß ΔR_w beschrieben wird und abhängig ist von:

- der flächenbezogenen Masse m' des Grundbauteils in kg/m^2 , auf dem die Verblendschale befestigt wird (und somit von dessen bewertetem Schalldämm-Maß R_w),
- der Grenzfrequenz f_g des Grundbauteils und der Verblendschale in Hz,
- der Resonanzfrequenz f_0 in Hz des zweischaligen Systems, bestehend aus Grundbauteil und Verblendschale,
- der Art der Befestigung der Verblendschale an der Massivwand.

Selten werden Verblendschalen direkt auf dem Grundbauteil durch Klebung über eine Dämmschicht (ohne Verwendung von Stützen oder Lattungen) befestigt. Hierbei wird die Resonanzfrequenz f_0 nach Kapitel 5.2 berechnet. Für Verblendschalen, die über einzelne Anker mit der Tragschale/Tragschicht verbunden sind, ist die Ermittlung der Resonanzfrequenz nicht ohne Weiteres möglich. Sie wird durch die Steifigkeit der Verbindungselemente mit beeinflusst. Für Verblendschalen aus Mauerwerk werden üblicherweise Drahtanker mit Durchmessern bis zu 5 mm verwendet.

Vereinfachend kann bei zweischaligen Konstruktionen mit Luftschicht oder mit Kerndämmung aus mineralischen Faserdämmstoffen zur Bemessung gegen Außenlärm das bewertete Schalldämm-Maß $R_{D,w}$ aus der Summe der flächenbezogenen Massen der beiden Schalen wie bei einschaligen biegesteifen Wänden nach Kapitel 5.1.1.2 ermittelt werden. Das so ermittelte bewertete Schalldämm-Maß darf um 5 dB erhöht werden. Wenn die flächenbezogene Masse der auf die Innenschale der Außenwand anschließenden Trennwände größer als 50 % der flächenbezogenen Masse der raumseitigen Schale der Außenwand ist, darf das Schalldämm-Maß um 8 dB erhöht werden.

5.1.2 Massive Decken

Die Ermittlung der Schalldämmung von Trenndecken aus einschaligen, massiven Bauteilen erfolgt ebenfalls in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse. Hierzu gehören auch Stahlbetondecken und Fertigteildecken aus unterschiedlichen Baustoffen sowie Ziegel- und Hohlkörperdecken nach Tabelle 5.7. Die Luftschalldämmung von Massivdecken ist von der flächenbezogenen Masse der Decke, von einer etwaigen Unterdecke sowie von einem aufgetragenen schwimmenden Estrich oder anderen geeigneten schwimmenden Böden abhängig.

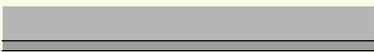
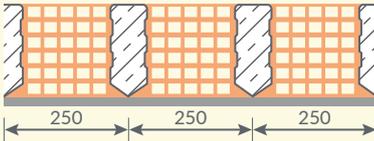
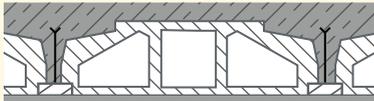
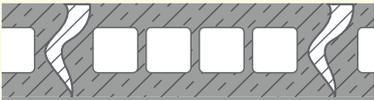
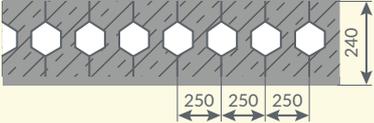
Die so ermittelten Werte der Luftschalldämmung beziehen sich nur auf die Rohdecke. Die Verbesserung der Luftschalldämmung durch zusätzlich angebrachte Vorsatzkonstruktionen an der Deckenober- bzw. -unterseite wird durch deren bewertete Luftschallverbesserung ΔR_w separat berücksichtigt. Angaben zu diesen Vorsatzkonstruktionen finden sich im Kapitel 5.2.

5.1.2.1 Bestimmung der flächenbezogenen Masse von Massivdecken

Bei bewehrten Massivdecken (Ortbeton, Fertigteile und Halbfertigteile mit Ortbetongerfüllung) ohne Hohlräume nach Tabelle 5.7, Zeilen 1 und 2, ist die flächenbezogene Masse durch Multiplikation des Deckenquerschnitts mit dem Rechenwert der Rohdichte zu ermitteln. Für bewehrten Normalbeton ist eine Rohdichte von 2.400 kg/m^3 anzusetzen (vergleiche DIN 4109-32 [12], Abschnitt 4.8.4.2). Aufbeton, der nicht nach DIN 1045-3 [45] verdichtet wird, ist mit dem Rechenwert der Rohdichte von 2.100 kg/m^3 in Ansatz zu bringen. Der Rechenwert der Rohdichte von Zementestrich ist nach DIN 4109-32, 4.8.4.2 mit 2.000 kg/m^3 anzusetzen.

Bei Deckenplatten mit Stegen nach DIN EN 13224 [46] ohne Füllkörper, Estrich und Unterdecke ist nur die flächenbezogene Masse der Deckenplatte zu berücksichtigen. Bei Massivdecken mit Hohlräumen nach Tabelle 5.8, Zeilen 3 bis 5, ist die flächenbezogene Masse entweder aus den Rechenwerten nach DIN EN 1991-1 [28] mit einem Abzug von 15 % oder aus dem vorhandenen Querschnitt mit der entsprechenden Rohdichte zu berechnen. Es sind dafür die Rohdichten nach Kapitel 5.1.1.1 anzusetzen. Die flächenbezogene Masse ist einschließlich eines etwaigen Verbundestrichs oder Estrichs auf Trennschicht und eines unmittelbar aufgetragenen Putzes zu ermitteln. Die flächenbezogene Masse eines schwimmenden Estrichs darf nicht berücksichtigt werden. Für die flächenbezogene Masse von Putz gelten die Regelungen aus Kapitel 5.1.1.1. Die flächenbezogene Masse von aufgetragenen Verbundestrichen oder Estrichen auf Trennschicht ist aus dem Rechenwert nach DIN EN 1991-1 [28] mit einem Abzug von 10 % zu ermitteln.

Tabelle 5.8: Massivdecken, deren Luftschalldämmung nach Abschnitt 4.1.2 ermittelt werden kann (Maße in mm) (vergleiche DIN 4109-32 [12], 4.8.4.1, Tabelle 5)

Zeile	
	Massivdecken ohne Hohlräume, ggf. mit Putz
1	Stahlbeton-Vollplatten aus Normalbeton nach DIN 1045-2 
	Fertigteilplatten mit Ortbetonergänzung nach DIN EN 13747 
	Deckenplatten mit Stegen nach DIN EN 13224 
	Massivdecken mit Hohlräumen, ggf. mit Putz
2	Ziegeldecken nach DIN 1045-100 mit Deckenziegeln nach DIN 4159 
3	Stahlbetonrippendecken und -balkendecken nach DIN 1045-100 mit Zwischenbauteilen nach DIN EN 15037-2 oder DIN 4160 
4	Stahlbetonhohldielen und -platten nach DIN 1045-2, Hohlplatten nach DIN EN 1168, Stahlbetonhohldecke nach DIN 1045-2 
5	Balkendecken ohne Zwischenbauteile nach DIN 1045-2 

5.1.2.2 Bewertetes Schalldämm-Maß von Massivdecken

Das bewertete Schalldämm-Maß einer Massivdecke $R_{w, \text{Decke}}$ wird materialabhängig aus ihrer flächenbezogenen Masse beispielsweise gemäß Gl. (5.9) ermittelt. Falls zusätzliche Vorsatzkonstruktionen an der Deckenober- oder -unterseite zum Einsatz kommen, wird die resultierende Direkt-dämmung der Gesamtkonstruktion unter Berücksichtigung von R_w nach Kapitel 5.2 berechnet.

5.2 Vorsatzkonstruktionen

Vorsatzkonstruktionen, die vor einschaligen, massiven Bauteilen angebracht werden, können die Direktschalldämmung und in Abhängigkeit von den Kopplungsbedingungen an der Stoßstelle, auch die Flankenübertragung (Übertragungswege F_d und D_f) verbessern, aber auch verschlechtern.

Als „biegeweiche Schalen“ werden Bauplatten oder Putzschichten dann bezeichnet, wenn deren Grenzfrequenz gemäß Gl. (2.3) größer ist als etwa 1.600 Hz.

Der Zuschlag zur Direktschalldämmung R_w in Dezibel ist abhängig von:

- der flächenbezogenen Masse m' des Grundbauteils in kg/m^2 , an dem die Vorsatzkonstruktion angeordnet ist (und somit von dessen bewertetem Schalldämm-Maß R_w) und
- der Resonanzfrequenz f_0 , in Hertz, des zweischaligen Systems, bestehend aus Grundbauteil und Vorsatzkonstruktion.

Bei Vorsatzkonstruktionen, die direkt auf dem Grundbauteil durch Klebung über eine Dämmschicht (ohne Verwendung von Stützen oder Lattungen) befestigt werden, wird die Resonanzfrequenz f_0 berechnet gemäß:

$$f_0 = 160 \cdot \sqrt{s' \cdot \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \quad [\text{Hz}] \quad \text{Gl. (5.21)}$$

DIN 4109-34 [18], Abschnitt 4.1.2 Gl. (1)

mit:

s' = dynamische Steifigkeit s' der Dämmschicht nach DIN EN 29052-1 [25], in MN/m^3 , gemäß der zutreffenden Produktnorm oder Zulassung

m'_1 = flächenbezogene Masse des Grundbauteils, in kg/m^2

m'_2 = flächenbezogene Masse der Bekleidung der Vorsatzkonstruktion, in kg/m^2

Bei Vorsatzkonstruktionen, die mit Blechprofilen oder Holzständern erstellt werden, muss sichergestellt sein, dass durch geeignete konstruktive Ausbildung keine körperschallübertragende Verbindung zwischen dem Ständerwerk und dem Grundbauteil besteht. Gemäß DIN 4109-34 [18], Abschnitt 4.1.2 muss der Hohlraum von freistehenden Vorsatzkonstruktionen zu mindestens 70% mit einem akustisch porösen Dämmstoff mit einem längenbezogenen Strömungswiderstand von $5 \text{ kPa s/m}^2 \leq r \leq 50 \text{ kPa s/m}^2$ nach DIN EN ISO 9053-2 [47]

gemäß der zutreffenden Produktnorm oder Zulassung gefüllt sein. Für diese Ausführung berechnet sich die Resonanzfrequenz f_0 wie folgt:

$$f_0 = 160 \cdot \sqrt{\frac{0,111}{d} \cdot \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2} \right)} \text{ [Hz]} \quad \text{Gl. (5.22)}$$

In Anlehnung an DIN 4109-34 [18], Abschnitt 4.1.2 Gl. (2); siehe Kapitel 5.1.1.6, Gl. (5.11)

mit:

d = Hohlraumtiefe bzw. Schalenabstand, in m

Als Hohlraumtiefe wird der hohlraumseitige Abstand zwischen der Oberfläche des Grundbauteils und der Oberfläche der Bekleidung der Vorsatzkonstruktion bezeichnet (vergleiche Bild 5.4).

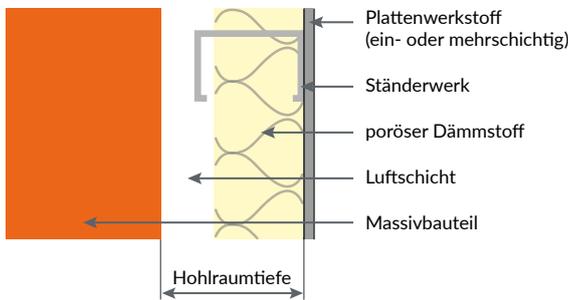


Bild 5.4: Hohlraumtiefe einer freistehenden Vorsatzkonstruktion (Horizontalschnitt)

Vorsatzkonstruktionen, die an flankierenden Bauteilen angebracht werden, werden zur Erhöhung der Flankenschalldämmung eingesetzt und können den resultierenden Schallschutz zwischen Räumen verbessern. Falls Vorsatzschalen sende- oder empfangsseitig angebracht werden, wird die Schalldämmung über die Übertragungswege F_f , F_d oder D_f verbessert oder verschlechtert.

Der Zuschlag ΔR_w zur Direktschalldämmung durch Vorsatzkonstruktionen wird in Abhängigkeit der Resonanzfrequenz f_R nach Tabelle 5.9 bestimmt.

Tabelle 5.9: Zuschlag ΔR_w zur Direktschalldämmung durch Vorsatzkonstruktionen (auch schwimmende Estriche) in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz (gemäß DIN 4109-34 [18], Abschnitt 4.1.4, Tabelle 1)

Resonanzfrequenz f_0 der Vorsatzschale [Hz]	ΔR_w [dB]
$30 \leq f_0 \leq 160$	$\max \begin{cases} 74,4 - 20 \cdot \lg(f_0) - 0,5 \cdot R_w \\ 0 \end{cases}$
200	-1
250	-3
315	-5
400	-7
500	-9
$630 \leq f_0 \leq 1.600$	-10
$1.600 < f_0 \leq 5.000$	-5

- Anmerkung 1: Für Resonanzfrequenzen unter 200 Hz beträgt der Mindestwert von $\Delta R_w = 0$ dB.
- Anmerkung 2: Zwischenwerte der Resonanzfrequenz können durch lineare Interpolation ermittelt werden.
- Anmerkung 3: R_w bezeichnet das bewertete Schalldämm-Maß des Massivbauteils (Bezugswand bzw. Bezugsdecke) in dB.

5.2.1 Direktschalldämmung von Bauteilen mit einseitig angebrachter Vorsatzkonstruktion

Vorsatzkonstruktionen, die vor trennenden oder flankierenden Massivbauteilen angebracht werden, können die Direktschalldämmung und auch die Flankenübertragung (Übertragungswege F_d und D_f) verbessern.

Die bewertete Verbesserung der Schalldämmung ΔR_w in dB berechnet sich für einschalige biegesteife Bauteile in Abhängigkeit von der Resonanzfrequenz f_0 nach Tabelle 5.8. Die Berechnungsergebnisse werden mit einer Dezimalen angegeben.

Das folgende Bild 5.5 zeigt in einem Beispiel die Resonanzfrequenzen freistehender biegeweicher Vorsatzschalen in Abhängigkeit von der Hohlraumtiefe vor einem Massivbauteil mit einer flächenbezogenen Masse von $m'_{\text{Massivbauteil}} = 480 \text{ kg/m}^2$.

Die biegeweichen Vorsatzschalen bestehen aus einer Lage oder mehreren Lagen aus Plattenwerkstoffen, wie z. B. Gips-, Gipsfaser- oder Holzwerkstoffplatten, deren flächenbezogene Massen aus den Produktspezifikationen gemäß DIN 4109-33 [17], Abschnitt 3.2, Tabelle 1 entnommen sind.

Die Hohlraumtiefe entspricht der Darstellung im Bild 5.4 mit einem Abstand des Ständerwerkes von 10 mm von dem Massivbauteil.

Beispiel 1:

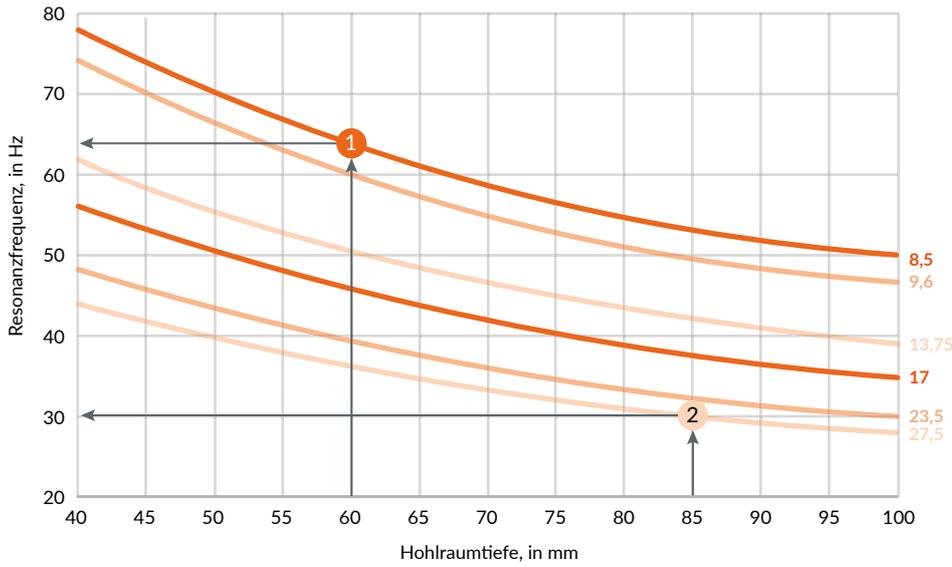
1-lagig GK Gipsplatte 12,5 mm ($m'_{\text{platte}} = 8,50 \text{ kg/m}^2$)
60 mm Abstand Massivbauteil/Vorsatzschale (10+50)
 $f_0 = 64 \text{ Hz} \rightarrow \Delta R_w = 8,0 \text{ dB}$

Beispiel 2:

2-lagig GF Gipsfaserplatte je 12,5 mm
($m'_{\text{platte}} = 27,50 \text{ kg/m}^2$)
85 mm Abstand Massivbauteil/Vorsatzschale (10 + 75)
 $f_0 = 30 \text{ Hz} \rightarrow \Delta R_w = 14,4 \text{ dB}$

Hinweis:

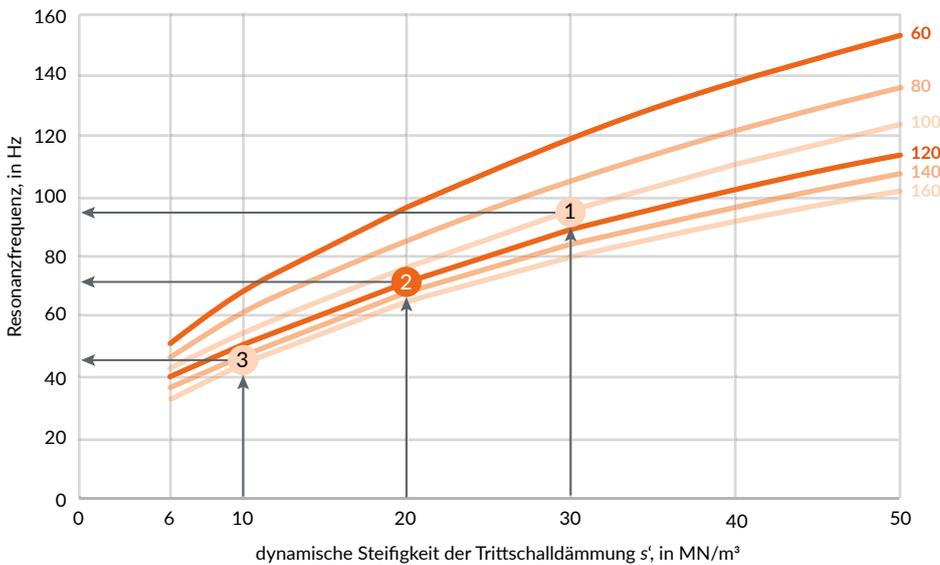
Eine Erhöhung der flächenbezogenen Masse des massiven Grundbauteils hat nur einen untergeordneten Einfluss auf die Lage der Resonanzfrequenz.



flächenbezogene Masse biegeweiche Platte(n) [kg/m ²]	Konstruktionsbeispiele
8,50	1-lagig GK Gipsplatte 12,5 mm
9,60	1-lagig HW Holzwerkstoffplatte 16 mm
13,75	1-lagig GF Gipsfaserplatte 12,5 mm
17,00	2-lagig GK Gipsplatte je 12,5 mm
23,50	3-lagig GK Gipsplatte je 12,5 mm
27,50	2-lagig GF Gipsfaserplatte je 12,5 mm

Bild 5.5: Resonanzfrequenzen freistehender Vorsatzkonstruktionen in Abhängigkeit von Hohlraumtiefe und flächenbezogener Masse der biegeweichen Vorsatzschale aus Plattenwerkstoffen

Anhand der Grafik im Bild 5.5 wird deutlich, dass mit größerer Hohlraumtiefe bzw. durch Erhöhung der flächenbezogenen Masse der Vorsatzkonstruktion die Resonanzfrequenz kleiner wird. Je niedriger die Resonanzfrequenz f_0 liegt, desto besser ist die bewertete Verbesserung der Schalldämmung einer Vorsatzkonstruktion.



flächenbezogene Masse Zementestrich [kg/m ²]	Dicke Zementestrich ($\rho_{\text{Estrich}} = 2.000 \text{ [kg/m}^3\text{]})$
60	30 mm
80	40 mm
100	50 mm
120	60 mm
140	70 mm
160	80 mm

Bild 5.6: Resonanzfrequenz schwimmend verlegter Zementestriche unterschiedlicher flächenbezogener Masse, abhängig von der dynamischen Steifigkeit der Trittschalldämmung (gemäß DIN 4109-34 [18], 4.1.2)

- Beispiel 1 :
Zementestrich 50 mm Trittschalldämmung $s' = 30 \text{ MN/m}^2$
 $f_0 = 96 \text{ Hz} \rightarrow \Delta R_w = 4,4 \text{ dB}$
- Beispiel 2 :
Zementestrich 60 mm Trittschalldämmung $s' = 20 \text{ MN/m}^2$
 $f_0 = 73 \text{ Hz} \rightarrow \Delta R_w = 6,8 \text{ dB}$
- Beispiel 3 :
Zementestrich 80 mm Trittschalldämmung $s' = 10 \text{ MN/m}^2$
 $f_0 = 46 \text{ Hz} \rightarrow \Delta R_w = 10,8 \text{ dB}$

Bild 5.6 verdeutlicht, dass durch die Erhöhung der flächenbezogenen Masse des schwimmenden Estrichs bzw. durch die Verwendung einer Trittschalldämmung mit einer niedrigen dynamischen Steifigkeit s' die Resonanzfrequenz f_0 zu den tiefen Frequenzen verschoben wird.

Dieser Effekt wirkt sich positiv auf die Luft- und Trittschalldämmung aus.

5.2.2 Flankenschalldämmung von Bauteilen mit Vorsatzkonstruktion

Die Verbesserung der Flankenschalldämmung $R_{ij,w}$ in Dezibel für eine einseitig angebrachte Vorsatzkonstruktion entlang des Übertragungsweges ij wird wie folgt ermittelt:

$$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{Dd,w} \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (5.23)}$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 4.2.2.1

mit:

$$\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_w \text{ gemäß Tabelle 5.9}$$

Werden biegeeweiche Vorsatzkonstruktionen beiderseits eines Übertragungsweges ij (wobei ij = Dd, Ff, Fd, Df) an trennenden oder flankierenden Bauteilen angebracht, so ist die resultierende Gesamt-Schalldämmung entlang dieses Weges gemäß Tabelle 5.10 zu berechnen:

Tabelle 5.10: Ermittlung der resultierenden Verbesserung der Schalldämmung ΔR_w			
	DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.2.2.1, Gleichung...	Gleichung... (der Broschüre)	
Direktübertragung			
$\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{D,w} + \Delta R_{d,w} / 2$	für $\Delta R_{D,w} \geq \Delta R_{d,w}$ und $\Delta R_{d,w} > 0$	(6)	Gl. (5.24)
$\Delta R_{Dd,w} = \Delta R_{d,w} + \Delta R_{D,w} / 2$	für $\Delta R_{d,w} \geq \Delta R_{D,w}$ und $\Delta R_{d,w} > 0$	(7)	Gl. (5.25)
Flankenübertragung			
$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{i,w} + \Delta R_{j,w} / 2$	für $\Delta R_{i,w} \geq \Delta R_{j,w}$ und $\Delta R_{i,w} > 0$	(13)	Gl. (5.26)
$\Delta R_{ij,w} = \Delta R_{j,w} + \Delta R_{i,w} / 2$	für $\Delta R_{j,w} \geq \Delta R_{i,w}$ und $\Delta R_{j,w} > 0$	(14)	Gl. (5.27)

5.3 Bauteilkennwerte für die Stoßstellendämmung

Als Stoßstellen werden im Anwendungsbereich dieser Regel Bauteilverbindungen betrachtet, an denen aufgrund von Körperschallreflexion die Schallübertragung vermindert wird.

Im Rahmen üblicher Bausituationen werden T-Stoß, Kreuzstoß oder L-Stoß (Eckverbindung) (siehe Bild 5.7 bis Bild 5.10) berücksichtigt.

Stoßstellen zwischen massiven Bauteilen werden durch Bauteilverbindungen aus Mauerwerk, großformatigen massiven Elementen oder Beton gebildet.

Im Kapitel 5.3.5 werden Bauteilverbindungen aus leichten biegeweichen Konstruktionen z. B. Ständerwände mit Gipskarton-, Gipsfaserplatten oder Holzkonstruktionen sowie Verbindungen aus massiven Bauteilen mit Leichtbau- oder Holzkonstruktionen beschrieben.

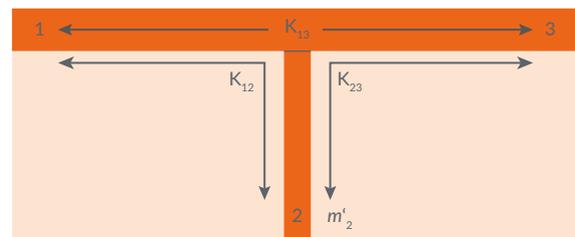


Bild 5.7: T-Stoß mit den in Frage kommenden Übertragungswegen 1-3

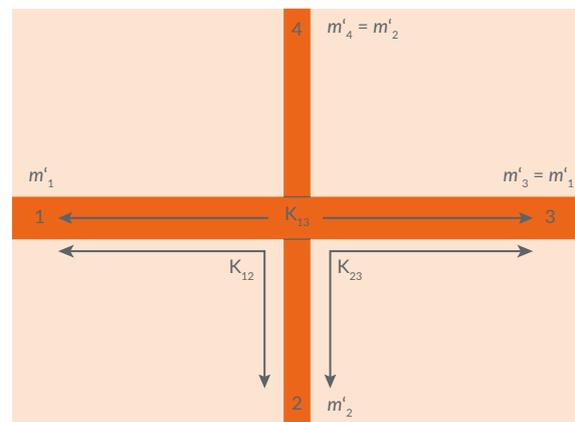


Bild 5.8: Kreuzstoß mit den in Frage kommenden Übertragungswegen 1-4

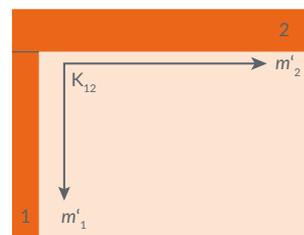


Bild 5.9: Eckverbindung mit den in Frage kommenden Übertragungswegen 1-2

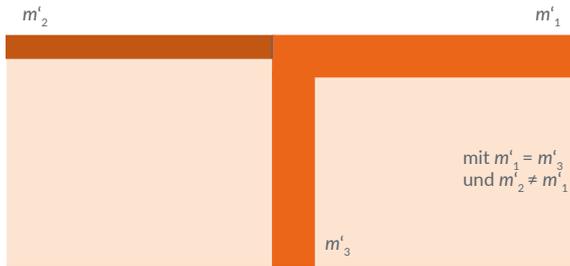


Bild 5.10: Winkelstoß als Sonderform eines T-Stoßes

Für Stoßstellen zwischen homogenen massiven Bauteilen wird vereinfachend, aber für den Schallschutznachweis mit ausreichender Genauigkeit 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. Im Folgenden werden zwei Fälle unterschieden:

- Starre (kraftschlüssige bzw. biegesteife) Verbindung zwischen den Bauteilen. Ein kraftschlüssiger Stumpfstoß oder eine verzahnte Verbindung werden bei quasihomogenen Mauersteinen schalltechnisch nicht unterschieden. Bei Stoßstellen mit Wänden aus wärmedämmenden Hochlochziegeln kann für den Übertragungsweg entlang des Lochsteinmauerwerks (Weg F_f oder auch 1-3 genannt) gegenüber gleichschwerem homogenem Mauerwerk eine verminderte Stoßstellendämmung auftreten (siehe Kapitel 5.3.3).
- Elastische Verbindungen zwischen den Bauteilen, z. B. durch den Einsatz elastischer Zwischenschichten oder Entkoppelungen.

Hinweis:

Im Wohnungsbau mit Außenwänden aus hochwärmedämmenden Hochlochziegeln werden insbesondere die Geschossdeckenaufleger und die Wohnungstrennwandanschlüsse aus statischen und wärmeschutztechnischen Gründen anders ausgeführt als bei zweischaligen und zusatzgedämmten Außenwandkonstruktionen.

Für die unterschiedlichen Anschlussvarianten können sich individuelle Stoßstellendämm-Maße ergeben, die im Kapitel 7.1.1 näher erläutert sind.

5.3.1 Stoßstellen massiver homogener Bauteile

Bei den nachfolgenden Angaben wird vorausgesetzt, dass die Bauteile massiv und biegesteif miteinander verbunden sind. Für übliche Arten von Stoßstellen kann ungeachtet der tatsächlichen Konstruktion das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} aus den flächenbezogenen Massen der mit der Stoßstelle verbundenen Bauteile für unterschiedliche Geometrien der Stoßstelle berechnet werden. Die Beziehungen für K_{ij} werden in Abhängigkeit von dem Masseverhältnis M angegeben. Je größer der Masseunterschied der angrenzenden Bauteile, desto größer wird das Stoßstellendämm-Maß.

$$M = \lg \left(\frac{m'_{\perp i}}{m'_i} \right) [-] \quad \text{Gl. (5.28)}$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 5.2.4.1.1 Gl. (23)

mit:

m'_i = flächenbezogene Masse des Bauteils i im Übertragungsweg ij , in kg/m^2

$m'_{\perp i}$ = flächenbezogene Masse des anderen die Stoßstelle bildenden Bauteils senkrecht dazu, in kg/m^2

Ist der errechnete Wert für das Stoßstellendämm-Maß K_{ij} kleiner als ein Mindestwert $K_{ij,\min}$, so ist dieser Mindestwert anzunehmen:

$$K_{ij,\min} = 10 \cdot \lg \left[l_f \cdot l_0 \cdot \left(\frac{1}{S_i} + \frac{1}{S_j} \right) \right] [\text{dB}] \quad \text{Gl. (5.29)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.2.2.2 Gl. (17)

mit:

l_f = gemeinsame Kopplungslänge der Bauteile an der Stoßstelle, in m^2

$l_0 = 1 \text{ m}$ Bezugslänge

S_i = Fläche des Flankenbauteils i , in m^2

S_j = Fläche des Flankenbauteils j , in m^2

Hat ein flankierendes Bauteil keine bauliche Berührung mit dem trennenden Bauteil, so ist K_{ff} gleich diesem Mindestwert anzunehmen. Die übrigen Stoßstellendämm-Maße bleiben unberücksichtigt.

Für eine Eckverbindung gilt:

$$K_{12} = 2,7 + 2,7 \cdot M^2 \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (5.30)}$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 5.2.4.1.2 Gl. (24)

Außenmauerwerk aus wärmedämmenden Hochlochziegeln kann bei einer mit in Stumpfstoßtechnik angeschlossenen Wohnungstrennwand auf dem Weg Ff verminderte Stoßstellendämm-Maße aufweisen. Diesbezüglich sind die Festlegungen im folgenden Kapitel 5.3.3 zu berücksichtigen.

Für einen T-Stoß gilt:

$$K_{12} = K_{23} = 4,7 + 5,7 \cdot M^2 \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (5.31)}$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 5.2.4.1.4 Gl. (26)

Für einen Kreuzstoß gilt:

$$K_{12} = K_{23} = 5,7 + 15,4 \cdot M^2 \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (5.34)}$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 5.2.4.1.5 Gl. (29)

$$K_{13} = 5,7 + 14,1 \cdot M + 5,7 \cdot M^2 \text{ [dB]} \text{ für } M < 0,215$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 5.2.4.1.4 Gl. (27) Gl. (5.32)

$$K_{13} = 8,7 + 17,1 \cdot M + 5,7 \cdot M^2 \text{ [dB]} \text{ mit } M < 0,182$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 5.2.4.1.5 Gl. (30) Gl. (5.35)

$$K_{12} = 8,0 + 6,8 \cdot M \text{ [dB]} \text{ für } M \geq 0,215 \quad \text{Gl. (5.33)}$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 5.2.4.1.4 Gl. (28)

$$K_{13} = 9,6 + 11,0 \cdot M \text{ [dB]} \text{ mit } M \geq 0,182 \quad \text{Gl. (5.36)}$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 5.2.4.1.5 Gl. (31)

Tabelle 5.11: Für den Winkelstoß gilt:

Tatsächliche Situation	Idealisierte Situation	$M = \log \left(\frac{m'_{2,i}}{m'_i} \right)$	DIN 4109-32 [12], Abschnitt 5.2.4.1.6.2		Gl.
			Formel	Gl. in [12]	
		$M = \lg \left(\frac{m'_{2,i}}{m'_i} \right)$	$K_{14} = \begin{cases} M < 0,215 : 5,7 + 14,1 \cdot M + 5,7 \cdot M^2 + 3 \\ M \geq 0,215 : 8,0 + 6,8 M + 3 \end{cases}$	(36)	(5.37)
		$M = \lg \left(\frac{m'_{2,i}}{m'_i} \right)$	$K_{12} = 4,7 + 5,7 \cdot M^2 - 3$	(37)	(5.38)
		$M = \lg \left(\frac{m'_{1,i}}{m'_i} \right)$	$K_{23} = 4,7 + 5,7 \cdot M^2$	(38)	(5.39)

5.3.2 Verwendung von Prüfwerten bei Konstruktionen mit monolithischen hochwärmedämmenden Hochlochziegeln

Stoßstellendämm-Maße von Anschlusspunkten eines massiven Trennbauteils mit einer monolithischen hochwärmedämmenden Ziegelaußenwand können aus den flächenbezogenen Massen dieser beiden Bauteile mit den im Kapitel 5.3.1 beschriebenen Gleichungen berechnet werden. Vergleicht man die auf diese Weise ermittelten normativen Rechenwerte mit an Prüfaufbauten ermittelten Messwerten der Stoßstellendämm-Maße, so zeigt sich, dass die normativen Rechenwerte regelmäßig konservative Ergebnisse hervorbringen. Aufgrund dieser gegenüber DIN 4109-32 [12] abweichenden bauakustischen Eigenschaften dürfen in einem rechnerischen Schallschutznachweis Stoßstellendämm-Maße verwendet werden, die durch bauakustische Prüfungen ermittelt wurden (vergleiche DIN 4109-31 [11] „Rahmendokument“ Abschnitt 4).

Die durch Berechnung auf Grundlage vorgenannter Prüfergebnisse prognostizierten bewerteten Bau-Schalldämm-Maße R'_{w} werden bei mängelfreier Bauausführung durch Messungen in Gebäuden regelmäßig mit hoher Sicherheit bestätigt [32].

Die Stoßstellendämm-Maße von Hochlochziegeln für Innenwände können aus den flächenbezogenen Massen gemäß Kapitel 5.3.1 rechnerisch ermittelt werden.

5.3.3 Stumpfstoß bei hochwärmedämmenden Hochlochziegeln

Liegen keine Prüfwerte der Stoßstellendämm-Maße vor, ist für den stumpfen Anschluss einer massiven Wohnungstrennwand an eine hochwärmedämmende Hochlochziegelaußenwand das Stoßstellendämm-Maß für den Schallübertragungsweg Ff wie folgt zu ermitteln. Bei durchlaufenden Außenwänden aus hochwärmedämmenden Hochlochziegeln, mit einer gegenüber der rechnerisch aus der flächenbezogenen Masse zu erwartenden verminderten Direktschalldämmung $R_{w'}$, können auf dem Weg Ff bzw. 1-3 gemäß Bild 5.7 bei einem Stumpfstoß mit einer Wohnungstrennwand verminderte Stoßstellendämm-Maße vorhanden sein. Daher wird diese Ausführung nicht empfohlen. Dies gilt insbesondere dann, wenn die Wohnungstrennwand aus einem bindemittelgebundenen Baustoff errichtet ist, der ein ausgeprägtes Schwindverhalten aufweist.

Für Stumpfstoße massiver Wände mit Lochsteinmauerwerk gilt eine Verminderung der Stoßstellendämmung $\Delta K_{ij,L}$ (Index „L“ für Lochsteine). Diese kann aus der Größe der Abminderung der Direktdämmung $\Delta R_{w,L}$ des Hoch-

lochziegelmauerwerks gegenüber gleichschwerem, homogenem, massivem Mauerwerk berechnet werden. Wenn die flankierende Außenwand nicht in sich selbst oder durch das Trennbauteil unterbrochen ist (z. B. mit einer Durchbindung oder vollständigen Einbindung, vgl. Kapitel 7.1.1.2), ergibt sich auf dem Weg Ff = 1-3 eine Verminderung des Stoßstellendämm-Maßes $K_{ij,L}$ von:

$$\Delta K_{ij,L} = \frac{\Delta R_{w,L}}{2} \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (5.40)}$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 5.2.4.2.2 Gl. (41)

Wegen in der Regel geringer Außenwandflächen im Anschlussbereich von Wohnungstrennwänden wird die flankierende Übertragung über die Außenwand häufig deutlich abgeschwächt.

Für den Übertragungsweg Ff beim Stumpfstoß Wohnungstrennwand – Außenwand aus wärmedämmenden Hochlochziegeln ist bei flankierenden Außenwänden mit einer Fläche $S_i < 2,5 \text{ m}^2$ je Raumseite das Stoßstellendämm-Maß $K_{13,L}$ wie folgt zu berechnen:

$$K_{13,L} = K_{13} - \frac{\Delta R_{w,L}}{2} + 10 \cdot \lg \left[S_0 \cdot \left(\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_3} \right) \right] \text{ [dB]}$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 5.2.4.2.2 Gl. (42) Gl. (5.41)

mit:

$K_{13,L}$ = Stoßstellendämm-Maß auf dem Weg 1-3 bei einem Stumpfstoß von Trennwand und Außenwand aus wärmedämmenden Hochlochziegeln, in dB

K_{13} = Stoßstellendämm-Maß auf dem Weg 1-3 berechnet aus den flächenbezogenen Massen gemäß Gl. (5.32) bzw. Gl. (5.33), in dB

S_0 = Bezugsfläche mit $S_0 = 1,25 \text{ m}^2$

S_1, S_3 = Flächen der flankierenden Außenwände jedes Raumes, in m^2

Die Flächenkorrektur $10 \cdot \lg \left[S_0 \cdot \left(\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_3} \right) \right]$ (vergleiche Gl. (5.29)) ist nur anzuwenden, wenn dieser Zahlenwert positiv ist.

5.3.4 Stoßstellen massiver Innenwände mit elastischen Zwischenschichten/Entkopplungen

Zur Verbesserung der Flankendämmung leichter massiver Wände mit flächenbezogener Masse $m' \leq 150 \text{ kg/m}^2$ können elastische Zwischenschichten verwendet werden. Die daraus resultierende Stoßstellenkorrektur ΔK_{ij} gegenüber einer starren Stoßstelle wird durch eine Frequenz f gekennzeichnet, ab welcher sich aufgrund der elastischen Zwischenschicht eine zu höheren Frequenzen mit 3 dB pro Oktave ansteigende Verbesserung ergibt. Das Maß der Verbesserung ist vom Schubmodul G bzw. dem Elastizitätsmodul E und der Dicke t der verwendeten Zwischenschicht abhängig. Für die Berechnung mit Einzahlangaben kann die Verbesserung in Abhängigkeit der Steifigkeit der Zwischenschicht für einen Steifigkeitsbereich E/t zwischen 20 MN/m^2 und 200 MN/m^2 wie folgt abgeschätzt werden:

$$\Delta K_{ij} = 36 - 15 \cdot \lg(E/t) \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (5.42)}$$

DIN 4109-32 [12], Abschnitt 5.3.2 Gl. (43)

Hinweis:
Bei vollständiger Entkopplung auf dem Übertragungsweg 1-2 bzw. 2-3 beträgt die Verbesserung etwa 6 dB, auf dem Weg 1-3 etwa 12 dB.

Aufgrund der Schallübertragungswege zweiter und höherer Ordnung wird die Erhöhung des Stoßstellendämm-Maßes infolge von schalltechnischen Entkopplungen auf $\Delta K_{ij} = 20 \text{ dB}$ begrenzt (vergleiche DIN 4109-32 [12], 5.4.2).

Hinweis:
Die Ziegelindustrie hat ein Ziegel-Innenwand-System (ZIS) entwickelt, das mit aufeinander abgestimmten Komponenten besonders hohe Stoßstellendämm-Maße aufweist. Nähere Informationen dazu enthält Kapitel 7.1.1.3.

5.3.5 Stoßstellen zwischen monolithischen Außenwandziegeln und leichten mehrschaligen Trennwänden

Besteht das Trennbauteil aus einer leichten mehrschaligen, mit Gipsplatten beplankten Trennwand, so wird an dem Knotenpunkt mit einer hochwärmedämmenden Ziegelaußenwand ein geringeres Stoßstellendämm-Maß erreicht, als bei einer massiven Trennwand. Maßgebend ist der Schallübertragungsweg F_f entlang der monolithischen Außenwand. Die Wege F_d und D_f spielen hier schalltechnisch eine untergeordnete Rolle und werden in der Betrachtung vernachlässigt.

Aufgrund der geringeren Flankendämmung sind die erreichbaren resultierenden Bau-Schalldämm-Maße detailliert zu planen. Zur Verbesserung der Flankendämmung sind an der Stoßstelle der Außenwand mit der Trockenbau-Trennwand konstruktive Maßnahmen möglich.

Untersuchungen durch die HFT Hochschule für Technik, Stuttgart haben ergeben, wie der Aufbau im Bereich des Trennwandanschlusses ausgebildet werden muss [57].

Ausgangswert der rechnerischen Prognose ist das Mindest-Stoßstellendämm-Maß $K_{ij,min}$ (vergleiche Gl. (5.29)) für den Schallübertragungsweg F_f der durchlaufenden Ziegel-Außenwand, an die eine Trockenbau-Trennwand stumpf anschließt.

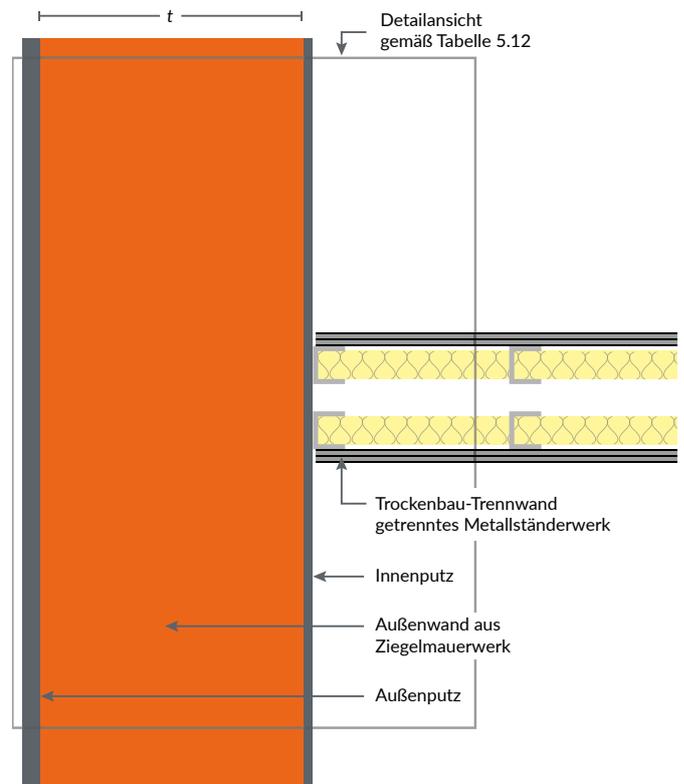


Bild 5.11: T-Stoß einer Trockenbau-Trennwand an eine durchlaufende Ziegel-Außenwand

Der bauakustische rechnerische Nachweis der im Bild 5.11 gezeigten Situation wird mit dem Mindest-Stoßstellendämm-Maß $K_{ij,min}$ geführt. Je nach Detailausführung kann zum Mindest-Stoßstellendämm-Maß ein Wert für die Verbesserung der Stoßstellendämm-Maße ΔK_{ij} gemäß Tabelle 5.12 hinzuaddiert werden.

Hinweis:
Dieses Verfahren zur Verbesserung der Flankendämm-Maße auf dem Weg F_f bei Leichtbau-Trennwänden an wärmedämmendem Hochlochziegelmauerwerk ist noch nicht normativ und bietet nur Anhaltswerte für eine rechnerische Abschätzung.

Tabelle 5.12: Verbesserungen der Stoßstellendämm-Maße ΔK_{ij} für veränderte Detailausführungen

Zeile	Detailansicht der Stoßstelle (gemäß Bild 5.11)	Beschreibung	ΔK_{ij} [dB]	Zeile	Detailansicht der Stoßstelle (gemäß Bild 5.11)	Beschreibung	ΔK_{ij} [dB]
1		durchlaufende Ziegel-Außenwand mit angeschlossener Trockenbau-Trennwand	± 0	4		Ziegel-Außenwand vollständig geschlitzt; Schlitz überputzt.	+ 6
2		2 cm breiter Schlitz bis $t/2$ in der Ziegel-Außenwand	+ 3	5		Im Bereich Trockenbau-Trennwand Ziegel-Außenwand mit ca. 25 cm breiter Stütze aus Schaumziegeln (mit Beton verfüllt) oder vollständige Betonstütze. Außenseitig ca. $t/3$ Deckenrandschale mit Wärmedämmung.	+ 3
3		Ziegel-Außenwand vollständig geschlitzt	+ 12	6			+ 3

Eine Verfüllung der Schlitz mit mineralischem Faserdämmstoff wird empfohlen. Gegebenenfalls sind weitere konstruktive Maßnahmen beispielsweise zum Witterungsschutz durchzuführen. Geplante Veränderungen an der Konstruktion sind vor der Bauausführung mit den entsprechenden Fachplanenden abzustimmen.

5.4 Fenster und Türen

5.4.1 Fenster mit Mehrscheiben-Isolierverglasung

Das für die Berechnung zu verwendende bewertete Schalldämm-Maß R_w entspricht dem Prüfergebnis einer Prüfung nach DIN EN ISO 10140-2 [14] oder dem Tabellenwert nach DIN EN 14351-1, Anhang B [48] und wird

in der CE-Kennzeichnung zusammen mit den Spektrum-Anpassungswerten C und C_{tr} erklärt.

Das im CE-Zeichen erklärte bewertete Schalldämm-Maß wird zur Planung herangezogen unter Beachtung der nachfolgenden Regelungen:

Für den Fall, dass kein bewertetes Schalldämm-Maß deklariert ist oder Fensterkonstruktionen erst festgelegt werden sollen, gelten die Werte der Tabelle 5.13.

Tabelle 5.13: Konstruktionsmerkmale, Schalldämm-Maße und Korrekturen von Fenstern mit Mehrscheiben-Isolierverglasung (gemäß DIN 4109-35 [19], 4.1.4, Tabelle 1)

R_w [dB]	$C^{1)}$ [dB]	$C_{tr}^{1)}$ [dB]	Konstruktionsmerkmale	Einfachfenster mit MIG ²⁾	Korrekturen [dB]				
					K_{RA}	K_S	K_{FV}	$K_{F,1.5}$	K_{Sp}
25	-	-	d_{Ges} in mm SZR in mm oder $R_{w,GLAS}$ in dB Falzdichtung	≥ 6 ≥ 8 ≥ 27 -	-	-	-	-	-
30	-	-	d_{Ges} in mm SZR in mm oder $R_{w,GLAS}$ in dB Falzdichtung	≥ 6 ≥ 12 ≥ 30 ①	-	-	-	-	-
33	- 2	- 5	Glasaufbau in mm SZR in mm oder $R_{w,GLAS}$ in dB Falzdichtung	$\geq 4 + 4$ ≥ 12 ≥ 30 ①	- 2	0	- 1	0	0
34	- 2	- 5	Glasaufbau in mm SZR in mm oder $R_{w,GLAS}$ in dB Falzdichtung	$\geq 4 + 4$ ≥ 16 ≥ 30 ①	- 2	0	- 1	0	0
35	- 2	- 4	Glasaufbau in mm SZR in mm oder $R_{w,GLAS}$ in dB Falzdichtung	$\geq 6 + 4$ ≥ 12 ≥ 32 ①	- 2	0	- 1	0	0
36	- 1	- 4	Glasaufbau in mm SZR in mm oder $R_{w,GLAS}$ in dB Falzdichtung	$\geq 6 + 4$ ≥ 16 ≥ 33 ①	- 2	0	- 1	0	0
37	- 1	- 4	Glasaufbau in mm SZR in mm oder $R_{w,GLAS}$ in dB Falzdichtung	$\geq 6 + 4$ ≥ 16 ≥ 35 ①	- 2	0	- 1	0	0
38	- 2	- 5	Glasaufbau in mm SZR in mm oder $R_{w,GLAS}$ in dB Falzdichtung	$\geq 8 + 4$ ≥ 16 ≥ 38 ② (AD/MD+ID) ³⁾	- 2	0	0	0	0
39	- 2	- 5	Glasaufbau in mm SZR in mm oder $R_{w,GLAS}$ in dB Falzdichtung	$\geq 10 + 4$ ≥ 20 ≥ 39 ② (AD/MD+ID) ³⁾	- 2	0	0	0	0
40	- 2	- 5	$R_{w,GLAS}$ in dB Falzdichtung	≥ 40 ② (AD/MD+ID)	- 2	0	0	- 1	- 1
41	- 2	- 5	$R_{w,GLAS}$ in dB Falzdichtung	≥ 41 ② (AD/MD+ID)	0	0	0	- 1	- 2
42	- 2	- 5	$R_{w,GLAS}$ in dB Falzdichtung	≥ 44 ② (AD/MD+ID)	0	- 1	0	- 1	- 2

R_w [dB]	$C^{1)}$ [dB]	$C_{tr}^{1)}$ [dB]	Konstruktions- merkmale	Einfachfenster mit MIG ²⁾	Korrekturen [dB]				
					K_{RA}	K_S	K_{FV}	$K_{F,1.5}$	K_{Sp}
43	- 2	- 4	$R_{w,GLAS}$ in dB Falzdichtung	≥ 46 2 (AD/MD+ID)	0	- 2	0	- 1	- 2
44	- 1	- 4	$R_{w,GLAS}$ in dB Falzdichtung	≥ 49 2 (AD/MD+ID)	0	- 2	1	- 1	- 2
45	- 1	- 5	$R_{w,GLAS}$ in dB Falzdichtung	≥ 51 2 (AD/MD+ID)	0	- 2	1	- 1	- 2
46 ⁴⁾	-	-	-	-	-	-	-	-	-

¹⁾ Die Spektrum-Anpassungswerte gelten für das Bauteil Fenster. Sie können von den glasspezifischen Werten abweichen.

²⁾ Doppelfalze bei Flügeln von Holzfenstern; mindestens zwei wirksame Anschläge bei Flügeln von Metall und Kunststofffenstern. Erforderliche Falzdichtungen sind umlaufend, ohne Unterbrechungen anzubringen und müssen weich federnd, dauerelastisch, alterungsbeständig und leicht auswechselbar sein. Um einen möglichst gleichmäßigen und hohen Schließdruck im gesamten Falzbereich sicherzustellen, ist eine genügende Anzahl von Verriegelungsstellen vorzusehen (wegen der Anforderungen an Fenster siehe auch DIN EN 14351-1 [48]).

³⁾ Bei Holzfenstern genügt eine umlaufende Dichtung.

⁴⁾ Nachweis entsprechend der Produktnorm DIN EN 14351-1 [48] durch Prüfung.

Erläuterungen zu Tabelle 5.13:

d_{Ges} = Gesamtglasdicke

$R_{w,GLAS}$ = deklariertes Wert R_w der Verglasung Falzdichtung

Glasaufbau = Zusammensetzung der beiden Einzelscheiben

SZR = Scheibenzwischenraum; mit Luft oder Argon gefüllt

AD = umlaufende Außendichtung

MD = umlaufende Mitteldichtung

ID = umlaufende Innendichtung im Flügelüberschlag

MIG = Mehrscheiben-Isolierglas

1 = Mindestens eine umlaufende elastische Dichtung, in der Regel als Mitteldichtung angeordnet.

2 = Zwei umlaufende elastische Dichtungen, in der Regel als Mittel- und Innendichtung oder auch als Außen- und Innendichtung angeordnet.

Der aus Tabelle 5.13 abzulesende Wert für die Schalldämmung $R_{w,Fenster}$ [dB] für Einfachfenster mit Mehrscheiben-Isolierglas (MIG) kann nach folgender Gl. (5.43) bestimmt werden:

$$R_{w,Fenster} = R_w + K_{AH} + K_{RA} + K_S + K_{FV} + K_{F,1.5} + K_{F,3} + K_{Sp}$$

DIN 4109-35 [19], Abschnitt 4.1.4 Gl. (1) Gl. (5.43)

mit:

R_w = Wert der Schalldämmung des Fensters gemäß Tabelle 5.13, Spalte 1

K_{AH} = die Korrektur für Aluminium-Holzfenster; $K_{AH} = -1$ dB. Diese Korrektur entfällt, wenn die Aluminiumschale zum Flügel- und Blendrahmen hin abgedichtet wird. Kleine Öffnungen zum Zweck des Dampfdruckausgleichs zwischen Aluminiumschale und Holzrahmen sind zulässig.

K_{RA} = Korrekturwert für einen Rahmenanteil < 30 %. Der Rahmenanteil ist die Gesamtfläche des Fensters abzüglich der sichtbaren Scheibengröße. K_{RA} darf bei Festverglasungen nicht berücksichtigt werden.

K_S = Korrekturwert für Stulpfenster (zweiflügelige Fenster ohne festes Mittelstück)

K_{FV} = Korrekturwert für Festverglasungen mit erhöhtem Scheibenanteil

$K_{F,1.5}$ = Korrekturwert für Stulpfenster (zweiflügelige Fenster)

$K_{F,3}$ = Korrektur für Fenster mit einer Einzelscheibe > 3 m²; $K_{F,3} = -2$ dB

K_{Sp} = Korrekturwert für glasteilende Sprossen

Die Werte gelten für ringsum dicht schließende Fenster. Fenster mit Lüftungseinrichtungen werden nicht erfasst.

Das Modul Schall 4.0 stellt eine große Auswahl von Fensterparametern zur Verfügung. Eigene Bauteile können ergänzt werden.



5.4.2 Türen

Die Schalldämmung einer Tür wird beeinflusst durch die Schalldämmung der einzelnen Komponenten, insbesondere Türblatt, Zarge, Falz- und Bodendichtung. Türen von Laubengängen werden im Rahmen der Außenlärmbelastung berücksichtigt. Deren erforderliche Schalldämmung ist nach den Regeln des Immissionsschutzes zu ermitteln.

Bei der Planung von Türen ist auf besondere Sorgfalt bei der Montage der Zarge, Ausführung des Bodenanschlusses, des Baukörperanschlusses sowie des Bodenbelags nach dem Stand der Technik hinzuweisen.

Die Montage von Zargen im Innenbereich muss einseitig dicht erfolgen. Geeignete Methoden sind das Ausschäumen oder Ausstopfen der Zarge mit anschließender dauerelastischer Abdichtung.

Schwimmende Estriche sind im Bereich einer Wohnungseingangstür zu trennen. Die Trennfuge darf durch harte Bodenbeläge nicht überbrückt werden. Textile Bodenbeläge oder Teppichböden sind im Bereich der Tür durch eine Bodenschwelle abzusetzen. Für Türen ohne Anforderungen an die Schalldämmung z. B. Innentüren einer Wohnung können die zuvor genannten Maßnahmen entfallen.

Das bewertete Schalldämm-Maß R_w einer betriebsfertigen Tür basiert auf Schallmessungen nach DIN EN ISO 10140-2 [14] und kann der CE-Deklaration nach DIN EN 14351-1 [48] für Außentüren und DIN EN 14351-2 [49] für Innentüren entnommen und für die Planung herangezogen werden.

Alternativ zur Messung der Schalldämmung einer betriebsfertigen Tür kann die Schalldämmung der betriebsfertigen Tür aus der Fugenschalldämmung der Falzdichtung, der Fugenschalldämmung der Bodendichtung sowie des bewerteten Schalldämm-Maßes des Türblattes rechnerisch nachgewiesen werden, wenn die Kriterien nach Tabelle 5.14 erfüllt werden. Tabelle 5.14 gilt für betriebsfertige Türen mit einem erforderlichen bewerteten Schalldämm-Maß $R_w \leq 35$ dB.

Die Werte der Tabelle 5.14 sind auf Holz- und Metallzargen anwendbar.

Der Wert bezieht sich auf den Zustand „Tür in Falle“, also nicht verriegelt, sofern nichts anderes vereinbart ist.

Tabelle 5.14: Schalldämmung von einflügeligen Innentüren (Sperrtüren) ohne Messung (vergleiche DIN 4109-35 [19], 4.3.4, Tabelle 4)

Bauteil	Anforderung
Einfach überfälltes Türblatt	$R_w \geq \text{erf. } R_w + 2 \text{ dB}$
Stumpf einschlagendes Türblatt	$R_w \geq \text{erf. } R_w + 4 \text{ dB}$
Falzdichtung	$R_{s,w} \geq \text{erf. } R_w + 10 \text{ dB}^{1)}$
Bodendichtung	$R_{s,w} \geq \text{erf. } R_w + 10 \text{ dB}$

¹⁾ Fugenschalldämm-Maß $R_{s,w}$ für Falzdichtungen. Der Wirkungsbereich der Dichtung ist so zu bemessen, dass die Verformung der Tür (nachgewiesen z. B. durch RAL-Typprüfungen) kleiner als der Wirkungsbereich der Dichtung ist.

Die Tabelle 5.15 enthält Korrekturwerte für Türen, die auf das bewertete Schalldämm-Maß bei konstruktiven Änderungen ohne prüftechnischen Nachweis angerechnet werden können.

Tabelle 5.15: Korrekturwerte für die Schalldämmung von Türblättern bei konstruktiven Veränderungen (gemäß DIN 4109-35 [19], 4.3.4, Tabelle 5)

Merkmal	Zuschlag für Sperrtüren [dB]	
	Einschichtige Türblätter	Mehrschichtige Türblätter
Bewertetes Schalldämm-Maß des Türblattes	$R_w = 30 \text{ dB bis } 34 \text{ dB}$	$R_w = 35 \text{ dB bis } 40 \text{ dB}$
Verdoppelung des Flächenanteils des Rahmens, der die Einlage im Türblatt umschließt	0	- 2
Lichtausschnitt mit einem Flächenanteil von 15 %, Verglasung Einfachglas ($R_{w,Verglasung} = 31 \text{ dB}$)	+ 1	- 3
Lichtausschnitt mit einem Flächenanteil von 15 %, Verglasung Verbundglas ($R_{w,Verglasung} = 37 \text{ dB}$)	+ 1	- 1
Lichtausschnitt mit einem Flächenanteil von 50 %, Verglasung Einfachglas ($R_{w,Verglasung} = 31 \text{ dB}$)	0	- 8
Lichtausschnitt mit einem Flächenanteil von 50 %, Verglasung Verbundglas ($R_{w,Verglasung} = 37 \text{ dB}$)	0	- 3
Verwendung eines Buntbartschlusses anstelle eines Profilzylinderschlusses	- 1	- 1
Verdoppelung der Anzahl der Deckplatten	+ 2	0

Das bewertete Schalldämm-Maß R_w einer betriebsfertigen Tür basiert auf Schallmessungen nach DIN EN ISO 10140-2 [14] und kann der CE-Deklaration nach DIN EN 14351-1 [48] für Außentüren und DIN EN 14351-2 [49] für Innentüren entnommen und für die Planung herangezogen werden.

5.5 Elemente

5.5.1 Rollladen-/Jalousiekästen

Die Produktnorm DIN EN 13659 [50] gilt für Rollläden mit Verweis auf DIN EN 14759 [51] zur Luftschalldämmung von äußeren Abschlüssen an Fenstern, Türen und Fassaden. Rollladenkästen können entweder Bestandteil des Fensters (Aufsatzrollladenkasten) oder des Ziegelmauerwerks (Einbaurollladenkasten). In der Regel werden Rollladenkästen als Fertigkästen eines Systemherstellers angeboten.

Zur Kennzeichnung der Schalldämmung eines Rollladenkastens wird

- die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,e,lab,w}$ gemeinsam mit der vorhandenen Einbaulänge am Bau l_{situ} [m] durch Anwendung von Gl. (5.44) bestimmt

$$D_{n,e,w} = D_{n,e,lab,w} - 10 \cdot \lg\left(\frac{l_{situ}}{l_{lab}}\right) \text{ [dB]} \quad \text{Gl. (5.44)}$$

DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.4.2 Gl. (41)

mit:

$l_{lab} = 1,25$ m (gemäß Abmessungen Fensterprüfstand nach DIN EN ISO 10140-5)

$D_{n,e,lab,w}$ = bewertete Norm-Schallpegeldifferenz des Rollladenkastens im Prüfstand – wird in Prüfberichten auch als $D_{n,e,w}$ oder $D_{n,w}$ bezeichnet.

oder

- das bewertete Schalldämm-Maß R_w aus einer bauakustischen Prüfung verwendet. Als Prüffläche wird die vorhandene raumseitige Stirnwandfläche des Rollladenkastens eingesetzt. Die Schalldämmung durch eine Messung im Labor wird nach DIN EN ISO 10140-2 [14] ermittelt. Ziegel-Einbaukästen verschiedener Hersteller mit innenliegender Wärmedämmung erreichen bewertete Norm-Schallpegeldifferenzen $D_{n,e,w}$ von 60 dB und mehr. Dies gilt sowohl für Rollladenkästen als auch für Raffstorekästen.

Aufsatzrollladenkästen, die gemeinsam mit dem Fensterelement verbunden sind, weisen um bis zu 10 dB geringere bewertete Norm-Schallpegeldifferenzen auf.

In allen Fällen ist zu beachten, dass in rechnerischen Nachweisen die Schalldämmung bei abgelassenem Rollladenpanzer zu verwenden ist. Diese ist immer geringer, als diejenige bei aufgerolltem Panzer.

Für Rollladenkästen mit bewerteten Schalldämm-Maßen $R_w < 45$ dB können allgemein gültige Ausführungsbeispiele z. B. für eher seltene an der Baustelle handwerklich gefertigte Kästen der DIN 4109-35 [19] entnommen werden. Bei Vorsatzrollläden/-jalousien ergibt sich das Schalldämm-Maß allein aus dem Schalldämm-Maß der raumseitig angrenzenden Wand- oder Fensterelemente. Der Vorsatzkasten wird deshalb bei der Berechnung der resultierenden Schalldämmung einer Fassade nicht berücksichtigt.

5.5.2 Schalldämmlüfter

Punktförmige Fassadenelemente wie z. B. Lüftungseinrichtungen oder Außenluftdurchlässe weisen die Schalldämmung über eine bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$ aus. Die Zahlenwerte sind Prüfberichten oder Herstellerangaben zu entnehmen.

Schallgedämmte Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD), die häufig zur Zuluftführung bei Einsatz von Abluftanlagen dienen, erreichen $D_{n,e,w}$ -Werte von über 50 dB. Für die Berechnung der resultierenden Schalldämmung eines zusammengesetzten Bauteils sind sie mit ihrer Anzahl zu einem korrigierten Schalldämm-Maß $R_{e,i,w}$ umzurechnen (vgl. Kapitel 4.6.3).

Bei dezentralen in der Außenwand eingesetzten Lüftern mit Wärmerückgewinnung, z. B. sogenannten Pendellüftern, ist die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz mit Bezug auf das resultierende Schalldämm-Maß der Fassade häufig sehr viel geringer.

6 Grundlegende Planungs- und Ausführungsempfehlungen

6.1 Anordnung schutzbedürftiger Räume

Im Rahmen der Festlegung des Anforderungsniveaus spielt die Raumzonierung des Gebäudes in horizontaler und vertikaler Richtung in ruhige und lautere Bereiche eine wichtige Rolle. Da vor allem in kleinen Räumen ein hoher Schallschutz schwieriger zu realisieren ist als in großen Räumen, kommt gerade hier der Anordnung schutzbedürftiger Räume zueinander eine große Bedeutung zu (siehe Bild 6.1).

Sind Küche oder Bad an der Wohnungstrennwand zu leisen, fremden Räumen angeordnet, bietet sich unter Umständen eine biegeweiche Vorsatzschale bzw. die Entkopplung leichter Bauteile oder Einbauten an (siehe Bild 6.2). Sind Küche oder Bad zwar gegenüberliegend, aber dennoch diagonal zu fremden, leisen Räumen angeordnet, kann sowohl Körperschall als auch ein erhöhter Luftschallpegel, z. B. aus Küchenaktivitäten zu Belästigungen führen (siehe Bild 6.3).

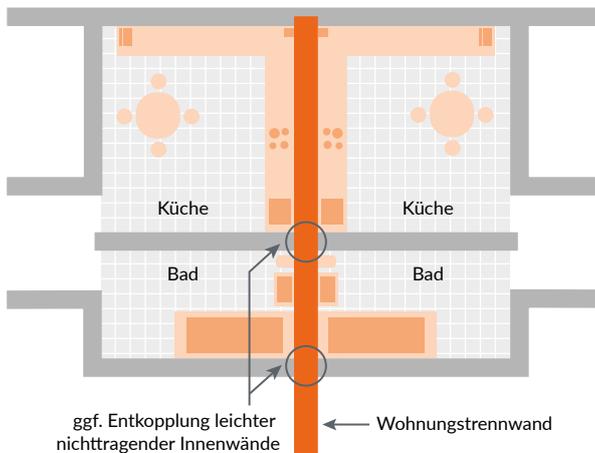


Bild 6.1: Günstige Raumanordnung von Bad und Küche an einer Wohnungstrennwand

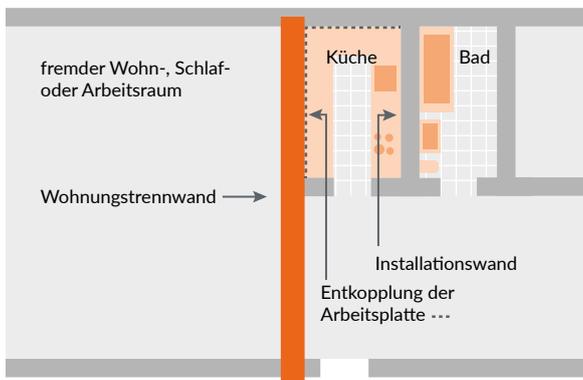


Bild 6.2: Entkopplung einer Küchen-Arbeitsplatte und günstige Position von Installationen abseits der Wohnungstrennwand



Bild 6.3: Ungünstige Diagonalposition eines lauten Raumes zu einem schutzbedürftigen, leisen Raum an einer Wohnungstrennwand

Von ausschlaggebender Bedeutung ist jedoch neben der gezielten Planung eine sorgfältige Bauausführung. Der Schallschutz eines Bauteils hängt erheblich von dessen Verarbeitung ab. So kann eine Trennwand auch bei ausreichendem flächenbezogenem Wandgewicht eine unzureichende Luftschalldämmung aufweisen, wenn die Anschlüsse an die angrenzenden Bauteile falsch hergestellt sind (z. B. durch Fugenabriss).

6.2 Ausführung des Mauerwerks

Luftundichtigkeiten im Mauerwerk sind auszuschließen, da Luftschallübertragungen durch Fugen auftreten. Zur Herstellung der Luftdichtigkeit ist das Mauerwerk mindestens einseitig durchgehend zu verputzen.

Empfohlen wird beidseitiges Verputzen. Die Anforderungen bezüglich Stoßfugenbreiten gemäß DIN EN 1996-1-1/NA [56] für Mauerwerk mit unvermörtelten Stoßfugen sind zu beachten.

Zur Verringerung von Trocknungszeiten wird Mauerwerk mitunter nicht mit herkömmlichem Nassputz verputzt, sondern es wird Trockenputz beispielsweise durch Aufkleben von Gipsplatten angewendet. In diesen Fällen ist ebenso die Luftdichtigkeit der Wände sicherzustellen.

Durch ungedämmte Hohlräume zwischen dem massiven Mauerwerk und den biegeweichen Gipsplatten kann es außerdem zu Resonanzeinbrüchen in der Schalldämmung kommen. Ferner sind weitere negative bauphysikalische Auswirkungen möglich (z. B. Lage des Taupunktes).

6.3 Geräusche aus gebäudetechnischen Anlagen

6.3.1 Allgemeines

Bei der Planung und Ausführung zum Luft- und Trittschallschutz, zum Schutz gegen Außenlärm sowie vor Geräuschen gebäudetechnischer Anlagen von Gebäuden oder Gebäudeteilen sind normative Angaben, die allgemeinen anerkannten Regeln der Technik sowie sonstige Regeln, Bestimmungen und Auflagen zu berücksichtigen. Diese können u. a. die Bereiche

- baulicher Brandschutz,
- Feuchtigkeitsschutz,
- Einhaltung von Mindestschichtdicken bzw. Mindestflächenmassen bei wasserführenden Rohrleitungen und
- Belange der Tragwerkplanung

betreffen.

Die Detailplanung, die Bauausführung, der Einbau von Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung (TGA) sowie die Auswirkungen der jeweiligen Betriebszustände sind mit den Fachplanenden abzustimmen.

DIN 4109-1 enthält Anforderungen an maximal einzuhaltende Schalldruckpegel in schutzbedürftigen Räumen gegenüber Geräuschen aus **fremden** Wohn- oder Arbeitsbereichen infolge des Betriebes bzw. der Nutzung gebäudetechnischer Anlagen. Doch auch hier gilt wieder zu prüfen, ob neben den normativen baurechtlichen Anforderungen noch weitere Regeln gelten. Beispielsweise wird mitunter zivilrechtlich vorausgesetzt, dass auch innerhalb einer Wohneinheit Anforderungen gegenüber Geräuschen aus der TGA einzuhalten sind.

Zu gebäudetechnischen Anlagen zählen u. a.

- Geräte oder Anlagen zur Lüftung oder Temperierung von Räumen,
- Sanitärgegenstände, wie z. B. Armaturen, Badewannen oder Spülkästen und
- Aufzüge.

Dazu gehören nicht nur die Anlagen und Geräte selbst, sondern auch zugehörige Zu- und Ableitungen, wie z. B. Lüftungskanäle oder Rohrleitungen für Frisch- und Abwasser.

Die Geräuschenstehung infolge gebäudetechnischer Anlagen ist zurückzuführen auf

- rotierende bzw. sich hin- und herbewegende Komponenten von Maschinen, Geräten oder Anlagen, z. B. von Motoren, Pumpen, Ventilatoren, Kompressoren,
- Verbrennungsvorgänge und
- Strömungen von Gasen bzw. Flüssigkeiten in Armaturen, Rohrleitungen und Kanälen.

Die Geräusche werden durch Luft- bzw. Körperschall an den Baukörper eingeleitet, wodurch sie anschließend in angrenzende Gebäudebereiche übertragen werden und wiederum als Luftschall abgestrahlt werden.

Außerdem können auf die Gebäudenutzenden störende Körperschallschwingungen einwirken, welche allerdings hier nicht eingehend betrachtet werden.

Grundsätzlich unterscheidet man primäre Maßnahmen, die direkt mit der Schallquelle (also dem Gerät) zusammenhängen und sekundäre Maßnahmen, welche die bauseitigen Möglichkeiten zur Reduzierung der Schallausbreitung beitragen sollen.

Primäre Maßnahmen sind bereits durch die Herstellerfirmen in der Geräteentwicklung zu optimieren, wie z. B. die Verwendung geräuscharmer Ventilatoren oder Regler. Gegebenenfalls können auch am Bau – also im eingebauten Zustand – noch Anpassungen am Gerät vorgenommen werden, um die Geräuscherzeugung zu minimieren.

Bei den sekundären Maßnahmen sind alle an der Bauplanung und -ausführung Beteiligten gefordert, denn diese betreffen die Gestaltung und Umsetzung, die am Gebäudekörper vorzusehen und umzusetzen sind.

Viele dieser baulichen Maßnahmen basieren auf Erfahrungen. Es wird empfohlen, rechtzeitig Fachplanende in die Entwicklung einzubeziehen.

6.3.2 Hinweise zu Planung und Ausführung

Folgende Maßnahmen sind bei der Planung und Ausführung zu beachten:

- Anordnung der Räume der Gebäudetechnik und schutzbedürftigen Räumen zueinander:
 - Räume gleicher Nutzung sollten horizontal bzw. vertikal aneinandergrenzen.
 - Beachtung der Lage von Schallquelle und schutzbedürftigen Räumen zueinander, insbesondere bei versetzten Grundrissen.
 - Zwischen lauten Räumen und schutzbedürftigen Räumen sollte ein Nebenraum als schalltechnischer „Puffer“ angeordnet werden.
- Minderung des Luftschallpegels in lauten Räumen (wenn der Körperschallanteil nicht überwiegt):
 - Schallabsorbierende Bekleidung der Innenbauteile der TGA-Räume,
 - Kapselung von lauten Technikkomponenten.
- Verbesserung der Luftschalldämmung des trennenden Bauteils und der flankierenden Bauteile:
 - Verwendung schwerer Bauteile,
 - Einbau biegeweicher Vorsatzkonstruktionen,
 - Trennfugen zwischen Gebäudebereichen,
 - Schalldämmende Wand- und Deckendurchführungen, gegebenenfalls zusätzlich mit Abkofferungen bzw. Installationsschächte in Massiv- oder Leichtbauweise.
- Verbesserung der Körperschallentkopplung:
 - Angeregtes Bauteil schwer ausbilden.
 - Vorsatzkonstruktion im schutzbedürftigen Raum, wenn die durch Körperschall angeregte Massivwand leicht ist.
 - Einbau von Entkopplungsschichten, Dämpfern, etc.
 - Ummantelung von Rohrleitungen durch weiche Dämmstoffe oder andere geeignete Materialien.
 - Aufstellen ganzer Anlagen auf eigenen, gegebenenfalls schall-/schwingungstechnisch abgestimmt gelagerten Fundamenten.
 - Sanitärgegenstände körperschallgedämmt aufstellen/lagern.
 - Durch eine gleichmäßige Anordnung gleichartiger Räume werden starke Richtungsänderungen der Leitungen vermieden.

Hinweis:

Körperschallentkopplung ist nur sinnvoll, wenn diese durchgehend an einem zusammenhängenden Anlagenbereich angewendet wird. Es ist z. B. wirkungslos, eine Wasserleitung von massiven Bauteilen zu entkoppeln, die Armatur aber nicht.

Weitere Hinweise enthält DIN 4109-36 [20].

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt stehen noch keine geeigneten Rechenverfahren und Eingangswerte für die Planung und Prognose der zu erwartenden Schalldruckpegel infolge des Betriebes gebäudetechnischer Anlagen zur Verfügung. Folgende variierende Parameter erschweren u. a. die Planung und rechnerische Prognose:

- Art der Schallemission (Stärke, spektrale Eigenschaften, Zeitverlauf, Geräuschspitzen),
- Art der Schallentstehung und Weiterleitung (als Luftschall, Flüssigkeitsschall oder Körperschall),
- Lage von Schallquelle und Empfangsort zueinander (Grundrissanordnung),
- bauakustische Eigenschaften in unterschiedlichen Frequenzbereichen des Trennbauteils (z. B. Installationswand) und der beteiligten flankierenden Bauteile,
- Art der Anbringung der Anlage (Montagebedingungen, Einbausituation),
- Volumen und raumakustische Eigenschaften des Empfangsraumes,
- Grundgeräusche im Empfangsraum.

Da eine rechnerische Prognose zu erwartender Schallpegel infolge des Betriebes gebäudetechnischer Anlagen bislang nicht möglich ist, werden aktuell Ausführungen empfohlen, welche sich in der Praxis bewährt haben. In der Mehrzahl der Fälle werden die Anforderungen zum Schutz vor Geräuschen der TGA durch die Anordnung von Musterinstallationswänden gemäß DIN 4109-36 [20] eingehalten. Bereits in Beiblatt 2 zu DIN 4109 [3] wurde eine einschalige Massivbau-Installationswand beschrieben, welche inklusive Putz eine flächenbezogene Masse von $m' \geq 220 \text{ kg/m}^2$ haben muss.

Hinweis:

Folgende Wände aus HLZ-Mauerwerk erfüllen z. B. das Kriterium $m' \geq 220 \text{ kg/m}^2$ (Putzmasse insgesamt für beide Seiten $m'_{\text{Putz}} \geq 30 \text{ kg/m}^2$ vorausgesetzt):

- 115 mm, Rohdichteklasse 1,8
- 175 mm, Rohdichteklasse 1,2

DIN 4109-1 [1], Abschnitt 11 enthält weitere wichtige Randbedingungen, die für die an die Massivbau-Installationswand zu befestigenden Geräte bzw. Armaturen gelten. Hierzu zählen beispielsweise:

- Es sind Auslaufarmaturen bzw. Spülkästen der Armaturengruppe I zu verwenden.
- Trink- und Abwasserleitungen sind schallentkoppelt vor der Wand unter Verwendung körperschallentkoppelter Rohrschellen anzubringen. Die Eignung der Rohrschellen ist nachzuweisen.
- Die Verlegung in Wandschlitz innerhalb der Mauerwerkswände ist grundsätzlich möglich, sofern die Leitungen körperschalldämmend ummantelt sind. Von dieser Art der Verlegung wird allerdings abgeraten, da mitunter gefordert wird, dass der Restquerschnitt der Wand das Kriterium $m' \geq 220 \text{ kg/m}^2$ erfüllen muss. Die Belange der Tragwerkplanung sind in diesen Fällen gesondert zu prüfen.

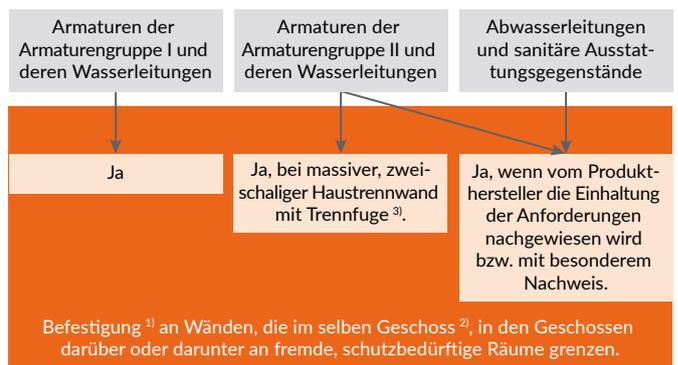
Andere Konstruktionen sind grundsätzlich möglich, sofern die Eignung nachgewiesen wird.

DIN 4109-36 [20] Abschnitt 6.4.4.2.3 enthält ergänzende Informationen zur Festlegung für Armaturen und Geräte und für den Betrieb von Trinkwasserinstallationen.

In DIN 4109-36 [20] Abschnitt 6.4.4.2.4 „Sonstige Festlegungen“ sind weitere wichtige Randbedingungen angegeben. Die Wirksamkeit folgender Maßnahmen sind vom jeweiligen Produkthersteller nachzuweisen:

- Trink- und Abwasserleitungen sowie Armaturen etc. sind schallentkoppelt durch Verwendung körperschallentkoppelter Rohrschellen vor der Massivbau-Installationswand anzubringen.
- In schutzbedürftigen Räumen dürfen Abwasserleitungen nicht freiliegend verlegt werden.
- Installationssysteme müssen auch innerhalb einer Leichtbau-Vorwandinstallation vom massiven Gebäudekörper körperschallentkoppelt befestigt werden.
- Die massive Installationswand ist ohne weiteren Nachweis nur in Verbindung mit dem Einsatz von Armaturen der Armaturengruppe I nach DIN 4109-1 [1], Tabelle 11 zulässig, wobei die Verwendungsauflagen und Angaben zum zulässigen Durchfluss (Durchflussklasse) des Armaturenherstellers einzuhalten sind. Zur Verwendung von Armaturen der Armaturengruppe II siehe 6.4.4.2.5.
- Rohrleitungen sind an massiven Installationswänden oder an gesonderten Tragelementen, die mit der Wand verbunden sind, entkoppelt mit Rohrschellen mit Dämmeinlage zu befestigen; eine Direktbefestigung an der Wand ist nicht zulässig.

- Leitungen bzw. Armaturen sind durch elastische Manschetten, durch elastische Rohrumhüllungen oder durch freie Durchführungen der Rohrleitungen von massiven Bauteilen zur Reduzierung von Körperschallübertragungen stets zu entkoppeln (z. B. Verlegung in Schlitz und Aussparungen in massiven Bauteilen sowie bei Durchdringungen bzw. Durchführungen durch massive Bauteile).
- Sanitäre Ausstattungsgegenstände sind an der Installationswand schallentkoppelt zu befestigen. Die Wirksamkeit der vorgesehenen Maßnahmen unter Massivbaubedingungen ist vom Hersteller anzugeben.



¹⁾ Leitungen bzw. Armaturen sind stets zur Reduzierung von Körperschallübertragungen zu entkoppeln.

²⁾ Wände, die im selben Geschoss an fremde schutzbedürftige Räume grenzen, müssen ohnehin die jeweils geltenden Anforderungen an Wohnungstrennwände erfüllen.

³⁾ Zulässig, wenn über die ganze Haustiefe verlaufende Trennfuge vorhanden.

Bild 6.4: Schema zur Beurteilung der Zulässigkeit der Befestigung gebäudetechnischer Anlagen an einschaligen Massivbau-Installationswänden (vergleiche DIN 4109-36 [20], 6.4.4.2)

Zusammenfassende Empfehlungen:

- Räume gleicher Nutzung sollten horizontal bzw. vertikal aneinander grenzen.
- Schutzbedürftige Räume, wie Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmer, sollten nicht unmittelbar an Treppenhäuser bzw. Räume mit gebäudetechnischen Anlagen grenzen.
- Wände, an denen gebäudetechnische Anlagen befestigt sind und die an schutzbedürftige Räume **innerhalb** einer Wohnung grenzen, sind als Massivbau-Installationswand mit $m' \geq 220 \text{ kg/m}^2$ auszuführen. Es sind Armaturen der Armaturengruppe I zu verwenden.
- Wände, an denen gebäudetechnische Anlagen befestigt sind und die in den Geschossen darüber oder darunter an **fremde** schutzbedürftige Räume grenzen, sind als Massivbau-Installationswand mit $m' \geq 220 \text{ kg/m}^2$ auszuführen. Es sind Armaturen der Armaturengruppe I zu verwenden.

- Einschalige Wände, an denen gebäudetechnische Anlagen befestigt sind und die unmittelbar an fremde schutzbedürftige Räume grenzen, sind ohnehin als Wohnungstrennwand auszuführen. Es sind Armaturen der Armaturengruppe I zu verwenden.
- Körperschallanregungen von Massivwänden, beispielsweise durch Arbeitsplatten in Küchen oder Sanitärgegenstände in Bädern, sind z. B. durch die Anordnung körperschallentkoppelnder Vorsatzkonstruktionen zu reduzieren.
- Verwendung schwerer Bauteile zur Verbesserung der Luft- bzw. Körperschalldämmung von TGA-Räumen.
- Reduzierung von Körperschalleinträgen durch Sanitärgegenstände, Geräte sowie Leitungen durch Entkopplungen bzw. den Einbau federnder Zwischenschichten.

7 Anschlussdetails

7.1 Bauteilanschlüsse mit hohem Einfluss auf die Stoßstellendämmung

Der bauliche Schallschutz im Massivbau wird im Wesentlichen von folgenden Einflussgrößen bestimmt:

- der flächenbezogenen Masse des Massivbauteils,
- von Undichtigkeiten und
- der Längsleitung über flankierende Bauteile.

In der Bauausführung des Massivbaus wird vorausgesetzt, dass das trennende Bauteil fest mit den flankierenden Bauteilen verbunden ist. Die Qualität der Bauteilanschlüsse wirkt sich über die Erhöhung der Biegesteifigkeit direkt auf das Schalldämm-Maß der trennenden Bauteile aus. Die erhöhte Steifigkeit eines Anschlusses am Knotenpunkt im Massivbau reduziert die Schall-Längsleitung über die flankierenden Bauteile.

Das Stoßstellendämm-Maß ist umso höher, je größer der Masseunterschied der beteiligten Bauteile ist.

Eine hohe Stoßstellendämmung kann aber ebenso durch eine Entkopplung der aneinandergrenzenden Bauteile erreicht werden. Damit ist die Körperschallweiterleitung reduziert oder unterbunden und das resultierende Schalldämm-Maß kann entsprechend hoch ausfallen.

Hinweis:

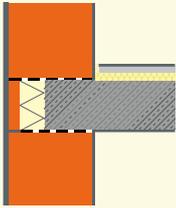
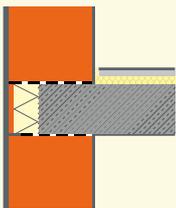
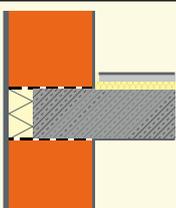
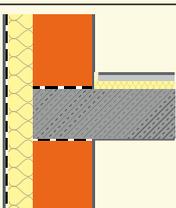
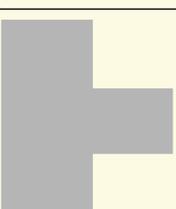
Die Ziegelhersteller stellen die für ihre monolithischen hochwärmedämmenden Außenwandziegel gemessenen individuellen Stoßstellendämm-Maße in Abhängigkeit unterschiedlicher Außenwanddicken, Trennbauteile und Anschlussdetails zur Verfügung. Weitere Hinweise sind im Kapitel 5.3 angegeben.

7.1.1 Massive Bauteilanschlüsse

7.1.1.1 Außenwand - Deckenknoten

Bei hochwärmedämmenden monolithischen Außenwänden muss aus Gründen des Wärmeschutzes bei Stahlbetondecken am Deckenspiegel eine zusätzliche Wärmedämmung eingesetzt werden. Je nach Ausführung des Deckenknotens ergeben sich auf dem Flankenweg F_f in vertikaler Richtung über die Außenwand unterschiedlich hohe Stoßstellendämm-Maße K_{ff} . Die Tabelle 7.1 zeigt die in der Praxis auftretenden Unterschiede in der Ausführung der Details mit den zu erwartenden Stoßstellendämm-Maßen (Anhaltswerte) auf dem maßgeblichen Übertragungsweg im Vergleich zu den berechneten Werten des Stoßstellendämm-Maßes K_{ff} nach DIN 4109-32 [12] (letzte Zeile).

Tabelle 7.1: Anhaltswerte von Prüfwerten von Stoßstellendämm-Maßen K_{ff} von Deckenauflagervarianten in monolithischem Ziegelaußenmauerwerk und bei Ziegelaußenwänden mit WDVS

Stoßstelle	Beschreibung	K_{ff} [dB]															
		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	Deckenaufleger mit Deckenabmauerung																
	Deckenrandelement/-randschale mit Dämmung																
	Deckenaufleger mit Stirndämmung																
	Deckenaufleger mit Vollauflage und Zusatzdämmung ¹⁾²⁾																
	Keine Detailangaben zum Anschluss; Rechenwerte nach DIN 4109-32, Gleichungen (27) und (28) ¹⁾																

¹⁾ Gilt ebenso für zweischalige Außenwände.

²⁾ Ist mit nicht hochwärmedämmenden Hochlochziegeln gültig.

7.1.1.2 Außenwand – Trennwandknoten

Die Rationalisierung des Bauablaufs und auch die Verwendung von Baustoffen mit unterschiedlichem Verformungsverhalten können dazu führen, dass die Bauteilanschlüsse nicht immer die schalltechnisch notwendige Steifigkeit aufweisen. So ist beispielsweise mit Abrissen der Trennwände von wärmedämmenden HLZ-Außenwänden zu rechnen, wenn diese aus bindemittelgebundenen

Baustoffen wie Kalksand- oder Betonsteinen errichtet werden.

Die Schwindverkürzung der bindemittelgebundenen Baustoffe erzeugen Zugspannungen im Anschluss an die nicht schwindenden Hochlochziegel, die bei Überschreitung der Zugfestigkeit zum Abreißen führen. Aus diesem Grund sollten schwere Trennwände in Ziegelgebäuden immer aus wirtschaftlich zu errichtenden Verfüllziegeln oder Schalungziegeln erstellt werden.

Tabelle 7.2: Anhaltswerte von Prüfwerten von Stoßstellendämm-Maßen K_{Ff} von Anschlüssen von Füll- bzw. Schalungziegeln an Mauerwerk aus monolithischen hochwärmedämmenden Außenwandziegeln

Stoßstelle	Beschreibung	K_{Ff} [dB]													
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Stumpfstoß, Mörtelschicht zwischen Trennwand und HLZ-Außenwand	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Einbindung ca. t/3 bis t/2; Mörtelschicht zwischen Trennwand und HLZ-Außenwand			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Stumpfstoß zwischen Trennwand und HLZ-Außenwand; zusätzlich 2 cm Schlitz in Außenwand bis zu Trennwand verfüllt mit Mineralwolle					7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Durchbindung, äußerer Füllziegelkanal gefüllt mit Mineralwolle					7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Durchbindung, Stirnseite der Trennwand bis ca. t/3 gedämmt					7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Einbindung bis zur Wandhälfte; zusätzlich 2 cm Schlitz in Außenwand bis zur Trennwand verfüllt mit Mineralwolle; Putz getrennt					7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Außenwand nicht -wärmedämmendes Ziegelmauerwerk; vollständige Durchbindung der Trennwand; außenseitig mit WDVS ¹⁾					7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Keine Detailangaben zum Anschluss; Rechenwerte nach DIN 4109-32, Gleichungen (27) und (28) ¹⁾					7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

¹⁾ Gilt ebenso für zweischalige Außenwände.

Der als Stumpfstoß ausgeführte Trennwandanschluss zeigt grundsätzlich das geringste Stoßstellendämm-Maß (vgl. Kapitel 5.3.3). Trennwandverbindungen oder gar Trennwanddurchbindungen bewirken sehr hohe Stoßstellendämm-Maße auf dem Flankenweg F_f in horizontaler Richtung. Die Einbindetiefe einer Wohnungstrennwand sollte so erfolgen, dass nicht mehr als 24 cm Restquerschnitt der durchlaufenden Außenwand verbleibt. Dies bedeutet für übliche Außenwanddicken eine Einbindetiefe von mindestens 12,5 cm.

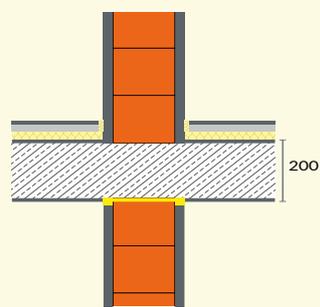
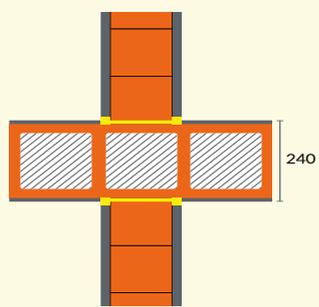
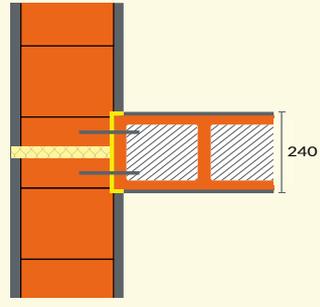
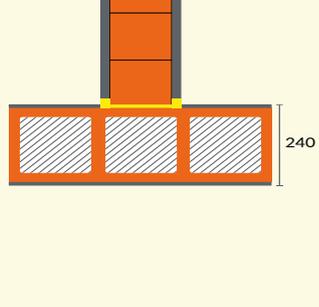
Die Tabelle 7.2 enthält die in der Praxis auftretenden Unterschiede in der Ausführung der Details und die zu erwartenden Stoßstellendämm-Maße K_{Ff} (Anhaltswerte). Ebenso wie bei den Geschossdecken müssen auch Wohnungstrennwände unter Wärmeschutzaspekten am Außenwandanschluss betrachtet werden.

7.1.1.3 Entkoppelte Bauteilanschlüsse

Insbesondere leichte massive Flankenbauteile lassen sich durch die Biegeschwingungen der in der Regel schweren Trennbauteile leicht zum Schwingen anregen und strahlen dann im Empfangsraum sehr viel Schallenergie ab. Um dies zu verhindern oder zumindest zu reduzieren, bietet es sich an, bei leichten massiven Trennwänden eine akustische Entkopplung vorzusehen.

Die Ziegelindustrie hat hierzu das Ziegel-Innenwand-System (ZIS) entwickelt ([41], [42]), das mithilfe von weichen Trennprofilen eine Körperschallübertragung deutlich reduziert und eine Putzüberbrückung verhindert. Die gemessenen Stoßstellendämm-Maße derartiger Entkopplungen erreichen auf dem Flankenweg F_f weit über 30 dB. Die Auswertung von Baumessungen mit entkoppelten leichten Innenwänden mit einer flächenbezogenen Masse $m' \approx 150 \text{ kg/m}^2$ zeigt bei Kreuzstößen Stoßstellendämm-Maße von $K_{Ff} \geq 25 \text{ dB}$, bei T-Stößen von 20 dB (vergleiche Tabelle 7.3).

Da aber in der Regel die leichten Bauteile untereinander wiederum verbunden sind, entstehen Schallübertragungswege 2. Ordnung, die die effektive Stoßstellendämmung begrenzen. In der Bemessung wird daher als Obergrenze der Verbesserung der Stoßstellendämmung ein Wert von $\Delta K_{ij} = 20 \text{ dB}$ festgelegt (vergleiche DIN 4109-32 [12], 5.4.2).

Am Wandkopf zur Geschossdecke mit ZIS entkoppelte leichte Trennwand	Beiderseits einer Füllziegelwand mit ZIS entkoppelte leichte Trennwände
	
K_{Ff} im Mittel 25 dB	K_{Ff} im Mittel 25 dB
Vollständig getrennte Außenwand im Bereich des T-Stoßes mit einer Füllziegelwand (Prototyp)	Einseitig an einer Füllziegelwand mit ZIS entkoppelte leichte Trennwand (bei versetzten Räumen)
	
K_{Ff} im Mittel 20 dB ¹⁾	K_{Ff} im Mittel 20 dB (über Eck)

¹⁾ Gilt ebenso für zusätzlich gedämmte und zweischalige Außenwände.

7.1.1.4 Trennwand - Dachanschlüsse

Im Anschlussbereich von leichten Dächern und massiven Wohnungstrennwänden kann die Flankenübertragung zu höchst unterschiedlichen Zahlenwerten führen. Da es sich bei den Dachkonstruktionen in der Regel um Leichtbauteile handelt, kann die Flankenübertragung nicht mithilfe von Stoßstellendämm-Maßen berechnet werden. Für diesen Fall werden Norm-Flankenschallpegeldifferenzen angegeben, die sich auf eine gemeinsame Anschlusslänge zum Trennbauteil von 4,5 m beziehen. Die Tabelle 7.4 zeigt eine Übersicht der zu erwartenden Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ für verschiedene Ausführungen für mit Mineralwolle gedämmte Dächer im Anschlussbereich mit einer Wohnungstrennwand.

Die Zahlenwerte können auf eine Ausführung als zweischalige Haustrennwand übertragen werden, da die Konstruktion der flächigen Massivwand von untergeordneter Bedeutung ist.

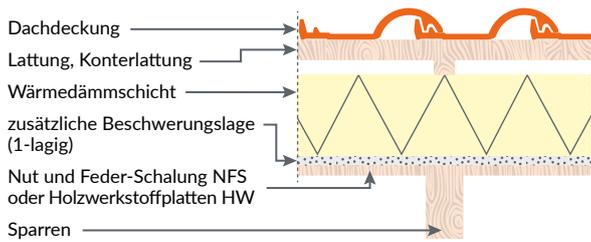
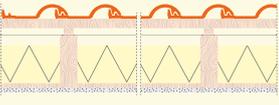
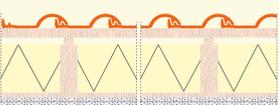
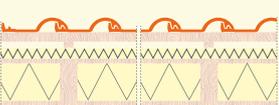
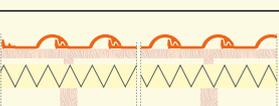


Bild 7.1: Beispielhafte Beschreibung der schalltechnisch maßgebenden Bauteile von Holzdachkonstruktionen gemäß DIN 4109-33 aus Tabelle 7.4

Hinweis:
Aufsparrengedämmte Dächer mit Hartschaum-Dämmstoffauflagen weisen etwa 10 dB geringere Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ auf.

Tabelle 7.4: Bewertete Norm-Flankenschallpegeldifferenzen $D_{n,f,w}$ [dB] für Holzdachkonstruktionen (gemäß DIN 4109-33 [17], Abschnitt 5.2)

DIN 4109-33		Deckenanschluss nach DIN 4109-33, Tab. 30 ¹⁾					
Tabelle	Zeile	Abbildung	vergleiche DIN 4109-34	A	B	C	D
31		Aufsparrendämmung aus Hartschaum					
	1		Tabelle 9 · Zeile 1	53	58	65	Flankenübertragung kann in der Berechnung vernachlässigt werden.
	2		Tabelle 9 · Zeile 2	56	60	69	
	3		Tabelle 9 · Zeile 4	53	> 60	72	
	4		Tabelle 9 · Zeile 5	60	66	73	
32		Aufsparrendämmung aus Mineralwolle					
	1		Tabelle 10 · Zeile 1	65	68	> 75	Flankenübertragung kann in der Berechnung vernachlässigt werden.
	2		Tabelle 10 · Zeile 2	69	> 70	> 75	
33		Aufsparrendämmung aus Holzfaserdämmstoffen					
	1		Tabelle 11 · Zeile 1	63	65	> 75	Flankenübertragung kann in der Berechnung vernachlässigt werden.
	2		Tabelle 11 · Zeile 2	69	70	> 75	

DIN 4109-33		Deckenanschluss nach DIN 4109-33, Tab. 30 ¹⁾					
Tabelle	Zeile	Abbildung	vergleiche DIN 4109-34	A	B	C	D
34		Zwischensparrendämmung aus Faserdämmstoffen					
	1		Tabelle 12 · Zeile 1	75	-	-	Flankenübertragung kann in der Berechnung vernachlässigt werden.
	2		Tabelle 12 · Zeile 2	79	-	-	
35		Aufsparrendämmung aus Mineralwolle					
	1		Tabelle 13 · Zeile 1	> 75	-	-	Flankenübertragung kann in der Berechnung vernachlässigt werden.
	2		Tabelle 13 · Zeile 2	> 70	72	75	

A Dachkonstruktion wird durch Trennwand **unterbrochen**: Lattung und Wärmedämmung sind getrennt.

B Dachkonstruktion wird durch Trennwand **unterbrochen** und im Bereich des Wandkopfes **bedämpft**: Zusätzliche Maßnahmen zur Bedämpfung des Hohlraumes zwischen Dachdeckung und Trennwandkopf. Lattung und Wärmedämmung sind getrennt.

C Dachkonstruktion wird durch Trennwand **unterbrochen**, im Bereich des Wandkopfes **bedämpft** und **abgeschottet**: Hohlraum zwischen Dachdeckung und Trennwandkopf abgeschottet (z. B. Aufmauerung mit wärmedämmenden Steinen; Dachsteine eingemörtelt; absorbierende Wärmedämmung zwischen der zweischaligen Aufmauerung; Dachlattung getrennt).

D Dachkonstruktion **vollständig unterbrochen**: Die Trennwand (Brandwand) wird durch die Dachhaut nach außen geführt oder bei höhenversetzten Geschossen.

Hinweis:

Für Detailausbildungen, wie z. B. durchlaufende Dämmschichten aus Hartschaum, zusätzliche Lagen aus Gipsplatten, durchlaufende Lattung usw. können weitere Malus- bzw. Bonuswerte maßgebend werden (siehe Fußnoten der Tabellen 31 bis 35 in DIN 4109-34). Dieses ist im Einzelfall zu prüfen und im Nachweis zu berücksichtigen.

Die vorgenannten Werte für Dachkonstruktionen sind in der Software *Modul Schall 4.0* bereits hinterlegt und können in der Bemessung ausgewählt werden.



Die für die gewählte Dachkonstruktion zugehörige Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{nf,w}$ wird in Gleichung Gl. (4.7) gemäß Kapitel 4.1.5 zur Ermittlung des Wertes des bewerteten Flankenschalldämm-Maßes $R_{Ff,w}$ eingesetzt.

7.2 Anschlussdetails mit hohem Einfluss auf die Trittschalldämmung

7.2.1 Schwimmende Estriche

Der Wandanschluss eines schwimmenden Estrichs ist unter dem Gesichtspunkt der Vermeidung von Schallbrücken im Randbereich besonders bei harten Oberböden sorgfältig auszuführen. Folgende negative Einflüsse sind zu vermeiden:

- harte, dicht anliegende Fußleiste,
- Kleberreste und
- Alterung elastischer Fugenmassen.

Bild 7.2 zeigt die Ausführungsalternativen von schwimmenden Estrichen an aufgehenden Wänden eines üblichen Wohnraums und eines Raumes mit Fliesenbelägen.

Der Randdämmstreifen darf erst nach Fertigstellung des Fußbodenbelags gekürzt werden.

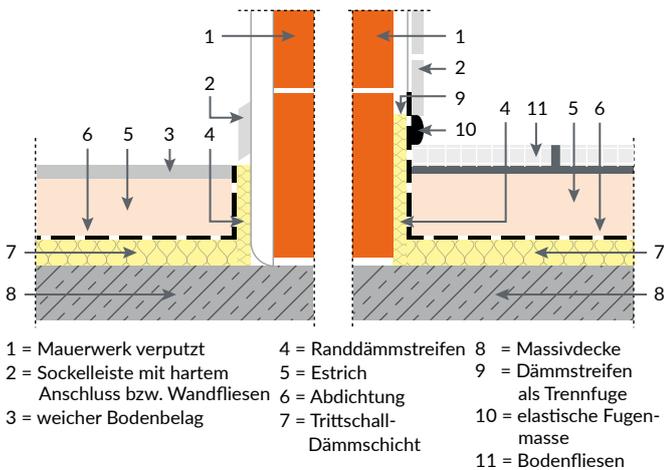


Bild 7.2: Wandanschlüsse eines schwimmenden Estrichs in Wohn- und Nassräumen; Links: Wandputz und weicher Gehbelag; Rechts: Fliesenbelag an Wand und Boden

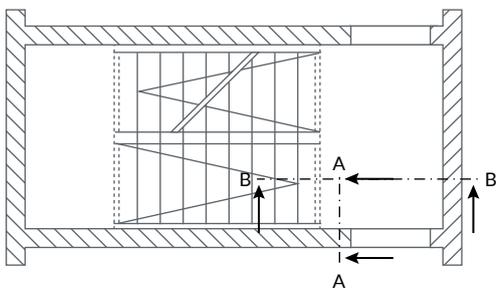
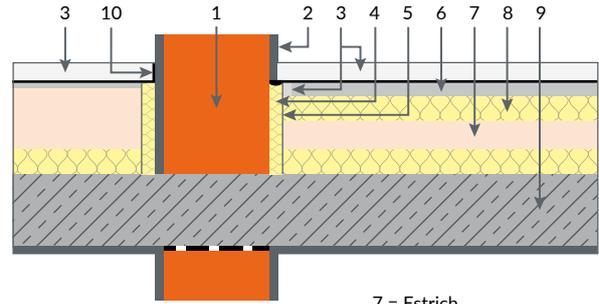


Bild 7.3: Schwimmender Estrich auf den Podesten bei elastischer Auflagerung der Treppenläufe (Grundriss)



- | | | |
|-------------------|----------------------|------------------------|
| 1 = Mauerwerk | 4 = Randdämmstreifen | 7 = Estrich |
| 2 = Putz | 5 = Fugendichtmasse | 8 = Trittschalldämmung |
| 3 = Sockelleisten | 6 = Bodenbelag | 9 = Massivdecke |
| | | 10 = Kunststoffwinkel |

Bild 7.4: Schwimmender Estrich auf den Podesten (Schnitt A-A)

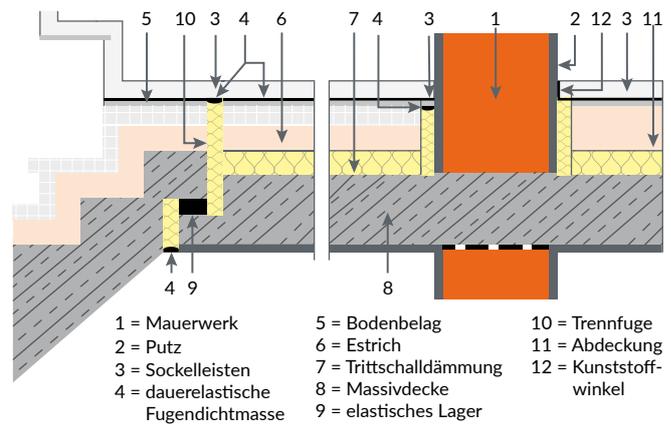


Bild 7.5: Schwimmender Estrich auf Podesten mit dämmender Zwischenlage bei Auflagerung der Läufe (Schnitt B-B)

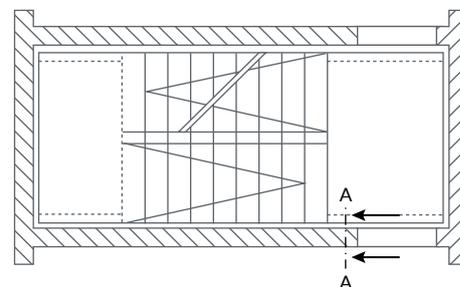
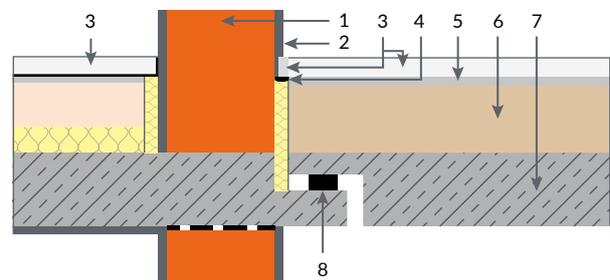


Bild 7.6: Auflagerung eines Treppenlaufes mit Podestplatte auf Konsolle, quer gespannte Podeste (Grundriss)



- | | | |
|-------------------|-------------------------------------|-----------------------------|
| 1 = Mauerwerk | 4 = dauerelastische Fugendichtmasse | 6 = Mörtelbett |
| 2 = Putz | 5 = Bodenbelag | 7 = Massivdecke |
| 3 = Sockelleisten | | 8 = elastische Zwischenlage |

Bild 7.7: Auflagerung eines Treppenlaufes mit Podestplatte auf Konsolle (Schnitt A-A)

Schwimmende Estriche sind unter Türen und leichten Trennwänden schalltechnisch zu trennen.

7.2.2 Treppen

Beispiele für Treppenausführungen ohne zusätzlichen weichfedernden Belag nach Kapitel 4.5.7 mit $L'_{n,w} \leq 43$ dB sind in den Bildern Bild 7.3 bis Bild 7.7 angegeben.

In den Bildern Bild 7.3 bis Bild 7.5 ist der Treppenlauf auf den Treppenpodesten elastisch gelagert und die Podeste sind mit einem schwimmenden Estrich versehen. In den Bildern Bild 7.6 und Bild 7.7 sind die Podeste auf besonderen Stahlbeton-Konsolleisten elastisch gelagert und die Treppenläufe mit den Podesten starr verbunden. Alternative Ausführungen sind mit sogenannten Tronsoleen als elastisch gelagerte Querkraftlager möglich.

7.3 Ausführungshinweise zu Innendämmungen

Verputzte Dämmplatten an den Unterseiten von Stahlbetondecken oder Wandabschnitten können zu verstärkter Längsleitung führen (Bild 7.8), wenn ungeeignete, d. h. zu steife Dämmstoffe verwendet werden. Bei Resonanzfrequenzen f_0 zwischen 500 – 1000 Hz können Verschlechterungen der Schalldämmung von bis zu 10 dB auftreten [52]. Ist die Bekleidung von massiven Bauteilen auf der Innenseite beispielsweise zur Vermeidung von Wärmebrücken erforderlich, sollten Dämmstoffe und Konstruktionen so gewählt werden, wie sie auch bei biegeweichen Vorsatzschalen gemäß Kapitel 5.2 Verwendung finden.

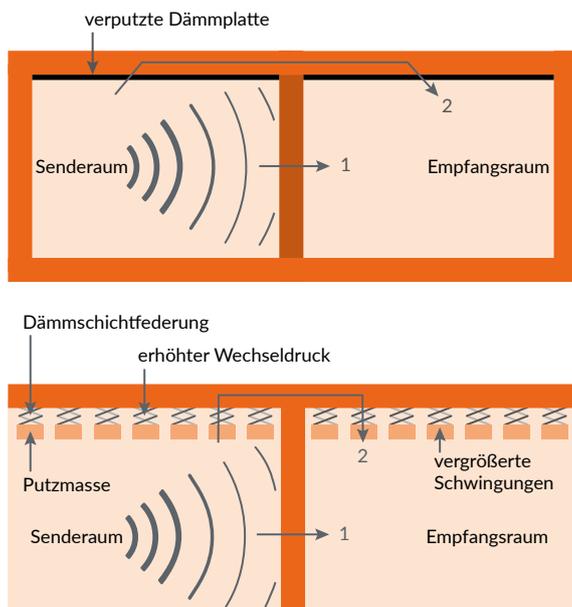


Bild 7.8: Schall-Längsleitung über verputzte Dämmplatten – Funktionsprinzip

7.4 Ausführungshinweise zu zweischaligen Haustrennwänden

Voraussetzung zur Durchführung einer rechnerischen Prognose der Luftschalldämmung gemäß DIN 4109-2, Abschnitt 4.2.3 ist, dass die Hohlraumverfüllung der beiden biegesteifen Schalen der zweischaligen massiven Haustrennwand mit Mineralwollgedämmplatten nach DIN EN 13162, Anwendungskurzzeichen WTH nach DIN 4108-10 erfolgt.

Zur Vermeidung von Schallbrücken zwischen den beiden Mauerwerksschalen können die in Bild 7.9 dargestellten Maßnahmen ergriffen werden. Dadurch wird das Risiko reduziert, dass herabfallender Mauerwerksmörtel in die Fuge gerät. Weiterhin kann im Regelfall das Zusammendrücken der Dämmplatten durch den Frischbeton im Bereich der Geschosdecke bzw. das Unterlaufen des Frischbetons unter die Dämmplatten vermieden werden.

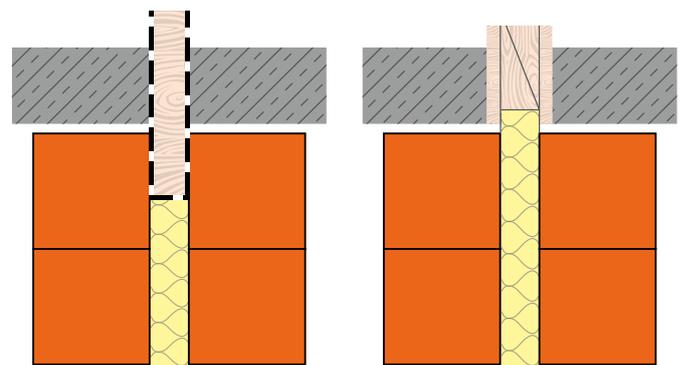


Bild 7.9: Maßnahmen zur Reduzierung des Auftretens von Körperschallbrücken im Bereich der Geschosdecken bei der Errichtung zweischaliger Haustrennwände

8 Rechenbeispiele

8.1 Vorbemerkungen

In diesem Kapitel werden anhand von Berechnungsbeispielen die Anwendungsmöglichkeiten des Nachweisprogramms Ziegel Bauakustiksoftware *Modul Schall 4.0* vorgestellt. Es werden die maßgeblichen Einflüsse der Schallübertragung bei der Luftschalldämmung aufgezeigt sowie Nachweisbeispiele zur Trittschalldämmung und zu zweischaligen Haustrennwänden aufgeführt. Die Bemessung des Schallschutzes gegen Außenlärm wird ebenso kurz dargestellt.

Weitere Informationen zur Software finden sich unter www.ziegelrechner.de oder www.schallrechner.de.

In der Nachweisführung erfolgt die Auslegung der trennenden und flankierenden Bauteile nicht für jeden Raum eines Gebäudes. Erfahrene Planende suchen anhand der Grundrisspläne und Gebäudeschnitte die akustisch ungünstigste Raumsituation und bemessen die Bauteile repräsentativ für das gesamte Gebäude. Dabei sollte nach folgendem Schema vorgegangen werden:

- Auswahl von Raumsituationen mit kleinen Räumen – hier ist in der Regel der Einfluss der flankierenden Bauteile dominant, so dass diese Räume immer den geringsten Schallschutz aufweisen.
- Auswahl von versetzt angeordneten Raumsituationen mit kleinen Trennflächen $S < 10 \text{ m}^2$ – auch hier ist der flankierende Anteil der Schallübertragung dominant (vgl. Kapitel 6).

Bei der vertikalen Schallübertragung werden übereinanderliegende Eckräume mit hohen Außenwandanteilen aus hochwärmedämmenden Lochsteinen bemessen – häufig sind diese Raumsituationen maßgeblich für die akustische Dimensionierung der Außenwände sowie für die Festlegung der Detailausbildung der Stoßstellen.

Vertikale Übertragungssituationen mit zwei oder mehr leichten massiven Trennwänden sind vorrangig zu bemessen – häufig ist diese Situation nur mit entkoppelten massiven Trennwänden nachweisbar.

Wird der Schallschutznachweis ohne Kenntnis konkreter Stoßstellenausführung erstellt, muss die Stoßstellendämmung mithilfe der normativen Kennwerte berechnet werden.

Erfolgt eine Planung anhand konkreter Produktdaten und Ausführungsdetails, können die entsprechenden Herstellerdaten aus Prüfberichten nach den Bedingungen von

DIN 4109-2 [4], DIN 4109-32 [12] bzw. DIN 4109-4 [35] einer Berechnung zugrunde gelegt werden.

Dies bietet sich insbesondere im Bereich eines erhöhten Schallschutzes an. Voraussetzung für derartige Annahmen sollte sein, dass die Ausführung des Bauvorhabens dann tatsächlich wie geplant realisiert und diese Ausführung auch entsprechend überwacht wird.

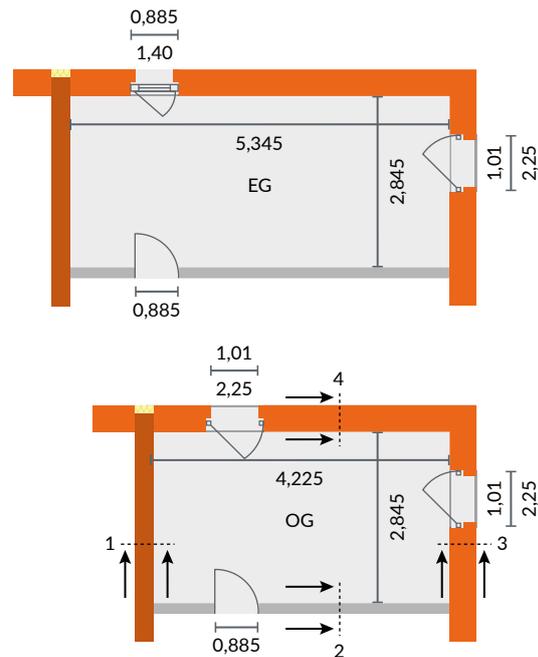


Bild 8.1: Grundrisse zweier übereinanderliegender Eckräume (Maßangaben in m)

Die in diesem Kapitel gezeigten Rechenbeispiele stehen in einem Projektordner der Bauakustiksoftware *Modul Schall 4.0* unter dem folgenden Link bzw. über den angegebenen QR-Code zum Download zur Verfügung: ziegel.de/schallschutz



8.2 Mehrfamilienhaus aus wärmedämmendem Hochlochziegelmauerwerk

Im Folgenden werden zwei Übertragungssituationen berechnet, die nach den im Kapitel 8.1 genannten Prioritäten besonders ungünstige geometrische Randbedingungen aufweisen und somit maßgeblich für die Dimensionierung der Bauteile sind. Die geplanten Bauteilaufbauten sind in Tabelle 8.1 aufgeführt.

8.2.1 Vertikale Übertragungssituation

Bei diesem Beispiel handelt es sich um zwei übereinander angeordnete Eckräume (Bild 8.1). Die Außenwände liegen jeweils ohne Versatz übereinander. Der Raum im EG weist eine Grundfläche von $5,345 \text{ m} \cdot 2,845 \text{ m} = 15,2 \text{ m}^2$ und der Raum im OG von $4,225 \text{ m} \cdot 2,845 \text{ m} = 12,0 \text{ m}^2$ auf. Die gemeinsame Trennfläche der Geschosdecke beträgt $12,0 \text{ m}^2$. Die lichte Raumhöhe beträgt jeweils $2,5 \text{ m}$. Aufgrund der unterschiedlichen Raumgrößen spricht man bei dieser Raumanordnung von versetzten Grundrissen. Die Beschreibung der an der Schallübertragung beteiligten Bauteile erfolgt in Tabelle 8.1.

Tabelle 8.1: Bauteilaufbauten zu den Beispielen aus den Bildern 8.2 und 8.3

Bauteilaufbau	Flächenbezogene Masse m' [kg/m ²]	Akustische Kennwerte	Bemerkungen
220 mm Stahlbeton-Geschosdecke, 60 mm Zementestrich auf 35 mm EPS-Trittschalldämmplatten $s' = 20 \text{ MN/m}^3$	528	$R_w = 61,9 \text{ dB}$ $f_0 = 74 \text{ Hz}$ $\Delta R_w = 6,3 \text{ dB}$	Gl. (5.1), Gl. (5.9), Gl. (5.12)
240 mm Wohnungstrennwand aus Füllziegeln, RDK 2,0, beidseitig je 12 kg/m ² Putz	480	$R_w = 60,7 \text{ dB}$	Gl. (5.1), Gl. (5.4), Gl. (5.8), Gl. (5.9)
365 mm HLz – Außenwand, RDK 0,70, beidseitig verputzt	276	$R_{w,\text{Bau,ref}} = 49,5 \text{ dB}$	Prüfwert nach [14] in Verbindung mit [1]
175 mm HLz – Innenwand, RDK 1,2, beidseitig je 15 kg/m ² Putz	223	$R_w = 50,3 \text{ dB}$	Gl. (5.1), Gl. (5.5), Gl. (5.8), Gl. (5.9)

Die Stoßstellendämm-Maße sind in Tabelle 8.2 angegeben.

Tabelle 8.2: Stoßstellendämm-Maße der vertikalen Übertragungssituation

Zeile	Stoßstelle	Stoßtyp	Gemeinsame Kopplungslänge [m]	Normative Rechenwerte [dB]			Bemerkungen
				K_{12}	K_{13}	K_{23}	
1	Innenwand/Decke/Decke	gedrehter T-Stoß	2,845	4,7	5,1	4,7	Der Versatz l der Wände ist $\geq 0,5 \text{ m}$ (vgl. Bild 4.5).
2	Innenwand/Decke/Innenwand	K-Stoß	$3,340 = 4,225 - 0,885$	7,9	13,7	7,9	Die Breite der Innentür im OG wird abgezogen; Deckenkopf im EG entkoppelt.
3	Außenwand/Decke/Außenwand	T-Stoß	$1,835 = 2,845 - 1,01$	5,1	9,9 13,0 ¹⁾	5,1	Die Breite der Fenstertür im OG wird abgezogen.
4	Außenwand/Decke/Außenwand	T-Stoß	$3,220 = 4,225 - 1,01$	5,1	9,9 13,0 ¹⁾	5,1	Die Breite der Fenstertür im EG/OG wird abgezogen.

¹⁾ Durchschnittswert für bauübliche Konstruktionen entsprechend den Regeln der Technik für Deckenaufleger mit Deckenstirndämmung (vergleiche Tabelle 7.10, Zeile 2).

Hinweis:

Bei der Bestimmung der gemeinsamen Kopplungslänge der Stoßstellen werden Türen und raumhohe Fenster mit ihrer Breite nicht berücksichtigt, da hier keine Flankenübertragung erfolgt. Es sind die Innenmaße zu verwenden. Die Bauteilflächen der Flankenbauteile ergeben sich abzüglich der Fenster- und Türöffnungen.

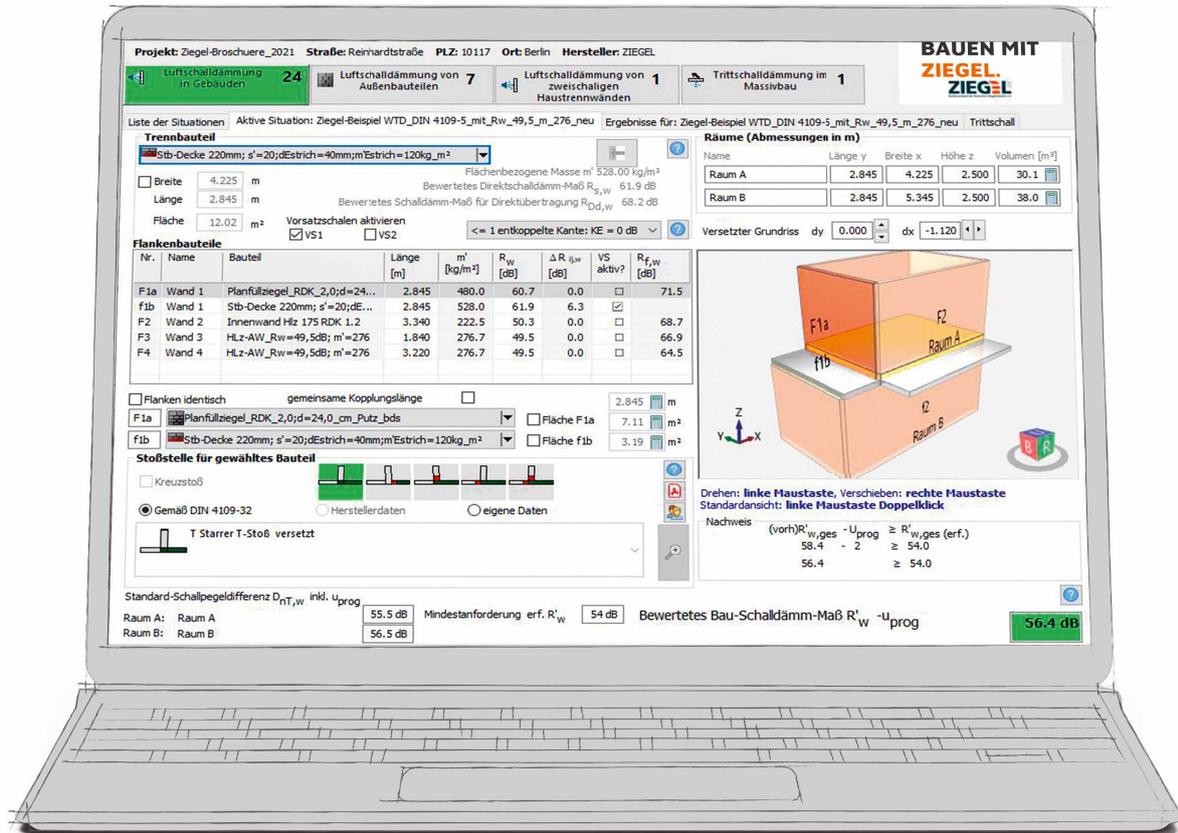


Bild 8.2: Bildschirmansicht der Übertragungssituation gemäß Bild 8.1

Das Bild 8.2 zeigt die Bildschirmansicht der Ziegel Bauakustiksoftware *Modul Schall 4.0*. Neben der Raumanordnung werden die wichtigsten Berechnungsergebnisse angezeigt.

Das vorhandene bewertete Bau-Schalldämm-Maß beträgt $R'_w = 58,4$ dB. Der Vergleichswert zur Beurteilung, ob die bauakustischen Anforderungen erfüllt sind, beinhaltet den Sicherheitsbeiwert von $u_{prog} = 2$ dB und beträgt

$$R'_w - u_{prog} = 58,4 \text{ dB} - 2,0 \text{ dB} = 56,4 \text{ dB}.$$

Die Mindestanforderung von erforderlich $R'_w = 54$ dB für Wohnungstrenndecken gemäß DIN 4109-1 wird eingehalten.

Das vorgenannte Rechenergebnis von $R'_w - u_{prog} = 56,4$ dB wird durch Anwendung der normativen Gleichungen der Stoßstellendämm-Maße ermittelt, die gemäß DIN 4109-32 [12] aus den flächenbezogenen Massen der beteiligten Bauteile errechnet werden. Wie im Kapitel 6 gezeigt, lassen sich für bestimmte Produkte und Ausführungs-details verbesserte Stoßstellendaten finden. Diese durch bauakustische Messungen ermittelten Herstellerdaten der Stoßstellendämm-Maße sind in der Software *Modul Schall 4.0* in einer umfangreichen Datenbank hinterlegt.

Der Schallübertragungsweg, der signifikant das Endergebnis des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes R'_w bestimmt, ist der Weg vertikal entlang der beiden Außenwände aus hochwärmedämmendem Ziegelmauerwerk.

Wird das Deckenaufleger am T-Stoß mit einer Stirndämmung versehen, können verbesserte Stoßstellendämm-Maße gemäß Herstellerangabe für ausgewählte Wand-Deckenknotten gemäß Tabelle 7.1 angesetzt werden.

Die Stoßstellendämm-Maße erhöhen sich in der Regel um mindestens 3 dB gegenüber den normativen Standardrechenwerten.

Bei Verwendung des Durchschnittswertes des Stoßstellendämm-Maßes von in die Außenwand einbindenden Stahlbetondecken mit einer Stirndämmung mit Deckenrandschale in Höhe von $K_{Ff} = 13,0$ dB (vergleiche Tabelle 7.1, Zeile 2) und Beibehaltung aller anderen Randbedingungen und Bemessungsparameter steigt der Rechenwert des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes der Decke auf $R'_w = 59,2$ dB.

Nach Abzug des Sicherheitsbeiwertes $u_{prog} = 2,0$ dB beträgt der Vergleichswert zur Bewertung der erreichten Schalldämmung nunmehr

$$R'_w - u_{prog} = 59,2 \text{ dB} - 2,0 \text{ dB} = 57,2 \text{ dB}.$$

Somit wird die erhöhte Schallschutzanforderung von erforderlich $R'_w = 57$ dB für Wohnungstrenndecken gemäß DIN 4109-5 [2] eingehalten.

Werden die T-Stöße der beiden Außenwände (Bauteil/ Stoßstelle 3 und 4) mit dieser Ausführung realisiert, kann der erhöhte Schallschutz nach DIN 4109-5 [2] sogar gegebenenfalls auch mit einer 200 mm Stahlbetondecke bzw. einer dünneren Innenwand eingehalten werden.

Diese Berechnung zeigt, wie wichtig die Ausführung der Stoßstellen im Bereich der Deckenaufleger ist und wie sich die Flankenschalldämm-Maße $R'_{f,w}$ an den Stößen erhöhen. Ein weitergehende Verbesserung lässt sich durch die Erhöhung der Direktdämmung $R_{w,Bau,ref}$ der Hochlochziegel-Außenwände erreichen. Dies ist dann von Interesse, wenn nicht gewährleistet werden kann, dass die Stoßstellendetails in der geplanten Qualität umgesetzt werden.

8.2.2 Horizontale Übertragungssituation

Bei diesem Beispiel wird die Schalldämmung zwischen zwei an einer Wohnungstrennwand versetzt nebeneinanderliegenden Räumen berechnet (Bild 8.3).

Die Räume haben eine gemeinsame Trennwandfläche von $2,845 \text{ m} \cdot 2,50 \text{ m} = 7,1 \text{ m}^2$. Die Raumhöhe beträgt 2,50 m. Die anrechenbare Fläche der Außenwandflanke beiderseits der Wohnungstrennwand beträgt je $0,90 \text{ m} \cdot 2,50 \text{ m} = 2,25 \text{ m}^2$.

Hinweis:

Bei der Berechnung ist die Eingabe der Flankenfläche eines jeden Flankenbauteils erforderlich. Die Fläche einer Flanke erstreckt sich immer bis zur nächstgelegenen Bauteilöffnung (raumhohes Fenster oder Tür) bzw. bis zum nächsten anschließenden Bauteil.

Da die gemeinsame Trennfläche beider Räume kleiner 10 m^2 ist, ist gemäß DIN 4109-2 [4], Abschnitt 4.2.1.2 die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w}$ gemäß Gl. (4.8) zu berechnen, die dann mit den Anforderungen an das erforderliche bewertete Schalldämm-Maß verglichen wird.

Aus dem rechnerischen Ergebnis des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes R'_w von 53,2 dB ergibt sich mit einer Trennfläche von $7,1 \text{ m}^2$ unter Berücksichtigung der Sicherheitsbeiwertes eine bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w} - u_{prog} = 54,7 \text{ dB}$. Der Mindestschallschutz gemäß DIN 4109-1 [1] von erforderlich $R'_w = 53 \text{ dB}$ ist damit erfüllt.

Die Stoßstellendämm-Maße sind in Tabelle 8.3 angegeben.

Tabelle 8.3: Stoßstellendämm-Maße der horizontalen Übertragungssituation

Zeile	Stoßstelle	Stoßtyp	Gemeinsame Kopplungslänge [m]	Normative Rechenwerte [dB]			Bemerkungen
				K_{12}	K_{13}	K_{23}	
1	Decke/Trennwand/Decke	K-Stoß	2,845	5,7	8,0	5,7	
2	Decke/Trennwand/Decke	K-Stoß	2,845	5,7	8,0	5,7	
3	Trennwand/Trennwand/ Innenwand	T-Stoß	2,500	1,7	5,3	5,3	Der Versatz l der Wände ist $\geq 0,5 \text{ m}$ (vgl. Bild 4.4).
4	Außenwand/Trennwand/ Außenwand	T-Stoß	2,500	5,0	9,6 (10,5) ¹⁾	5,0	

¹⁾ Informativ: Durchschnittswert für bauübliche Konstruktionen entsprechend den Regeln der Technik für Deckenaufleger mit Deckenstirndämmung (vergleiche Tabelle 7.2, Zeile 5).

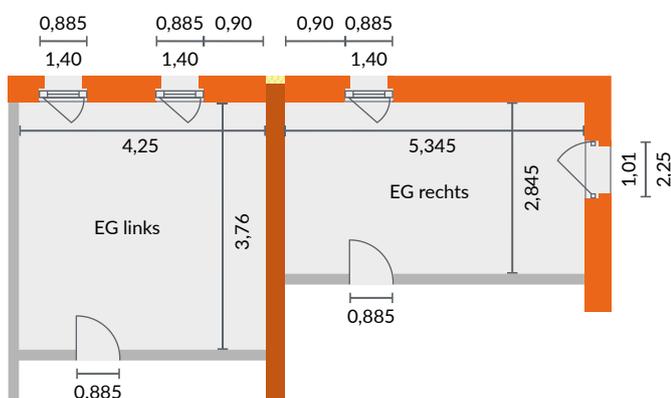


Bild 8.3: Grundriss zweier nebeneinanderliegender Wohnräume (Maßangaben in m)

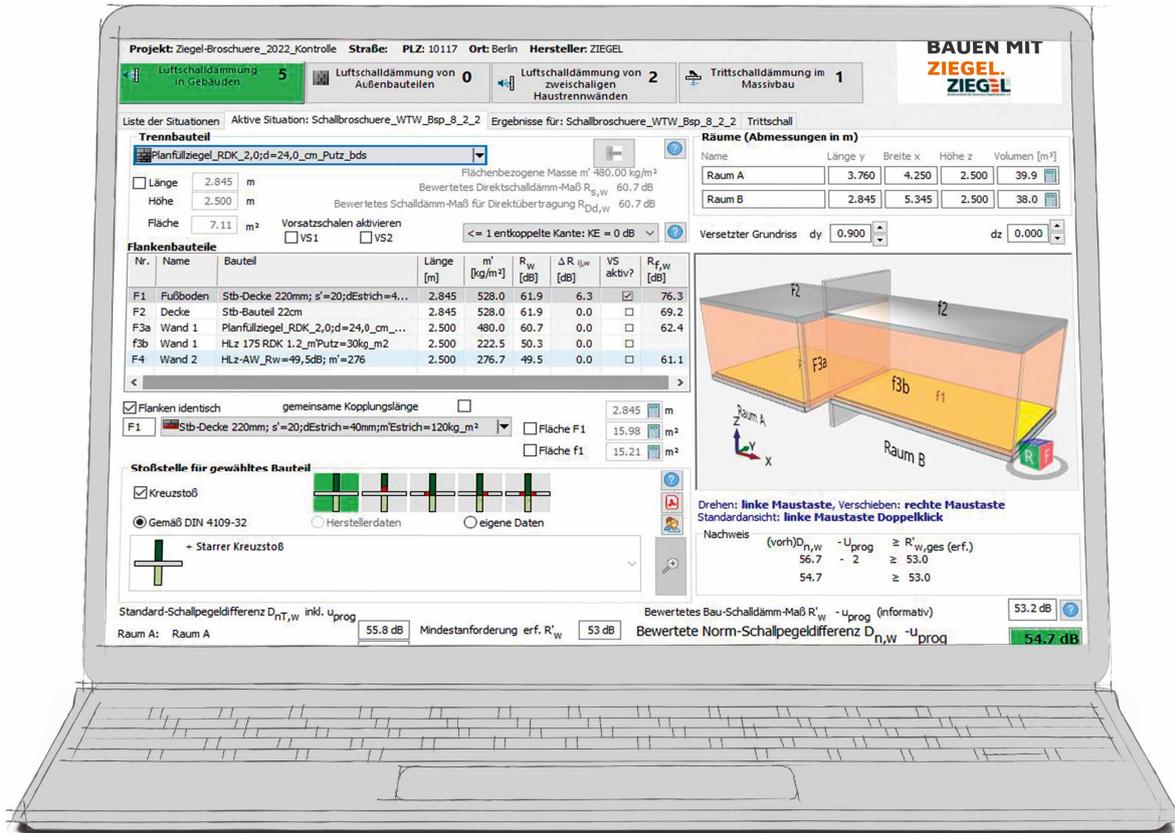


Bild 8.4: Bildschirmansicht der Übertragungssituation gemäß Bild 8.3

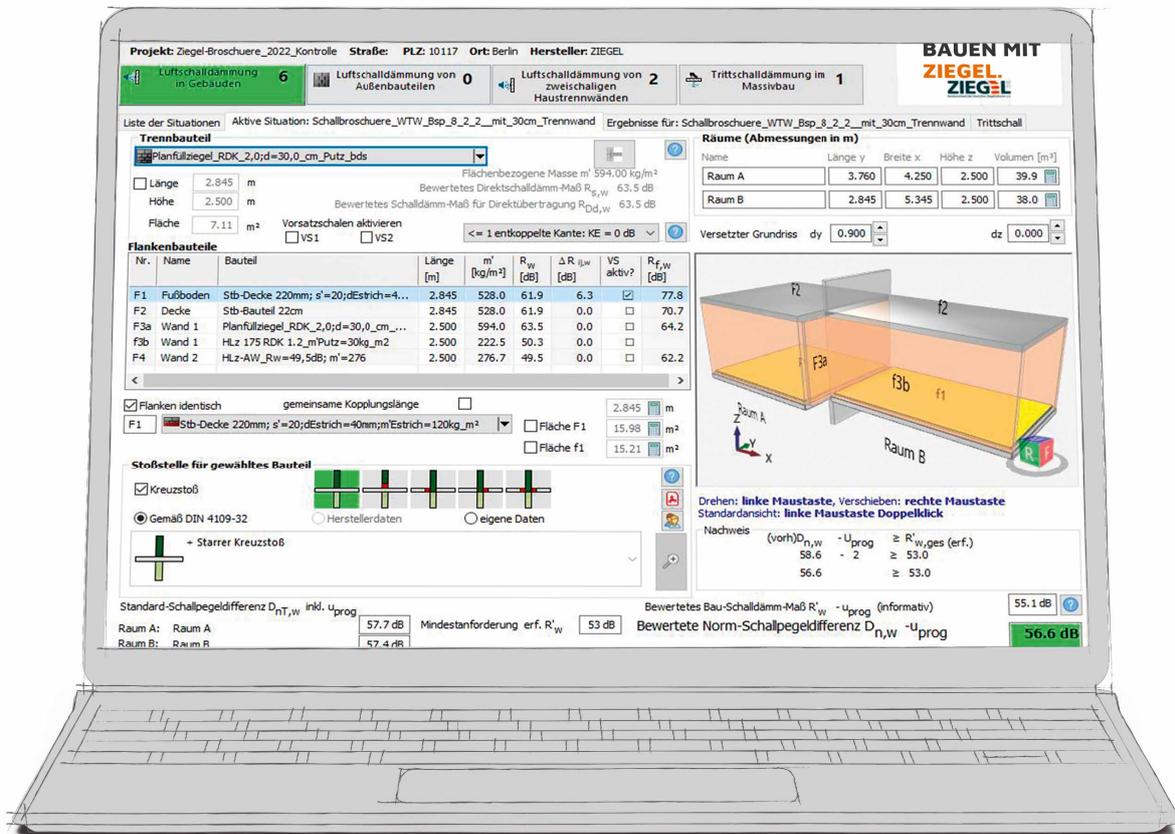


Bild 8.5: Bildschirmansicht der Übertragungssituation gemäß Bild 8.3 bei Erfüllung der erhöhten Anforderungen gemäß DIN 4109-5 [2]

Die beiden Bilder links zeigen die Bildschirmansicht der Ziegel Bauakustiksoftware *Modul Schall 4.0*, in der die wichtigsten Berechnungsergebnisse angezeigt werden.

Zu Bild 8.4:

Der Vergleichswert aus bewerteter Norm-Schallpegeldifferenz inklusive des Sicherheitsbeiwertes $u_{\text{prog}} = 2$ dB beträgt

$$D_{n,w} - u_{\text{prog}} = 54,7 \text{ dB.}$$

Zu Bild 8.5:

In diesem Beispiel erreicht man durch die Verwendung von gemessenen Stoßstellendämm-Maßen eine geringfügige Verbesserung des Gesamtergebnisses R'_w bzw. $D_{n,w}$. Eine Erhöhung der Direktschalldämmung des trennenden Bauteils ist erforderlich, wodurch sich die Flankendämmung an der Stoßstelle 1 verbessert.

Eine wirksame Erhöhung der Schalldämmung in derartigen Raumsituationen kann beispielsweise durch die Verwendung einer Wohnungstrennwand mit einer Dicke von 300 mm erreicht werden. Damit lässt sich eine bewertete Norm-Schallpegeldifferenz inklusive des Sicherheitsbeiwertes von $D_{n,w} - u_{\text{prog}} = 56,6$ dB erzielen (Bild 8.5).

Durch diese Maßnahme wird die erhöhte Anforderung an das bewertete Luftschalldämm-Maß der Wohnungstrennwand gemäß DIN 4109-5 von erforderlich $R'_w = 56,0$ dB eingehalten.

8.2.3 Trittschalldämmung der Geschossdecke

Die Trittschalldämmung der Geschossdecke wird beispielhaft für das OG-Zimmer gemäß Bild 8.10 berechnet. Der Aufbau der Geschossdecke ist in Tabelle 8.1 beschrieben.

Die flächenbezogene Masse m' der Stahlbeton-Geschossdecke beträgt gemäß Gl. (5.1)

$$m'_{\text{Decke}} = 0,22 \text{ m} \cdot 2.400 \text{ kg/m}^3 = 528 \text{ kg/m}^2.$$

Der äquivalente bewertete Norm-Trittschallpegel der Rohdecke errechnet sich nach Gl. (4.16) aus der flächenbezogenen Masse der Rohdecke zu:

$$L_{n,\text{eq},0,w} = 164 - 35 \cdot \lg(528) = 68,7 \text{ dB.}$$

Hiervon ist die bewertete Trittschallminderung ΔL_w abzuziehen. Der Zement-Estrich mit 60 mm Dicke weist gemäß Gl. (5.1) folgendes Flächengewicht auf:

$$m'_{\text{Estrich}} = 0,06 \text{ m} \cdot 2.000 \text{ kg/m}^3 = 120 \text{ kg/m}^2.$$

Die dynamische Steifigkeit s' einer 35 mm EPS Trittschalldämmplatte mit einer Zusammendrückbarkeit von 2 mm beträgt laut Herstellerangabe $s' \leq 20 \text{ MN/m}^3$. Nach Bild 4.13 ist die Trittschallminderung $\Delta L_w > 29$ dB abzulesen bzw. gemäß Gl. (4.17) zu berechnen:

$$\Delta L_w = 13 \cdot \lg(m'_{\text{Estrich}}) - 14,2 \cdot \lg(s') + 20,8 \text{ [dB]}$$

$$\Delta L_w = 13 \cdot \lg(120) - 14,2 \cdot \lg(20) + 20,8 \text{ [dB]}$$

$$\Delta L_w = 29,4 \text{ dB}$$

Der Einfluss der flankierenden Übertragung kann aus der flächenbezogenen Masse der zwei Außenwände sowie der Innenwände (auf der sicheren Seite liegend) wie folgt berechnet werden:

Tabelle 8.4: Einfluss der flankierenden Übertragung

Zeile	Bauteil	Flächenbezogene Masse m' [kg/m ²]	mittlere flächenbezogene Masse m'_{mittel} [kg/m ²]
1	Planfüllziegel	480	
2	Innenwand	222	
3	Außenwand	276	
4	Außenwand	276	
Summe:		1.254	/4 = 314

Nach Gl. (4.22) ergibt sich ein Korrekturwert $K = 1,8$ dB auf den Trittschallpegel.

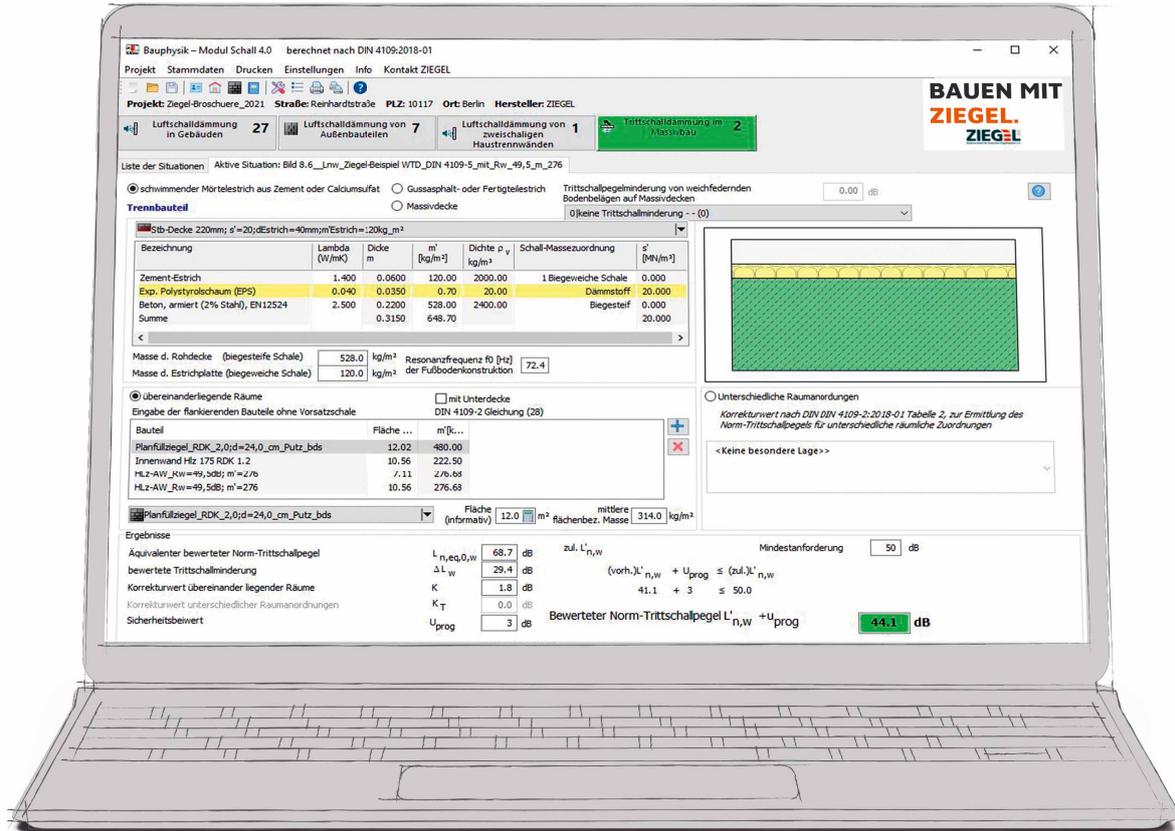


Bild 8.6: Bildschirmansicht der Berechnung der Trittschalldämmung

Der bewertete Norm-Trittschallpegel $L'_{n,w}$ errechnet sich gemäß Gl. (4.15) zu:

$$L'_{n,w} = L_{n,eq,0,w} - \Delta L_w + K$$

$$L'_{n,w} = 68,7 - 29,4 + 1,8 = 41,1 \text{ dB}$$

Zu diesem Wert ist ein Sicherheitsbeiwert von $u_{prog} = 3,0 \text{ dB}$ zu addieren. Dieser Vergleichswert ist mit der Anforderung zu vergleichen:

$$L'_{n,w} + u_{prog} \leq \text{zulässig } L'_{n,w}$$

Die Anforderung an den erhöhten Schallschutz gemäß DIN 4109-5 [2] von Wohnungstrenndecken in Mehrfamilienhäusern und in gemischt genutzten Gebäuden beträgt zulässig $L'_{n,w} = 45 \text{ dB}$.

$$41,1 \text{ dB} + 3,0 \text{ dB} = 44,1 \text{ dB} \leq \text{zulässig } L'_{n,w} = 45 \text{ dB}$$

Der errechnete bewertete Norm-Trittschallpegel inklusive des Sicherheitsbeiwertes erfüllt die Anforderungen an den erhöhten Schallschutz gemäß DIN 4109-5 [2] von zulässig $L'_{n,w} = 45 \text{ dB}$.

8.3 Schalldämmung einer zweischaligen Haustrennwand

8.3.1 Zweischalige Haustrennwand - unterkellertes Gebäude mit durchlaufender Bodenplatte (Fugenbreite 30 mm)

Durch Anwendung des Bemessungsverfahrens nach DIN 4109-2 [4] kann die Luftschalldämmung zweischaliger Haustrennwände auch für Bausituationen im Erdgeschoss ohne Unterkellerung bzw. bei Ausführungen mit unvollständiger Trennung der Wandscheiben bestimmt werden.

In Abhängigkeit der Geschosslage und der Art der Fundamentausbildung gemäß Bild 4.10 werden die Zuschlagswerte $\Delta R_{w,Tr}$ aus Tabelle 4.5 angewandt. Weiterhin ist der Korrekturwert K zum Einfluss der Flankenübertragung nach Gl. (4.13) zu ermitteln. Dazu müssen die flächenbezogenen Massen der flankierenden Bauteile in den einzelnen Geschossen berechnet werden.

Die zu bewertende Haustrennwand ist wie folgt aufgebaut:

2 · 175 mm HLz – RDK 1,4, raumseitig je 12 kg/m² Putz, Schalenabstand 30 mm mit Mineralwollplatte Typ WTH gefüllt.

Die flächenbezogene Masse $m'_{Tr,ges}$ ergibt sich nach Gl. (5.1) bzw. Gl. (5.4) zu:

$$2 \cdot 0,175 \text{ m} \cdot (1.400 - 100) \text{ kg/m}^3 + 2 \cdot 0,012 \text{ m} \cdot 1.000 \text{ kg/m}^3 = 480 \text{ kg/m}^2$$

Das bewertete Schalldämm-Maß $R'_{w,1}$ der zweischaligen Haustrennwand in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse $m'_{Tr,ges} = 480 \text{ kg/m}^2$ wird gemäß Gl. (4.11) bestimmt:

$$R'_{w,1} = 28 \cdot \lg(480) - 18 = 57,0 \text{ dB}$$

Die flankierenden Bauteile haben die in Tabelle 8.5 genannten Aufbauten:

Flankierendes Bauteil		Material	Rohdichteklasse	Dicke	Flächenbezogene Masse inkl. Putz
Bezeichnung	Kurzbezeichnung			[m]	[kg/m ²]
Außenwand	AW	HLz	0,8	0,365	306
Innenwand	IW	HLz	0,8	0,115	110
Geschossdecke	Decke	Stahlbeton	2,5	0,180	432

Es ergeben sich durch Anwendung von Gl. (4.12) folgende mittlere flächenbezogene Massen der flankierende Bauteile in den Geschossen:

$$\text{DG: } m'_{\text{mittel}} = 110 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{KG, EG und OG: } m'_{\text{mittel}} = 1/3 \cdot (306 + 110 + 432) = 283 \text{ kg/m}^2$$

Die flächenbezogene Masse der Summe beider Schalen der zweischaligen Haustrennwand beträgt $m'_{Tr,ges} = 480 \text{ kg/m}^2$. Die flächenbezogene Masse der raumseitigen Schale der zweischaligen Haustrennwand beträgt $m'_{Tr,1} = 240 \text{ kg/m}^2$.

Gemäß Gl. (4.13) ergeben sich folgende Korrekturwerte K zur Berücksichtigung der flankierenden Schallübertragung:

Tabelle 8.6: Korrekturwerte K zur Berücksichtigung der flankierenden Schallübertragung (gemäß DIN 4109-2 [4], 4.2.3.2)

Geschoss(e)	mittlere flächenbezogene Masse der Flanken m'_{mittel} [kg/m ²]	$m'_{Tr,1}$ [kg/m ²]	Ermittlung Korrekturwert K gemäß Gl. (4.13)	
			Vergleich	K [dB]
DG	110	240	$m'_{Tr,1} \geq m'_{\text{mittel}}$	2,5
KG, EG, OG	283		$m'_{Tr,1} < m'_{\text{mittel}}$	0

Nach Anwendung von Gl. (4.10):

$$R'_{w,2} = R'_{w,1} + \Delta R_{w,Tr} - K \text{ [dB]}$$

ergeben sich die auf der folgenden Seite in Tabelle 8.7 gezeigten Ergebnisse.

Tabelle 8.7: Zweischaligkeitszuschläge, Korrekturen und Vergleichswerte der Schalldämmung eines unterkellerten Gebäudes

Geschosslage	Skizze Vertikalschnitt	Flankierende Bauteile		Akustische Kennwerte	Bemerkungen
		zu berücksichtigen als Flanke	mittlere flächenbezogene Masse m' [kg/m ²]		
Dachgeschoss Trennwand mit vollständiger Trennung, Dachkonstruktion mit Schott getrennt		IW	110 ²⁾	$D_{n,f,w} = 75,0$ dB	Kapitel 7.1.1.4, Tabelle 7.4
				$\Delta R_{w,Tr} = 12,0$ dB	Kapitel 4.3.1, Tabelle 4.1, Zeile 1
				$K = 2,5$ dB	Gl. (4.13)
				$R'_{w,2} = 66,5$ dB	
Obergeschoss Trennwand mit vollständiger Trennung		AW, IW, Decke	283 ¹⁾	$\Delta R_{w,Tr} = 12,0$ dB	Kapitel 4.3.1, Tabelle 4.1, Zeile 1
				$K = 0,0$ dB	Gl. (4.13)
				$R'_{w,2} = 69,0$ dB	
Erdgeschoss Trennwand mit vollständiger Trennung		AW, IW, Decke	283 ¹⁾	$\Delta R_{w,Tr} = 12,0$ dB	Kapitel 4.3.1, Tabelle 4.1, Zeile 1
				$K = 0,0$ dB	Gl. (4.13)
				$R'_{w,2} = 69,0$ dB	
Kellergeschoss Trennwand auf durchgehender Bodenplatte mit/ ohne Fundament		AW, IW, Decke	283	$\Delta R_{w,Tr} = 6,0$ dB	Kapitel 4.3.1, Tabelle 4.1, Zeile 2
				$K = 0,0$ dB	Gl. (4.13)
				$R'_{w,2} = 63,0$ dB	
				$R'_{w,2} - u_{prog} = 61,0$ dB	

¹⁾ Fußboden mit schwimmendem Estrich bleibt bei der Ermittlung der mittleren flächenbezogenen Masse der flankierenden Bauteile unberücksichtigt.

²⁾ Dach- und Leichtkonstruktionen bleiben unberücksichtigt.

In den Geschossen EG und OG wird die Anforderung für einen erhöhten Schallschutz gemäß DIN 4109-5 [2] von erforderlich $R'_w = 67$ dB eingehalten.

Wenn auch im KG bzw. DG die erhöhten Anforderungen eingehalten werden sollen, so kann dieses beispielsweise durch die Erhöhung der flächenbezogenen Masse der Trennwand, durch Erhöhung der Dicke der Trennfuge bzw. durch Erhöhung der flächenbezogenen Masse der flankierenden Bauteile erreicht werden.

Hinweis:

Zur Vermeidung einer weiteren Reduzierung des Prognosewertes für das DG ist der Einfluss der flankierenden Schallübertragung über die Dachkonstruktion gemäß Kapitel 4.4.7 in Verbindung mit Tabelle 7.4 aus Kapitel 7.1.1.4 zu prüfen.

8.3.2 Zweischalige Haustrennwand – unterkellertes Gebäude mit durchlaufender Bodenplatte (Fugenbreite 50 mm)

Die zu bewertende zweischalige Haustrennwand hat den Aufbau wie unter Kapitel 8.3.1:

Flächenbezogene Masse $m'_{\text{Tr,ges}} = 480 \text{ kg/m}^2$, aber der Schalenabstand beträgt 50 mm.

Es resultiert ein bewertetes Schalldämm-Maß $R'_{w,1}$ in Abhängigkeit der flächenbezogenen Masse $m'_{\text{Tr,ges}} = 480 \text{ kg/m}^2$: $R'_{w,1} = 57,0 \text{ dB}$.

Die flankierenden Bauteile haben die in Tabelle 8.8 genannten Aufbauten:

Flankierendes Bauteil		Material	Rohdichteklasse	Dicke [m]	Flächenbezogene Masse inkl. Putz [kg/m ²]
Bezeichnung	Kurzbezeichnung				
Außenwand	AW	HLz	0,8	0,365	306
Innenwand	IW	HLz	1,2	0,115	157
Geschossdecke	Decke	Stahlbeton	2,5	0,180	432

Es ergeben sich durch Anwendung von Gl. (4.12) folgende mittlere flächenbezogene Massen der flankierende Bauteile in den Geschossen:

$$\text{DG: } m'_{\text{mittel}} = 157 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{KG, EG und OG: } m'_{\text{mittel}} = 1/3 \cdot (306 + 157 + 432) = 298 \text{ kg/m}^2$$

Die flächenbezogene Masse der Summe beider Schalen der zweischaligen Haustrennwand beträgt $m'_{\text{Tr,ges}} = 480 \text{ kg/m}^2$. Die flächenbezogene Masse der raumseitigen Schale der zweischaligen Haustrennwand beträgt $m'_{\text{Tr,1}} = 240 \text{ kg/m}^2$.

Gemäß Gl. (4.13) ergeben sich folgende Korrekturwerte K zur Berücksichtigung der flankierenden Schallübertragung:

Tabelle 8.9: Korrekturwerte K zur Berücksichtigung der flankierenden Schallübertragung (gemäß DIN 4109-2 [4], 4.2.3.2)

Geschoss(e)	mittlere flächenbezogene Masse der Flanken m'_{mittel} [kg/m ²]	$m'_{\text{Tr,1}}$ [kg/m ²]	Ermittlung Korrekturwert K gemäß Gl. (4.13)	
			Vergleich	K [dB]
DG	157	240	$m'_{\text{Tr,1}} \geq m'_{\text{mittel}}$	1,6
KG, EG, OG	298		$m'_{\text{Tr,1}} < m'_{\text{mittel}}$	0

Nach Anwendung von Gl. (4.10):

$$R'_{w,2} = R'_{w,1} + \Delta R_{w,\text{Tr}} - K \text{ [dB]}$$

ergeben sich die auf der folgenden Seite in Tabelle 8.10 gezeigten Ergebnisse.

Tabelle 8.10: Zweischaligkeitszuschläge, Korrekturen und Vergleichswerte der Schalldämmung eines unterkellerten Gebäudes

Geschosslage	Skizze Vertikalschnitt	Flankierende Bauteile		Akustische Kennwerte	Bemerkungen
		zu berücksichtigen als Flanke	mittlere flächenbezogene Masse m' [kg/m ²]		
Dachgeschoss Trennwand mit vollständiger Trennung, Dachkonstruktion mit Schott getrennt		IW	157 ²⁾	$D_{n,f,w} = 75,0$ dB	Kapitel 7.1.1.4, Tabelle 7.4
				$\Delta R_{w,Tr} = 12,0$ dB	Kapitel 4.3.1, Tabelle 4.1, Zeile 1
				$K = 1,6$ dB	Gl. (4.13)
				$R'_{w,2} = 69,4$ dB ³⁾	
				$R'_{w,2} - u_{prog} = 67,4$ dB	
Obergeschoss Trennwand mit vollständiger Trennung		AW, IW, Decke	298 ¹⁾	$\Delta R_{w,Tr} = 12,0$ dB	Kapitel 4.3.1, Tabelle 4.1, Zeile 1
				$K = 0,0$ dB	Gl. (4.13)
				$R'_{w,2} = 71,0$ dB ³⁾	
				$R'_{w,2} - u_{prog} = 69,0$ dB	
Erdgeschoss Trennwand mit vollständiger Trennung		AW, IW, Decke	298 ¹⁾	$\Delta R_{w,Tr} = 9,0$ dB	Kapitel 4.3.1, Tabelle 4.1, Zeile 1
				$K = 0,0$ dB	Gl. (4.13)
				$R'_{w,2} = 68,0$ dB ³⁾	
				$R'_{w,2} - u_{prog} = 66,0$ dB	
Kellergeschoss Trennwand auf durchgehender Bodenplatte mit/ ohne Fundament Kelleraußenwände durchgehend		AW, IW, Decke	298	$\Delta R_{w,Tr} = 3,0$ dB	Kapitel 4.3.1, Tabelle 4.1, Zeile 2
				$K = 0,0$ dB	Gl. (4.13)
				$R'_{w,2} = 60,0$ dB	
				$R'_{w,2} - u_{prog} = 58,0$ dB	

¹⁾ Fußboden mit schwimmendem Estrich bleibt bei der Ermittlung der mittleren flächenbezogenen Masse der flankierenden Bauteile unberücksichtigt.

²⁾ Dach- und Leichtkonstruktionen bleiben unberücksichtigt.

³⁾ Das bewertete Schalldämm-Maß wurde gemäß DIN 4109-2 [4], Tabelle 1, Fußnote c um 2 dB für dieses Geschoss erhöht, da der Schalenabstand 50 mm beträgt.

In den Geschossen OG und DG wird die Anforderung für einen erhöhten Schallschutz gemäß DIN 4109-5 [2] von erforderlich $R'_w = 67$ dB eingehalten.

Sofern bauakustische Anforderungen an den Schallschutz im KG bestehen, ist eine Trennwandkonstruktion mit einer höheren flächenbezogenen Masse zu wählen, da aufgrund der weißen Wanne im KG der Mindestschallschutz von erforderlich $R'_w = 59$ dB nicht erreicht wird.

Wenn auch im EG die erhöhten Anforderungen eingehalten werden sollen, so kann dieses beispielsweise durch die Erhöhung der flächenbezogenen Masse der Trennwand erreicht werden.

Das Bild 8.7 zeigt die Zusammenstellung der geschossabhängigen Eingaben sowie die dazugehörigen Ergebnisse für das Beispiel des Nachweises der zweischaligen Haustrennwand.

Hinweis:
Zur Vermeidung einer weiteren Reduzierung des Prognosewertes für das DG ist der Einfluss der flankierenden Schallübertragung über die Dachkonstruktion gemäß Kapitel 4.4.7 in Verbindung mit Tabelle 7.4 aus Kapitel 7.1.1.4 zu prüfen.

Wird die zuvor beschriebene gleiche Haustrennwand in einer Reihenhauszeile mit gemeinsamer Unterkellerung in Form einer sogenannten weißen Wanne aus Stahlbeton eingesetzt, ergeben sich sowohl im Kellergeschoss als auch im Erdgeschoss abweichende, d. h. geringere Zweischaligkeitszuschläge (vergleiche Bild 8.8).

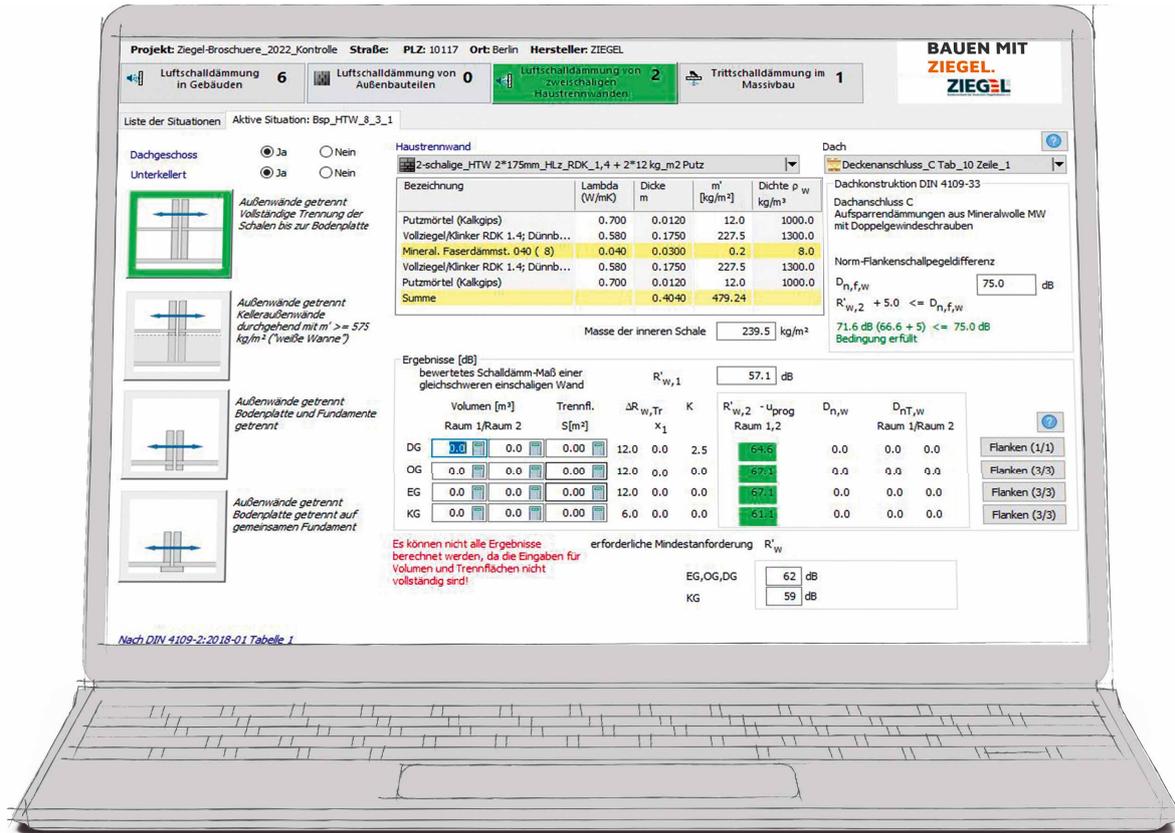


Bild 8.7: Bildschirmansicht der Haustrennwandsituation mit Darstellung der geschossabhängigen Zweiseitigkeitszuschläge und Korrekturwerte für ein unterkellertes Gebäude

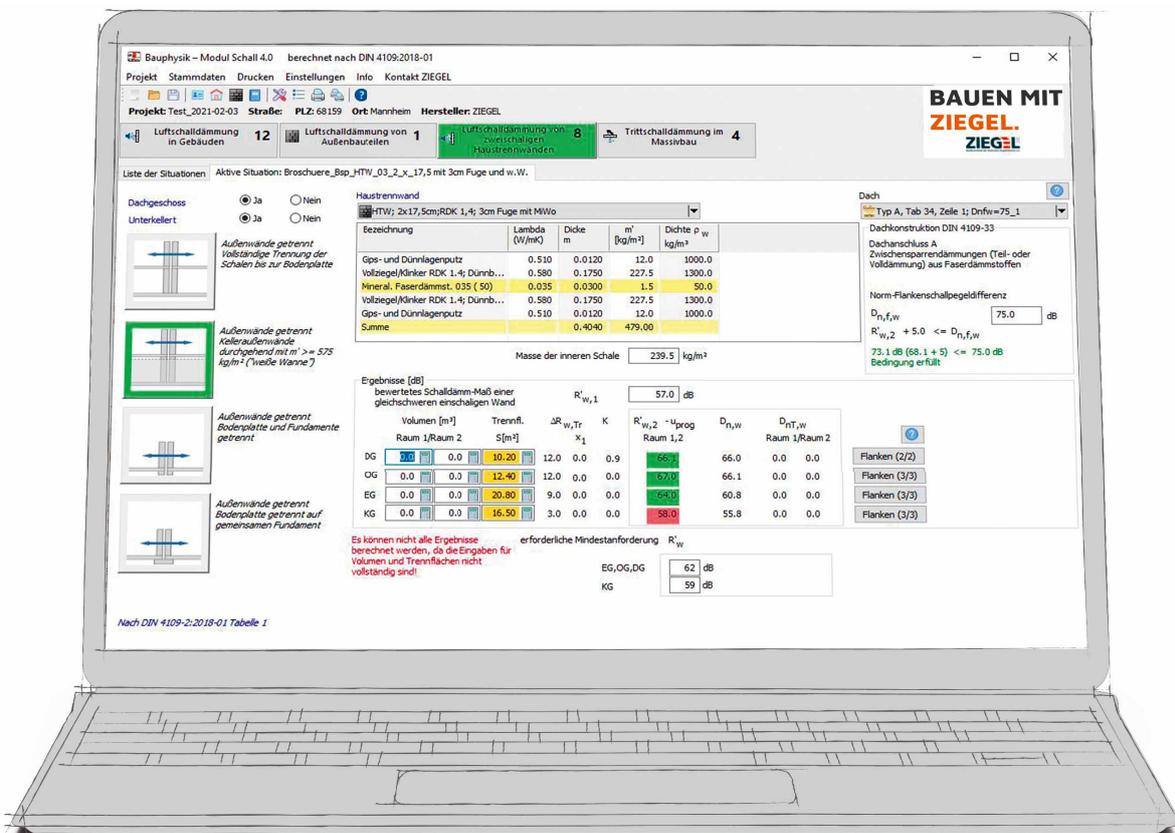


Bild 8.8: Bildschirmansicht der Haustrennwandsituation mit Darstellung der geschossabhängigen Zweiseitigkeitszuschläge und Korrekturwerte für Gebäude mit weißer Wanne

8.4 Allgemeines Bemessungsbeispiel zur Erläuterung des Prognoseverfahrens nach DIN 4109-2

Anhand des folgenden Beispiels werden die allgemeinen Rechenschritte für einen bauakustischen Nachweis nach DIN 4109-2 [4] in Verbindung mit DIN 4109-32 [12] ff für eine Wohnungstrenndecke dargestellt. Es wird gezeigt, wie verschiedene Stoßstellendämm-Maße aus den gegebenen Konstruktionsparametern des trennenden Bauteils und der flankierenden Bauteile berechnet werden. Des Weiteren wird erläutert, wie der Einfluss der Schall-Längsdämmung eines flankierenden Bauteils des Leichtbaus zu handhaben ist.

Es wurde für dieses Beispiel eine Grundrissanordnung gewählt, bei der zwischen dem Trennbauteil und den vier flankierenden Bauteilen insgesamt zwischen Massivbauteilen zwei T-Stöße und ein Kreuzstoß vorhanden sind sowie ein Kreuzstoß zwischen Trenndecke und einer Leichtbau-Wand ausgebildet ist.

Die Bauteilaufbauten sind in Tabelle 8.11 beschrieben. Das Außenmauerwerk besteht aus einem hochwärmedämmenden monolithischen Hochlochziegel der Dicke 365 mm. Die Ermittlung des bewerteten Bau-Schalldämm-Maßes R'_w erfolgt mit einem auf den mittleren Verlustfaktor am Bau bezogenen bewerteten Schalldämm-Maß für den Außenwandziegel von $R_{w,Bau,ref} = 49,5$ dB.

Dieser Wert wird von zahlreichen Produkten von dämmstoffgefüllten Außenwandziegeln erreicht. Üblicherwei-

se werden die schalltechnischen rechnerischen Nachweise bei Konstruktionen mit hochwärmedämmenden monolithischen Außenwandziegeln mit Prüfwerten des Direkt-Schalldämm-Maßes ($R_{w,Bau,ref}$) sowie der Stoßstellendämm-Maße geführt.

In dem im folgenden dargestellten Beispiel werden für den T-Stoß zwischen Trenndecke und Außenwand Stoßstellendämm-Maße verwendet, die aus den flächenbezogenen Massen durch Anwendung der normativen Formeln ermittelt wurden (vergleiche auch Kapitel 5.3). Ausführungen im Kapitel 7.1.1 zeigen, dass mit diesen errechneten Stoßstellendämm-Maßen eher konservative Ergebnisse ermittelt werden, da die durch Prüfungen ermittelten Stoßstellendämm-Maße in der Regel über den Rechenwerten liegen.

Die Stoßstellendämm-Maße zwischen der massiven Trenndecke und den massiven Ziegel-Innenwänden und die Direkt-Schalldämm-Maße R_w der Wände werden normgemäß aus den flächenbezogenen Massen ermittelt.

Für die flankierende Innenwand in Leichtbauweise wird ebenso das normativ vorgesehene Verfahren angewendet, bei dem die Schall-Längsübertragung über die Norm-Flankenschallpegeldifferenz $D_{n,f,w}$ erfasst wird. Das Direkt-Schalldämm-Maß R_w der Leichtbau-Trennwand ist dabei für die Berechnung als flankierendes Bauteil von untergeordneter Bedeutung. Das Beispiel zeigt, dass mit den gewählten Konstruktionen die Anforderung an den erhöhten Schallschutz für Wohnungstrenndecken in Höhe von erforderlich $R'_w = 57$ dB gemäß DIN 4109-5 [2] erfüllt wird.

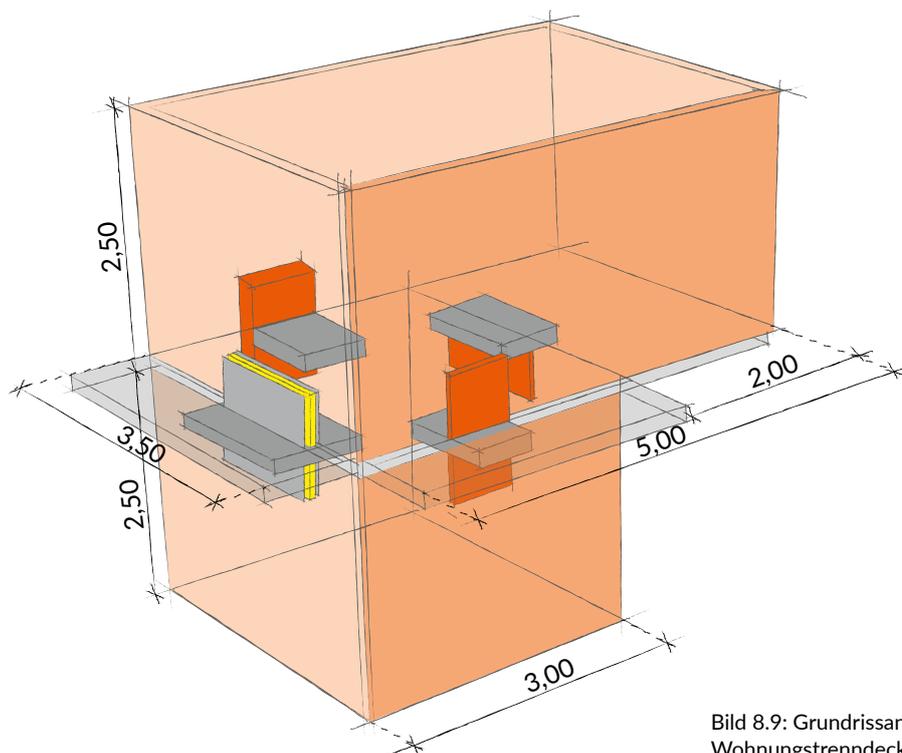


Bild 8.9: Grundrissanordnung Bemessungsbeispiel Wohnungstrenndecke (Maßangaben in m)

Tabelle 8.11: Bauteilaufbauten

Bauteil	Funktion, Beschaffenheit	Dicke [m]	ρ_R [kg/m ³]	m^1_{Schicht} [kg/m ²]	m^1_{Bauteil} [kg/m ²]	ΔR_w [dB]	Quelle, Bemerkung	R_w [dB]
Wohnungstrenndecke	schwimmender Zementestrich	0,060	2.000		120	6,3	Massekurve Vollziegel/Stb: $R_w = 30,9 \cdot \lg(528) - 22,2$ (siehe Gl. (5.9))	61,9
	Trittschalldämmung $s' = 20 \text{ MN/m}^3$							
	Rohdecke Stahlbeton	0,220	2.400	0	528			
Außenwand (F1)	Außenputz	0,017	700	15	276		R_w gemäß Herstellerangaben	49,5
	Hochlochziegel (RDK 0,70)	0,365	675	246				
	Innenputz	0,015	1.000	15				
Innenwand (F2)	Trockenbauwand						$D_{nf,w} = 76 \text{ dB}$ gemäß DIN 4109-33, Abschnitt 5.1.2.2, Bild 5	
Innenwand (F3)	Innenputz	0,015	1.000	15	180		Massekurve Vollziegel/Stb: $R_w = 30,9 \cdot \lg(180) - 22,2$ (siehe Gl. (5.9))	47,5
	HLz 1,4	0,115	1.300	150				
	Innenputz	0,015	1.000	15				
Innenwand (F4)	Innenputz	0,015	1.000	15	128		Massekurve Vollziegel/Stb: $R_w = 30,9 \cdot \lg(128) - 22,2$ (siehe Gl. (5.9)) Am Wandkopf zur Decke schalltechnisch entkoppelt	42,9
	HLz 0,9	0,115	850	98				
	Innenputz	0,015	1.000	15				

Tabelle 8.12: Berechnungstabelle

Ermittlung Stoßstellendämm-Maße bzw. Schall-Längsdämmung

Stoßart, Lage	Kantenlänge / der Stoßstelle [m]	Übertragungsweg	Bauteile	m' _{angeregt}	m' _{haltend}	M	Formel K_{ij} bzw. Bemerkung	Gleichung nach [12]	K_{ij} [dB]	Mindest-		
				m'	m'_{\perp}					Raum A		S_i
				[kg/m ²]						$l_{Si, a, A}$ [m]	$l_{Si, b, A}$ [m]	[m ²]
	3,00	F	AW (F1)	276	528	0,281	8,0 + 6,8 * M	Gl. (28)	9,9	5,00	2,50	12,50
		f	AW (f1)									
		F	AW (F1)	276	528	0,281	4,7 + 5,7 * M ²	Gl. (26)	5,1	5,00	2,50	12,50
		d	WTD									
		D	WTD	528	276	-0,281	4,7 + 5,7 * M ²	Gl. (26)	5,1	3,50	3,00	10,50
		f	AW (f1)									
	3,50	F	IW (F2)				DIN 4109-2:2018-01	Gl. (23)	Entfällt für diesen Schallüb über eine flankierende Norm-Flankenschall			
		f	IW (f2)				Abschnitt 4.2.4					
								DIN 4109-33:2016-07				
								Abschnitt 5.1.2.2, Bild 5				
	3,00	F	IW (F3)	180	528	0,469	9.6 + 11 * M	Gl. (31)	14,8	5,00	2,50	12,50
		f	IW (f3)									
		F	IW (F3)	180	528	0,469	5,7 + 15,4 * M ²	Gl. (29)	9,1	5,00	2,50	12,50
		d	WTD									
		D	WTD	528	180	-0,469	5,7 + 15,4 * M ²	Gl. (29)	9,1	3,50	3,00	10,50
		f	IW (f3)									
	3,50	F	WTD	528	128	-0,615	5,7 + 5,7 * M ² + ΔK _{ij}	Gl. (44)	13,9	3,50	2,00	7,00
		f	IW (f4)									
		F	WTD	528	128	-0,615	3,7 + 14,1 * M + 5,7 * M ²	Gl. (46)	-2,8	3,50	2,00	7,00
		d	WTD									
		D	WTD	528	128	-0,615	5,7 + 5,7 * M ² + ΔK _{ij}	Gl. (44)	13,9	3,50	3,00	10,50
		f	IW (f4)									

Legende: AW = Außenwand IW = Innenwand WTD = Wohnungstrenndecke

Stoßstellendämm-Maß				max. (K_{ij} , $K_{ij,min}$)	Bewertetes Flankendämm-Maß gemäß DIN 4109-2 [4], Gl. (10)
Raum B					
$l_{Sj,a,B}$ [m]	$l_{Sj,b,B}$ [m]	S_j [m ²]	$K_{ij,min}$ [dB]		$R_{ij} = \frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \cdot \lg\left(\frac{S_s}{l_o \cdot l_f}\right)$ [dB]
3,00	2,50	7,50	-1,9	9,9	$R_{Ff,1} = \frac{49,5 + 49,5}{2} + 0,0 + 9,9 + 10 \cdot \lg\left(\frac{10,5}{1,0 \cdot 3,0}\right) = 64,9$
3,50	3,00	10,50	-2,8	5,1	$R_{Fd,1} = \frac{49,5 + 61,9}{2} + 0,0 + 5,1 + 10 \cdot \lg\left(\frac{10,5}{1,0 \cdot 3,0}\right) = 66,3$
3,00	2,50	7,50	-1,6	5,1	$R_{Df,1} = \frac{61,9 + 49,5}{2} + 6,3 + 5,1 + 10 \cdot \lg\left(\frac{10,5}{1,0 \cdot 3,0}\right) = 72,6$
ertragungsweg, da die Schallübertragung Leichtbauwand mittels der bewerteten Pegeldifferenz berücksichtigt wird.					$R_{Ff,2} = D_{n,f,w} + 10 \cdot \lg\left(\frac{l_{lab}}{l_f}\right) + 10 \cdot \lg\left(\frac{S_s}{A_o}\right)$
					$R_{Ff,2} = 76,0 + 10 \cdot \lg\left(\frac{4,5}{3,5}\right) + 10 \cdot \lg\left(\frac{10,5}{10,0}\right) = 77,3$
3,00	1,50	4,50	-1,9	14,8	$R_{Ff,3} = \frac{47,5 + 47,5}{2} + 0,0 + 14,8 + 10 \cdot \lg\left(\frac{10,5}{1,0 \cdot 3,0}\right) = 67,6$
3,50	3,00	10,50	-2,8	9,1	$R_{Fd,3} = \frac{47,5 + 61,9}{2} + 0,0 + 9,1 + 10 \cdot \lg\left(\frac{10,5}{1,0 \cdot 3,0}\right) = 69,2$
3,00	1,50	4,50	-1,6	9,1	$R_{Df,3} = \frac{61,9 + 47,5}{2} + 6,3 + 9,1 + 10 \cdot \lg\left(\frac{10,5}{1,0 \cdot 3,0}\right) = 75,5$
5,00	2,50	12,50	-0,5	13,9	$R_{Ff,4} = \frac{61,9 + 42,9}{2} + 6,3 + 13,9 + 10 \cdot \lg\left(\frac{10,5}{1,0 \cdot 3,5}\right) = 77,3$
3,50	3,00	10,50	-0,8	-0,8	$R_{Fd,4} = \frac{61,9 + 61,9}{2} + 6,3 + -0,8 + 10 \cdot \lg\left(\frac{10,5}{1,0 \cdot 3,5}\right) = 72,1$
5,00	2,50	12,50	-1,3	13,9	$R_{Df,4} = \frac{61,9 + 42,9}{2} + 6,3 + 13,9 + 10 \cdot \lg\left(\frac{10,5}{1,0 \cdot 3,5}\right) = 77,3$
					$R'_w = 59,2$

Bestimmung der Resonanzfrequenz f_0 aus $m'_{Rohdecke}$ und $m'_{Estrich}$:

$$f_0 = 160 \cdot \sqrt{20 \cdot \left(\frac{1}{528} + \frac{1}{120}\right)}$$

$$= 72,4 \text{ [Hz]}$$

→ Bestimmung ΔR_w aus f_0 :

$$\Delta R_w = 74,4 - 20 \cdot \log(f_0) - 0,5 \cdot R_w$$

$$\Delta R_w = 74,4 - 20 \cdot \log(72,4) - 0,5 \cdot 61,9$$

$$\rightarrow \Delta R_w = 6,3 \text{ [dB]}$$

Tabelle 8.13: Bauakustischer Nachweis

Vergleichswert		Anforderung
$R'_w - u_{prog}$		erf. R'_w
59,2 - 2,0	≥	57,0 dB

Die erhöhten Anforderungen gemäß DIN 4109-5 sind erfüllt.

8.5 Schutz gegen Außenlärm

Für den im Bild 8.10 dargestellten Wohnraum wird der Nachweis zum Schutz gegen Außenlärm geführt.

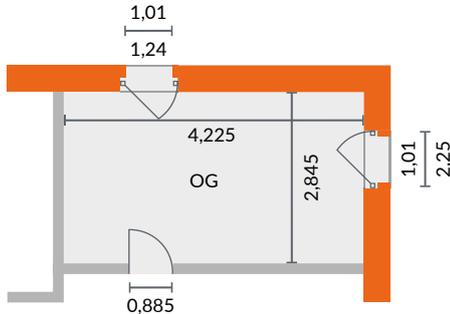


Bild 8.10: Grundriss des zu betrachtenden Eckraumes (Maßangaben in m)

Der Raum ist 2,845 m breit, 4,225 m lang und 2,50 m hoch. Die Grundfläche beträgt:

$$S_G = 4,225 \text{ m} \cdot 2,845 \text{ m} \rightarrow S_G = 12,0 \text{ m}^2$$

In der kürzeren Außenwand (Bauteil Wand 5) ist ein Fenster der Größe 1,01 m · 2,25 m vorhanden.

Das Fenster in der längeren Außenwand (Bauteil Wand 1) hat eine Größe von 0,885 m · 1,40 m.

Zusätzlich ist in dieser Außenwand ein schallgedämmer Lüfter vorhanden. An beiden Fenstern ist jeweils ein Rollläden in der schalltechnischen Bemessung zu berücksichtigen.

Im Bild 8.11 sind die maßgeblichen Außenlärmpegel der beiden Fassaden angegeben.

An der Wand 1 liegt ein Pegel von $L_{a,1} = 70 \text{ dB}$ an. An der kürzeren Außenwand (Wand 5) beträgt der maßgebliche Außenlärmpegel $L_{a,5} = 68 \text{ dB}$.

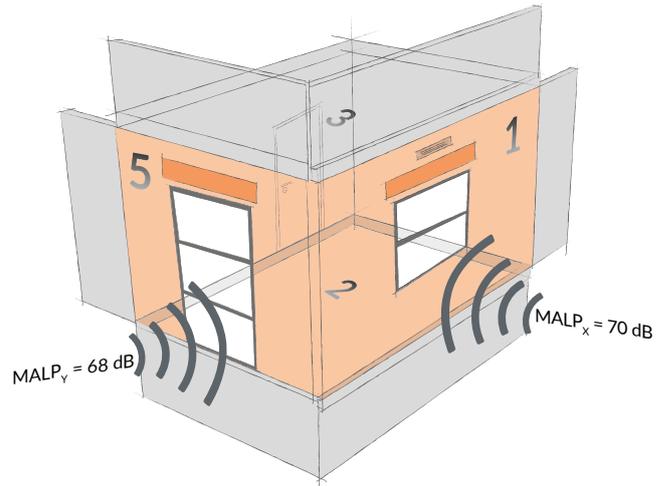


Bild 8.11: Außenansicht des Eckraumes mit anliegenden maßgeblichen Außenlärmpegeln

Die Anforderung an die gesamten bewerteten Bauschalldämm-Maße $R'_{w,ges}$ der Außenbauteile von schutzbedürftigen Räumen errechnet sich aus dem vorhandenen maßgeblichen Außenlärmpegel L_a und dem Korrekturwert $K_{Raumart}$, der die Art der Raumnutzung beschreibt, gemäß Gl. (3.1):

$$R'_{w,ges} = L_a - K_{Raumart}$$

Der maßgebliche Außenlärmpegel beträgt $L_a = 70 \text{ dB}$.

Für Aufenthaltsräume in Wohnungen gilt $K_{Raumart} = 30 \text{ dB}$.

$$\rightarrow R'_{w,ges} = 70 \text{ dB} - 30 \text{ dB} \rightarrow R'_{w,ges} = 40 \text{ dB}$$

DIN 4109-1 [1], Abschnitt 7.1, Gl. (6) (vergleiche Kapitel 3.2.2 und 4.6.2)

An den Fassadenflächen liegen unterschiedliche Lärmpegel an. Für die Fassaden, die vom maximal vorliegenden maßgeblichen Außenlärmpegel abweichen, wird der Korrekturwert K_{LPB} aus der Differenz aus maximalem maßgeblichen Außenlärmpegel und an der betrachteten Fassade anliegenden maßgeblichen Außenlärmpegel berechnet.

$$K_{LPB} = L_{a,1} - L_{a,5} \rightarrow K_{LPB} = 70 \text{ dB} - 68 \text{ dB} \rightarrow K_{LPB} = 2 \text{ dB}$$

Alle Schalldämm-Maße der Bauteile/Elemente der Fassade 5 erhalten eine Korrektur von $K_{LPB} = +2 \text{ dB}$.

DIN 4109-2 [4], 4.4.1 (vergleiche Kapitel 4.6.2)

Tabelle 8.15: Übersicht Geometrie, Schalldämmung und Einwirkungen

Bauteil			Fassade gemäß Bild 8.11	
			1	5
Einzelflächen Fassade		[m ²]	4,225 · 2,50 = 10,56	2,845 · 2,50 = 7,11
Gesamtfläche Außenbauteile	S_s	[m ²]	17,67	17,67
HLz-Außenwand (ohne Fenster, Rollladenkasten und Lüfter)	S_i	[m ²]	10,56 - 1,24 - 0,38 - 0,02 = 8,92	7,11 - 2,27 - 0,38 = 4,46
	R_w	[dB]	49,5	49,5
Fenster	S_i	[m ²]	1,01 · 1,24 = 1,25	1,01 · 2,25 = 2,27
	R_w	[dB]	39	39
Rollladen	S_i	[m ²]	1,25 · 0,30 = 0,38	1,25 · 0,30 = 0,38
	R_w	[dB]	49	49
Lüfter	S_i	[m ²]	0,15 · 0,15 = 0,02	-
	$D_{n,e,w}$	[dB]	49	-
Maßgeblicher Außenlärmpegel	$L_{a,i}$	[dB]	70	68

Tabelle 8.16: Ermittlung der bezogenen bewerteten Schalldämm-Maße $R_{e,i,w}$

Bauteil/Element	$R_{i,w}$ [dB]	+		(S_s / S_i)	+	K_{LPB} [dB]	=	$R_{e,i,w}^{1)}$ [dB]
Außenwand 1	49,5	+	$10 \cdot \lg$	(17,67 / 8,92)	+	0	=	52,5
Fenster Wand 1	39,0	+	$10 \cdot \lg$	(17,67 / 1,25)	+	0	=	50,5
Rollladen Wand 1	49,0	+	$10 \cdot \lg$	(17,67 / 0,38)	+	0	=	65,7
Lüfter Wand 1	49,0 ²⁾	+	$10 \cdot \lg$	(17,67 / 10,0 ²⁾)	+	0	=	51,5
Außenwand 5	49,5	+	$10 \cdot \lg$	(17,67 / 4,46)	+	2,0	=	57,5
Fenster Wand 5	39,0	+	$10 \cdot \lg$	(17,67 / 2,27)	+	2,0	=	49,9
Rollladen Wand 5	49,0	+	$10 \cdot \lg$	(17,67 / 0,38)	+	2,0	=	67,7

¹⁾ $R_{e,i,w}$ inklusive K_{LPB}

²⁾ Bei Lüftern wird ein $D_{n,e,w}$ angegeben. Umrechnung von $D_{n,e,w}$ in $R_{e,i,w}$ nach Gl. (4.30) mit $A_0 = 10 \text{ m}^2$, statt S_i

Zu Tabelle 8.16: DIN 4109-2, 4.4.2, Gl. (37) (siehe Gl. (4.29))

Das bewertete Schalldämm-Maß der gewählten Außenwand $R_w = 49,5 \text{ dB}$ ist kleiner als 50 dB.

→ Die flankierende Schallübertragung muss nicht berücksichtigt werden.

DIN 4109-2 [4], 4.4.3 (vergleiche Kapitel 3.2.2)

Das gesamte bewertete Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$ wird ermittelt mit Gl. (4.28) aus der energetischen Summe der bezogenen Schalldämm-Maße:

→ $R'_{w,ges} = 44,7 \text{ dB}$

DIN 4109-2 [4], 4.4.1 Gl. (35) (vergleiche Kapitel 4.6.3)

Die vom Raum aus gesehene gesamte Fassadenfläche beträgt $S_g = 17,67 \text{ m}^2$.

Die Grundfläche des betrachteten Raumes beträgt $S_G = 12,00 \text{ m}^2$.

Der Korrekturwert für das erforderliche Schalldämm-Maß für den Außenlärm K_{AL} berechnet sich nach Gl. (4.26) zu

$$K_{AL} = 2,6 \text{ dB}$$

DIN 4109-2 [4], 4.4.1 Gl. (33) (vergleiche Kapitel 4.6.1)

Der rechnerische Nachweis wird geführt nach Gl. (4.25):

$$R'_{w,ges} - u_{prog} \geq \text{erf. } R'_{w,ges} + K_{AL}$$

$$44,7 \text{ dB} - 2,0 \text{ dB} \geq 40,0 \text{ dB} + 2,6 \text{ dB}$$

$42,7 \text{ dB} \geq 42,6 \text{ dB} \rightarrow$ Die Anforderung wird eingehalten und der Nachweis ist erfüllt.

DIN 4109-2 [4], 4.4.1 Gl. (32) (vergleiche Kapitel 4.6.1)

Das folgende Bild 8.12 zeigt die Bildschirmansicht der Ziegel Bauakustiksoftware *Modul Schall 4.0* für den Nachweis zum Schutz gegen Außenlärm.

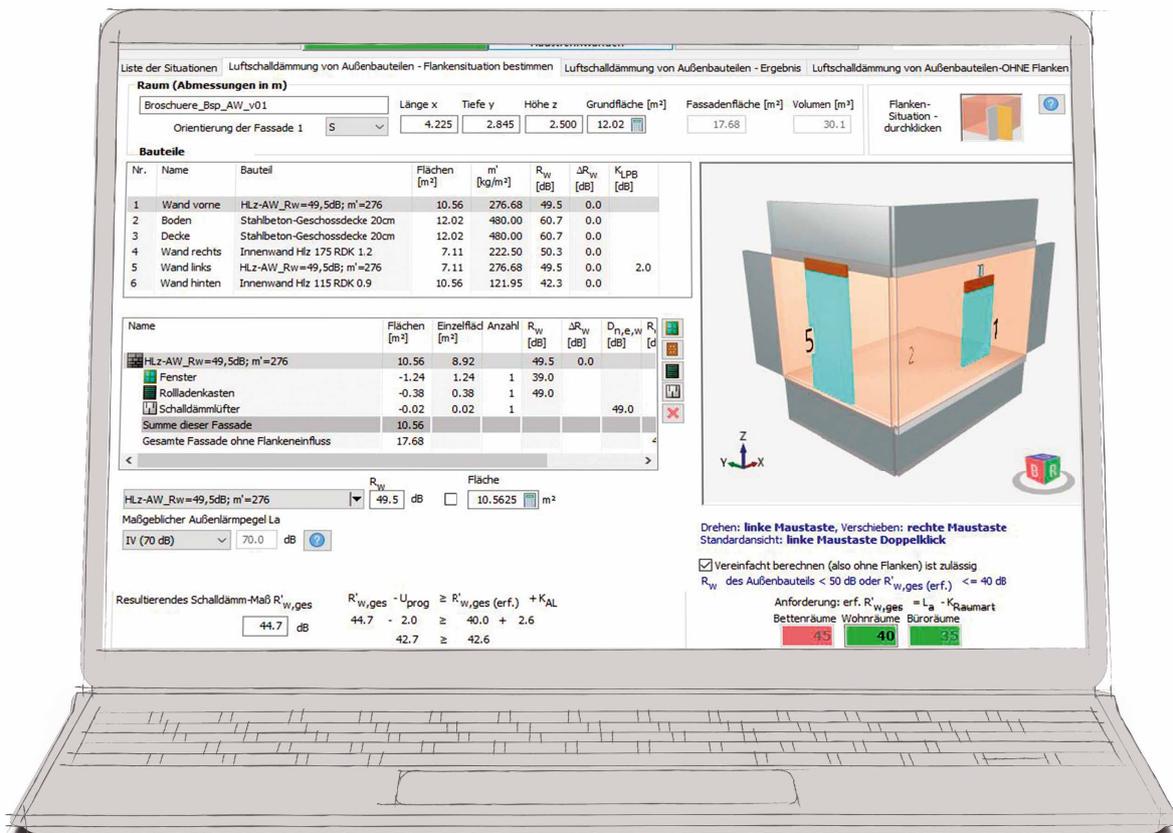


Bild 8.12: Bildschirmansicht der Eingabemaske des zu betrachtenden Eckraumes

9 Checkliste zum erhöhten Schallschutz

• Bauvertrag

- Festlegung der bauakustischen Qualität z. B. auf Basis der Werte aus DIN 4109-5 [2].
- Differenzierte Festlegung der Verbesserungen z. B. Trittschalldämmung der Geschossdecken, Luftschalldämmung der Wohnungstrennwände und Decken oder auch erhöhter Schallschutz gegen Geräusche aus gebäudetechnischen Anlagen.
- Nach Möglichkeit qualifizierte Beschreibung der zu verwendenden Konstruktionen z. B. zweischalige massive Haustrennwand auf weißer Wanne, Massivtreppe mit entkoppeltem Treppenlauf, etc.

• Gebäudeentwurf

- Zuordnung von fremden aneinander grenzenden „leisen“ Aufenthaltsräumen gleicher oder ähnlicher Nutzung wie z. B. Wohnzimmer an Wohnzimmer, Schlafraum an Schlafraum.
- Zuordnung von fremden aneinander grenzenden „lauten“ Räumen wie z. B. Bäder, Flure, etc.
- Vermeidung kleiner Räume mit großer Trennwandfläche bei geringer Raumtiefe.
- Konzentration von Bädern und Küchen übereinander und Optimierung der vertikalen Versorgungsleitungen der Haustechnik/gebäudetechnische Anlagen.
- Einplanung von Fluren und Dielen als Pufferzone zu Treppenhäusern, Laubengängen, etc.

• Raumanordnung

- Vermeidung von Trennbauteilen zwischen einem schutzbedürftigen Raum zu zwei fremden Räumen (Überdeckung von Räumen/Raumversatz).
- Trennung „leiser“ Räume durch dazwischen angeordnete Nebenräume – auch innerhalb der Wohnung.
- Anordnung von Schlafräumen zur Fassadenseite mit geringem Außenlärmpegel.

• Fassadenöffnungen

- Fensteröffnungen ohne Brüstungsanteil, möglichst raumhoch, begrenzen die horizontale Flankenübertragung an Wohnungstrennwänden.
- Lüftungsöffnungen in Außenwänden verringern den Schallschutz gegen Außenlärm nur unbedeutend.

• Fenster

- Dicht schließende Fenster reduzieren den Grundgeräuschpegel im Wohnraum und lassen Störgeräusche intensiver wahrnehmen – auch die von Lüftungsanlagen.
- Schalldämmende Fenster lassen unter Umständen tieffrequente Verkehrsgeräusche störender erscheinen und reduzieren gleichzeitig den Grundgeräuschpegel im Raum.

• Bauteilanschlüsse

- Stumpfstoß von Wohnungstrennwänden mit Außenwänden vermeiden – Einbindungen sind obligatorisch auch bei abknickenden Außenwänden.
- Deckenaufleger mit großer Auflagertiefe einplanen.
- Leichte, massive Innenwände von schweren Bauteilen entkoppeln.

• Detailplanung

- Zeichnerische Darstellung von Stoßstellendetails.
- Planung der Entkopplung leichter Innenwände.
- Treppen in Reihenhäusern möglichst als Massivtreppe oder entkoppelt ausführen.

• Gebäudetechnische Anlagen

- Körperschall-Entkopplung von Sanitär- und Gebäudetechnik-Installationen.
- Vermeidung von Körperschall durch Türschließer, Torantriebe bei Tiefgaragen.
- Schallemissionen aus dezentralen Wärmeerzeugern durch Kapselung vermeiden.

- **Wohnungslüftung**
 - Abwägung dezentraler Anlagen gegenüber Zentralanlagen (Telefonieschall).
 - Schalldruckpegel der Ventilatoren begrenzen.
- **Bauüberwachung**
 - Vermeidung von Schallbrücken an Treppenläufen, zweischaligen Haustrennwänden, Vorsatzschalen und schwimmenden Estrichen.
 - Verschließen von Durchbrüchen innerhalb von Installationschächten.
 - Vermeidung durchlaufender Holzbauteile z. B. im Dachgeschoss.
 - Sicherstellung der Luftdichtheit zur Vermeidung von Fugenschall.
 - Versetzte Anordnung fremder Elektroinstallationen an Trennbauteilen.

10 Literatur

- [1] DIN 4109-1:2018-01 Schallschutz im Hochbau – Teil 1: Mindestanforderungen, Beuth Verlag, Berlin
- [2] DIN 4109-5:2020-08 Schallschutz im Hochbau – Teil 5: Erhöhte Anforderungen
- [3] DIN 4109 Beiblatt 2:1989-11 Schallschutz im Hochbau; Hinweise für die Planung und Ausführung, Vorschläge für einen erhöhten Schallschutz, Empfehlungen für den Schallschutz im eigenen Wohn- und Arbeitsbereich. Beuth Verlag, Berlin
- [4] DIN 4109-2:2018-01 Schallschutz im Hochbau – Teil 2: Rechnerische Nachweise der Erfüllung der Anforderungen
- [5] DIN EN 12354-1:2000-12 Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen. Beuth Verlag, Berlin. [ersetzt durch DIN EN ISO 12354-1:2017, siehe [6]]
- [6] DIN EN ISO 12354-1:2017-12 Berechnung der akustischen Eigenschaften von Gebäuden aus den Bauteileigenschaften, Teil 1: Luftschalldämmung zwischen Räumen. Beuth Verlag, Berlin
- [7] DIN 4109 Beiblatt 1:1989-11 Schallschutz im Hochbau; Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren. Beuth Verlag, Berlin. [Dokument ersetzt durch [11] ff]
- [8] Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung Z-23.22-1787: Mauerwerk aus Hochlochziegeln – Regelungen zur Anwendbarkeit hinsichtlich des Schallschutzes. Deutsches Institut für Bautechnik 2010, Berlin
- [9] DIN EN ISO 717-1:2013-06 Akustik – Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen – Teil 1: Luftschalldämmung. Beuth Verlag, Berlin
- [10] DIN EN ISO 16283-2:2020-11 Akustik – Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen am Bau – Teil 2: Trittschalldämmung
- [11] DIN 4109-31:2016-07 Schallschutz im Hochbau – Teil 31: Eingangsdaten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Rahmendokument
- [12] DIN 4109-32:2016-07 Schallschutz im Hochbau – Teil 32: Eingangsdaten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Massivbau
- [13] DIN EN ISO 10140-4:2021-09 Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 4: Messverfahren und Anforderungen (ISO 10140-4:2021); Deutsche Fassung EN ISO 10140-4:2021
- [14] DIN EN ISO 10140-2:2021-09 Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 2: Messung der Luftschalldämmung (ISO 10140-2:2021); Deutsche Fassung EN ISO 10140-2:2021, Beuth Verlag, Berlin
- [15] Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen (MVV TB); Deutsches Institut für Bautechnik, Berlin
- [16] DEGA BR 0104 Memorandum Schallschutz im eigenen Wohnbereich, Februar 2015, DEGA Deutsche Gesellschaft für Akustik e. V.
- [17] DIN 4109-33:2016-07 Schallschutz im Hochbau – Teil 33: Eingangsdaten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Holz-, Leicht- und Trockenbau

- [18] DIN 4109-34:2016-07 Schallschutz im Hochbau – Teil 34: Eingangsdaten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen
- [19] DIN 4109-35:2016-07 Schallschutz im Hochbau – Teil 35: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Elemente, Fenster, Türen, Vorhangfassaden
- [20] DIN 4109-36:2016-07 Schallschutz im Hochbau – Teil 36: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Gebäudetechnische Anlagen
- [21] Schneider, M.; Fischer, H.-M.: Umsetzung der europäischen Normen des baulichen Schallschutzes für die Ziegelindustrie. Abschlussbericht Nr. 1373 der Hochschule für Technik. Stuttgart, 2005
- [22] DIN EN 13162:2015-04 Wärmedämmstoffe für Gebäude – Werkmäßig hergestellte Produkte aus Mineralwolle (MW) – Spezifikation; Deutsche Fassung EN 13162:2012+A1:2015
- [23] DIN 4108-10:2015-12 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe – Werkmäßig hergestellte Wärmedämmstoffe. Beuth Verlag, Berlin
- [24] Maack, J.: Schallschutz zwischen Reihenhäusern mit unvollständiger Trennung, ITA Ingenieurgesellschaft, Abschlussbericht F 2474. Fraunhofer IRB Verlag, Stuttgart, 1995
- [25] DIN EN 29052-1:1992-12 Akustik – Bestimmung der dynamischen Steifigkeit – Teil 1: Materialien, die unter schwimmenden Estrichen in Wohngebäuden verwendet werden. Beuth Verlag, Berlin
- [26] BEB Hinweisblatt 4.6 „Hinweise zur Planung und Ausführung von Fußbodenkonstruktionen bei Rohren, Leitungen und Einbauteilen auf Rohdecken“, Bundesverband Estrich und Belag e. V., Troisdorf, 2015
- [27] DIN 18560-2:2009-09, Estriche im Bauwesen – Teil 2: Estriche und Heizestrache auf Dämmschichten (schwimmende Estriche)
- [28] DIN EN 1991-1-1:2010-12 Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-1: Allgemeine Einwirkungen auf Tragwerke – Wichten, Eigengewicht und Nutzlasten im Hochbau; Deutsche Fassung EN 1991-1-1:2002 + AC:2009
- [29] DIN 4108-4:2020-11 Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 4: Wärme- und feuchteschutztechnische Bemessungswerte
- [30] DIN 18005-1:2002-07 Schallschutz im Städtebau, Teil 1: Grundlagen und Hinweise für die Planung. Beuth Verlag, Berlin
- [31] 16. BImSchV: Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung – 16. BImSchV), 1990
- [32] 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) Heft 4, S. 183-192
- [33] DIN EN ISO 12999-1:2021-04 Akustik – Bestimmung und Anwendung der Messunsicherheiten in der Bauakustik – Teil 1: Schalldämmung (ISO 12999-1:2020); Deutsche Fassung EN ISO 12999-1:2020
- [34] Fischer, H.-M.; Scholl, W.: Schallschutz im Mauerwerksbau. Mauerwerk-Kalender 2010, S. 245-291
- [35] DIN 4109-4:2016-07 Schallschutz im Hochbau – Teil 4: Bauakustische Prüfungen
- [36] DIN EN 771-1:2015-11 Festlegungen für Mauersteine – Teil 1: Mauerziegel; Deutsche Fassung EN 771-1:2011+A1:2015
- [37] DIN 20000-401:2017-01 Anwendung von Bauprodukten in Bauwerken – Teil 401: Regeln für die Verwendung von Mauerziegeln nach DIN EN 771-1:2015-11
- [38] Schneider, M.; Fischer, H.-M.: Einfluss des Verlustfaktors auf die Schalldämmung von Lochsteinmauerwerk, Bauphysik 30 (2008) Heft 6, S. 453-462
- [39] Schneider, M.; Weber, L.; Fischer, H.-M.; Müller, S.; Gierga, M.: Verlustfaktor-Korrektur der Schalldämmung bei gefülltem Ziegelmauerwerk, Bauphysik 32 (2010), Heft 1, S. 17-26
- [40] DIN 4103-1:2015-06 Nichttragende innere Trennwände – Teil 1: Anforderungen und Nachweise
- [41] Gierga, M.; Schneider, M.: Einfluss leichter, massiver Innenwände auf den Schallschutz trennender Bauteile, Bauphysik 26 (2004) Heft 1, S. 36-42
- [42] Gierga, M.: Schalltechnische Entkopplung – Verbesserung der Flankenschalldämmung im Ziegel-Massivbau, Mauerwerk 13 (2009), Heft 1, S. 16-20
- [43] Weber, L.; Müller, S.: Schallschutz bei Wärmedämmverbund-Systemen. IBP-Bericht B-BA 1/2014. Stuttgart, März 2015

- [44] DIN 4109-34/A1:2019-12 Schallschutz im Hochbau – Teil 34: Daten für die rechnerischen Nachweise des Schallschutzes (Bauteilkatalog) – Vorsatzkonstruktionen vor massiven Bauteilen; Änderung A1
- [45] DIN 1045-3:2012-03 Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton – Teil 3: Bauausführung – Anwendungsregeln zu DIN EN 13670
- [46] DIN EN 13224:2012-01 Betonfertigteile – Deckenplatten mit Stegen; Deutsche Fassung EN 13224:2011
- [47] DIN EN ISO 9053-2:2021-02 Akustik – Bestimmung des Strömungswiderstandes – Teil 2: Luftwechselstromverfahren (ISO 9053-2:2020); Deutsche Fassung EN ISO 9053-2:2020
- [48] DIN EN 14351-1:2016-12 Fenster und Türen - Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 1: Fenster und Außentüren; Deutsche Fassung EN 14351-1:2006+A2:2016
- [49] DIN EN 14351-2:2019-01 Fenster und Türen – Produktnorm, Leistungseigenschaften – Teil 2: Innentüren; Deutsche Fassung EN 14351-2:2018
- [50] DIN EN 13659:2015-07 Abschlüsse außen und Außenjalousien – Leistungs- und Sicherheitsanforderungen; Deutsche Fassung EN 13659:2015
- [51] DIN EN 14759:2005-07 Abschlüsse außen – Luftschalldämmung – Angabe der Leistungen; Deutsche Fassung EN 14759:2005
- [52] Lutz, P.; Jenisch, R.; Klopfer, H. et al.: Lehrbuch der Bauphysik. 3. Auflage. Teubner, Stuttgart, 1994
- [53] Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm: FluLärmG „Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm“ in der Fassung der Bekanntmachung vom 31. Oktober 2007, (BGBl. I S. 2550-2556)
- [54] Wittstock, V.; Scholl, W.: Berechnung der Prognoseunsicherheit nach DIN 4109, Forschungsbericht im Auftrag des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt). Braunschweig, August 2008
- [55] Fischer, H.-M.; Schneider, M.: Handbuch zu DIN 4109 – Schallschutz im Hochbau, Ernst & Sohn, 1. Auflage, 2019
- [56] DIN EN 1996-1-1/NA Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 6: Bemessung und Konstruktion von Mauerwerksbauten – Teil 1-1: Allgemeine Regeln für bewehrtes und unbewehrtes Mauerwerk. Beuth Verlag, Berlin, Dezember 2019
- [57] 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>

11 Stichwortregister

- Absorptionsgrad α** 16
Amplitude 12
Äquivalenter Norm-Trittschallpegel12, 38 ff, 45, 91
Außenlärm 19 ff, 45 ff, 53, 60, 102
Außenlärmpegel 15, 20 ff, 45 ff, 102, 105
- Bau-Schalldämm-Maß** . . . 10, 12 ff, 19 ff, 27 ff, 45 ff, 50
Bauordnungsrecht 8, 17 ff, 24 ff, 50
Bewertetes Schalldämm-Maß. 12 ff
- Dachanschluss** 81
Deckenaufleger. 65, 79, 87, 105
Direktschalldämmung 14, 28, 30, 51, 61 ff, 67
Dynamische Steifigkeit.13, 39 ff, 57 ff
- Eckraum** 45 f, 86,87, 102, 104
Eigener Wohnbereich 26
Einschalige Bauteile15, 38, 53, 56
Elektroinstallationen 52, 106
Entkopplung 56, 68, 74 ff, 78, 81, 105
Erhöhter Schallschutz 22, 24 ff, 105
- Fenster** 20, 45 ff, 70 ff, 105
Fensterfläche 45
Flächenbezogene Masse. . . . 30, 32, 38, 51 ff, 60, 78
Flächenkorrektur 67
Flankenschalldämm-Maß 14, 27 ff, 64, 82 ff
Flankenübertragung 14, 28, 31, 43, 61, 81 ff
Fluglärm 23, 49
Frequenz12, 14, 16, 18, 68
Frequenzbereich14 ff, 59, 76
Fugenhohlraum. 34, 36
Fundament 25, 33 ff, 76, 92 ff
Fundamentausbildung 34, 92
- Gebäudetechnische Anlagen**21 ff, 27, 75 ff, 105
Geräusch 12 ff, 19 ff, 23, 49, 75 ff
Gesamtschallpegel 18
Gewerbelärm 49
Grenzfrequenz14, 34, 60, 61
Grundgeräusch 19, 23, 76, 105
- Haustechnik**.105
Haustrennwände 18, 25, 33 ff, 57, 85, 92
Hochlochziegel (HLz). 8, 11, 27, 30, 51, 53 ff
Hohlraumtiefe 62 ff
- Innendämmung**. 85
Installationsgeräusche 75 ff
- Kopplungslänge l_p** 28 ff, 65, 87 ff
Körperschall 10, 15, 18, 38, 74 ff
Kreuzstoß32, 64, 66, 81, 98
- Lärmpegelbereich** 21, 47
Lautstärkepegel. 15, 16
Lochsteine.53, 54, 67, 86
Luftschall 10, 13, 15, 18, 38, 75
Luftschallschutz 13, 21
Luftschallübertragung 15, 27, 74
- Massivdecken**. 30, 38 ff, 43, 60 ff
Massivtreppen 44
- Nachhallzeit**. 13, 15 f, 24
Nebenwegübertragung 12, 14 f
Norm-Flankenschallpegeldifferenz13, 29 ff, 37
Norm-Trittschallpegel . . . 10, 13 ff, 18 ff, 24, 38 ff, 43ff, 50

- Oktavfilter-Analyse** 15
- Planung** 8, 10, 21 ff, 26 ff, 74 ff, 105
- Putzüberbrückung** 81
- Randdämmstreifen** 39, 84
- Raumkorrektur K_{AL}** 45, 104
- Resonanzfrequenz** 15, 33 ff, 57 ff, 101
- Resultierende Schalldämmung** 20, 45ff, 61, 64, 73, 78
- Schalenabstand** 33 ff, 62, 93, 95 ff
- Schall** 12
- Schallabsorption** 13, 16, 44
- Schallbrücke** 33 ff, 38 ff, 44, 84 ff, 106
- Schalldämm-Maß** 13 ff, 27 ff, 35 ff, 45 ff, 51 ff, 61 ff
- Schalldruck** 14, 16, 18
- Schalldruckpegel** 12, 15 ff, 19, 21, 26, 75 ff, 106
- Schallgeschwindigkeit** 16 ff
- Schallintensität** 17
- Schalleistung** 17
- Schallpegeladdition** 18, 49
- Schallschnelle** 17
- Schallwelle** 16 ff
- Schienenverkehrslärm** 20, 49
- Schlitze** 52, 69, 77
- Schwimmender Estrich** 10, 30, 38 ff, 44, 84
- Sicherheitsbeiwert** 11, 15, 17, 37, 43, 50
- Sicherheitskonzept** 50
- Spektrum-Anpassungswerte** 17, 59
- Standard-Schallpegeldifferenz** 13
- Stoßfugen** 52, 74
- Stoßstellen** 10, 29 ff, 64 ff, 68, 78 ff, 86 ff
- Stoßstellendämm-Maß K_{ij}** 10 ff, 17, 27 ff, 50 ff, 65 ff, 78 ff
- Stoßstellendämmung** 10 ff, 17, 27 ff, 50 ff, 65 ff, 78 ff
- Stoßstellengeometrie** 31 ff
- Straßenverkehrslärm** 19, 49
- Strömungswiderstand** 58 ff
- Stumpfstoß** 65 ff, 80 ff, 105
- Summenpegel** 18, 49
- T-Stoß** 31 ff, 64 ff, 68, 81
- Teilunsicherheiten** 17, 50
- Terzfilter-Analyse** 18
- Ton** 14 ff, 18, 26
- Treppen** 18, 24 ff, 44 ff, 77, 84 ff, 105 ff
- Treppenpodest** 44 ff, 85
- Trittschallkorrektur K_T** 42 ff
- Trittschallminderung ΔL_w** 13, 38 ff, 44 ff
- Trittschallpegel** 13 ff, 18 ff, 24, 38 ff, 50
- Trittschallpegelminderung** 41 ff
- Trittschallschutz** 13, 19, 21 ff, 26, 75
- Trittschallübertragung** 17, 23 ff, 38 ff, 42 ff
- Türen** 20, 24, 26, 50, 72, 87
- Undichtheiten** 15, 52
- Unsicherheit der Berechnung** 10, 14, 17, 45, 50
- Verlustfaktor-Korrektur** 18, 56
- versetzte Grundrisse** 29, 31 ff, 76, 86, 98
- Vorhaltemaß** 10, 17, 50
- Vorsatzschale, biegeweich** 28, 30, 62 ff, 74
- Wandanschlüsse** 65, 68, 84
- Wandrohdichten** 51 ff
- Wärmedämmende HLz** 9 ff, 27 ff, 51 ff, 56, 65 ff, 78 ff
- Wärmedämm-Verbundsystem** 30, 45, 53, 57
- Weichfedernde Bodenbeläge** 39, 41 ff, 44
- Wellenlänge** 16
- Wohnungstrennwand** 24, 38, 56, 65, 67, 74, 81, 105
- Ziegel-Außenwand, einschalig** 9 ff, 20, 30, 53, 78
- Ziegel-Außenwand, zweischalig** 60
- Ziegel-Innenwand** 54 ff, 67 ff, 81
- Ziegel-Innenwand, entkoppelt** 56, 68, 81
- Ziegel-Innenwand-System (ZIS)** 68, 81
- Ziegeldecke** 61
- Zusammengesetzte Bauteile** 20, 52, 73
- Zweischalige Trennwand** 18, 25, 33 ff, 57, 85, 92, 105
- Zweischaligkeitszuschlag** 18, 34 ff, 36, 94 ff

Impressum

Herausgeber

Bundesverband der Deutschen
Ziegelindustrie e. V.
Fachgruppe Hintermauerziegel
Reinhardtstraße 12 - 16
10117 Berlin

www.ziegel.de/hintermauerziegel 

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur
mit ausdrücklicher Genehmigung von
© Bundesverband der Deutschen
Ziegelindustrie e. V., Fachgruppe
Hintermauerziegel, Berlin, 2022

Bildnachweis Titelseite

Kellhuber GmbH, Eggenfelden

Verfasser

Dipl.-Ing. Michael Gierga, Bottrop
Dipl.-Ing. Kai Naumann, Berlin

Illustrationen, Gestaltung und Satz

VENUS GmbH · Bogen
www.venus.bayern

Vollständig überarbeitete Ausgabe,
März 2022

ZIEGEL.DE



WÄRMEBRÜCKEN ENERGIE SCHALL



www.ziegel.de/software

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



BROSCHÜREN DER ZIEGELINDUSTRIE



kostenlos zum Download auf
www.ziegel.de/broschuere

Vollständig überarbeitete Ausgabe, März 2022